

EFICIÊNCIA OPERACIONAL E ENERGÉTICA EM FRIGORÍFICOS ATRAVÉS DE ATUALIZAÇÕES EM TÚNEIS DE RETENÇÃO VARIÁVEL

Adriano Rodrigues de Freitas¹

Diogo Alisson Simões²

Luiz Fernando Massuqueto³

Marcelo Paradedá Fonseca⁴

Romulo José Vieira⁵

Rubem Matimoto Koide⁶

RESUMO

A conservação de alimentos divide-se basicamente em duas classes principais de condicionamento térmico: o resfriamento e o congelamento. Este trabalho visa tratar objetivamente do congelamento, realizando estudo específico de um determinado equipamento, o túnel de congelamento automático da marca Johnson Controls, modelo Túnel de Retenção Variável (TRV). O congelamento em túneis em frigoríficos é a última etapa do processo produtivo de alimentos congelados. A concepção do TRV tem as seguintes fases: pré-projeto, projeto, montagem, comissionamento, operação e planejamento de manutenção. Todas essas fases devem ser implementadas com rigoroso controle, para que se possa obter um túnel de congelamento com um pleno desempenho. O objetivo desta pesquisa acadêmica é avaliar os ganhos alcançados após a implementação e atualização dos sistemas mecânico e de automação em túneis de retenção variável, fabricado anteriormente a 2014. Esse ano é adotado como *target*,

¹ Aluno do Curso de Engenharia Mecânica da FAE Centro Universitário. *E-mail*: arodfreitas@hotmail.com

² Aluno do Curso de Engenharia Mecânica da FAE Centro Universitário. *E-mail*: diogoasimoes1998@gmail.com

³ Aluno do Curso de Engenharia Mecânica da FAE Centro Universitário.
E-mail: eng.luizfernando@gerenciamentoriscos.com.br

⁴ Aluno do Curso de Engenharia Mecânica da FAE Centro Universitário. *E-mail*: marceloparadedá@gmail.com

⁵ Aluno do Curso de Engenharia Mecânica da FAE Centro Universitário. *E-mail*: romulojvieira@hotmail.com

⁶ Orientador da Pesquisa. Doutor em Engenharia Mecânica. Professor da disciplina de Sistemas Térmicos. *E-mail*: rubem.matimoto@fae.edu

porque foi a partir desta data que as modificações foram instaladas nos novos modelos, trazendo diversos diferenciais tecnológicos que somaram um considerável ganho em eficiência operacional, energético e de segurança neste tipo de equipamento. Desta forma, a proposta é implementar um processo de atualização tecnológica no túnel de congelamento, no qual chamamos este tipo de implementação de: “*retrofit*” mecânico e de automação para o TRV – Johnson Controls e evidenciar os ganhos de eficiência nestas áreas citadas.

Palavras-chave: Congelamento e conservação de alimentos. Eficiência Energética e Operacional. Túneis de Congelamento.

INTRODUÇÃO

O agronegócio é um dos pilares da economia brasileira, se não a principal atividade econômica do país. O Brasil se coloca hoje como um dos maiores exportadores de *commodities* do mundo e neste *roll* de negócios está o mercado de proteína animal. Atualmente, o Brasil é o maior exportador mundial de açúcar, café, suco de laranja, assim como de carnes bovina, suína e de aves. De acordo com o documento “Visão 2030 – O futuro da agricultura brasileira” (EMBRAPA, 2018), o agronegócio teve uma participação de 23,6% no PIB e foi responsável por 45,9% do valor das exportações, além de gerar 19 milhões de empregos. O estudo destaca ainda, especialmente, o aumento da produtividade: “Entre 1975 e 2015, a produtividade da mão de obra aumentou 5,4 vezes; a da terra cultivável 4,4; e a do capital de investimento teve um crescimento de 3,3 vezes”. Observa-se uma expressiva produção pecuária conforme os números da produção nos últimos dois anos: R\$ 186,35 – safra 2018 e R\$ 192,24 – safra 2019, em bilhões de reais, com os bovinos como primeiros colocados no *ranking* somando R\$ 78.543.266.071, seguido de frango R\$ 59.207.391.48, leite R\$ 31.299.461.060, suínos R\$ 14.146.048.069 e ovos R\$ 9.046.387.293 (BRASIL, 2019).

