

## VÁLVULAS DE EXPANSÃO ELETRÔNICAS, VANTAGENS NO CONTROLE E GESTÃO ENERGETICA EM APLICAÇÕES DE REFRIGERAÇÃO

Alonso Amor – alonso.amor@heatcraftbrasil.com.br

Heatcraft do Brasil, Engenharia de Aplicação, www.heatcraft.com.br

### R2 – Componentes e Equipamentos

**Resumo.** *Nas aplicações de refrigeração comercial comumente são utilizadas válvulas de expansão termostáticas (VETs) para o controle da expansão do fluido refrigerante. Com os avanços tecnológicos e o desenvolvimento de controladores para refrigeração com algoritmos focados na expansão, a instalação de válvulas de expansão eletrônicas (VEEs) tem sido utilizada com maior frequência. O seguinte estudo tem como intenção mostrar as vantagens da utilização de VEEs fazendo ênfase em dois pontos: economia de energia e controle de superaquecimento. Neste texto serão desenvolvidos dois testes em campo. O primeiro deles mostra um comparativo energético de duas instalações nas mesmas condições de operação sendo que uma delas está equipada com VEE e a outra com VET. No segundo estudo são exploradas as vantagens de controle do superaquecimento oferecidas quando é instalada uma VEE.*

**Palavras chave:** *Válvula de expansão eletrônica, controle de superaquecimento, economia de energia.*

## 1. INTRODUÇÃO

A constante procura por soluções que ofereçam uma melhor qualidade de frio com menores consumos elétricos tem levado aos diferentes fabricantes de sistemas de refrigeração ao desenvolvimento de componentes e sistemas de controle que ajudem a que as instalações frigoríficas sejam cada vez mais eficientes. Conforme estudo recente (Lazzarin, 2009) o armazenamento refrigerado de produtos alimentícios representa entre 40% e 50% do consumo elétrico total de um supermercado.

Uma das soluções utilizadas para reduzir a energia elétrica consumida nos sistemas frigoríficos de expansão direta é a utilização de válvulas de expansão eletrônicas (VEEs), sendo estas instaladas em sistemas onde comumente eram utilizadas válvulas de expansão termostáticas (VETs). A principal vantagem que oferece um sistema trabalhando com VEE é a possibilidade de operar com valores de superaquecimento menores aos comumente utilizados com VETs, permitindo assim um maior aproveitamento da superfície do evaporador e consequentemente aumentando a eficiência total do sistema.

A diferença das VETs, as VEEs não precisam de uma perda mínima de pressão para um funcionamento estável, oferecendo assim vantagens significativas em sistemas de condensação a ar quando se encontram em situações de baixa temperatura ambiente, propiciando a operação com menores temperaturas de condensação incrementando o COP.

Com a utilização de VEEs é também possível reduzir a temperatura dos espaços refrigerados num tempo menor, isto é devido à abrangência da faixa de operação, a diferença das VETs, as VEEs conseguem ter uma abertura de 100% ante situações de alta carga garantindo um maior fluxo de refrigerante e trabalhando no superaquecimento desejado desde o início do processo.

Devido a se tratar de componentes controlados eletronicamente, as VEE's são comandadas por algoritmos que ajudam a garantir a integridade do sistema, os parâmetros de segurança configurados variam dependendo do fabricante do controlador e estratégia de comando. Para regulagem do superaquecimento comumente são utilizados controladores PID.

Em geral as VEEs se subdividem em dois grandes grupos, válvulas de passos e válvulas de pulsos. As válvulas de passos baseiam o controle de superaquecimento na abertura ou fechamento percentual da própria válvula permitindo um maior o menor fluxo dependendo da posição, sendo que as válvulas de pulsos controlam a frequência com que é permitida a passagem de fluido ao evaporador. Existem discussões sobre as vantagens de cada um dos métodos acima mencionados, porém, não é a intenção deste estudo realizar um comparativo entre estas tecnologias.

