

DIRETRIZES DE PROJETO PARA SELEÇÃO DE TRANSPORTADORES MODULARES¹

Lucas Eduardo Cortina²
Igor Schmidt³
Fabiano Faller⁴
Paulo Miguel de Toni⁵

RESUMO

Devido ao grande aumento de produção no ramo alimentício, novos estudos e soluções estão sendo buscados para suprir a alta demanda produtiva. Com isso torna-se mais comum o uso de transportadores modulares para o transporte dos produtos. Levando isso em consideração este artigo teve como objetivo propor uma metodologia de projeto para o processo de embalagem secundária, entrada e saída de túnel, de modo a elaborar diretrizes de projeto através da coleta de dados, para escolha e dimensionamento de transportadores, conforme aplicação. Foram levantadas informações de um projeto a ser executado em um ambiente frigorífico no setor de embalagem secundária, com finalidade de readequação do *layout* de transportadores, redimensionamento de velocidades e seleção, visando um aumento de produção e melhora nas condições ergonômicas. Para isso elaborou-se um *layout* conceitual de uma planta, visando atender o espaço físico e as rotas necessárias dos produtos. Dessa maneira, foi possível visualizar o modelo 2D proposto. Para a aprovação do *layout* conceitual foram realizadas simulações em Software 3D, o que possibilitou a visualização do processo como um todo, simulando assim, velocidades e quantidade de caixas do projeto. Após aplicação in loco foi possível medir a produção, velocidade e satisfação do resultado, comparando o processo antigo com o novo. Como resultado, houve um aumento da produção em torno de 700 caixas por hora, atingindo um fluxo contínuo, sem paradas e perdas, totalizando um volume total de 1800 caixas por hora.

Palavras-chave: Transportadores. Projeto. Diretrizes de Projeto. Frigorífico. *Layout*.

1 INTRODUÇÃO

Devido à globalização do desenvolvimento tecnológico, ao aumento na demanda de produtos, ao crescimento da concorrência e à exigência do consumidor, as indústrias estão buscando cada vez mais aperfeiçoar tecnologicamente a sua linha de produção. Em relação a isso, nota-se o quanto é importante que o sistema produtivo atue de maneira eficiente, reduzindo custos, desperdícios e otimizando a utilização dos recursos, o que influencia diretamente na lucratividade da empresa (FOGLIATO; RIBEIRO, 2009).

¹ Pré-requisito para obtenção do título de Engenheira Mecânica UCEFF.

² UCEFF Faculdades. Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica. E-mail: lucaseduadocortina@gmail.com

³ UCEFF Faculdades. Me Igor Schmidt. E-mail: igor@uceff.edu.br

⁴ Docente do curso de Engenharia Mecânica. E-mail: fabiano.faller@uceff.edu.br.

⁵ Docente do curso de Eng.enharia Mecânica UCEFF. E-mail: paulomiguel@uceff.edu.br.

O aumento na demanda de produtos pode ser visualizado em diversas áreas, como por exemplo, nos frigoríficos que produzem grandes quantidades para o ramo alimentício. Devido a isso, se torna importante que novos métodos e alternativas sejam estudados, objetivando atender e conseqüentemente colaborar com a lucratividade da empresa. Também se torna imprescindível que se tenha uma redução no número de embalagens e matéria-prima perdidos ao longo do processo, considerando que, ao reduzir esse número, tem-se também um aumento na quantidade de produto final em menor tempo de processo.

Nesse sentido, é relevante uma análise nos equipamentos utilizados para a produção, buscando soluções que possam aperfeiçoar o processo. Os transportadores é que ditam o ritmo de produção e recebem um grande número de produtos. Para isso são utilizadas esteiras transportadoras, classificadores e algumas máquinas em pontos específicos do processo. Resultando na necessidade de projetar um *layout* no qual atenda à produção e à logística do projeto.

