

REDIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO PARA GANHO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Mauricio dos Santos Borsatto, mauricioborsatto@hotmail.com¹
Jeferson Diehl de Oliveira, jeferson.oliveira@fsg.edu.br¹

¹FSG Centro Universitário da Serra Gaúcha, R. Os Dezoito do Forte, 2366 - São Pelegrino, Caxias do Sul - RS, 95020-472

Resumo. A refrigeração de fluidos dentro da indústria é aplicada aos mais variados processos produtivos, podendo-se destacar injeção de polímeros, extrusão, dentro outros processos que demandam redução das temperaturas para maior estabilização e capacidade de suas operações. No processo de injeção de polímeros a utilização de água em menores temperaturas são amplamente aplicadas a fim de manter a constância e qualidade nos componentes produzidos, desta forma equipamentos de refrigeração possuem a responsabilidade de entregar este insumo característico ao processo de injeção. O presente estudo visa coletar informações de um novo chiller aplicado ao processo de refrigeração, tendo como objetivo analisar as condições térmicas do sistema e seus consumos de energia elétrica, de acordo com as potências de trabalho coletadas durante um período pré-determinado. Os resultados obtidos identificam as capacidades térmicas possíveis de atenderam a demanda geral do processo de injeção de polímeros, sendo que sua capacidade de refrigeração está saturada em 86% do especificado, suas condições de eficiência energética permitem a redução de 49,5 % no consumo de energia elétrica e possibilidade de implementação do novo equipamento.

Palavras chave: Eficiência Energética. Chiller. COP (Coeficiente de Performance). Condensadores de Refrigeração a Ar. Condensadores Evaporativos

Abstract. The fluid automobiles within the industry is applied to the most varied production processes, being able to apply the administration of polymers, within other processes that require reduction of temperatures for greater capacity of their operations. No polymer injection process is used under maximum temperature conditions applied to a constancy and water components of this form of quality injection equipment and responsibility to provide input characteristic to the process. The present study consumed can be seen as information from a new analyzer chiller as thermal conditions of the system and energy, according to the working powers collected during a given period. The results obtained are identified as possible thermal capacities to meet the general demand of the polymer injection process, and the consumption reduction capacity is at 86% of the specified, its energy efficiency conditions with permission of 49.5% electrical energy and possibility of implementing the new equipment.

Keywords: Energy Efficiency. Chiller. COP (Coefficient of Performance). Air Cooling Condensers. Evaporative Condensers

1. INTRODUÇÃO

Segundo Gaspar (2004) e Figueiredo (2014), a inovação e desenvolvimento tecnológico alcançado na sociedade industrial e doméstica, não seria possível sem utilização de máquinas elétricas, que por sua vez desenvolveram a possibilidade de gerar movimento onde é necessário. O consumo de energia elétrica em determinados sistemas industriais se torna alto e expressivo, desta forma sendo um dos principais pontos a serem discutidos para ganhos em eficiência energética. De acordo com Mosko (2010), uma grande parcela dos custos de produção é definida do consumo de energia elétrica, desta forma sendo de suma importância o uso adequado e eficiente de tal recurso. A abordagem e implementação de programas os quais relacionam eficiência energética tem sido cada vez mais introduzidos na indústria, pois além de ganhos em redução de consumo, também se considera a atitude responsável nos processos produtivos.

Para a Companhia Paranaense de Energia (COPEL, 2013), o acompanhamento de consumo de energia deve ser utilizado para detalhar as despesas mensais com este insumo, podendo ser verificado ao longo do tempo, possuindo dados comparativos os quais geram diretrizes a planos de ações para reduzir os desperdícios. De acordo com as pesquisas realizadas pela companhia, no consumo eficiente de energia elétrica, as indústrias terão um melhor aproveitamento dos equipamentos, assim reduzindo as despesas com energia elétrica, aumentando sua produtividade e qualidade no produto ofertado ao mercado, movimentos estes que impactaram em toda a cadeia produtiva, transmitindo as ações ao consumidor final, algumas certificações buscam controlar e definir métricas para o consumo de energia. A ISO 50.001 publicada pela Organização Internacional de Padronização (ISO), representada nacionalmente pela Associação Brasileira de Normas

Técnicas (ABNT), visa tratar a gestão do consumo energético estimulando o desenvolvimento de boas práticas de consumo energético nas indústrias, citando na ISO 14.001 desempenhos ambientais que consideram o consumo racional de energia elétrica, pontos estes de grande importância para dentro da indústria, tendo em vista o incremento dos valores pagos pela energia elétrica.