A movimentação de uma soma tão alta de recursos, faz com que este segmento seja alvo de grandes investimentos, gerando um vasto campo para trabalhos na área de eficiência e aumento de produção nas unidades fabris já existentes, e no aumento de eficiência planejada para novos projetos. Visando atender este cenário justifica-se melhorar a eficiência em um dos gargalos do final da cadeia produtiva da carne, o congelamento do produto para conservação e movimentação (tanto para mercado interno quanto para o externo). O foco principal, é criar um embasamento técnico por meio de um estudo de caso, sobre o trabalho de *retrofit* (processo de modernização de equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma) de automação em um túnel de congelamento automático da marca Johnson Controls, modelo TRV (túnel de retenção variável).

A partir de 2014, algumas modificações na parte mecânica, juntamente com alterações no sistema de automação e controle destes modelos de túneis, trouxeram ganhos expressivos na produção de caixa-hora do equipamento (quantas caixas entram no período de uma hora), isso se deve ao fato que o novo sistema obteve um significativo aumento de velocidade de carregamento, diminuindo o tempo de trabalho nesta fase do processo, o que se traduz em uma maior eficiência em relação ao tempo de retenção e consequentemente um gasto menor de energia. Todas estas alterações abriram portas para que este tipo de tecnologia fosse implementado em túneis fabricados anteriores a esta data, ou seja, um mercado em potencial se abriu para trabalhos de *retrofit* em

túneis de congelamento automático. Portanto, uma avaliação técnica mais completa da eficiência do sistema pode contribuir no aperfeiçoamento do projeto atual e propor novas alternativas de melhorias. A FIG. 1 representa a montagem da estrutura de um TRV.

FIGURA 1 – Montagem de um TRV – 2019



FONTE: Johnson Controls (2019)

1 REVISÃO DA LITERATURA

Túneis de congelamento são equipamentos utilizados pela indústria alimentícia para o congelamento de produtos perecíveis, tais como, sorvete, laticínios, carne e derivados. A função do túnel é baixar rapidamente a temperatura do produto com o objetivo de maximizar sua produção, aumentar seu prazo de validade e melhorar sua condição de transporte e armazenamento (FRIGOCENTER, 2017). O objetivo do congelamento é que o núcleo do produto atinja, tão rápido quanto possível, a temperatura de armazenamento, que varia de acordo com o produto e o mercado a ser atendido, como por exemplo, o segmento de proteína animal (carnes) onde a exigência do S.I.F. (Serviço de Inspeção Federal) é de -12 graus centígrados para mercado interno e -18 graus centígrados para mercado externo. Têm-se basicamente três tipos de túneis de congelamento:

Túnel de Congelamento Estático (manual); é ideal para produções de pequeno porte. Com um custo de aquisição atrativo, a solução é capaz de atender às necessidades

empresariais com alta qualidade. O túnel estático necessita que um operador organize os produtos em *pallets* e leve-os através de Paleteira ou Empilhadeira até sua posição final no túnel, mantendo-os ali pelo tempo de retenção necessário e, posteriormente, retire-os diretamente para a expedição. Dessa forma, no túnel estático as mercadorias são levadas para dentro do equipamento manualmente obtendo assim uma quantidade maior de funcionários e conseqüentemente um menor controle operacional.

Túnel de Congelamento Helicoidal (Girofreezer); é uma solução indicada para produtores com necessidades de congelamento a partir de 600kg/h, já que estes projetos são adaptados individualmente, de acordo com as características, bem como a adequação ao *layout* de produção de cada instalação, inclusive o ajuste no tempo de congelamento correto para cada tipo de produto e o sistema de segurança são personalizados. O Girofreezer possui a tecnologia *Individually Quick Frozen (IQF)*, ou congelamento rápido individual, na qual congela individualmente cada pedaço do alimento. Esse procedimento facilita o manuseio do produto, além de permitir descongelar e consumir apenas o necessário. Assim, evita-se o desperdício, mantendo a qualidade do alimento por mais tempo, bem como permite a redução significativa das perdas relacionadas à desidratação dos produtos.

