

## AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO OPERANDO COM CONTROLE DE PRESSÃO DE CONDENSAÇÃO VARIÁVEL

### *EVALUATION OF ONE REFRIGERATION SYSTEM WORKING WITH VARIABLE CONDENSATION PRESSURE CONTROL*

Flávia Villar Chaves<sup>1</sup>  
Alex Sandro Roig Souza Filho<sup>2</sup>  
Gabriel Ferreira Barroso<sup>3</sup>  
Luis Goularte Ferreira<sup>4</sup>  
Marcelo Moraes Galarça<sup>5</sup>  
Ivoni Acunha Jr<sup>6</sup>

**Resumo:** A utilização de soluções em eficiência energética pode favorecer empresas pela redução de seus custos com energia elétrica, tornando-as cada vez mais competitivas. Este trabalho apresenta a avaliação do consumo energético de um sistema frigorífico que conta com um sistema de controle de vazão de ar no condensador evaporativo. Este sistema implementado opera com pressões de condensação variáveis, ajustando a vazão de ar à necessidade e performance do sistema de refrigeração. Para avaliação foram utilizados os conceitos previstos na norma ABNT NBR ISO 50001. Foram realizadas análises dos dados de consumo através de correlações com variáveis que são parte do processo de geração de frio. Como resultado principal observou-se uma redução de consumo total mensal aproximado de 27,4% com a implementação do sistema de controle.

**Palavras-chave:** Pressão de condensação. Gestão energética. Consumo de energia. SGen. Controle de condensadores evaporativos.

**Abstract:** The use of solutions in energy efficiency can favor companies by reducing their costs with electric energy, making them increasingly competitive. This work presents an evaluation of the energy consumption of a refrigeration system that has an air mass flow rate control system in the evaporative

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Mecânica, IFRS, Email: flaviavchaves@live.com.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, IFRS, Email: alexsandroroig@gmail.com.

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, IFRS, Email: gabriel.barroso@hotmail.com.br.

<sup>4</sup> Doutor em Agronomia, IFRS, Email: luis.ferreira@riogrande.ifrs.edu.br.

<sup>5</sup> Doutor em Engenharia, IFRS, Email: marcelo.galarca@riogrande.ifrs.edu.br.

<sup>6</sup> Doutor em Engenharia, IFRS, Email: ivoni.acunha@riogrande.ifrs.edu.br.

condenser. This implemented system operates with variable condensation pressures, adjusting the air mass flow rate to the requirement and performance of the refrigeration system. For the evaluation, ABNT NBR ISO 50001 standard concepts were employed. Analyzes of the consumption data were performed and correlations with variables that are part of the cold generation process is done. As a main result, a monthly total consumption reduction of approximately 27.4 % was observed with the implementation of the control system.

**Key-words:** Condensation pressure. Energetic management. Energy consumption. SGen. Evaporative condenser control.

## 1 INTRODUÇÃO

As instalações de refrigeração em uma planta industrial são algumas das principais consumidoras de energia, e os fatores que influenciam este consumo de energia são: as eficiências inerentes do projeto e do refrigerante empregado, a condição dos equipamentos, a estratégia de controle e o perfil da carga térmica da instalação. A eficiência energética dos equipamentos e, conseqüentemente, dos sistemas de refrigeração que atendem as necessidades de projeto devem ser alvos de pesquisas visando um desenvolvimento tecnológico que propicie formas de operação com menores insumos energéticos.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) afirma que o setor industrial é o maior consumidor de energia elétrica no país. Nas indústrias, a maior parcela do gasto energético é atribuída aos motores elétricos para movimentação de fluidos (Rodrigues, 2007). Diante disto, é visível a importância de estudar alternativas para que, equipamentos como compressores, evaporadores e condensadores evaporativos, utilizem motores que operem da forma mais eficiente possível.

Vargas e Parise (1992) demonstraram através de simulação que uma bomba de calor com compressor de rotação variável e fluxo de ar variável nos trocadores é mais eficiente que o sistema convencional "on-off" à rotação constante. Partindo deste princípio, Pinnola et al. (2015) realizaram um experimento em um sistema utilizando um inversor de frequência e um controlador lógico programável (CLP), obtendo uma economia no consumo de energia de até 31% em um período de teste de 6h e 10min.

Saidur et al. (2012) apresentaram um trabalho descrevendo a economia que se obtém com a redução da velocidade dos ventiladores, utilizando inversores de frequência demonstrando que uma redução média de 60 % na velocidade pode-se economizar 89 % no consumo de energia. Cabe ressaltar que este estudo trata-se apenas da economia gerada pelo motor do ventilador.