O aumento nos preços pagos pela energia elétrica, fazem com o que os grupos de melhorias fabris se foquem nas reduções de consumo de energia, pois no ano de 2021, segundo Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2021) obteve-se um aumento de 12,2% no preço da energia comercializada na região Sul do Brasil para o primeiro semestre e 8,84% no segundo semestre para consumidores de alta tensão, totalizando um aumento de 21,04% no preço da energia elétrica para o ano de 2021. Tendo em vista todo o cenário de conscientização no consumo de energia elétrica a ANEEL desenvolveu um Programa de Eficiência Energética (PEE), o qual trata por meio de projetos a importância da melhora no consumo de energia elétrica em máquinas e equipamentos que estão aplicados dentro da indústria, porém além dos ganhos de eficiência energética, é de suma importância considerar análises térmicas para cada sistema, pois define uma correta condição de operação e entrega de resultados. Na indústria chillers são equipamentos que realizam consumos expressivos de energia elétrica e devem possuir corretos dimensionamentos e aplicações.

Para Rosso Ribeiro (2021), um chiller de médio porte com capacidade de refrigeração de 380 TR, consome cerca de 274,8 kWh em condição de potência máxima de seu sistema, logo este consumo comparado à demanda de energia elétrica de uma família brasileira, poderia os abastecer durante um período de 30 dias considerando uma ocupação de 3 pessoas. Segundo Lemos (2011), vários são os sistemas de ar-condicionado e climatização que utilizam produtores e/ou transformadores de energia térmica. As máquinas de produção de água gelada também conhecidas como chillers tem sofrido um grande aumento ao longo dos últimos anos, devido a maior exigência do controle térmico imposto na indústria, considerando a evolução dos processos produtivos e das restrições para cada modelo de operação. De acordo com Farias (2019), o equipamento chiller é composto por conjuntos de componentes, o qual através de um ciclo de refrigeração retira calor da água. Diversos são os processos que utilizam água com temperatura inferior a ambiente como parâmetro de operação, podendo-se citar a injeção de polímeros.

Levando em consideração o material exposto até o momento, o presente estudo visa projetar um chiller para a refrigeração de água aplicado ao processo de injeção de polímeros, coletar e analisar os dados gerados por tal sistema, considerando sua eficiência térmica, bem como o investimento necessário para aquisição do equipamento e retorno do investimento através dos ganhos em redução do consumo de energia elétrica.

2.0. METODOLOGIA

Para analisar a situação em que se encontra um chiller de refrigeração a ar aplicado ao sistema de refrigeração de polímeros, foram utilizados os seguintes direcionamentos, tendo em vista analisar questões térmicas e elétricas de tal equipamento.

O presente estudo se utilizou da metodologia quantitativa para o estudo de caso. De acordo com Gil (2002), o método quantitativo utilizado na coleta de dados, direcionará e quantificará os valores que serão analisados posteriormente. A coleta de dados primários será realizada através de equipamentos que serão descritos no tópico 3.1. Segundo Gil (2002) a coleta de dados é feita através de algumas manipulações e observação dos efeitos produzidos, utilizando da tecnologia de equipamentos mecânicos, elétricos ou eletrônicos. Os dados serão analisados através de gráficos a nível de consumo de energia dados pelo equipamento aplicado na coleta e equações termodinâmicas que farão a utilização dos valores coletados pelos sensores. Para Gil (2002), as análises estatísticas possuem grande aplicabilidade nas pesquisas experimentais e tornam a ferramenta imprescindível no processo de análise de dados.