Túnel de congelamento automático (Carton Freezer); nos túneis de congelamento automáticos, bandejas com caixas do produto a condicionar entram por uma extremidade, percorre em sua extensão (à medida que outras bandejas são colocadas no túnel) e saem pela outra extremidade com o produto já congelado. Um túnel de congelamento automático possui vários níveis onde as bandejas podem ser colocadas, quanto maior o número de níveis maior sua capacidade estática de congelamento.

O Túnel de Retenção Variável (TRV) é o túnel de congelamento automático objeto de estudo deste trabalho. Essa nomenclatura é de propriedade da Johnson Controls BE do Brasil, empresa multinacional que atua no segmento de refrigeração industrial. O TRV é projetado para proporcionar uma distribuição homogênea do ar sobre todos os produtos, característica alcançada pela combinação do movimento das bandejas e do posicionamento do produto nas mesmas, benefícios oferecidos unicamente pelo sistema. Um diferencial deste sistema que foi contemplado na simulação, é que este permite congelar e resfriar simultaneamente os mais variados tamanhos de embalagens, desta forma otimiza-se o carregamento, pois permite a cada produto uma temperatura e tempo de retenção diferenciado. Este sistema é aplicado principalmente para congelamento ou resfriamento de proteína animal, podendo variar de capacidade conforme especificação de projeto de 7.000 a 22.000 kg por hora.

A operação dos túneis de congelamento segue a seguinte sequência: os produtos embalados são acumulados fora do túnel em lote por produto especificado e/ou por tempo de retenção; o produto é carregado para dentro do túnel através de uma esteira transportadora; os produtos embalados são transferidos da esteira por um braço empurrador para a bandeja no qual eles serão movimentados até o fim do ciclo (final do tempo de retenção/saída do produto); cada bandeja é transportada até um dos patamares programados através de um elevador de carga e inserida dentro no nível determinado pelo programa supervisorio; ao mesmo tempo em que a bandeja é inserida em um dos níveis, empurrando todas subsequentes a ela forçando a descarga da última bandeja do outro lado do nível, saindo diretamente no berço do elevador de descarga; o elevador de descarga move a bandeja ejetada com os produtos para o nível de saída (geralmente níveis 1 e 2). Então, o elevador de descarga empurra a bandeja neste nível (saída) empurrando toda a linha de bandejas como no processo inicial, sendo assim, uma bandeja de produtos congelados é coletada pelo elevador de carga, que por sua vez descarrega os produtos da bandeja por meio de um empurrador acoplado ao próprio elevador, diretamente na esteira de saída; o elevador de carga então retorna para a posição da esteira de entrada, onde a bandeja vazia é novamente carregada dando início a um novo ciclo (JOHNSON CONTROLS, 2019).

Os túneis de congelamento se utilizam dos sistemas de refrigeração por compressão de vapor, e a forma mais viável de economizar energia é a otimização do sistema de congelamento. Os produtos nos túneis requerem cargas térmicas muitas vezes elevadas, e para manter a temperatura ideal para os produtos, é necessário manter constante a carga de calor.

A carga térmica se define como quantidade de calor latente e sensível, retirado do ambiente para que seja possível a manutenção de condições de temperatura e umidade requisitadas no túnel de congelamento (LEITÃO, 2015). O cálculo da carga térmica deve ser o primeiro a ser executado, pois através dele é possível prever o consumo de energia requisitado pelo sistema e viabilizar a análise econômica. A fim de se manter a temperatura desejada, o sistema requer uma carga térmica total definida (DOSSAT, 2004), que é dividida em 5 partes, conforme apresentada no QUADRO 1.