Diversos são os pontos a se considerar em uma diretriz de projeto, como a seleção ideal de transportadores para transportar o produto, a realização e a classificação de produtos, e quais máquinas escolhidas no decorrer do processo. Para a consecução desses fins é necessária uma análise geral do processo, da demanda de produtos e de como se realizará esse projeto, objetivando atender todos os pontos e contribuindo também para o processo como um todo, na eficiência e na qualidade final dos produtos a serem transportados. Dessa forma, questiona-se: **de que maneira elaborar um projeto adequado para seleção de transportadores para que se crie um fluxo contínuo e inteligente?**

Visando isso, o objetivo principal foi estabelecer critérios de projeto para linhas produtivas, contendo transportadores de caixas na embalagem secundária, entrada e saída de túneis de congelamento, localizados em fábricas de alimentos (frigoríficos) visando melhorar a logística, elevar a produtividade e reduzir custos. Para isso será necessário a ilustração de um *layout* conceitual de projeto, promovendo assim a escolha dos transportadores. Com os dados obtidos no *layout* será realizada uma simulação de fluxo de caixas utilizando um software de simulação e posteriormente a aplicação em um projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 TRANSPORTADORES

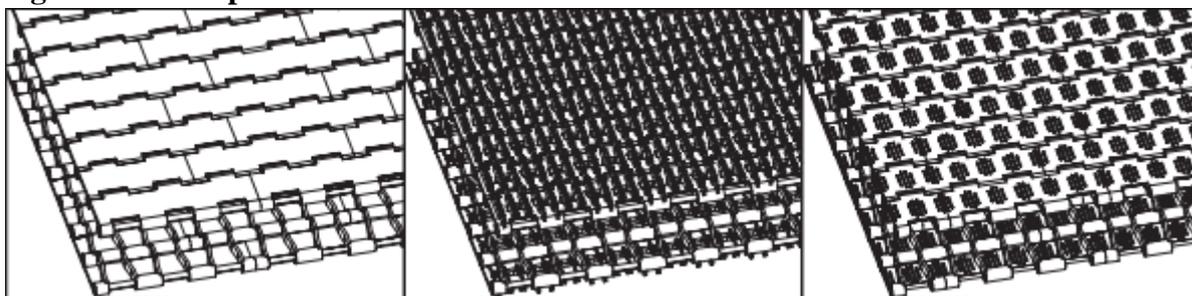
A modernidade de fabricação determina a forma de manuseio de materiais. Esteiras transportadoras são um tipo essencial para a produção em larga escala em processos contínuos. São usados em diversas áreas, tais como agricultura, processamento de alimentos, peças e mineração. Na maioria dos casos, para transportar materiais horizontalmente, verticalmente, de maneira contínua e controlada, são utilizados motores elétricos (FAYED; SKOCIR, 1996).

Ainda segundo o autor existe uma grande diversidade de transportadores motorizados. São separados em três grupos: rolo ao vivo transporte, acumulação de rolos vivos e transportadores modulares. No setor alimentício os transportadores modulares são utilizados em grande escala, por ser de fácil alteração e manutenção, podendo ser modificado de acordo com a aplicação.

2.1.1 Transportadores Modulares

Os transportadores modulares são um grupo restrito de transportadores que são usados normalmente em processos que utilizam um alto nível de hardware de controle. São correias plásticas modulares que são construídas a partir de uma série de elos, módulos que são moldados a partir de injeção de plásticos em diferentes moldes, sendo montados a partir de pinos longos do tipo dobradiça que se encaixados horizontalmente formam a largura da esteira, conforme visto na Figura 1. Essa tecnologia de transportadores foi inventada pela empresa Intralox no ano de 1971 (MCGUIRE, 2009).

Figura 1 - Transportadores modulares



Fonte: MCGUIRE (2009)

2.1.2 Seleção de Transportadores

Segundo Intralox (2019), o processo de seleção de transportadores se dá em 5 etapas, que serão citadas adiante:

- Na primeira etapa deve-se escolher o tipo de sistema da esteira, se ela vai ser reta, radial ou espiral.
- Na segunda etapa é necessário escolher o tipo de material adequado para a aplicação. Existem diversos materiais e padrões para uma grande variedade de aplicações. Para isso deve-se consultar o catálogo do fabricante para poder escolher o material específico do sistema.
- Na terceira etapa é necessário escolher a superfície da esteira, o método de acionamento e o passo adequado. Nesta etapa é importante verificar a sua necessidade, pois existem diversas superfícies para transportadores, onde cada uma tem sua funcionalidade em específico. Depois disso deverá ser verificado o passo da esteira, que deve ser consultado em catálogos do fabricante. Para finalizar esta etapa devemos escolher o tipo de acionamento, que pode ser de dois tipos, acionamento pela articulação e acionamento central.
- Na quarta etapa é necessário selecionar uma esteira com resistência suficiente para o sistema. É importante observar vários fatores como o peso do produto, o comprimento do transportador, mudanças de elevação, porcentagem que a esteira está com produto acumulado, a temperatura que o sistema irá operar, o tipo de material e qual será a estrutura do transportador e a carga do transportador.
- Na quinta etapa deverão ser escolhidos alguns fatores como os materiais da vareta, velocidades da esteira, desgastes, as condições de trabalho, atrito e realizar a seleção de engrenagens.