2.1. Coleta de Dados

Para a coleta de dados, foram utilizados equipamentos de campo, com o objetivo de gerar dados necessários para realizar os cálculos de eficiência térmica e elétrica do sistema. Para a coleta dos dados de potência do sistema, foi utilizado um Analisador Trifásico 3945-B, logo a coleta dos parâmetros de temperatura de entrada, saída e vazão mássica do sistema foi realizada através de um CLP integrado ao Chiller SMC HRS300-A-4. Os equipamentos foram instalados simultaneamente e realizaram a coleta de informações durante um período de trinta e seis horas, com intervalos de coletas determinados em dois minutos.

2.1.1. Analisador Trifásico 3945-B

O Analisador Trifásico utilizado nesta aplicação, possui a condição técnica de medir grandezas de tensões, correntes, energia harmônica e potência de equipamentos em operação. Dotado de uma memória interna, o medidor permite criar um banco de dados para que possam ser realizadas análises posteriores ao período de coleta. Na coleta de dados de potência do Chiller SMC HRS300-A-4, o equipamento foi instalado com o intuito de coletar dados durante um período de trinta e seis horas com intervalos de dois minutos. Na Figura 1 é possível visualizar o modelo do equipamento que foi instalado.



Figura 1. Analisador Trifásico 3945-B (RD Engenharia, 2020)

O equipamento foi instalado no chiller de refrigeração durante um período de 36 horas, com intervalos de dois minutos cada coleta, abaixo na Fig. 2, pode-se visualizar o momento de instalação do equipamento, a fim de realizar a coleta da potência do sistema, variável necessária para o cálculo de eficiência térmica e energética do equipamento, considerando 100% da demanda de água para as injetoras de polímeros.



Figura 2. Instalação Analisador Trifásico

2.1.2. Controlador Lógico Programável (CLP)

Para coleta dos dados de temperatura de entrada temperatura de saída e vazão mássica do sistema conforme pode ser visualizado abaixo, um Computador Lógico Programável (CLP) é instalado no equipamento em virtude das necessidades de coleta das informações citadas anteriormente.

O CLP é conectado no equipamento através de um cabo serial RS-485/RS-232C, conforme pode ser visualizado na Fig. 3 abaixo, os dados coletados serão enviados através da rede para um banco de informações que serão aglutinadas e posteriormente organizadas para cálculos de eficiência térmica.

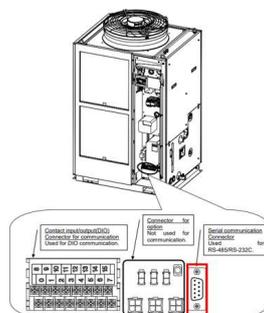


Figura 3. Comunicação do CLP com Chiller SMC (SMC 2021).

O controlador lógico programável foi instalado no chiller, com o objetivo de realizar a coleta das variáveis térmicas do sistema, sendo elas: temperatura de entrada, temperatura de saída e vazão do equipamento. O CLP foi conectado

através de uma porta serial RS232 em um conversor de sinal, a fim de tornar possível a comunicação do mesmo com um notebook.

2.2. OBJETO DE ESTUDO

Neste item será apresentado o equipamento utilizado na análise deste estudo. O dispositivo a seguir é direcionado e aplicado ao sistema de refrigeração do processo de injeção de polímeros. O sistema é constituído por um compressor alternativo, trocadores de calor do tipo evaporativo e condensativo e válvula de expansão de modelo eletrônico.

O equipamento analisado no presente estudo, trata-se de um chiller de refrigeração a ar modelo HRSH300-A-40, da marca SMC. O sistema como um todo é composto por um trocador de calor casco e tubo, evaporador, compressor e válvula de expansão eletrônica. Cada elemento descrito anteriormente possui extrema importância e são utilizados para funções mencionadas no referencial bibliográfico. Este equipamento possui diversos parâmetros, conforme Anexo I os quais podem ser medidos e acompanhados para melhor entender seu funcionamento, caso seja necessário analisar as condições térmicas da aplicação, visando futuras intervenções a nível de dimensionamento e ocupação, no Anexo II segue a ficha técnica do equipamento, considerando todos seus dados técnicos de operação. Na Figura 4, pode-se visualizar um desenho esquemático do sistema analisado.