QUADRO 1 – Carga térmica

Carga térmica	
Carga de transmissão: dada pela passagem de calor para o interior da câmara, proveniente do ambiente externo, por condução através das paredes (isolamento).	$Q_1 = A * U * \Delta T \quad (1)$ <ul style="list-style-type: none"> • Q_1 – Carga térmica transferida (kcal); • A – Área da superfície da parede (m^2); • U – Coeficiente de transmissão de calor ($kcal/m^2 \cdot ^\circ C$); • ΔT – Diferença de temperatura através da parede ($^\circ C$).
Carga de troca de ar: é obtida com a infiltração e renovação de ar que ocorre com a abertura de portas existentes da estrutura.	$Q_2 = V * FTA * \Delta H \quad (2)$ <ul style="list-style-type: none"> • Q_2 – Carga de infiltração (kcal); • V – Volume da câmara (m^3); • FTA – Fator de Troca de Ar de uma câmara frigorífica; • ΔH – Ganho de energia em função de temperaturas e das umidades relativas internas e externas ($kcal/m^3$).
Carga de produto: o resfriamento dos produtos abrange uma série de fatores que exigem uma determinada carga térmica. Os produtos cedem calor até sua temperatura baixar ao calor de conservação.	$Q_3 = m * c * \Delta T \quad (3)$ <ul style="list-style-type: none"> • Q_3 – Quantidade de calor do produto (kcal); • m – É a massa do produto (kg); • c – Calor específico do produto ($kcal / (kg * ^\circ C)$); • ΔT – Variação entre as temperaturas fora e dentro da câmara.
Iluminação: depende da potência das lâmpadas instaladas e tempo de utilização.	$Q_4 = P * 860 * t \quad (4)$ <ul style="list-style-type: none"> • p – Potência das lâmpadas (kW); • t – Tempo de utilização (horas/dia); • 860 kcal/h o fator de conversão kW/kcal.
Motores elétricos (evaporadores): produzida pela convecção forçada.	$Q_5 = P / \eta * t * 632 \quad (5)$ <ul style="list-style-type: none"> • p – Potência do motor; • η – Rendimento do ventilador; • t – Tempo de operação dos ventiladores (horas/dia); • 632 kcal - Fator de conversão CV/kcal.

FONTE: Os autore (2019)

A soma de todas as cargas individuais apresenta o valor da carga total requerida pelo sistema, o que mostrará o calor a ser retirado diariamente da câmara frigorífica, a fim de se manter a temperatura desejada:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (6)$$

É indispensável que haja operações de degelo, e pausas no funcionamento do compressor, o que leva a condições de absorver a carga térmica total em um número de horas não superior a 20h. Portanto, deve-se dividir o valor da carga térmica obtida pelo número de horas de operação do sistema de refrigeração (SILVA, 2016):

$$Q = \frac{Qt}{t} \quad (7)$$

onde Qt é a carga térmica total (kcal) e t é o tempo de operação (horas).

O isolamento térmico consiste em proteger as superfícies aquecidas, como a parede de um forno, ou resfriadas, como a parede de um refrigerador, através da aplicação de materiais de baixa condutividade térmica (k). Quanto menor o k , menor será a espessura necessária para uma mesma capacidade isolante. Os dois principais isolantes térmicos são o EPS Isopor moldadas a partir do poliestireno expandido de alta densidade. A solução tem em sua composição pequenas bolhas de ar que cumprem o papel de isolante térmico. Os painéis são posicionados nas coberturas ou telhados dos edifícios com o objetivo de reduzir a quantidade de calor transmitida entre os ambientes externo e interno entre as características técnicas das placas está o coeficiente de condutibilidade térmica menor que $0,033 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$, e o poliuretano (PUR) que é um tipo de plástico termofixo (AECWEB, 2018). Ele é resultado de reações entre dois ou mais componentes (nitrogênio, oxigênio e carbono), que formam uma espuma rígida, sua condutibilidade térmica: $0,022 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$. Deve-se usar em isolamento de equipamentos ou dependências cuja temperatura deve ser mantida inferior à temperatura ambiente local, exemplo: câmaras frigoríficas, refrigeradores, trocadores de calor usando fluidos a baixa temperatura, etc.

A automação principal do TRV concentra-se nas esteiras transportadoras e os elevadores de transporte, suas principais funções são transportar e armazenar os alimentos em espaços menores e verticalmente sem a ajuda de pessoas dentro do sistema trabalhando de forma autônoma aumentando sua eficiência e rapidez. O QUADRO 2 apresenta os principais modelos de esteiras transportadoras.

