

PROJETO DE UMA ESTAÇÃO DE PERFORMANCE PARA EXPOSITORES REFRIGERADOS

Gustavo Henrique Tomazella¹

Omar Custodio Vieira²

RESUMO

Este artigo é um estudo de caso em uma empresa metalúrgica, com o objetivo de projetar uma estação de performance para expositores refrigerados; a estação irá mostrar o desempenho relacionado ao consumo energético e a temperatura de operação, dos expositores que são fabricados em uma das linhas de produção dessa indústria. Para essa finalidade diversas grandezas elétricas como tensão, corrente, frequência, potência ativa, reativa e aparente, entre outros além de grandezas relacionadas à temperatura que esses balcões atingiam tiveram que ser coletadas, processadas e armazenadas, com o auxílio de equipamentos voltados para a automação industrial.

Palavras-chave: Expositores refrigerados. Automação industrial. Consumo Energético.

DESIGN OF A PERFORMANCE STATION FOR REFRIGERATED EXHIBITORS

ABSTRACT

This article is a case study in a metallurgical company, with the objective of certifying to the national institute of metrology, quality and technology (INMETRO), the performance related to electrical quantities and temperature of operation, of the exhibitors that are manufactured in one of the production lines of this industry. For this purpose, several electrical quantities such as voltage, current, active, reactive and apparent power, frequency among others besides temperature-related quantities had to be collected, processed and stored, with the aid of equipment aimed at industrial automation.

Key words: Refrigerated Exhibitors. Industrial Automation. Energy Consumption.

¹ Graduação – Bacharel em engenharia elétrica, da Faculdade Universidade Norte do Paraná. Londrina.
E-mail: gustavo.tomazella@hotmail.com

² Dados do Orientador

1 INTRODUÇÃO

Os expositores refrigerados são equipamentos que cumprem bem a função de manter sob temperatura mais baixa, habitualmente entre 1C° e 7C° os itens ali armazenados, podem servir tanto para expor bebidas como frios e laticínios que estão à disposição para serem prontamente encontrados e pegos, além de conferir bastante praticidade, à medida que podem ser como as conhecidas e funcionais “prateleiras”, mas com o benefício da refrigeração sob medida.

As principais diferenças entre os tipos de expositores comuns existentes são relacionadas ao seu formato vertical ou horizontal.

O expositor vertical tem formato e/ou disposição bastante parecidos com os de uma “geladeira” como conhecemos, o diferencial prático fica por conta, na maior parte dos modelos, normalmente da porta de vidro para que se possa visualizar o interior antes mesmo de abri-lo e evitar que esse procedimento seja feito muitas vezes desnecessariamente o que acaba inclusive prejudicando a eficiência da conservação e aumentando o consumo de energia.

Devido à importância desses equipamentos no nosso dia a dia, este trabalho tem como objetivo o estudo de caso, projetar uma estação de performance para que no final da linha de produção, esses expositores passem por testes para análise de seu consumo energético, bem como testes para validar sua temperatura de operação.

Tal estudo é justificado pela necessidade de certificação dos expositores junto ao INMETRO, proporcionando maior competitividade de mercado, intensificado pela atual crise do setor energético brasileiro, o qual acumula 31,5% de elevação no custo da energia elétrica entre 2014 e 2017 (ENERGIA, 2015).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Refrigeração

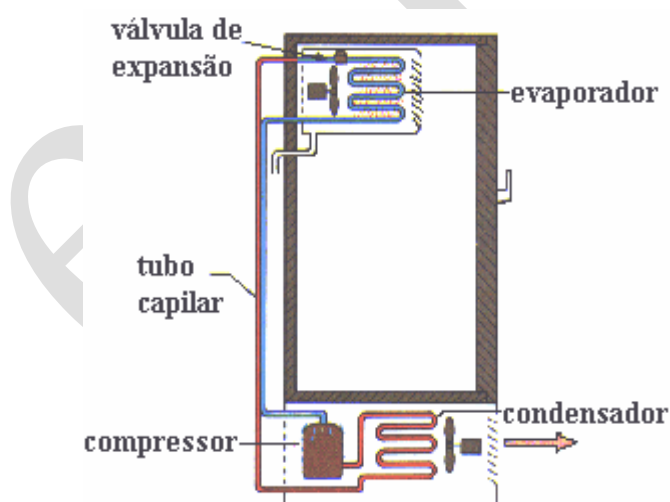
Refrigeração é a ação de resfriar determinado ambiente de forma controlada, tanto para viabilizar processos, processar e conservar produtos, a ideia básica por trás da