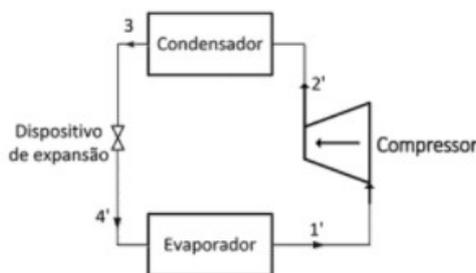


Figura 4- Desenho Esquemático Sistema de Refrigeração

2.3. MÉTODO DE ANÁLISE

A partir dos dados coletados pelos equipamentos descritos no item anterior, os mesmos serão utilizados na realização dos cálculos do item que segue, analisando sua eficiência térmica e energética respectivamente.

2.3.1. Coeficiente de Performance do Chiller (COP)

Ferreira (2016) define a eficiência de um ciclo relacionando a energia útil que se deseja atingir e a energia que deve ser cedida para obtenção dos resultados desejados. A eficiência de ciclos de refrigeração é definida como coeficiente de performance (COP) e é calculado através da Eq. 1:

$$COP_R = \frac{q_{ev}}{W_{comp}} \quad (1)$$

onde q_{ev} corresponde à capacidade de refrigeração e W_{comp} representa o trabalho total realizado pelo compressor.

A capacidade de refrigeração do sistema, leva em consideração a temperatura, vazão mássica, propriedade da água na entrada e saída do trocador de calor, conforme pode ser visualizado na Eq. 2:

$$q_{ev} = \dot{m}_{\text{água}} \cdot C_p \cdot (T_s - T_e) \quad (2)$$

onde C_p corresponde à calor específico de refrigeração, $\dot{m}_{\text{água}}$ representa a vazão mássica da água, T_s simboliza a temperatura de saída e T_e equivale a temperatura de entrada da água no sistema.

2.3.2. Impactos Econômicos e Financeiros

Os impactos econômicos e financeiros levam em consideração a diferença entre os consumos de energia do sistema antigo de refrigeração, versus os valores de consumo de energia gerados pelo redimensionamento de um novo sistema de

refrigeração para o processo de injeção de polímeros. A diferença entre os consumos de energia elétrica pode ser vista na Eq. 3:

$$DC = C_{antigo} - C_{atual} \quad (3)$$

onde C_{antigo} corresponde ao consumo de energia do sistema antigo, e C_{atual} representa o consumo de energia do equipamento de refrigeração.

De acordo com os valores obtidos da subtração conforme equação anterior, pode-se caracterizar a diferença de consumo entre o sistema antigo e o consumo do sistema atual, após este dado, deve-se analisar a quantidade de horas diárias de trabalho e seus respectivos dias úteis anuais, a fim de aglutinar todos os dados em formato anual de demanda e consumo, conforme Eq. 4:

$$Cons_{anual} = \frac{DC \cdot H_{trabalho} \cdot D_{úteis}}{1000} \quad (4)$$

onde $H_{trabalho}$ corresponde à quantidade de horas diárias de demanda do sistema, $D_{úteis}$ representa a quantidade de dias úteis anuais praticados pela empresa e DC simboliza a diferença de consumo entre o sistema antigo e o atual.

Para valorização da redução do consumo de energia elétrica, é necessário considerar os dados de acordo com a Eq. 5:

$$Valor_{redução} = Cons_{anual} \cdot Custo_{energia} \quad (5)$$

onde $Cons_{anual}$ corresponde a redução do consumo de energia elétrica gerada em um ano de operação do sistema e $Custo_{energia}$ representa o valor pago pela energia elétrica utilizada no equipamento.

O Payback simples (PBS) é aplicado a este modelo de avaliação financeira, definindo o período necessário para realizar o retorno total do investimento aplicado a compra de equipamentos, conforme Eq. 6:

$$PBS = \frac{I}{Valor_{redução}} \cdot 12 \quad (6)$$

onde I corresponde ao investimento total realizado e PBS representa o período para retorno total do investimento.