QUADRO 2 – Principais modelos de esteiras transportadoras

Tipos de esteiras	
<p>Transportador de correia portátil: São esteiras de dimensões reduzidas com fácil locomoção onde a mesma pode ser montada sobre rodas e para facilitar a sua locomoção.</p> <p>Fonte: Hickmann (2017).</p>	 <p>FIGURA 2 – Esteira de correia portátil</p>
<p>Transportador de correia modular: São esteiras montadas por módulos feita com material termoplástico possuindo grande resistência e flexibilidade para usar em locais com maior diferença de temperatura.</p> <p>Fonte: PROVTEC (2019).</p>	 <p>FIGURA 3 – Esteira de correia modular</p>
<p>Elevador de transporte manual: Este modelo possui uma cabine junto ao elevador de transporte aonde vai o operador que comanda as ações do elevador.</p> <p>Fonte: Jungheinrich (2019).</p>	 <p>FIGURA 4 – Elevador de transporte manual</p>
<p>Elevador de transporte semiautomático: Neste modelo é apenas o elevador que anda por onde o homem controla a partir de um centro de comando a ação do elevador é feita por uma interface homem/máquina.</p> <p>Fonte: Daifuku (2019).</p>	 <p>FIGURA 5 – Elevador de transporte semiautomático</p>
<p>Elevador de transporte automático: Este modelo é igual ao modelo semiautomático, porém, este modelo é controlado por um software automaticamente, onde o elevador não passa por controle humano, com este modelo possuímos uma maior eficiência e rapidez.</p> <p>Fonte: Mecalux (2019).</p>	 <p>FIGURA 6 – Elevador de transporte automático</p>

FONTE: Os autores (2019)

O método utilizado no TRV é o elevador de transporte automático e a esteira de correia modular, pois, o funcionamento deles em conjunto, e a mínima intervenção de mãos humanas, faz com que seu rendimento e eficiência no trabalho de locomoção se tornem a melhor possível para o funcionamento do sistema.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O objetivo geral da pesquisa é avaliar os ganhos alcançados após a aplicação de atualização de automação e mecânica em túneis de congelamento variável (TRV) da marca York – Johnson Controls, com ano de fabricação anterior a 2014. Esse ano é adotado como *target* porque foi a partir desta data que as modificações foram instaladas nos novos modelos.

Os objetivos específicos são:

- Analisar a operação atual do equipamento;
- Mostrar os ganhos com a implementação destas tecnologias;
- Medir os ganhos de segurança na operação através de nova automação;
- Realizar estudo de *Payback* do investimento.

Quanto aos fins; **Pesquisa Descritiva**: Coletar dados por meio de observação dos dados de produção da indústria. Levantamento destas informações se faz necessário para realizar o comparativo antes e depois do *retrofit*.

Quanto aos procedimentos; **Estudo de caso**: Estudar todas as etapas do projeto de *retrofit* do TRV que está sendo realizado, desde sua implementação até a entrega técnica. **Pesquisa tipo levantamento**: Ir ao campo para coletar os dados necessários.

Abordagem; **Quantitativa**: Precisamos reunir dados e informações para tabularmos, demonstrando se o resultado final está de acordo com o esperado dentro dos objetivos geral e específicos.

2.1 ESTUDO DE CASO – ABATEDOURO COROAVES

A pesquisa está sendo realizada na empresa Abatedouro Coroaves Ltda., uma empresa familiar no norte do Paraná que trabalha na cadeia de proteína animal com abate de frangos. O volume de abate diário do frigorífico é de 150.000 unidades de frango/dia, com perspectiva de aumento de demanda. Em 2017, houve uma reunião entre Johnson Controls e Coroaves para apresentação de soluções na parte de refrigeração, mais especificamente no equipamento de objeto de estudo, o túnel de congelamento automático TRV. Durante este encontro, foram levantadas as possibilidades de ganho de performance por meio de uma