Buscando aplicações em sistemas de refrigeração, Venturini (2005) afirma que reduzindo da pressão de condensação, conseqüentemente, resultará diminuição do consumo de energia do compressor e a melhor maneira de se obter o controle da pressão de condensação é por meio de uso de inversores de frequência, para variar a rotação dos ventiladores do condensador em função da carga aplicada ao sistema.

No trabalho de Zhifang e Lin (2010) para o caso proposto, da redução do consumo de energia, da regulagem da capacidade do sistema e da combinação das cargas do compressor com as necessidades de aquecimento ou resfriamento, são somente obtidas apenas através do controle de velocidade variável em bombas de calor de fonte de água e condicionadores de ar por meio da conversão de frequência. Por outro lado, no estudo de Yu e Chan (2006) é constatado que o uso de ventiladores com velocidade variável no condensador, aliado com o controle da temperatura de condensação usados em resfriadores de água (*chillers*) com compressores do tipo parafuso para climatização de ambientes, permitiram que estes equipamentos operassem com maior eficiência, podendo reduzir seu consumo anual de eletricidade normalizado pela área total do piso do edifício de 56,2 kWh/m<sup>2</sup> para 44 kWh/m<sup>2</sup>.

No estudo de Al-Bassam e Alasseri (2013), na temporada de verão do Kuwait, visando saber qual seria o efeito da instalação de inversores de frequência variável em ventiladores de torres de resfriamentos em relação ao sistema de dupla velocidade, foi constatado que o sistema com tecnologia de velocidade variável é uma solução tanto para redução de 12% no consumo na água, quanto na economia de energia, onde a potência consumida combinadas dos chillers e ventiladores das torres de resfriamentos foram reduzidos em 5,8%.

Já no estudo de Soyguder (2011) a redução do consumo de energia de um sistema HVAC e a obtenção de temperaturas desejadas para duas diferentes zonas foi obtida com o auxílio de dois controladores (um controlador PID e um controlador inteligente em tempo real baseados na lógica *fuzzy* através da decomposição de pacotes *wavelet*, entropia e redes neurais).

Resultados semelhantes foram verificados no estudo de Karunakaran et al.(2010), onde um condicionador de ar operando sob as diferentes estratégias de ventilação, controlado através de lógica *fuzzy* inteligente (*FLC*) permitiu alcançar um bom conforto térmico, qualidade do ar interior e conservação de energia.

Vale salientar também, conforme Peng e Du (2015) destacaram em seu estudo, que para ambos os modos de funcionamento (aquecimento e resfriamento), tanto o compressor, quanto os ventiladores, devem trabalhar na frequência máxima para alcançar as capacidades máximas de aquecimento e resfriamento. Em contrapartida, para o consumo de energia mais baixo, a frequência do compressor e as frequências dos ventiladores do evaporador devem ser mínimas, enquanto as frequências dos ventiladores do condensador devem ser diferentes de acordo com o modo de operação. Por exemplo, no modo de aquecimento, a melhor frequência do ventilador do condensador muda de acordo com a condição de trabalho, onde aumenta com a temperatura exterior crescente. Contudo, no arrefecimento as frequências melhores do ventilador do condensador deve ser basicamente o mesmo em 35 Hz apesar das diferentes condições de trabalho.

No quesito operação de ventiladores, Mobley (2001) destaca que quando aplicadas as leis dos ventiladores, a velocidade variável é um meio eficaz de controlar o desempenho de um ventilador, pois quando alterada a velocidade de rotação do ventilador pode-se controlar diretamente o volume e a pressão do fluido deslocado.

Muitas aplicações de controle de vazão de ar em condensadores evaporativos mantendo-se uma pressão fixa de condensação tem sido verificadas em sistemas de refrigeração por NH<sub>3</sub>. Embora apresentando alguma economia, estas técnicas não proporcionam a melhor eficiência dos

sistemas de refrigeração, haja vista que para cada condição ambiental e de carga térmica à qual o sistema esteja submetido, um valor de pressão de condensação que resulte na eficiência máxima poderá ser encontrado.

Assim, este trabalho tem como objetivo a avaliação do consumo energético de um sistema de refrigeração que opera com NH<sub>3</sub> como fluido refrigerante, tendo a vazão de ar no condensador evaporativo controlada por um algoritmo adaptativo que busca continuamente a máxima eficiência energética durante o seu funcionamento que se dá com temperatura de condensação ( $T_{cd}$ ) flutuante.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Contextualização da Empresa**

Este trabalho foi desenvolvido em uma unidade da empresa que recebe e armazena cortes bovinos processados e congelados oriundos da unidade matriz, para consumo no mercado interno e para exportação.