## 2. DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS

Neste texto serão analisados dois estudos realizados em campo com a utilização de VEEs aplicadas a sistemas de armazenamento de alimentos (câmaras frias). No primeiro estudo será comparado o consumo energético de duas instalações idênticas trabalhando em regime de resfriados, sendo que, uma delas foi equipada com VEE e a outra trabalhou com um sistema de VET. No segundo estudo será analisado o comportamento do controle de

superaquecimento de uma instalação em regime de congelados, mostrando a reação da válvula de expansão em situações diversas.

### 3. COMPARATIVO ENERGÉTICO DE INSTALAÇÃO EQUIPADA COM VEEs

Para a elaboração deste estudo foram utilizados dois sistemas de refrigeração das mesmas dimensões trabalhando na mesma aplicação na cidade de São Paulo, SP, com uma distancia aproximada de 10 km entre as instalações. O objetivo do estudo é realizar a medição real da energia elétrica consumida (kWh) das instalações, mesurando as vantagens da utilização da VEE.

#### 3.1 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS E SISTEMA DE MEDIÇÃO UTILIZADO

Foram utilizados sistemas de refrigeração compostos por uma unidade condensadora com condensador resfriado a ar e um único evaporador. O sistema foi calculado para trabalhar numa temperatura de 3°C com um diferencial de temperatura de evaporação de 6°K. Na condição nominal (-3 °C de evaporação) e numa temperatura ambiente de 35°C o conjunto acima mencionado possui uma capacidade de 4,1 kW. O degelo do sistema é realizado naturalmente e os equipamentos operam numa configuração 220V/1/60 Hz.

Para obtenção dos dados foram instalados medidores de energia individuais (vide Fig. 1) nos dois pontos de alimentação (unidade condensadora e evaporador) programados para coletar dados com uma frequência de 200 segundos. Com os dados resultantes dos medidores foram monitoradas as seguintes variáveis: energia elétrica consumida, ciclagem dos compressores e tempo de operação dos compressores.

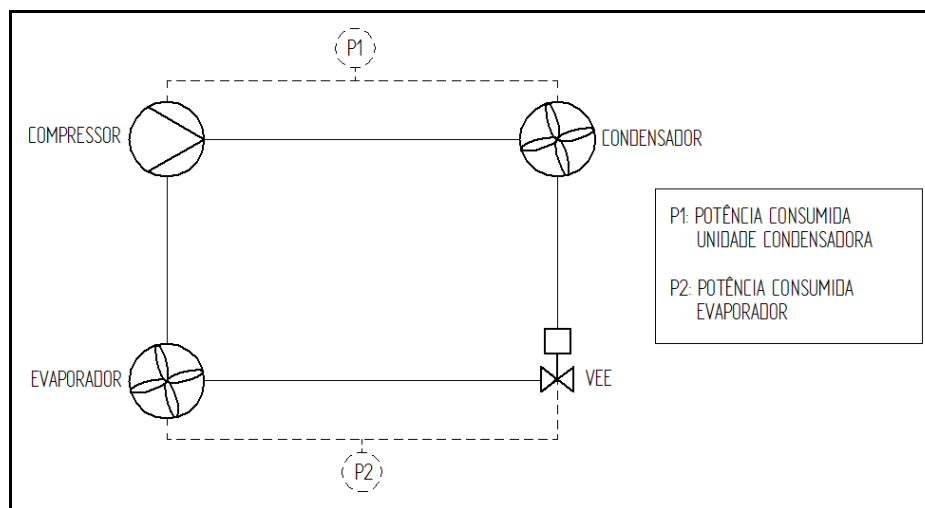


Figura 1: Esquema de medição das variáveis elétricas

Foram também instalados sensores de temperatura dentro das câmaras e incorporados sensores de final de curso para monitoramento da abertura e fechamento da porta da câmara, nestas variáveis foi utilizada uma frequência de amostragem de 70 segundos. Para medição da frequência de abertura da porta foi criada uma variável denominada “Fator Porta”, este valor é uma contagem das vezes que foi encontrada a porta aberta cada vez que foi realizada uma leitura (70 segundos), este fator não deve ser considerado como um valor quantitativo já que foi criado só com a intenção de realizar um comparativo do comportamento dos dois sistemas. A temperatura interna de câmara e o fator porta serão denominadas “variáveis auxiliares”.