conservação de produtos é diminuir a velocidade da atividade das bactérias, fazendo com que elas demorem mais para estragar os alimentos. Refrigeração e congelamento são duas das formas mais comuns de preservar alimentos usados hoje em dia. Em geral, a refrigeração não exerce nenhum efeito sobre a textura ou gosto dos alimentos. E esse é um dos fatores responsáveis pelo sucesso do refrigerador (GONÇALVES, 1989).

O conceito básico por trás de um refrigerador é muito simples: ele usa a evaporação de um líquido para absorver calor. Quando colocamos água em nossa pele, normalmente sentimos um frescor. Quando a água evapora, ela absorve calor, criando esta sensação de frio. Esfregar álcool sempre dá uma sensação de ainda mais frio, pois este evapora em menores temperaturas. O líquido usado em uma geladeira evapora a uma temperatura mais baixa, e assim ele pode criar temperaturas geladas dentro do refrigerador. Se colocarmos o fluido refrigerante (líquido da geladeira) em sua pele ele irá congelá-la enquanto evapora.

Existem cinco partes básicas dos refrigeradores: compressor, serpentina externa, válvula de expansão, serpentina interna e o fluido refrigerante.

FIGURA 1: Esquema de funcionamento de um refrigerador



Fonte: DOSSAT, 1977

O mecanismo básico funciona da seguinte forma, o compressor comprime o gás refrigerante, isto eleva a pressão e temperatura do fluido refrigerante, de modo que as serpentinas externas de troca de calor da geladeira permitem que o fluido refrigerante

dissipe o calor devido à pressurização, à medida que esfria, o fluido refrigerante se condensa em forma líquida e flui pela válvula de expansão, quando passa pela válvula de expansão, o líquido refrigerante se move da zona de alta pressão para a zona de baixa pressão, e se expande e evapora, as serpentinas internas permitem que o fluido refrigerante absorva calor, fazendo com que a parte interna da geladeira fique fria. Então, o ciclo se repete.

2.2 Medição de energia elétrica

A Resolução Normativa ANEEL 414 de 2010 define como medição o processo realizado por equipamento que possibilite a quantificação e o registro de grandezas elétricas associadas à geração ou consumo de energia elétrica, assim como à potência ativa ou reativa (ANEEL, 2010). Na prática a medição de energia elétrica serve para a concessionária poder faturar o consumo de energia de seus clientes. Os medidores de energia mais utilizados no mercado nacional são os do tipo eletromecânicos (MÍNGUEZ, 2007). Estes medidores se baseiam na interação entre os campos magnéticos das bobinas de corrente e tensão para proporcionar o movimento do disco. Devido às suas características construtivas os medidores eletromecânicos medem somente uma das energias, sendo assim, existem medidores específicos para energias ativa e reativa, que são as energias faturadas pelas concessionárias. A energia aparente não é faturada.

Mesmo os medidores de energia eletromecânicos demonstrando-se uma tecnologia bastante robusta e confiável, os medidores de energia eletrônicos (multimedidores) conseguem oferecer maior exatidão e informações mais detalhadas acerca do consumo de energia.

O multimedidor é um equipamento eletrônico capaz de realizar diversas medições em um circuito elétrico no mesmo aparelho, substituindo os mostradores individuais de cada grandeza, possui a função de medições instantâneas (tensão (F-F e F-N), frequência, corrente de linha, potência ativa, potência reativa, potência aparente, fator de potência e taxa de distorção harmônica), e medições acumulativas (energia ativa, energia reativa, demanda ativa, demanda aparente, máxima tensão e máxima corrente).