3. RESULTADOS

A instalação do analisador trifásico possui a importância de coletar informações de potência de trabalho do sistema, sendo possível analisar as condições térmicas do chiller e o consumo em determinado período. Na Figura 5, nota-se que o sistema está operando em potências que variam entre 9,0 kW e 11,5 kW, considerando a média das extremas, pode-se verificar que o equipamento opera em 10,25 kW, ou seja, 95% da potência especificada pelo fabricante.

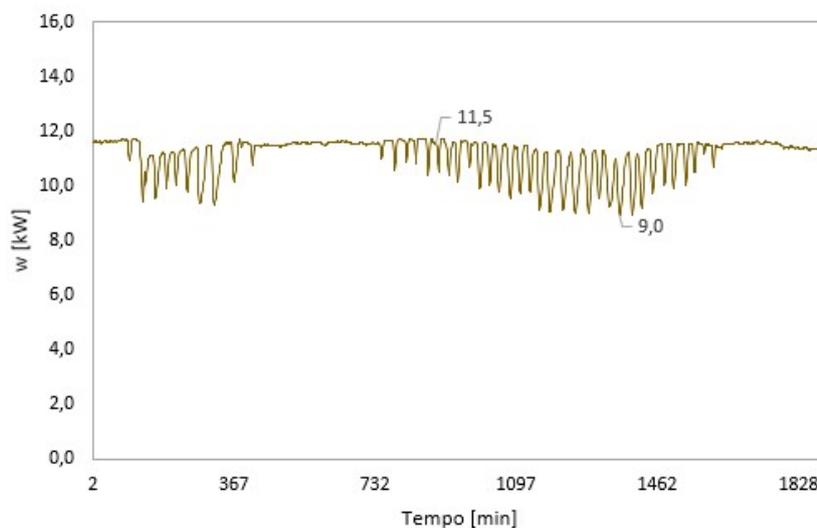


Figura 5. Potência de Trabalho Chiller

As informações coletadas durante um período de trinta e seis horas, com intervalo de dois minutos cada coleta, possibilitaram realizar os cálculos da condição térmica do sistema com o auxílio do *software Engineering Equation Solver* (EES). Os valores coletados somaram uma massa de dados de 950 linhas possíveis de leitura, as quais foram enviadas ao EES e posteriormente transformadas em gráficos para a correta análise durante o período de coleta. Na Figura 6, é possível visualizar o gráfico comparativo entre a temperatura de entrada do chiller exemplificada em vermelho, versus a temperatura de saída da água grifada em azul para o processo de refrigeração na injeção de polímeros.