Para uma melhor avaliação foi utilizado um guia para implementação da norma ISO NBR 50001, que sugere a delimitação física das áreas a serem incluídas no sistema de gerenciamento de energia (SGen).

O guia utilizado recomenda que sejam detalhadas informações referentes ao processo, tais como, usos significativos de energia e fatores que influenciam diretamente no consumo energético do processo. A partir de análise prévia, definiram-se como usos significativos de energia (*USEs*) a iluminação externa da planta e o motor elétrico acoplado ao compressor, (ALLIANCE, 2017).

### **2.2 Contextualização do Processo**

A planta frigorífica é constituída por uma sala de máquinas, que é supervisionada por um operador.

Durante o processo é feito o monitoramento das temperaturas dos ambientes controlados (câmaras frias). Os ambientes são constituídos por:

duas câmaras de estocagem, dois túneis de congelamento e duas câmaras de resfriamento. Apesar disto, apenas o túnel de congelamento 2 estava em funcionamento durante o período avaliado.

Como equipamentos para a produção de frio, a planta frigorífica conta com 1 condensador evaporativo com 2 ventiladores e uma bomba d'água, 2 compressores alternativos, 1 separador de líquido vertical e 1 resfriador intermediário vertical, 2 bombas de amônia, além de evaporadores distribuídos nos diversos ambientes frigoríficos.

Delimitou-se a zona física a ser estudada como sendo o túnel de congelamento 2, visto ser o único ambiente que encontrava-se em operação, porém adaptado para a função de estocagem de alimentos previamente congelados.

### **2.3 Monitoramento Remoto e Aquisição de Dados Meteorológicos**

O sistema de geração de frio possui um controlador lógico programável com sistema de monitoramento remoto implementado pela empresa Less Energy LTDA, o qual permite a visualização instantânea e o armazenamento dos dados do processo, como por exemplo, tensão elétrica, intensidade e corrente elétrica, potências elétrica, consumo de energia elétrica e pressões de evaporação e condensação, além do controle da vazão de ar no condensador evaporativo por meio de um sistema de controle que opera com temperatura de condensação flutuante.

Devido a natureza do processo de geração de frio, foi necessária a aquisição de dados de *TBS* (temperatura de bulbo seco), *TBU* (temperatura de bulbo úmido), *UR* (umidade relativa), *TC* (temperatura de câmara) e horas diárias de operação. Essas variáveis foram identificadas como de influência na performance dos *USEs*, mais especificamente, principalmente, do motor acoplado ao compressor, conforme recomendado pela norma ISO NBR 50001 (ALLIANCE, 2017).

Foram utilizados três bancos de dados para o estudo energético. O primeiro banco utilizado foi o com o histórico diário de temperaturas de câmara

registrado pela própria empresa nas horas pares. O segundo banco de dados é constituído pelos dados provenientes do sistema de medição instalado para monitoramento das grandezas elétricas e pressões. O último banco de dados foi extraído de uma das estações meteorológicas de Rio Grande, que está localizada no bairro Parque Marinha. (WUNDERGROUND, 2017)

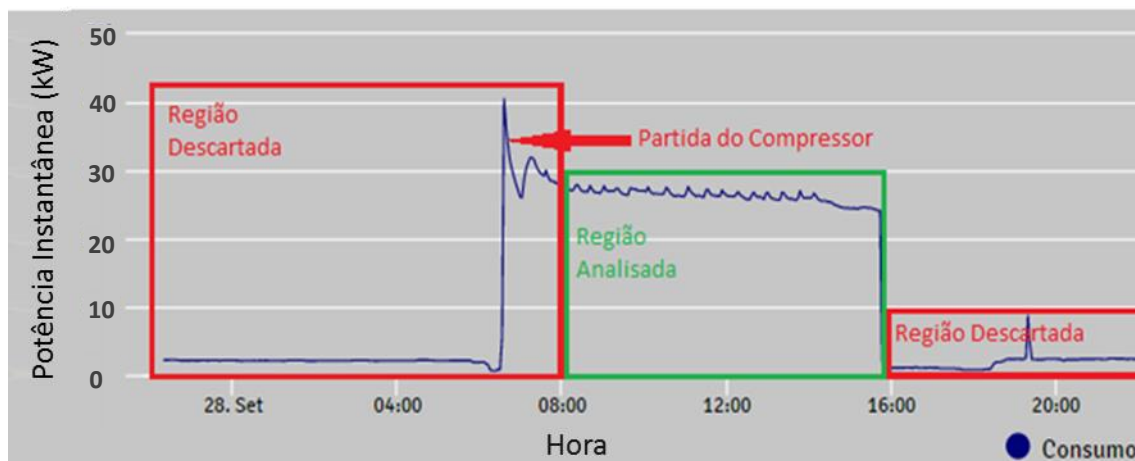
Determinou-se como variável dependente a potência elétrica consumida. Assim então, buscou-se identificar padrões e relações entre a variável dependente (consumo) e as variáveis independentes (*TBS*, *TBU*, *TC* e *UR*).