FIGURA 2: Multimetro



Fonte: www.kron.com.br

Normalmente esses equipamentos operam em sistemas CA (corrente alternada) e necessitam medir a tensão elétrica e a corrente elétrica do circuito a ser analisado. Estas informações podem ser obtidas diretamente (medição direta) ou indiretamente, por meio de transformadores de potencial (para medição de tensão) e transformadores de corrente (para medição de corrente).

A principal diferença entre um multimetro e um multímetro é o fato do multimetro ser instalado de forma fixa, normalmente na porta de um painel elétrico. Multímetros, ao contrário, são portáteis.

Quando não são equipados com display e destinam-se exclusivamente a supervisão remota, os multimetros também são conhecidos como transdutores.

Multimetros se baseiam em circuitos eletrônicos compostos de A/D (conversores analógico/digital) que convertem os sinais de tensão e corrente em sinais digitais e microprocessadores (ou microcontroladores) que realizam os cálculos matemáticos para medição de cada grandeza elétrica.

Dependendo da tecnologia empregada na medição e no processamento dos sinais um multimetro pode ter maior ou menor precisão.

Todo multimetro possui um display para indicar as informações medidas. Este display normalmente é do tipo LCD (liquid cristal display) ou LED (light emitting diode).

Alguns multimedidores possuem saídas de comunicação para supervisão remota. Nestas saídas normalmente é utilizado os padrões RS-232, RS-485 ou Ethernet.

Boa parte dos multimedidores disponíveis no mercado utiliza o protocolo Modbus. Outros protocolos também utilizados são o Profibus, Devicenet, Metasys, dentre outros protocolos específicos a certas aplicações.

Os medidores também permitem conectividade com plataformas operacionais em nuvem, para que os dados da medição sejam disponibilizados de forma inteligente para análises avançadas, monitoramento e gestão, visando redução de custos e otimização de uso da energia elétrica.(CHAGAS, 2019)

2.3 Medição de temperatura

A medição de temperatura é ponto de interesse da ciência há muitos anos. O corpo humano é um péssimo termômetro, pois só consegue diferenciar o que está frio ou quente em relação à sua própria temperatura. Portanto com o passar dos tempos o homem começou a criar aparelhos que o auxiliassem nesta tarefa.(GRATON, 2011)

O primeiro termômetro foi idealizado por Galileu Galilei(1564-1642). Ele consistia de um longo tubo de vidro com um bulbo preenchido com vinho. Este primeiro tipo de aparelho utilizado para a medição de temperatura foi chamado de termoscópio (instrumento que indica a temperatura através da mudança do volume). Alguns tinham o ar do bulbo retirado antes de se colocar o líquido (podia ser água colorida no lugar do vinho), fazendo com que o líquido subisse dentro do tubo. Conforme o ar restante no tubo era aquecido ou esfriado, o líquido do tubo variava refletindo a mudança na temperatura do ar. Mais tarde seu colega Sanctorius Sanctorius acrescentou uma escala gravada no tubo para facilitar a medição da alteração da temperatura.

Muitas tentativas de transformar a escala para um intervalo de 100 graus foram feitas, antes que o Suíço Anders Celsius (1701-1744) em 1742 propusesse graduar o termômetro com 100 graus como o ponto de ebulição da água e 0 como o ponto de derretimento da neve. Aparentemente desejando evitar o uso de números negativos para

as temperaturas, Celsius determinou o número 100 para o ponto de congelamento da água e 0 para o ponto de ebulição, dividindo a distância em intervalos de 100 graus.

Atualmente as escalas mais utilizadas são Celsius e Fahrenheit. Kelvin e Rankine são mais utilizadas por cientistas e engenheiros. Quanto as outras escalas, elas acabaram sendo esquecidas. (ITS, 1990)

Com a criação das diversas escalas, houve a necessidade da definição das curvas dos vários sensores e de seus pontos de calibração. Isto foi alcançado nas diversas reuniões desde 1889 até hoje onde finalmente chegamos ao ITS-90 (International Temperature Scale).

Termopar é o mais conhecido entre os métodos industriais de medição de temperatura por ser o mais barato e cobrir também uma maior faixa de temperatura, uma das extremidades de suas junções chamamos de junta quente e, a outra extremidade onde ligamos os aparelhos ou cabos de compressão é chamada de junta fria. A quente quando submetida a uma fonte de calor faz com que seja gerada uma tensão pequena, na casa dos mili volts, que é proporcional a sua junta fria, este efeito é chamado de Seebeck.