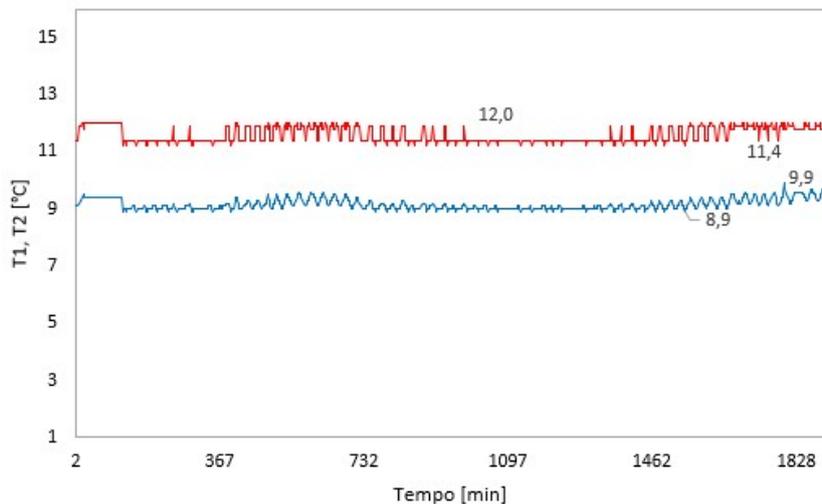


Figura 6. Temperatura de Saída X Temperatura de Entrada

Nota-se que a temperatura de entrada do sistema (T2), varia entre 11,4°C e 12°C, este modelo de variação é evidenciada devido a demanda de refrigeração do processo de injeção de polímeros, tratando-se de medições em regime transiente. Na temperatura de saída (T1), a mesma varia entre 8,9°C e 9,9°C, condição possível de oscilações devido a capacidade de refrigeração do chiller durante sua operação. A análise de eficiência térmica do sistema tem como objetivo evidenciar variações durante o processo de refrigeração da água, situação que possui extrema importância para o bom funcionamento da injeção de polímeros. Através da Eq. 2 é possível calcular a capacidade de refrigeração do sistema.

O resultado de 24,12 kW representa cerca de 86% da capacidade total de refrigeração do sistema, de acordo com as informações do equipamento descritas no Anexo II. Na Figura 7 é possível visualizar as variações da capacidade de refrigeração durante todo o período de coleta, nota-se que o sistema varia entre 26,91 kW e 20,8 kW.

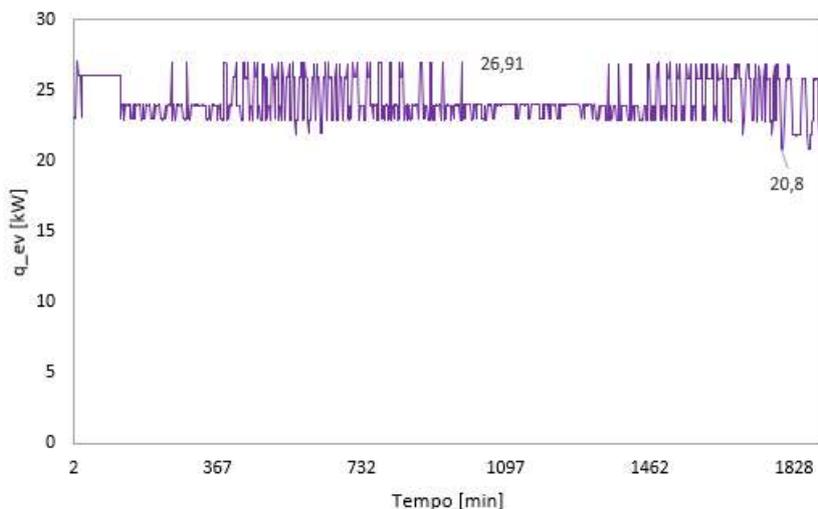


Figura 7. Capacidade de Refrigeração

Após a coleta, cálculo e análise das informações de capacidade de refrigeração, foi possível realizar os cálculos para avaliação do coeficiente de performance do equipamento (COP), considerando a Eq. 1. O coeficiente de performance do chiller representado em preto, teve como resultado médio o valor de 2,36, possuindo variações entre 1,82 e 2,66. Na

Figura 8, é possível visualizar as variações de performance para refrigeração da água em determinados períodos de tempo, nota-se que o COP sofre variações significativas conforme as temperaturas de entrada e saída do sistema são alteradas durante a coleta, também verifica-se que as temperaturas ambientes impactam diretamente nos resultados entregues pelo equipamento, devido condições de refrigeração a ar do condensador, elemento citado no referencial bibliográfico.