## **2.4 Critérios para Eliminação de Dados não Representativos**

Inicialmente, definiu-se um critério para eliminação dos dados que impossibilitariam a visualização gráfica de correlações em função destes não serem representativos do processo. Assim, somente foram analisados os dados em que o sistema estava a pleno funcionamento, com os motores elétricos do compressor, das bombas e ventiladores acionados. Também se descartou os dados referentes à primeira hora de operação, devido ao consumo de partida do motor não representar o consumo em um regime estacionário, bem como as válvulas e registros necessários ao funcionamento do sistema ainda encontrarem-se apenas parcialmente abertas.

Além destes dados, também não foram correlacionadas as variáveis em horas ímpares, já que os registros de temperaturas da câmara são feitos somente em horas pares. Finais de semanas e feriados foram considerados dias atípicos em função do período de funcionamento reduzido e também foram descartados. A consideração destes dias poderia conduzir a tendências enganosas, uma vez que o sistema opera com temperaturas de câmaras acima daquelas alcançadas em dias normais e tem aproximadamente 35% do tempo de operação em regime transiente devido as alterações para partida e parada da planta. Na Figura 1 são identificadas as regiões descartadas e utilizadas para estabelecer as correlações. No gráfico é representada a variação da potência instantânea a cada hora ao longo do dia 28 de setembro.

**Figura 1** – Demarcação das regiões descartadas e da analisada.



Fonte: Retirada do sistema de monitoramento remoto do frigorífico, em novembro de 2017.

### 3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

#### 3.1 Relação entre a Temperatura de Bulbo Seco e a Potência Elétrica Consumida

Após a exclusão de dados correspondentes aos critérios de eliminação citados na seção 2.4, as correlações serão definidas por meio de análises gráficas do funcionamento no mês de setembro de 2017. Foram definidos os dias 4, 5, 6, 9, 23, 25, 26 e 28 do referido mês como sendo objeto de análise.

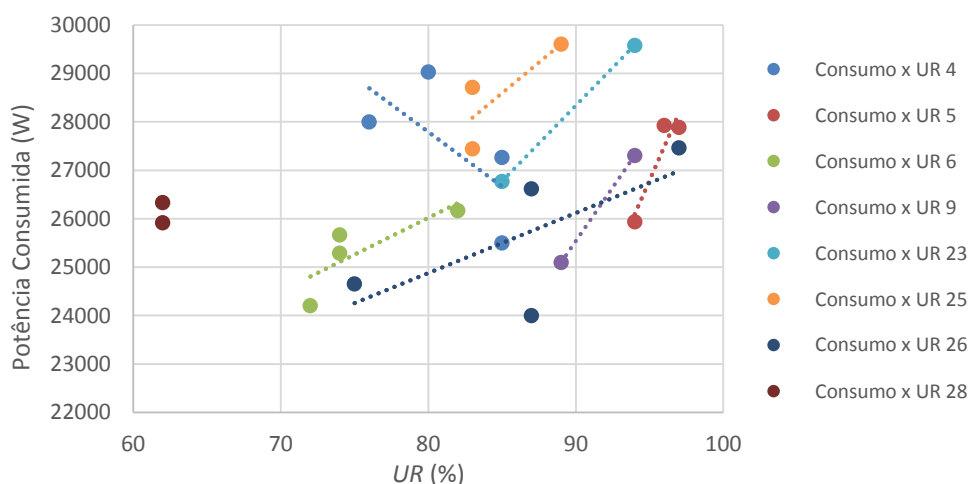
A *TBS*, encaixa-se como critério de limitação de troca térmica entre o sistema e o ambiente externo, agindo diretamente no condensador evaporativo. O aumento da mesma acarreta na redução do potencial de transferência de calor entre o condensador e o ambiente. Visto que o processo principal da empresa é a preservação de condições específicas de temperatura, espera-se que as condições externas não exerçam influências significativas na geração de frio. A primeira etapa de diagnóstico do processo consistiu em estabelecer a relação entre a temperatura ambiente e a potência instantânea consumida pelo motor do compressor.