Mas não é qualquer metal que provoca um efeito perceptivo, algumas ligas são adotadas pelo sistema internacional devido sua confiabilidade e precisão na mudança de tensão em relação a mudança de temperatura.

Esta possibilidade de medição de temperatura foi descoberta acidentalmente utilizando a junção de dois tipos de metais diferentes, gerando uma tensão elétrica em função da temperatura pelo físico Thomas Seebeck no ano de 1822.

Existem vários tipos de termopares industriais que permitem medir temperaturas entre -270 graus até + 2320 graus Celsius (MADEIRA, 2016) são eles:

TERMOPAR TIPO T (COBRE - CONSTANTAN) - Termoelemento positivo (TP): Cu100% - Termoelemento negativo (TN): Cu55%Ni45% - Faixa de utilização: -270°C a 400°C - f.e.m. produzida: -6,258 mV a 20,872 mV - Características: Pode ser utilizado em atmosferas inertes, oxidantes ou redutoras. Devido à grande homogeneidade com que o cobre pode ser processado, possui uma boa precisão. Em temperaturas acima de 300°C, a oxidação do cobre torna-se muito intensa, reduzindo sua vida útil e provocando desvios em sua curva de resposta original.

TERMOPAR TIPO J (FERRO - CONSTANTAN) - Termoelemento positivo (JP): Fe99,5% - Termoelemento negativo (JN): Cu55%Ni45% - Faixa de utilização: -210°C a 760°C - f.e.m. produzida: -8,096 mV a 42,919 mV - Características: Pode ser utilizado em atmosferas neutras, oxidantes ou redutoras. Não é recomendado em atmosferas com alto teor de umidade e em baixas temperaturas (o termoelemento JP torna-se quebradiço). Acima de 540°C o ferro oxida-se rapidamente. Não é recomendado em atmosferas sulfurosas acima de 500°C.

TERMOPAR TIPO E (CROMEL - CONSTANTAN) - Termoelemento positivo (EP): Ni90%Cr10% - Termoelemento negativo (EN): Cu55%Ni45% - Faixa de utilização: -270°C a 1000°C - f.e.m. produzida: -9,835 mV a 76,373 mV - Características: Pode ser utilizado em atmosferas oxidantes, inertes ou vácuo, não devendo ser utilizado em atmosferas alternadamente oxidantes e redutoras. Dentre os termopares usualmente utilizados é o que possui maior potência termoelétrica, bastante conveniente quando se deseja detectar pequenas variações de temperatura.

TERMOPAR TIPO K (CROMEL - ALUMEL) - Termoelemento positivo (KP): Ni90%Cr10% - Termoelemento negativo (KN): Ni95%Mn2%Si1%A12% - Faixa de utilização: -270°C a 1200°C - f.e.m. produzida: -6,458 mV a 48,838 mV - Características: Pode ser utilizado em atmosferas inertes e oxidantes. Pela sua alta resistência à oxidação é utilizado em temperaturas superiores a 600°C, e ocasionalmente em temperaturas abaixo de 0°C. Não deve ser utilizado em atmosferas redutoras e sulfurosas. Em altas temperaturas e em atmosferas pobres de oxigênio ocorre uma difusão do cromo, provocando grandes desvios na curva de resposta do termopar. Este último efeito é chamado "green - root ". A estabilidade da f.e.m pode ser afetada por um fenômeno chamado "magnetização", através de gradientes térmicos, tensão mecânica ou pela não homogeneidade das ligas. A magnetização é atribuída à ordenação/desordenação da estrutura molecular da liga Cromel (+), isso ocorre com maior frequência na faixa de 200 até 600 °C. Isso pode ser revertido por meio de tratamento térmico.