Para selecionar e estabelecer a esteira adequada para cada aplicação é necessário saber a razão entre a carga e a resistência operada na esteira. O cálculo da carga na tensão é feito através da Equação 1:

$$BP = [(M + 2W) * Fw + Mp] * L + (M * H) \quad (1)$$

Onde:

BP = Tração da esteira na engrenagem de acionamento, [kg/m];

M = Carga de produto, [kg/m²];

W = Peso da esteira, [kg/m²];

L = Comprimento do transportador, [m];

H = Alteração da elevação do transportador, [m];

FW = Coeficiente de atrito entre a guia de desgaste e a esteira, [adimensional];

MP = Carga do produto acumulado [kg/m²].

Devido às diversas condições submetidas a esteira, é usado um fator de serviço conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Fatores de Serviço

FATOR DE SERVIÇO (SF) 1,0	
Partidas sem carga, sendo a carga aplicada gradualmente.	Adicionar 0,2
Partidas frequentes sob carga (mais de uma vez a cada hora).	Adicionar 0,2
Para velocidades superiores a 30 m/min.	Adicionar 0,4
Transportadores com elevação.	Adicionar 0,2

Fonte: INTRALOX (2019)

O cálculo de ajuste da tração da esteira, para as condições específicas de serviço é feito através da Equação 2:

$$ABP = BP * SF \quad (2)$$

Onde:

ABP = Tração ajustada da esteira, [kg/m];

BP = Tração da esteira na engrenagem de acionamento, [kg/m];

SF = Fator de serviço, [adimensional].

Para transportadores bidirecionais e empurradores, utiliza-se a Equação 3.

$$ABP = BP \times SF \times 2,2 \quad (3)$$

Devido algumas condições específicas, a resistência admissível da esteira pode ser menor que a resistência nominal, portanto é necessário calcular o ABS pela seguinte Equação:

$$ABS = BS * T * S \quad (4)$$

Onde:

ABS = Resistência admissível da esteira, [kg/m];

BS = Resistência nominal da esteira, [kg/m];

T = fator de temperatura, [adimensional];

S = fator de resistência, [adimensional].

Se o ABS for superior ao ABP, significa que a especificação da esteira é a suficiente para aplicação. Passando disso é possível determinar o espaçamento da engrenagem do eixo motriz, a resistência do eito e a potência em CV do motor. É possível calcular a resistência admissível da esteira pela Equação 5:

$$ABSU = \left(\frac{ABP}{ABS}\right) * 100\% \quad (5)$$

Onde:

ABSU = Resistência admissível da esteira utilizada, [%];

ABP = Tração ajustada da esteira, [kg/m];

ABS = Resistência admissível da esteira, [kg/m].

Utilizando o ABSU é possível encontrar o espaçamento máximo da engrenagem, utilizando o gráfico dados de engrenagem da esteira utilizada. Em algumas circunstâncias o espaçamento das engrenagens poderá ser maior que o espaçamento do acionamento, porém nunca deve exceder 6 pol. (152 mm).

Para obtermos o torque necessário realiza-se o cálculo através da Equação 6:

$$T_o = ABP * B * \frac{PD}{2} \quad (6)$$

Onde:

T_o = Torque no eixo motriz, [kg.mm];

ABP = Tração ajustada da esteira, [kg/m];

B = Largura da esteira, [m];

PD = Diâmetro do passo das engrenagens, [mm].

A potência em WATTS é calculada a partir da Equação 7:

$$WATTS = \frac{ABP * B * V}{6,12} \quad (7)$$

Onde:

WATTS = Potência da esteira, [W];

ABP = Esticador da esteira ajustado, [kg/m];

B = Largura da esteira, [m];

V = Velocidade da esteira, [m/min].