atualização nos sistemas mecânicos e de automação, como por exemplo: 1) Substituição do eixo cardã que liga os dois elevadores por um sistema de eixos independentes, ou seja, os elevadores, ao invés de serem interligados e movimentados por dois eixos longitudinais movimentados por 2 redutores acionados por servomotor, seria dividido por 4 eixos com 4 conjuntos de redutores também acionados por servomotores, cada conjunto de dois sistemas de eixos atendendo um elevador, resultando em dois elevadores independentes. 2) Inclusão de um novo pacote de sensores, dentre eles, os sensores Inclinômetro, que tem a função de monitorar *full time* e *online* o ângulo de inclinação dos elevadores, já que, após a alteração mecânica realizada, os elevadores ficaram com seus lados fisicamente independentes um do outro, portanto, este sensor é que tem a função de controlar a angulação do elevador em 0 grau horizontalmente. Além deste sensor especial, é inserido um sensor de posicionamento em cada canto dos elevadores para monitorar a velocidade, atraso de comando, parada repentina por problemas mecânicos, etc. Esse controle é todo direcionado ao CLP dos motores para que haja uma sincronicidade perfeita do conjunto e evite paradas para ajustes. 3) Instalação de um novo programa supervisorio para gerenciamento dos planos de produção e carregamento e descarregamento do TRV, sendo que, além destas funções básicas, consegue gerar relatórios de produtividade e manutenção, sinalizar através de alarmes os períodos de manutenção estipulados para este equipamento e controle de tempo ocioso (paradas diárias, como intervalos para refeição).

2.2 ANÁLISE DOS DADOS

O QUADRO 3 apresenta as informações técnicas referente ao projeto original do túnel de congelamento.

QUADRO 3 – Dados do Projeto original do TRV*

Características do projeto	
Dimensões externas do equipamento	35m X 11m X 16m
Isolamento térmico	Paredes/teto: EPS; Piso: PUR
Peso médio da caixa de produto	18 kg
Capacidade estática	258.048 kg
Capacidade de congelamento	21.000 kg/h
Tempo de alimentação do TRV	16h/dia
Tempo de retenção do produto	12 horas
Temp. de entrada do produto	+ 10°C
Temp. de saída do produto	- 18°C
Temp. de evaporação da amônia	- 38°C
Carga térmica do projeto	1.900.000,00 kcal/h

FONTE: Johnson Controls (2019)

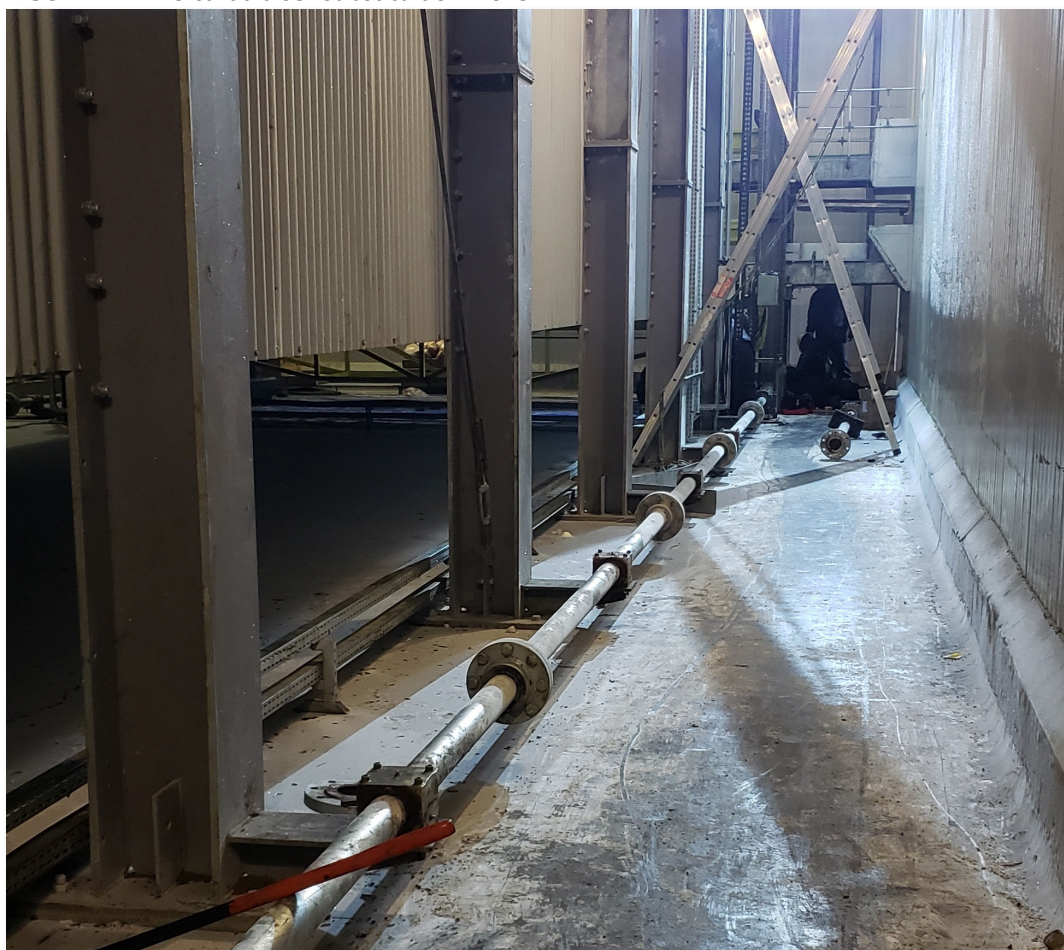
*Carregamento de aproximadamente 1.100 caixas/hora.