### 3.2 Relação entre o Umidade Relativa e a Potência Elétrica Consumida

Tendo em vista que o princípio de funcionamento dos condensadores evaporativos baseia-se fundamentalmente na transferência de massa para que a transferência de calor possa ocorrer, a umidade relativa atua associando-se diretamente a troca térmica no condensador, onde o ar admitido com uma baixa umidade relativa poderá propiciar um melhor desempenho destes equipamentos. A Figura 3 demonstra o comportamento da umidade relativa associada à potência instantânea registrada no sistema de monitoramento e controle. Apesar de existir duas situações contrárias ao esperado (dias 4 e 28), a potência instantânea consumida tende a elevar-se com o aumento da umidade relativa. Esta tendência contrária corrobora com a análise feita sobre o comportamento do sistema em relação à *TBS*.

**Figura 3** – Variação de potência em função do conteúdo de umidade do ar ambiente.



### 3.3 Relação entre a Temperatura de Bulbo Úmido e a Potência Elétrica Consumida

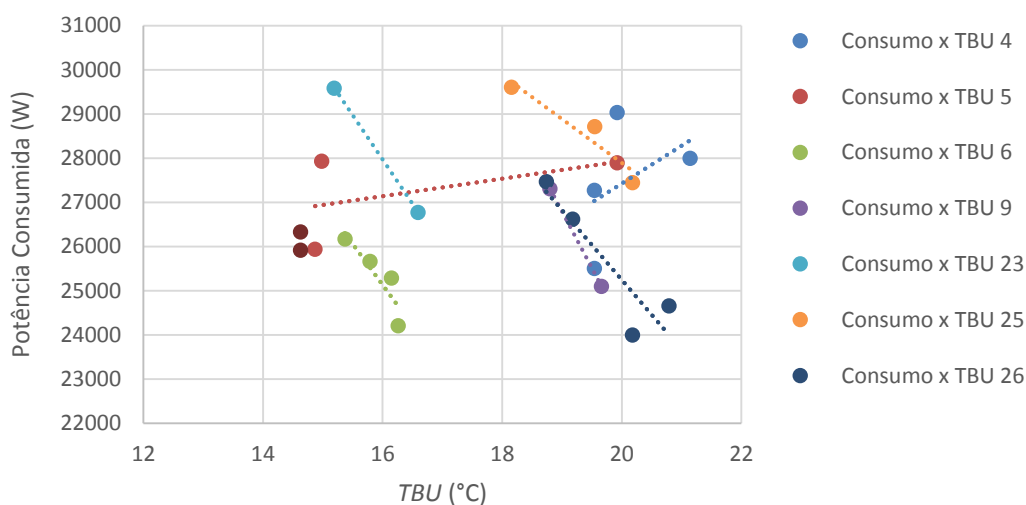
As duas variáveis referenciadas nas seções 3.1 e 3.2 possuem comportamentos que mostram influência na potência instantânea consumida pelo sistema de refrigeração. Considerando-se as seguintes situações: (i) com

menores valores de  $UR$  e de  $TBS$  o condensador evaporativo mostra-se com uma condição térmica mais favorável; (ii) com maiores valores de  $UR$  e de  $TBS$  a transferência de calor no interior do condensador evaporativo ocorre de forma menos intensa.

A forma mais correta de avaliar o desempenho de um condensador evaporativo se dá através da observação de seu comportamento em função da  $TBU$  ambiente.

A Figura 4 demonstra o comportamento da  $TBU$  com relação à potência instantânea consumida pelo sistema frigorífico. Uma melhor troca térmica, com condições mais favoráveis ao funcionamento do compressor (que remete à menores temperaturas de condensação), deveria ser esperada para menores valores de  $TBU$ . Este comportamento não foi verificado para os dados avaliados, em função da capacidade nominal do condensador ser superior à capacidade requerida pelo sistema, aliado ao fato de que as temperaturas de bulbo úmido ambiente são crescentes ao longo do dia, enquanto que  $TC$  é decrescente. Isto ocorre devido ao fato de que quanto menor o valor de  $TC$ , menor é a pressão de sucção do compressor e, conseqüentemente, menor sua capacidade acarretando em uma menor taxa de calor a ser rejeitada no condensador. Além disso, o sistema de controle mantém o sistema operando na condição de menor consumo possível, ajustando a temperatura de condensação para cada condição operacional da planta