2.2 ACIONAMENTOS

Os transportadores modulares utilizam uma série de rodas dentadas no eixo de acionamento. Normalmente ela é fixada com parafusos de fixação. Como a maioria dos transportadores são de plástico, não devem ser montados de maneira tensionada. É necessário ter uma folga do lado de cada unidade central, como mostrado na Figura 1 (MCGUIRE, 2009).

As esteiras são acionadas positivamente por roletes, que podem ser de engrenagens plásticas ou metálicas. São acionados por eixos quadrados que transmitem força sem necessitar de chavetas (INTRALOX, 2019).

2.2.1 Redutores de velocidade em eixo

São redutores montados diretamente no eixo do transportador. Esses redutores são muito comuns em transportadores de correia e são amplamente usados por ocuparem pouco espaço. São unidades montadas no eixo que tem buchas de saídas ocas que deslizam diretamente no eixo que aciona o transportador. Normalmente este eixo está conectado a um motor por correias em V e polias (FAYED; SKOCIR, 1996).

Os autores ainda falam que os redutores estão disponíveis em uma grande variedade de potência, distribuídos em taxas de redução de até 210:1. São unidades compactas e eliminam a obrigação de acoplamentos. Na Figura 2 é possível verificar um moto redutor.

Figura 2 - Redutor no eixo



Fonte: SEW (2007).

Para escolher um motor redutor é necessário saber a rotação de saída. Para isso é utilizado a Equação 8:

$$NA = \frac{V * 60.000}{\pi * D} * IV \quad (8)$$

Onde:

NA = Rotação de saída, [rpm];

V = Velocidade [m/s];

D = Diâmetro [mm];

IV = Redução [adimensional].

O próximo passo é calcular o torque no redutor que é obtido através da Equação 9:

$$MA = \frac{PN * 9550}{NA} \quad (9)$$

Onde:

MA = Torque no redutor, [N.m];

PN = Potência do Motor, [W];

NA = Rotação de saída, [rpm].

2.3 PROJETO DE SISTEMA

O desenvolvimento de um sistema de transporte é similar a um modelo de ferrovia. É possível selecionar diversos tipos de componentes padrão que podem ser montados em diversas disposições para levar o trem do ponto A até o ponto B. A linha reta é a distância mais curta entre eles, em alguns casos a linha reta nem sempre é possível e a mais prática, portanto, o caminho mais adequado é aquele que evita obstáculos e o mais curto (MCGUIRE, 2009).

O autor ainda complementa que a primeira etapa é montar um *layout* da instalação planejada e uma lista de todos os itens que deverão ser manipulados no sistema. Após isso, deve-se determinar quais são os pontos que o transportador irá passar e aquelas que ele deve evitar. Todas as interações e máquinas que o transportador passar deverão ser mostradas e também deve-se identificar os lugares onde o transportador não deverá passar como áreas de pedestre, área de manutenção, áreas de empilhadeira e lugares que podem danificar o produto transportado.

É importante selecionar sempre que possível um equipamento padrão, pois ele será mais barato, de fácil acesso e terá uma vida mais longa. Depois disso é possível selecionar o transportador adequado, certificando que ele está conectando todas as áreas na sequência correta (MCGUIRE, 2009).

Complementando, o autor ainda explica que os sistemas de transporte são sistemas muito caros, e por isso é muito importante que a solução final seja válida por anos. Levando isso em consideração, é importante manter em mente o custo do sistema, incluindo nisso manutenções, peças de reposição e vida útil do sistema.

2.3.1 Sistema de Controle

A integração de sistemas de controle é uma integração de diversos equipamentos, como leitores de código de barras, balanças, embaladores e robôs. Com o tempo os sistemas de transporte foram se modernizando e aumentando sua complexidade e sofisticação (MCGUIRE, 2009).