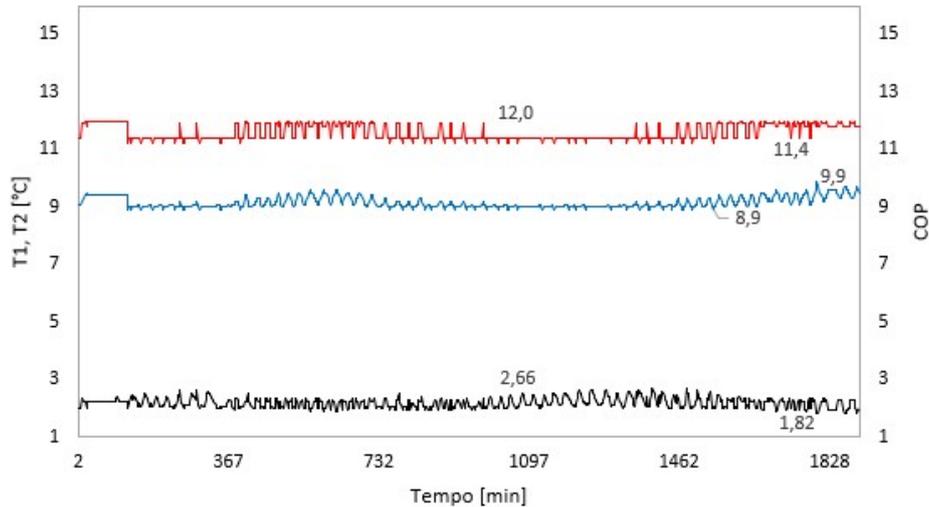


Figura 8. COP X Temperatura de Entrada e Saída

3.1. Análise de Impactos Financeiros

A análise financeira da condição em que está implementado o novo equipamento, avalia a redução do consumo de energia elétrica, comparando os consumos do equipamento antigo versus o consumo do equipamento atual. No refrigerador antigo a potência de trabalho do mesmo era de 20,71 kW, após a instalação do novo chiller, a demanda de potência foi reduzida para 10,25 kW. Utilizando a Eq. 3 descrita anteriormente, pode-se verificar a diferença de 10,46 kW a troca do equipamento.

Após a realização do cálculo é possível visualizar que cerca de 49,5% da potência é reduzida com a troca do equipamento, otimizando o consumo de energia elétrica. Com o auxílio da Eq. 4 descrita anteriormente, pode-se calcular a diferença no consumo de energia elétrica de um ano de operação considerando 235 dias úteis de trabalho e 24 horas de produção. A diferença anual no consumo de energia elétrica é de 58,99 MWh.

A valorização na redução do consumo de energia elétrica com a troca dos equipamentos, é possível através da utilização da Eq. 5, descrevendo o valor total de redução em um ano de operações, considerando R\$455,83 pagos por 1 MWh de consumo, de forma geral e avaliando um ano de redução nos consumos de energia o valor total é de R\$ 26.889,41. O investimento realizado para a compra deste equipamento foi de R\$ 50.000,00. Com base no valor investido e ganhos com a redução no consumo de energia elétrica, pode-se com auxílio da Eq. 6 calcular o *Payback* simples do investimento, ou seja, o período máximo para retorno total do valor aplicado a esta otimização é 22,5 meses.

4. CONCLUSÃO

Os chillers de refrigeração a ar em processos de refrigeração industrial se tornaram ainda mais aplicados devido suas características construtivas e funcionais, conforme foi abordado do referencial teórico, sendo utilizado em áreas indústrias as quais existem limitações de acesso à fluidos direcionados a troca térmica com o condensador, porém deve-se levar em consideração as condições de capacidade de refrigeração e performance do equipamento durante sua operação. Neste estudo a avaliação do coeficiente de performance do sistema comprovou que a refrigeração do fluido é eficaz para o processo de injeção de polímeros, sendo que cerca de 86% da capacidade de refrigeração do novo sistema está sendo utilizado nesta aplicação, conclui-se também que a oportunidade de optar por um novo equipamento o qual possui tecnologias com maior desenvolvimento, agregaram melhorias e estabilidade ao processo produtivo, bem como redução dos consumos de energia elétrica taxadas para a operação dos equipamentos.