TERMOPAR TIPO N (NICROSIL - NISIL) - Termoelemento positivo (NP): Ni84,4%Cr14,2%Si1,4% - Termoelemento negativo (NN): Ni95,45%Si4,40%Mg0,15% - Faixa de utilização: -270°C a 1300°C - f.e.m. produzida: -4,345 mV a 47,513 mV - Características: Este novo tipo de termopar é um substituto do termopar tipo K, por possuir

uma resistência à oxidação bem superior a este, e em muitos casos também é um substituto dos termopares a base de platina em função de sua temperatura máxima de utilização. É recomendado para atmosferas oxidantes, inertes ou pobres em oxigênio, uma vez que não sofre o efeito de "green -root". Não deve ser exposto à atmosferas sulfurosas.

Além desses modelos descritos existem também os termopares nobres, que são aqueles cujos pares são constituídos de platina. Embora possuam custo elevado e exijam instrumentos receptores de alta sensibilidade, devido à baixa potência termoelétrica, apresentam uma altíssima precisão, dada a homogeneidade e pureza dos fios dos Termopares.

3 METODOLOGIA

Para obter êxito nos objetivos deste estudo de caso, foram realizados levantamentos da situação atual para análise e elaboração de estratégias. A seguir apresenta-se a metodologia utilizada neste trabalho.

A principal motivação desse projeto foi construir uma estação de performance para expositores refrigerados, com a finalidade de demonstrar o desempenho relacionado ao consumo energético e a temperatura de operação desses balcões, que até então eram produzidos, testados e enviados para o cliente, sem qualquer tipo de registro e demonstração desses dados.

A estação deveria ter a capacidade de medir todos os balcões produzidos nesta linha de produção, balcões bifásicos 220V, balcões trifásicos 220V e balcões trifásicos 380V, essa capacidade de abranger dois níveis de tensão além de produtos bifásicos e trifásicos, foi um desafio grande, mas também foi um diferencial.

3.1 Aquisição de materiais

O primeiro passo foi definir os materiais a serem utilizados no projeto, várias pesquisas e orçamentos de materiais foram feitos para encontrar o melhor custo benefício, ao total foram utilizados 1 armário de comando, 3 chaves seccionadoras, 16 disjuntores, 3

dispositivos de proteção contra surto, 32 contadores, 24 transformadores de corrente 20/5 rh 40, 8 multimedidores de grandezas elétricas 5A 500V, trifásico, display 4 dígitos, saída rs 485, 1 fonte chaveada 24V/2,5A 60W, 1 CLP M241 40 IO transistor pnp ethernet, 1 módulo de expansão TM3 8 saídas a transistor, 3 módulos TM3 - 4 inputs temperature_analog volt_corrente, 24 reles de interface, 8 sinaleiros indicadores azuis, 8 sinaleiros indicadores vermelho, 800 metros de termopar tipo T além de cabos de comando e de potência e plugs de tomadas. No quadro 1 temos o valor com o investimento para o projeto.

QUADRO 1: Valores para o investimento do projeto

DESCRIÇÃO	ITEM
Termopar tipo T	R\$ 8.106,00
Multimedidores de Energia	R\$ 4.075,55
Transformadores de Corrente	R\$ 3.172,49
CLP, Módulos e Ventilação	R\$ 8.812,15
Cabos e Plugs	R\$ 3.500,00
Sinaleiros, Chaves Seccionadoras, Relés, DPS	R\$ 1.680,83
Disjuntores e Contadoras	R\$ 3.553,93
Armário de Comando	R\$ 2.498,00
TOTAL	R\$ 35.398,95