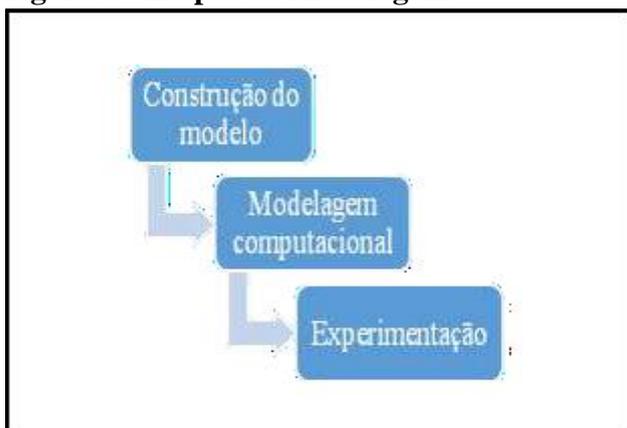
A solução para qualquer processo é realizar o transporte do produto para um lugar de maneira que ele chegue mais rápido e com maior agilidade. Em um controle simples é necessário ter um motor e uma fonte de energia para ligá-lo (MCGUIRE, 2009).

2.3.2 Modelagem de Sistema

Segundo Carvalho (2003) para modelar um sistema são necessárias 3 etapas, sendo a primeira etapa, o levantamento de informações como, velocidade, espaço físico, dimensões. Também é necessário entender o fluxo do processo juntamente com o projeto mecânico da linha de produção.

Na segunda etapa é efetuada a modelagem computacional, onde é necessário transmitir o *layout* 2D, em um software de simulação avançada com finalidade de simular o processo. Essa etapa é muito importante, pois nela é feita a validação do projeto do sistema, onde são efetuadas as simulações, otimizações e todas as análises de viabilidade.

Na terceira etapa é onde é feita a experimentação e implementação do sistema que foi simulado na etapa 02, para que seja possível verificar falhas e otimizar ao máximo o projeto. É possível verificar as etapas na Figura 3.

Figura 3 - Etapas de Modelagem

Fonte: Carvalho (2003).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A forma de abordagem desta pesquisa foi hipotética dedutiva, feita através de pesquisa bibliográfica, onde segundo Diehl e Tatim (2004), é iniciada através do desenvolvimento de um projeto. Para explicação do problema foi necessário definir diretrizes a um projeto de transportadores de caixas, para verificar se a escolha dos transportadores e máquinas realmente resultou em uma melhora ou não na linha de produção.

Os sistemas estudados foram aplicações localizadas em ambientes frigoríficos, no setor de embalagem secundária, entrada e saída de túnel de congelamento, onde existe um auto fluxo de produtos que são transportados, visando dimensionar alguns pontos do processo.

Esse estudo baseou-se em informações do *know-how* de uma empresa situada em São Paulo, com aproximadamente 180 funcionários, onde analisou-se o projeto de um frigorífico, localizado na cidade de Lajeado – RS.

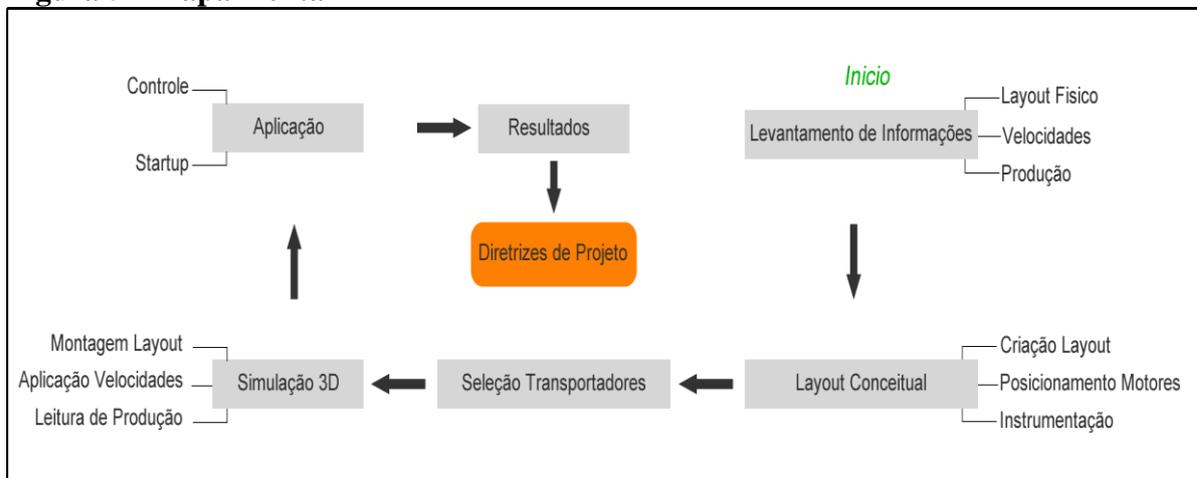
O projeto consiste na adequação de um *layout* de embalagem secundária e entrada de túnel, onde possui uma única linha para efetuar a pesagem e empacotamento dos produtos.