**Figura 4** – Variação de potência em função da  $TBU$ .

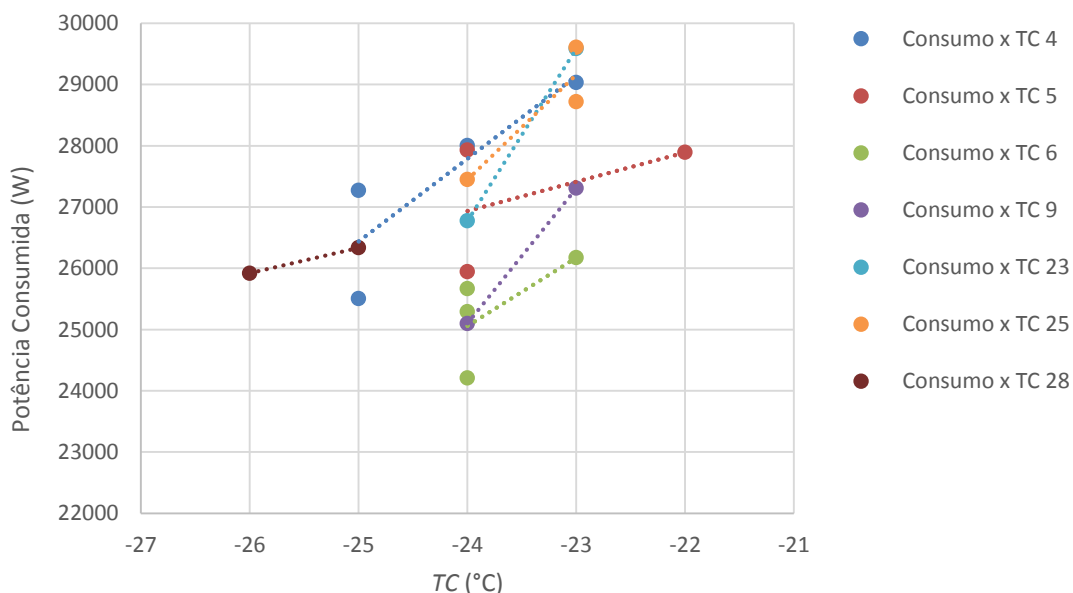


### 3.4 Temperatura de Câmara

As variáveis citadas anteriormente influenciam no comportamento do sistema no lado de alta pressão do sistema, entretanto como o processo da geração de frio envolve o transporte de calor de uma região para a outra também se fazem necessário também às análises das regiões de baixa pressão. Conforme há uma redução da temperatura no interior da câmara, há também a redução da taxa de calor presente na mesma. O sistema em operação identifica a necessidade de ajustar a capacidade do compressor, entretanto torna-se necessária a instalação de um inversor de frequência no motor elétrico do compressor da instalação. Cabe salientar que este é o maior *USE* do sistema.

Na Figura 5 está demonstrada a relação entre potência instantânea e *TC*. Através desta figura pode-se perceber que quanto menor o valor de *TC* menor é a potência requerida pela planta frigorífica.