FONTE: Elaborado pelo autor

3.2 Projeto elétrico

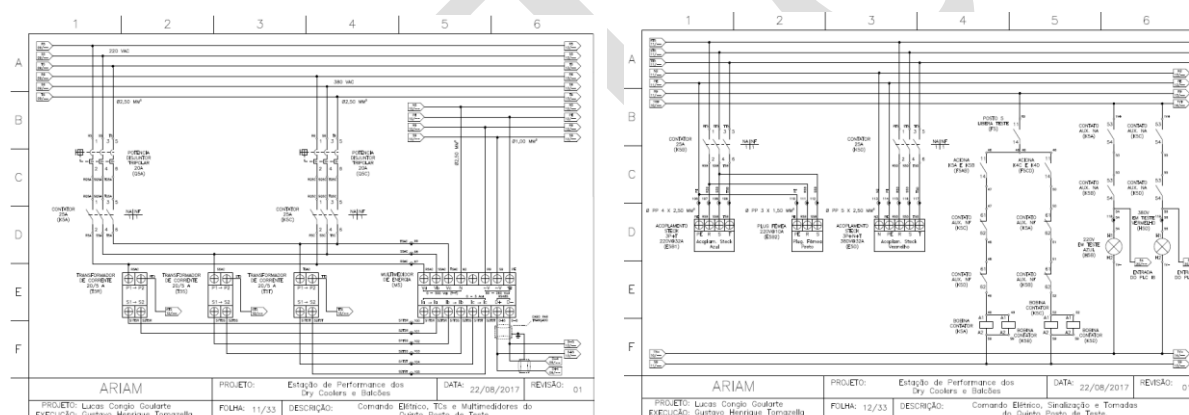
Depois de definir os materiais que seriam utilizados chegou a hora de desenvolver o diagrama elétrico de funcionamento, os manuais fornecidos pelos fabricantes auxiliou para conseguir extrair o máximo de cada componente, o software utilizado foi o autocad.

O primeiro passo é realizar a página de instruções, onde o técnico responsável pela montagem do painel tenha onde consultar as informações de como ler o projeto com os nomes das anilhas bem especificados além das cores dos cabos utilizados tanto na parte de potencia como na parte de comando. A seguir vem a parte de potencia, a entrada de energia no painel, contendo informações das bitolas dos cabos a serem utilizados bem como os componentes de proteção disjuntores, dispositivos de proteção contra surtos e chaves seccionadoras, nesta página também foi inserido a fonte de alimentação DC do circuito 24V.

Na sequência o esquema de ligação dos postos de testes, onde o desenho é replicado 8 vezes, pelo fato da estação conter 8 postos de testes bifásicos 220V e trifásicos 220V e 380V, cada posto contém dois disjuntores tripolares de 20A para proteção dos dois níveis de tensão, além de contatores para selecionar em qual tensão o teste será realizado, posteriormente as três fases são ligadas no terminal P1 do transformador de corrente com a relação de transformação de 20/5, em paralelo com a referência de tensão do aparelho de medição, o terminal P2 é ligado nas tomadas que alimentarão os balcões, já os terminais S1 e S2 são conectados no referencial de corrente do multimetror que além dessas recebe a conexão de alimentação do aparelho além dos cabos de comunicação rs485.

O comando para acionar os contatores de seleção de tensão bem como o intertravamento e a sinalização de indicação também é descrita, como exposto na figura 3.

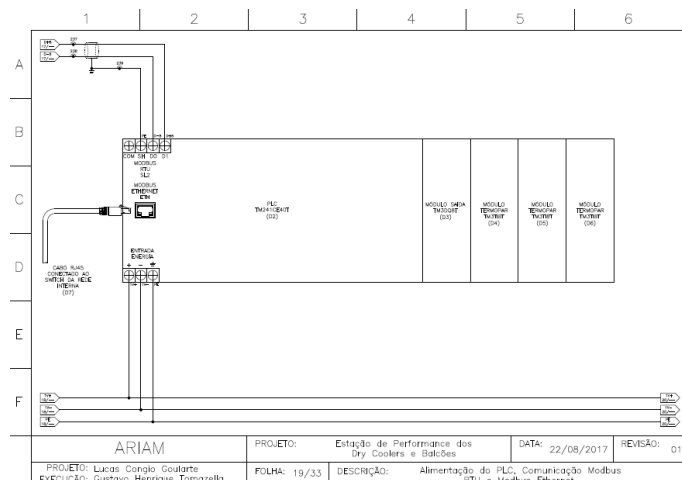
FIGURA 3: Diagrama de ligação elétrica de potência e comando.



Fonte: próprio autor

O próximo passo foi definir as ligações do CLP (Controlador lógico programável), alimentação, comunicação e suas entradas, saídas e o módulo de temperatura, foram utilizadas 16 entradas, duas para cada posto de medição, que correspondem ao nível de tensão utilizado 220V ou 380V, já nas saídas foram utilizadas 24, três para cada posto, as saídas acionam reles de interface, um rele libera o teste e os outros dois fazem o intertravamento para que não seja possível acionar as duas tensões ao mesmo tempo, como mostra a figura 4.