As informações coletadas no equipamento conforme descrito anteriormente, possibilitaram realizar os cálculos buscando medir e avaliar as condições térmicas do sistema, as quais demonstram variações de aproximadamente 5% na temperatura fornecida ao processo de injeção, não interferindo ou restringindo as operações no equipamento, ou seja, variações sem impactos consideráveis para o processo. Importante ressaltar que durante toda a coleta de dados as quais quantificaram uma massa de 950 linhas, todas estas foram realizadas com 100% dos equipamentos de injeção em trabalho

no ambiente fabril. O coeficiente de performance do equipamento demonstrou atendimento a demanda do processo, obtendo menores variações durante o período da noite, pois a temperatura ambiente impacta diretamente no processo de refrigeração a ar do condensador, este modelo de equipamento como qualquer outro possui pontos positivos e negativos, neste caso a influência das temperaturas ambientes no processo de refrigeração do condensador se dá devido ao aumento da temperatura do ar externo, sendo assim o equipamento opera em temperaturas maiores, interferindo diretamente na performance de refrigeração do sistema, conforme salientado e exemplificado no tópico 4.3.

A potência de trabalho de um equipamento é uma das grandezas necessária de ser medida, pois a partir dos valores obtidos, obtém-se a certeza de que o equipamento está dimensionado de forma correta, evitando futuros problemas para a operação produtiva. Na avaliação de potência de trabalho, o chiller operou em uma faixa de 95% de sua capacidade total especificada pelo fabricante SMC, ainda possuindo margens caso ocorram demandas maiores de refrigeração. A troca do sistema antigo que possuía uma potência de 20,71 kW, por este novo de 10,25 kW medidos durante a operação, oportunizaram a redução de 49,5% da potência de trabalho, resultando na redução de 59 MWh de consumo em um ano de atividades na planta, valorizando estes dados e levando em consideração as grandes variações nos preços pagos pela energia elétrica no país, a empresa reduziu cerca de R\$ 27 mil reais ano com o consumo de energia elétrica, oportunidade que garantiu o retorno do investimento realizado para a compra do novo equipamento em 22,5 meses. A redução do consumo de energia dentro da empresa que foi realizado o estudo é considerado um movimento de suma importância, com base nos expressivos aumentos pagos pela energia elétrica industrial dentro do estado, desta forma o grupo desenvolveu regras que permitam o período máximo de retorno do investimento em até 60 meses, condição financeira que permite adquirir o equipamento, tendo em vista que o investimento retornará em menos da metade do período permitido.

Por fim, vale salientar que o equipamento analisado neste estudo necessita manter os mesmos níveis de capacidade de refrigeração e consumo de energia, e para que isto aconteça deve-se em estudos futuros garantir a manutenção geral do sistema em períodos acordados junto ao fornecedor SMC, também estudos que irão aplicar equipamentos responsáveis por medir as grandezas necessárias para os cálculos das condições térmicas globais do equipamento, evidenciando a importância em manter o sistema em acompanhamento constante, visando manter sua eficiência térmica para estabilidade do processo produtivo. Em condições futuras de aumento da quantidade de máquinas para o processo de injeção de polímeros, a demanda de refrigeração conseqüentemente aumentará, desta forma será necessário adquirir um novo equipamento, ou até mesmo realizar a troca do atual por um de capacidade compatível com a nova demanda, cenário que reduzirá os riscos de parado dos equipamentos o não conformidade por sobre aquecimento.

5. REFERÊNCIAS

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em www.aneel.gov.br/, Acesso em: 20/03/2021.

COPEL. **Manual de Eficiência Energética na Indústria, 2013**: Disponível no site www.copel.com/: Acesso em 06/04/2021.

APEMA. **Catálogo de Trocadores de Calor Modelo Casco e Tubo**: Disponível no site www.apema.com.br: Acesso em 20/05/2021

GASPAR, C. **Eficiência Energética na Indústria 6ª parte**, 2004.

FIGUEIREDO, Gabriel Passos de; CARI, Silvio AF. **Dinâmica tecnológica e esforços para inovação da indústria de bens de capital no Brasil: um estudo do segmento de máquinas e equipamentos**. In: Anais do XLI Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 41th Brazilian Economics Meeting]. 2014.

MOSKO, Juliano Marcos; PEDROSO, Bruno; PILATTI, Luiz Alberto. **Eficiência energética na indústria: elaboração e planejamento de programas de conservação de energia**. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 2, n. 1, p. Páginas 17-23, 2010.

GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.
RD Engenharia. **Relatório de Qualidade de Energia Elétrica**, 2020.