Atualmente o sistema trabalha com 1100 caixas por hora, porém devido à grande demanda foi preciso aumentar para 1800 caixas por hora, então elaborou-se diretrizes para melhor atendimento desta demanda e para a elaboração de um projeto que atenda as solicitações. Na Figura 4 é possível verificar a disposição do *layout* antes de ser alterado.

Figura 4 – Layout Anterior

Fonte: Autor (2020).

Como forma de organização das etapas e dados, elaborou-se um mapa mental, onde estão todas as informações e etapas necessárias para efetuar as diretrizes do projeto. O mapa pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 - Mapa mental

Fonte: Autor (2020).

Etapa 01 – Levantamento de Informações

Para levantamento das informações, coletaram-se alguns dados do projeto, como, espaço físico, ergonomia, produção desejada, velocidades atuais e posição das caixas. Atualmente existem ao todo 06 esteiras transportadores que levam os produtos até o túnel,

sendo duas delas onde são efetuadas as pesagens e as conferências das caixas. No Quadro 1 é possível analisar as informações dos transportadores antigos que servem como base para a comparação das informações.

Quadro 1 - Informações dos transportadores antigos

Descrição	Potência [kW]	Velocidade [m/min.]	Superfície Esteira
Esteira 01	2,2	15	Roletes
Esteira 02	2,2	18	Roletes
Esteira 03	1,5	15	Roletes
Esteira 04	0,75	30	Emborrachada
Esteira 05	0,75	40	Emborrachada
Esteira 06	1,5	40	Lisa

Fonte: Autor (2020).

Para efetuar as medições de produção e velocidades foi utilizado de um Tacômetro. Os dados retirados foram recolhidos, assim como as velocidades máximas das esteiras e foi então constatado uma produção máxima de cerca de 1040 caixas por hora.

Etapa 02 – Layout, Seleção de Transportadores

Nesta etapa coletaram-se as informações necessárias do projeto, elaborando um *layout* conceitual para atender as demandas exigidas no projeto. Utilizando a ferramenta AutoCAD® foi possível a criação do *layout* 2D, onde foram distribuídos os novos transportadores de acordo com o espaço físico atual.

Elaborado o *layout*, e com todas as medidas analisadas, efetuou-se o cálculo dos transportadores, visando dimensionar a sua potência, velocidades e a superfície da esteira. Foram também posicionadas toda a parte de instrumentação necessária para o projeto, como emergências, sensores, válvulas para que o sistema atue completamente autônomo.

Para os cálculos utilizou-se as equações do capítulo 2, levando em conta alguns fatores como velocidade desejada da linha em 1800 caixas por hora, peso da caixa em torno de 20 kg a 30 kg por produto, temperatura de trabalho em torno de 15 °C, o material que foi utilizado que é o polipropileno cujo coeficiente de dilatação térmica é de 0,12, coeficiente de atrito do material entre o guia e a esteira de 0,19 e o fator de serviço do transportador de 1,4. Todos esses valores foram analisados e padronizados para os transportadores, pois não existe desnível, e trabalham em condições similares.

Etapa 03 – Simulação, Aplicação

Para simulação do sistema foi utilizado um software 3D, chamado Factory I/O[®], onde foi possível montar todo o *layout* do processo, o mesmo é caracterizado por diretrizes que foram efetuadas na Etapa 02, como dimensões e velocidades. A simulação é importante, pois nela foi possível testar e garantir que os itens projetados atendam as demandas necessárias.