A medição dos dados para a elaboração deste estudo foi realizada durante os meses de setembro e outubro de 2012. Para efeitos de análise dos resultados o sistema equipado com VEE será denominado “Sistema 1” sendo que o sistema com VET será referido como “Sistema 2”.

#### 3.2 RESULTADOS

Para interpretação dos resultados todos os valores estão expressos em médias diárias, a Tab. 1 mostra o comparativo energético dos dois sistemas e a Tab. 2 mostra as variáveis auxiliares.

Tabela 1. Comparativo energético

	Sistema 1	Sistema 2	Diferença Percentual
Consumo elétrico [kWh]	13,2	18,3	-27,9%
Ciclos do compressor por dia	101	112	-9,82%
Tempo diário de operação do compressor [h]	5,56	7,74	-28,2%

Tabela 2. Variáveis Auxiliares

	Sistema 1	Sistema 2
Temperatura câmara [°C]	3,17	3,01
Fator porta	142	183

### 3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Dos resultados obtidos observa-se que o sistema trabalhando com VEE consumiu 27,9% menos energia que os equipamentos trabalhando com VET, sendo que, a aplicação do VEE não somente contribuiu à economia energética da aplicação, como também ajudou a reduzir o número de ciclos do compressor contribuindo assim a uma maior vida do compressor garantindo a integridade do sistema. É notório também que a diminuição do tempo de operação do compressor foi inclusive maior em porcentagem que a economia energética evidenciando a maior eficiência do sistema 1.

Os resultados da Tab. 2 ajudam a mostrar a validade do estudo. É possível observar que em ambos os casos a temperatura média foi sempre muito próxima à temperatura desejada de 3°C, mantendo a integridade dos produtos armazenados, também é possível concluir que as aberturas de porta se comportaram de maneira similar nos dois sistemas, mostrando um comportamento parecido na operação das duas câmaras.

## 4. CONTROLE DO SUPERAQUECIMENTO COM VEEs

Para a elaboração deste estudo foi utilizado um sistema de baixa temperatura instalado no sul dos Estados Unidos na cidade de Phoenix, AZ. A intenção do estudo é a verificação do controle do superaquecimento mediante a utilização de VEE.

### 4.1 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS E SISTEMA DE MEDIÇÃO UTILIZADO

Neste estudo foi utilizada uma câmara de baixa temperatura que utiliza como equipamento de refrigeração uma unidade condensadora resfriada a ar com um único evaporador trabalhando numa temperatura de projeto de -28°C. Em conjunto, a unidade condensadora e o evaporador trabalham numa temperatura de evaporação de -32°C, nesta temperatura o sistema tem uma capacidade de 27,1 kW. A aplicação trabalha com degelo elétrico sendo que só é programado um evento a cada 24 horas, o superaquecimento programado no controlador da válvula foi de 4,4 °K.

A VEE utilizada tem uma capacidade nominal de 10TR, possui um total de 255 passos trabalhando com R404A, a frequência entre amostras foi de 5 minutos. As medições foram realizadas durante o mês de janeiro de 2014 registrando uma temperatura externa média de 16,6°C.

### 4.2 RESULTADOS

A Fig. 2 mostra o comportamento do superaquecimento medido quando o sistema se encontrava em modo de resfriamento, o valor médio durante o período de amostragem foi de 4,7°K. Foram obtidas 1013 amostras, sendo que a linha horizontal no gráfico representa o setpoint de 4,4°K.