Em maio deste ano, foi negociado e acertado entre ambas a empresa a execução do projeto, sendo este dividido em 3 etapas principais:

Primeiro fim de semana (17 e 18/08/2019): 80% dos recortes das colunas e soldagem de chapas para receber os novos redutores do lado da transferência; substituição do sistema de transmissão superior, correntes e cabos do lado da alimentação; atualização dos *firmwares* dos Movidrives® (inversores marca SEW).

Segundo fim de semana de intervenção (24, 25 e 26/08/2019): Trocar o sistema de transmissão superior, correntes simples e duplas do lado da transferência; término da solda das bases dos redutores novos; instalação dos eixos provisórios com as engrenagens, mancais, acoplamentos e redutores nos dois elevadores; instalação das chapas de suporte dos sensores e câmeras de vídeo; fazer adaptação da régua guia nos 4 cantos (FIG. 7).

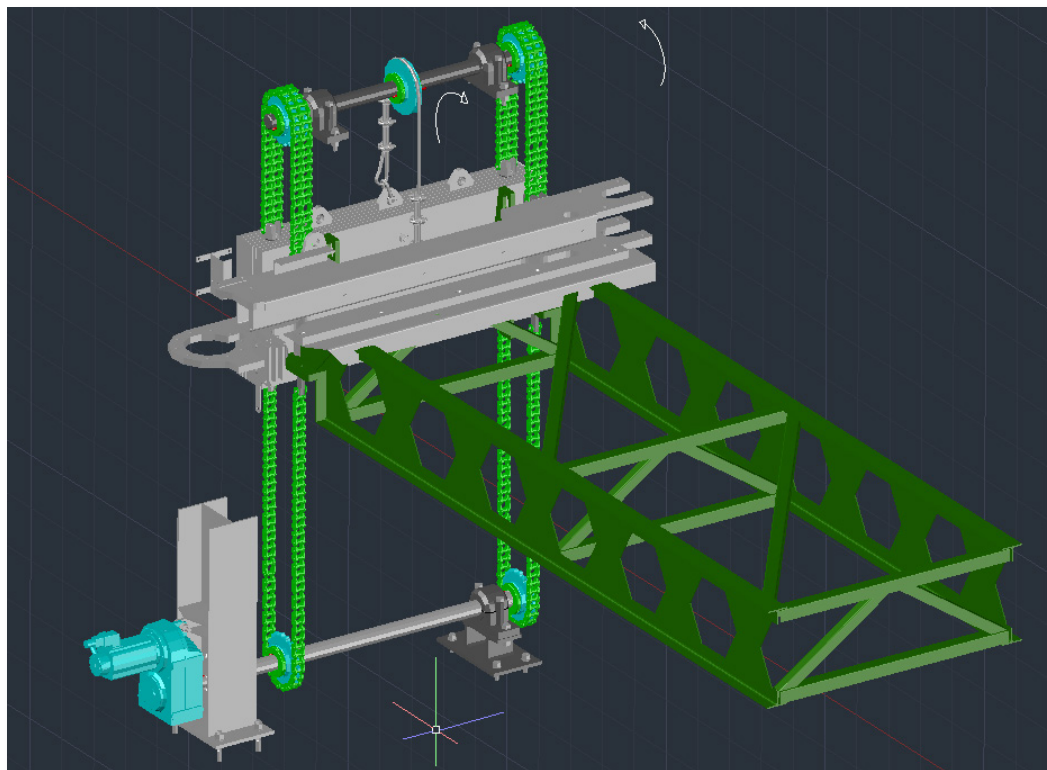
FIGURA 7 – Eixo cardã a ser substituído – 2019



FONTE: Johnson Controls (2019)

Terceiro fim de semana de intervenção (02/11 a 05/11/2019): Fazer o corte dos eixos e finalizar separação dos elevadores (FIG. 8); fazer o fechamento das telhas; instalação da parte elétrica e de automação; fazer as alterações de supervisório; *start up*, comissionamento e coleta de dados.