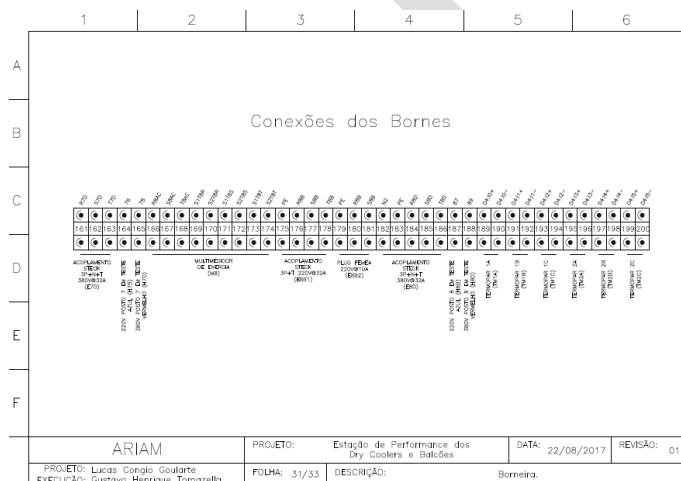
FIGURA 4: CLP, módulos adicionais e comunicação.



Fonte: próprio autor

Por último a conexão dos bornes, para interligar o painel elétrico com as plugs de tomadas e os termopares, como é mostrado na figura 5.

FIGURA 5: Conexão dos bornes.



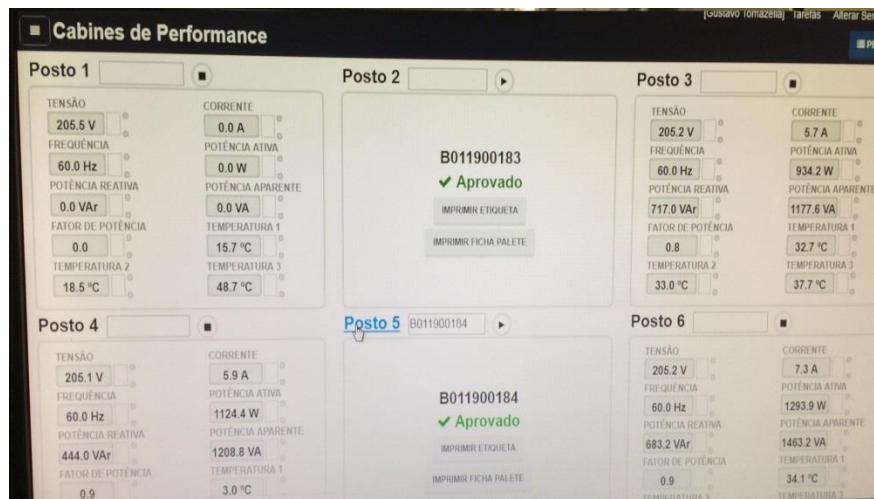
Fonte: próprio autor

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Um sistema supervisorio foi desenvolvido para acessar os dados obtidos pela estação, realizou-se vários testes até encontrar as curvas ideais para cada grandeza

medida e assim garantir que os expositores refrigerados sempre operem dentro dos níveis desejáveis, garantindo que ocorra a validação junto ao inmetro.

Figura 6: Sistema supervisório



Fonte: próprio autor

Caso algum expositor seja reprovado nos testes, prontamente o operador acessa os dados no sistema e identifica onde ocorreu a falha, diminuindo o tempo de retrabalho.