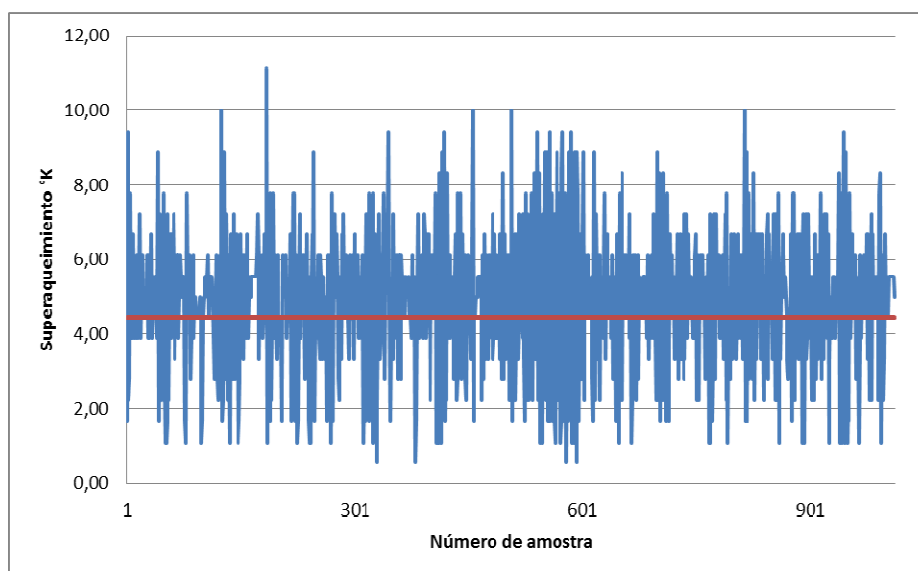


Figura 2. Superaquecimento medido

Para entender o comportamento da VEE durante a operação foi monitorado também o número de passos de abertura da válvula. A Fig. 3 mostra a abertura da válvula quando o sistema se encontrava trabalhando em modo de resfriamento, a linha horizontal no gráfico representa a posição média durante o período da amostragem.

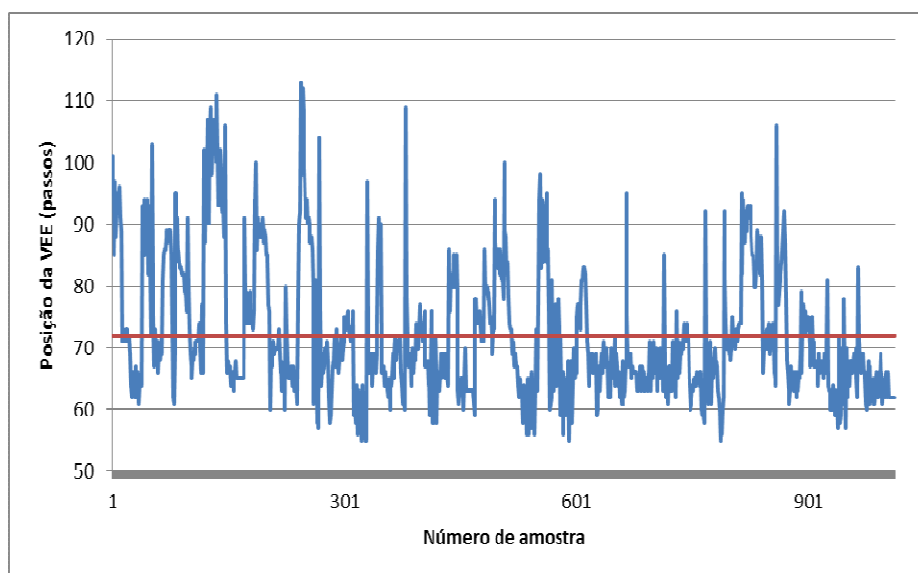


Figura 3. Posição da válvula de expansão

Para validação do comportamento do sistema e do ponto de operação foi monitorada também a temperatura interna da câmara a qual registrou um valor médio mensal de  $-27,4^{\circ}\text{C}$ .