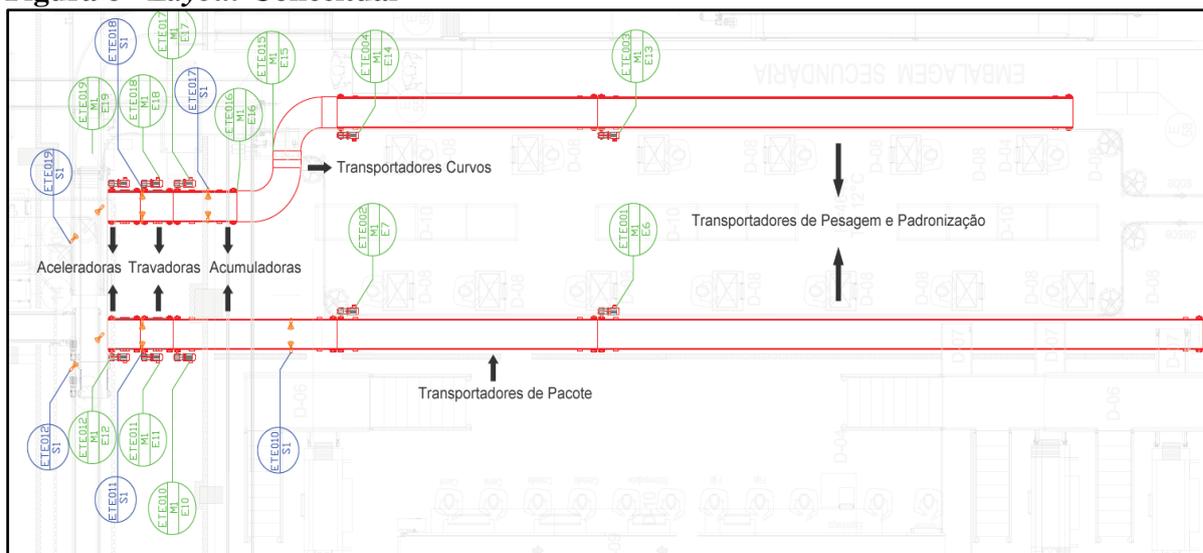
No software foi possível visualizar as caixas sendo transportadas pelo sistema e todos os aspectos físicos onde elas são exigidas no sistema real.

Com isso, implementou-se o sistema proposto ao cliente, sistema esse que conta com um controlador, inversores de frequência e painéis de operação, onde o controlador é o responsável por controlar e realizar os intertravamentos dos transportadores de acordo com o que foi proposto. Para controlar os transportadores utiliza-se de inversores de frequência, e para que seja possível alterar a velocidade dos motores, a parte de operação do sistema é feita através de um painel inteligente, onde pode ser controlado e configurado todos os transportadores do processo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da coleta de informações referente ao processo existente, foi constatada a necessidade de alteração e aumento do número de transportadores para atender a ergonomia e velocidade necessária do projeto. Para isso foram retirados os transportadores existentes e adicionados 19 novos transportadores, objetivando atender o número de postos necessários de trabalho e o aumento da velocidade da linha de produção que chega até em 2000 caixas por horas em seu pico máximo.

Observando a necessidade da alteração do *layout*, foi apresentada uma nova proposta para atender tal demanda, conforme visualiza-se na Figura 6. É possível analisar que com o novo *layout* e disposição dos transportadores, o processo ficou dividido em duas linhas de produção, onde é efetuada a pesagem e padronização das caixas. Com essa divisão tivemos um aumento do espaço físico e disponibilização de novos postos de pesagem. Posteriormente as duas linhas se unificam e vão para o túnel de congelamento.

Figura 6 - Layout Conceitual

Fonte: Autor (2020).

Após a finalização do *layout*, foram selecionados e calculados todos os transportadores, aplicando os cálculos do Capítulo 02 e os dados utilizados na Etapa 01 e na Etapa 02 dos materiais e métodos.

4.1 DIRETRIZES DE PROJETO

Para especificação de moto redutores, engrenagens e superfície da esteira foram utilizados de catálogos das fabricantes SEW e Ibraflex.

O primeiro passo se deu no cálculo de velocidade dos transportadores, para isso foi levado em conta a velocidade da linha de 1800 caixas por hora, o tamanho da caixa que é de 400 mm e um espaçamento entre os produtos de 200 mm a 600 mm, foi utilizado a quantidade de caixas por hora, dividido por 60 minutos e multiplicado pelo tamanho da caixa, mais o espaçamento.

Analisando o Quadro 2, podemos observar alguns pontos importantes, nos transportadores de ETE001 até o ETE005, as velocidades foram de 23 m/min, esses transportadores são responsáveis pelo transporte dos pacotes, onde possui um espaçamento um pouco menor e não linear entre os produtos. Onde o operador pega o pacote de produto, realiza a pesagem e coloca dentro da caixa, posteriormente coloca na linha de produção.