FIGURA 8 – Sistema de transmissão após *retrofit* – 2019



FONTE: Johnson Controls (2019)

Resultado esperado após intervenção: Um ganho de 30% no carregamento da caixa/hora entrando no TRV; diminuição de paradas para ajuste de posição dos elevadores; diminuição de tempo de parada para intervenções de manutenção mecânica; mitigação de paradas ocasionadas pela produção ocasionada por um melhor gerenciamento do tempo de produção/retenção de produtos no TRV. Estes números só poderão ser coletados/analísados após a finalização da última intervenção.

REFERÊNCIAS

AECWEB. **Placas de EPS proporcionam isolamento térmico à cobertura de edificações**. 2018. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/empresa/grupoisorecort/materia/placas-de-eps-proporcionam-isolamento-termico-a-cobertura-de-edificacoes/18093>>. Acesso em: 23 out. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Agropecuária brasileira em números**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros>>. Acesso em: 23 out. 2019.

DAIFUKU. **Elevador de transporte semiautomática**. Disponível em: <<https://userscontent2.emaze.com/images/939f1347-a010-44d4-ac7d-c51cd516da56/60b64241-cde5-4df8-9f23-c991919c5f05.jpg>>. Acesso em: 15 out. 2019.

DOSSAT, Roy J. **Princípios de refrigeração**. São Paulo: Hemus, 2004.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2018. 212 p.

FRIGOCENTER. **Como funciona um túnel de congelamento espiral ou helicoidal?** 2017. Disponível em: <<https://frigocenter.com.br/blog/2017/11/29/como-funciona-um-tunel-de-congelamento-espiral-ou-helicoidal>>. Acesso em: 10 set. 2019.

HICKMANN, Guilherme Scheffer. **Esteira de transporte de correia portátil**. 2017. Disponível em: <https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/instalacoes_e_equipamento_industrial/movepack-brasil/produtos/embalagem/esteira-transportadora-1>. Acesso em: 15 out. 2019.

JOHNSON CONTROLS. **Soluções para refrigeração industrial, para uma operação segura e eficiente**. Disponível em: <<https://johnsoncontrols-brasil.com/refrigeracao>>. Acesso em: 23 out. 2019.

JUNGHEINRICH. **Elevador de transporte manual**. Disponível em: <<https://www.jungheinrich.com.br/produtos/estruturas-porta-paletes/armazenagem-est%C3%A1tica-de-paletes/estanterias-de-entrada-passagem-379812>>. Acesso em: 27 set. 2019.

LEITÃO, Bruno M. R. **Equipamentos de congelamento industrial de produtos alimentares perecíveis: análise comparada de apoio à decisão**. 2015. 217 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Área Departamental de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/4332>>. Acesso em: 15 set. 2019.

MECALUX. **Elevador de transporte automático**. Disponível em: <<https://www.mecalux.com.br/armazens-automaticos-para-paletes/transelevadores>>. Acesso em: 25 set. 2019.

PROVTEC. **Esteira de transporte modular**. Disponível em: <<http://www.provtec.com.br/transportadores-esteira-modular>>. Acesso em: 23 set. 2019.

SILVA, Alessandro. **Câmaras frigoríficas: aplicação, tipos, cálculo da carga térmica e boas práticas de utilização visando a racionalização da energia elétrica**. Artigos técnicos. 2016. Disponível em: <<http://www.ambientegelado.com.br/index.php/artigos-tecnicos/camaras-frigorificas/291-camaras-frigorificas-aplicacao-tipos-calculo-da-carga-termica-e-boas-praticas-de-utilizacao-visando-a-racionalizacao-da-energia-eletrica>>. Acesso em: 15 set. 2019.