**Figura 5** – Variação de potência em função de *TC*.

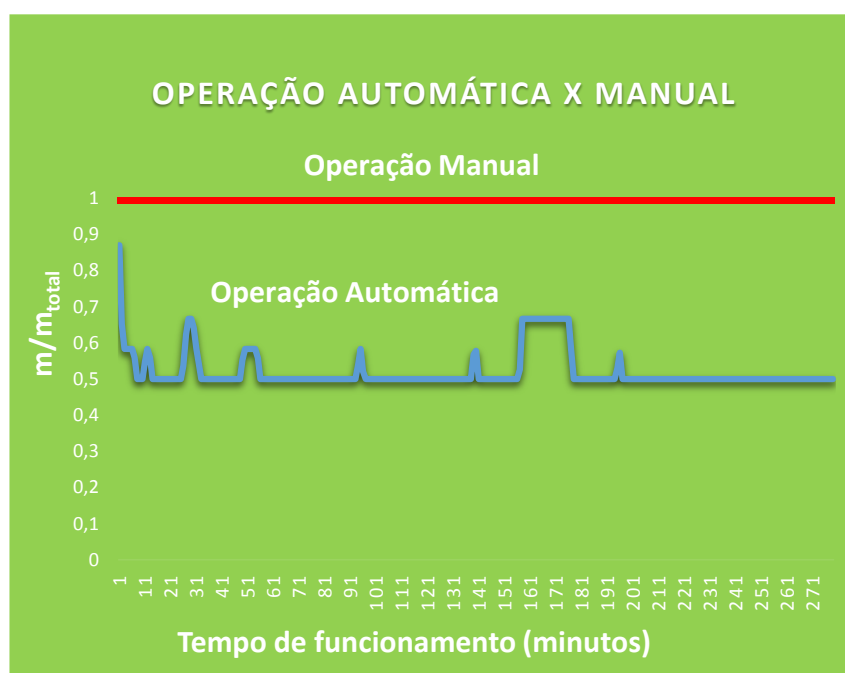


### 3.5 Correlação do Consumo com Inversor de Frequência

O sistema de monitoramento e controle empregado permite a modificação da vazão de ar do condensador evaporativo em função da necessidade do sistema, tanto com relação à performance quanto com relação à segurança do sistema frigorífico.

Na Figura 6 são apresentadas as curvas típicas do comportamento da vazão de ar do condensador com o sistema de controle atuante (linha azul) e com o sistema de controle desligado (linha vermelha) avaliado em cada minuto de operação no dia 05/09/2017, sendo estas representadas pela razão entre a vazão mássica de ar controlada e a vazão mássica de ar total.

**Figura 6** – Frequência dos ventiladores versus tempo de funcionamento.



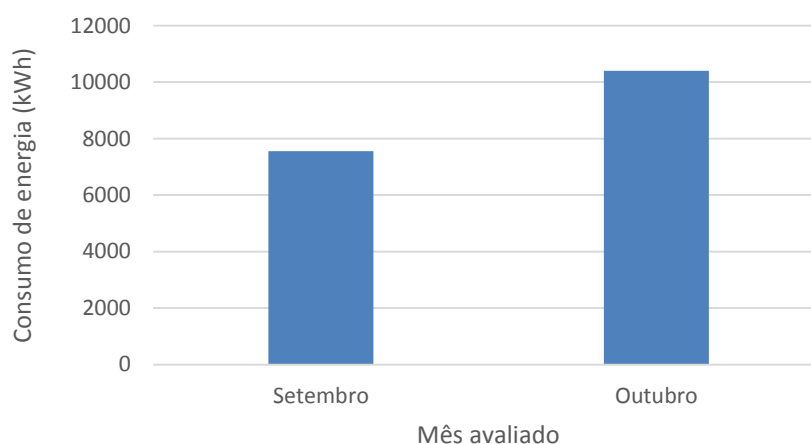
Pode-se perceber que a capacidade plena do condensador não foi requerida, chegando ao valor máximo para  $\dot{m}/\dot{m}_{total}$  de aproximadamente 0,85 e mantendo-se em aproximados 0,5 na maior parte do tempo. Visto que a potência consumida por estes motores dos ventiladores é proporcional ao cubo

da variação da sua velocidade, o consumo destes ventiladores torna-se bastante reduzido com a implementação do sistema de controle dos motores dos ventiladores.

Objetivando verificar a melhoria proporcionada pelo sistema de controle do condensador evaporativo implementado, foi realizado o desligamento do mesmo durante um mês para que fosse possível constatar a diferença no consumo da empresa e sua consequente economia.

Na Figura 7 são apresentados os dados de consumo de médio mensal de energia elétrica do frigorífico nos meses de setembro e novembro de 2017 adquiridos pelo sistema instalado na sala de máquinas da empresa. No mês de setembro o sistema de controle de temperatura de condensação flutuante estava em funcionamento, enquanto que em novembro o mesmo encontrava-se inativo. O mês de setembro foi escolhido para comparação pois, assim como novembro, tem 30 dias e 2 feriados.

**Figura 7** – Dados de consumo em kWh para os meses de setembro e novembro.



O consumo do mês de setembro foi de 7549,77 kWh enquanto o do mês de novembro foi de 10400,49 kWh, correspondendo a uma redução de 2850,72 kWh ou 27,4% do valor total anterior. Considerando o valor do de 1 kWh igual a R\$ 0,48, uma economia de aproximadamente R\$1368,00 foi verificada no mês

de setembro em relação ao mês de novembro, em que o sistema de controle de vazão de ar no condensador esteve fora de operação.

## **4 CONCLUSÕES**

Após observações realizadas no comportamento dos dados coletados foi verificado que a utilização de um sistema de controle de vazão que permita a operação com pressão de condensação variável pode propiciar uma redução de consumo de energia elétrica significativa.