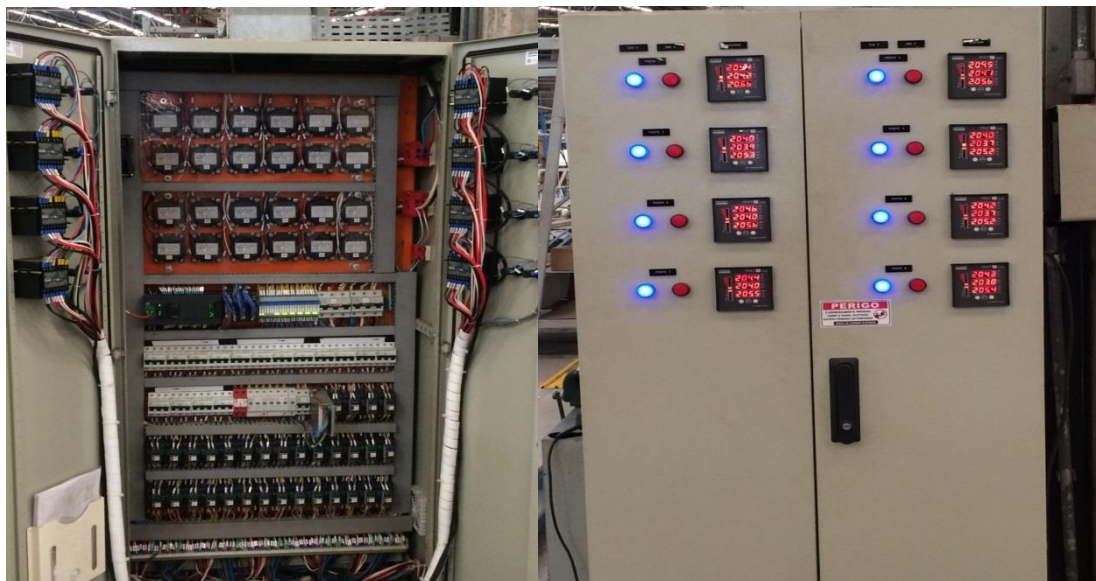
Figura 7: Expositor sendo testado



Fonte: próprio autor

Outro fator importante é conseguir testar componentes de outros fabricantes para validar qual responde melhor tanto no consumo energético quanto na capacidade de realizar o seu papel.

Figura 8: Painel montado em funcionamento



Fonte: próprio autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em meio a atual crise energética no setor elétrico nacional, todas as medidas para redução do consumo são muito importantes para o meio ambiente e para a viabilidade de processos produtivos, quanto mais informações for disponibilizada para o cliente a respeito do produto que ele está comprando, maior será a confiança e com isto proporciona maior competitividade de mercado.

Um estudo futuro para ser implementado na estação é adicionar um termopar exclusivo para monitorar a temperatura ambiente, que reflete muito na operação dos expositores, não foi possível realizar pois não tem entradas disponíveis no módulo de temperatura do clp.

REFERÊNCIAS

ANEEL. Resolução Normativa N° 414, de 9 de setembro de 2010. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf> Acessado em: 18 fevereiro 2019.

CHAGAS, M. Disponível em <https://www.segs.com.br/info-ti/160536-siemens-amplia-seu-portfolio-de-produtos-para-gerenciamento-inteligente-de-energia-com-lancamento-de-linha-de-medidores-eletronicos-de-excelente-custo-beneficio> Acessado em: 18 março 2019.

DOSSAT, R. J.. Princípios de Refrigeração: teoria, prática, exemplos, problemas, soluções. São Paulo: Hemus Editora Ltda, 1977. 884p.

ENERGIA Conta de luz acumula alta média de 31,5% entre 2014 e 2017, **Globo online**. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/conta-de-luz-acumula-alta-media-de-315-entre-2014-e-2017-diz-estudo.ghtml> Acessado em: 10/12/2018.

GONÇALVES, J. R. Desempenho de um refrigerador doméstico na rotina caseira. Publicação FEA, Campinas, 1989. 109p.

GRATON, M. A. Disponível em <http://www.smar.com/newsletter/marketing/index124> Acessado em: 12 fevereiro 2019

ITS-90. Disponível em: <https://www.bipm.org/en/committees/cc/cct/guide-its90.html> Acessado em: 22 fevereiro 2019

MADEIRA, D. Medição de temperatura – termopares. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/medicao-de-temperatura-termopares/> Acessado em: 20 de fevereiro 2019

MÍNGUEZ, A. Medidores de Energia Ativa, funcionamento, práticas usuais, principais ensaios e análise das fraudes mais comuns., 2007. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000368.pdf> Acessado em: 19 fevereiro 2019.