#### 4,3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados acima mostram um comportamento estável do superaquecimento, o valor médio ( $4,7^{\circ}\text{K}$ ) ficou muito próximo do setpoint programado ( $4,4^{\circ}\text{K}$ ). Podem se perceber regiões do gráfico (vide Fig. 2) onde o superaquecimento fica distante do setpoint, isto se deve a eventos próprios da operação da câmara tais como: saída de degelo, partida do compressor, abertura de porta, fortes mudanças da temperatura ambiente ou ajuste da VEE.

Na Fig. 3 é possível perceber a faixa de atuação da VEE, o ponto mínimo registrado é 55 passos e o máximo 113 passos, isto indica que a válvula operou entre o 21,6% e 44,3% da capacidade. Pode se observar também como a operação da VEE acompanhou o superaquecimento, procurando a estabilidade e segurança do sistema, abrindo quando o superaquecimento se encontrava muito alto procurando uma maior capacidade do evaporador, e fechando quando estava muito baixo protegendo o compressor.

Do gráfico do superaquecimento medido (Fig. 2) se observa também que o sistema sempre trabalhou com superaquecimento garantindo uma operação estável em todo momento, sendo que durante 70% do tempo trabalhou numa faixa ente 3°K e 7°K.

A utilização de VEE foi determinante para a eficiência deste sistema, os mesmos equipamentos trabalhando com VET teriam sido regulados mecanicamente para um superaquecimento em torno de 6°K desperdiçando capacidade da superfície aletada no evaporador. Outra vantagem importante do uso da VEE é a possibilidade de monitoramento das variáveis e a facilidade de ajuste via controlador, sendo que muitas vezes com a tecnologia disponível estas ações podem ser realizadas a distância.

## 5. CONCLUSÕES

A utilização de VEE's nas aplicações acima relatadas demonstrou economia energética (primeiro caso) e um controle fino do superaquecimento (segundo caso). Além de segurança, controle do superaquecimento e economia energética as VEE's oferecem um rápido retorno do investimento, comumente de 1,5 anos ou menos. Se espera que exista um rápido crescimento desta tecnologia nas aplicações de refrigeração devido às vantagens acima mencionadas além de ser a única opção para controle da expansão de tecnologias emergentes tais como a utilização de dióxido de carbono como refrigerante.

### *Agradecimentos*

Este trabalho foi desenvolvido com o suporte da Heatcraft Worldwide Refrigeration, agradecimentos especiais a: Kitchen, Jim; Costa, Alexandre.

## 6. REFERÊNCIAS

- Adegoke, C.O. and Akintunde, M. A., 2006, An Experimental Study of Hunting in Evaporators, AU J.T. 10(1), pp. 45-51.
- Finn, Donal P. and Doyle, Cormac J., Control and Optimization Issues Associated with Algorithm-Controlled Refrigerant Throttling Devices, 2000, Symposium, ASHRAE Transactions, vol. 106, pt. 1.
- Hernandez, O. S. and Lopes, S.A., Performance of a Medium Size, Constant Superheating PC-Controlled Expansion Valve for Chillers, 1994, International Refrigeration and Air Conditioning Conference, Paper 273.
- Lazzarin, Renato *et al.*, Electronic Expansion Valves Vs. Thermal Expansion Valves, 2009, ASHRAE Journal, February 2009, pp. 34-38

## ELECTRONIC EXPANSION VALVES, CONTROL AND ENERGY MANAGEMENT IN REFRIGERATION APPLICATIONS

**Abstract.** *Thermostatic expansion valves (TEVs) are commonly used in commercial refrigeration applications as control device for refrigerant expansion. With new technologies and the development of refrigeration controls with algorithms focused on the enhancement of the expansion process, the installation of electronic expansion valves (EEVs) has been more frequently used. The intention of this research is to show the advantages of the usage of EEVs, emphasizing in two aspects: energy savings and superheat control. Two field tests will be developed in this text. The first one showing a comparative study between the energy consumption of two systems under the same operative conditions, one of them equipped with an EEV and the other one with a TEV. The second field test explores the advantages of superheat control when an EEV is installed.*

**Key words:** Electronic Expansion Valves, superheat control, energy savings.