Nesta avaliação, pode-se verificar uma diferença de 27,4 % do consumo de energia elétrica da empresa quando comparados os consumos de energia nos meses de setembro e novembro de 2017. Salienta-se que no mês de setembro o sistema de controle encontrava-se em operação enquanto que no mês de novembro o mesmo encontrava-se desligado.

Sugere-se também, a instalação de inversores nos evaporadores, e principalmente no compressor com o intuito de diminuir as rotações de operação nos momentos em que a capacidade frigorífica plena não é demandada.

As variáveis correlacionadas com o consumo mostraram serem modificadoras da potência instantânea, porém verificou-se que são variáveis relacionadas ao tanto ao ambiente externo quanto às câmaras frigoríficas e não podem ser controladas.

Também foi verificado que a utilização de apenas um túnel de congelamento como câmara de estocagem, torna o condensador evaporativo superdimensionado, podendo não ser recomendado para usos em pequenas necessidades de capacidade térmica sem o devido sistema de controle de vazão de ar.

## **REFERÊNCIAS**

AL-BASSAM, E.; ALASSERI, R. Measurable energy savings of installing variable frequency drives for cooling towers' fans, compared to dual speed motors. *Energy and Buildings*, V. 67, p. 261–266, Dezembro, 2013.

*Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.3, n.3, setembro de 2018.*

ALLIANCE, C. Guia para aplicação da norma ABNT ISO 50001: Gestão de Energia. 2017. Disponível em: <[http://procobre.org/media-center/pt-br/component/jdownloads/send/2-publicacoes/242-guia-para-aplicacao-da-norma-abnt-nbr-iso-50001-gestao-da-energia.html?option=com\\_jdownloads](http://procobre.org/media-center/pt-br/component/jdownloads/send/2-publicacoes/242-guia-para-aplicacao-da-norma-abnt-nbr-iso-50001-gestao-da-energia.html?option=com_jdownloads)>. Acesso em: 22 set 2017.

KARUNAKARAN, R.; INIYAN, S.; GOIC, R. Energy efficient fuzzy based combined variable refrigerant volume and variable air volume air conditioning system for buildings. *Applied Energy*. V. 87, Issue 4, p.1158–1175, Abril, 2010.

MOBLEY, R. *Plant Engineer's Handbook*. [S.l]: Butterworth- Heinemann, 2001. p.615-622.

PENG, Q.; DU, Q. Performance evaluation of a variable frequency heat pump air conditioning system for electric bus. *International Journal of Fluid Machinery and Systems*, V. 8, No. 1, Janeiro de 2015.

PINNOLA, C. F., *Desenvolvimento e Implementação de Kit Inteligente para Sistemas de Refrigeração, Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado*. 2013. 90f. Dissertação (Programa de Pós Graduação Em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

RODRIGUES, W. *Crítérios para o Uso Eficiente de Inversores de Frequência em Sistemas de Bombeamento de Água*. 2007. 234f. Tese de doutorado - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.

SAIDUR, R. et al. Applications of variable speed drive (VSD) in electrical motors energy savings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, V. 16, p. 543-550. Janeiro, 2012.

SOYGUDER, S. Intelligent system based on wavelet decomposition and neural network for predicting off an speed for energy saving in hvac system. *Energy and Buildings*. V. 43, Issue 4, p. 814–822, Abril, 2011.

VARGAS, J. V. C., PARISE, J. A. R. Simulação Em Regime Transiente do Controle Em Malha Fechada de Uma Bomba de Calor: III CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERACAO, VENTILACAO E CONDICIONAMENTO DE AR, Fevereiro de 1992. *Anais do III CONBRAVA*. São Paulo, SP. p.87 – 90. 1992.

VENTURINI, O.J., PIRANI, M.J., *Manual Prático - Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração, ELETROBRÁS / PROCEL*. Rio de Janeiro. p. 46-47. 2005.

WUNDERGROUND, W. Previsão climática (Estação Meteorológica: Rio Grande/RS). 2017. Disponível em: <<https://www.wunderground.com/personal-weather-station/dashboard?ID=RIOGRAN21>>. Acesso em: 8 nov 2017.

YU, F.; CHAN, K. Modelling of the coefficient of performance of an air-cooled screw chiller with variable speed condenser fans. Building and Environment v.41, p. 407-417, Abril, 2006.

ZHIFANG, X.; LIN, S. Modeling and experimental investigation of a variable speed drive water source heat pump. Tsinghua Science and Technology. v.15, Number 4, p.434-440, Agosto, 2010.

**Enviado em:** 21 mai. 2018

**Aceito em:** 25 set. 2018

**Editor responsável:** Mateus das Neves Gomes