A superfície utilizada nesse transportador foi a superfície E25PP, que é uma superfície lisa e modular e engrenagens de 101 mm.

Quadro 2 – Dados Transportadores Pacotes

Nome	Velocidade Equip.	Redutor.	Potência do [kW]	Redução	Rotação de Saída [RPM]	Esteira	Largura [mm]	Diâmetro Engrenagem	Comp. Entre Eixos
ETE001	23 mt/min	SA47/T DRN80M4	0,75	23,2	74	E25 PP	448	101	12000
ETE002	23 mt/min	SA47/T DRN80M4	0,75	23,2	74	E25 PP	448	101	6000
ETE003	23 mt/min	SA47/T DRN80M4	0,75	23,2	74	E25 PP	448	101	4200
ETE004	23 mt/min	SA47/T DRN80M4	0,75	23,2	74	E25 PP	448	101	6500
ETE005	23 mt/min	SA47/T DRN71MP4	0,55	23,2	74	E25 PP	448	101	10500

Fonte: Autor (2020).

Já na linha de produção os demais transportadores são responsáveis pelo transporte dos produtos já dentro de caixas, então eles respeitam um espaçamento de 400 mm entre elas. É possível verificar no Quadro 3 que nos transportadores ETE006, ETE007, ETE013, ETE014 as velocidades foram fixadas em 18 m/min, nesses transportadores são feitas as padronizações e pesagens das caixas, por isso elas foram dimensionadas em velocidades um pouco menores, com isso cada linha de padronização chega a uma velocidade de 960 caixas por hora.

Para a superfície desses transportadores foram selecionados a superfície E50PP, que é um transportador com superfície lisa e modular e engrenagens de 160 mm.

Quadro 3 – Dados Transportadores Padronização

Nome	Velocidade Equip.	Redutor.	Potência do [kW]	Redução	Rotação de Saída [RPM]	Esteira	Largura [mm]	Diâmetro Engrenagem	Comp. Entre Eixos
ETE006	18 mt/min	SA57/T DRN80M4	0,75	47,32	36	E50 PP	550	160	12000
ETE007	18 mt/min	SA57/T DRN80M4	0,75	47,32	36	E50 PP	550	160	5500
ETE013	18 mt/min	SA57/T DRN80M4	0,75	47,32	36	E50 PP	550	160	12000
ETE014	18 mt/min	SA57/T DRN80M4	0,75	47,32	36	E50 PP	550	160	5500

Fonte: Autor (2020).

Os transportadores ETE015 e ETE016 são curvas em 90 graus, que juntas formam um S, pode-se analisar no Quadro 4 que as velocidades ficaram um pouco maiores que as esteiras anteriores, ETE006 e ETE007, para que entre elas aumente o espaçamento entre caixas, atingindo o espaçamento ideal até 600 mm entre um transportador e o outro.

Para o tipo de material desses transportadores foram selecionados a superfície F90, que é um transportador com superfície lisa e modular e engrenagens de 83 mm.

Quadro 4 – Dados Transportadores Curvos

Nome	Velocidade Equip.	Redutor.	Potência do [kW]	Redução	Rotação de Saída [RPM]	Esteira	Largura [mm]	Diâmetro Engrenagem	Comp. Entre Eixos
ETE015	28 mt/min	SA47/T DRN71MP4	0,55	23,2	74	F90	550	83	700
ETE016	28 mt/min	SA47/T DRN71MP4	0,55	23,2	74	F90	550	83	700

Fonte: Autor (2020).

Sempre antes de transferências, são utilizados alguns transportadores específicos, onde é possível observar no Quadro 5 que os transportadores ETE010, ETE017 possuem uma velocidade igual a 23 m/min, eles são caracterizados como esteiras acumuladoras, onde tem o objetivo de acumular caixas, caso o transportador que o sucede pare, assim não causando uma parada na linha de produção.

Para a superfície desses transportadores foram selecionados a superfície E50PP AC, que é um transportador com superfície com roletes com especificação de transportador acumulador modular e engrenagens de 160 mm, indicado no catalogo do transportador.

Quadro 5 – Dados Transportadores Acumuladores

Nome	Velocidade Equip.	Redutor.	Potência do [kW]	Redução	Rotação de Saída [RPM]	Esteira	Largura [mm]	Diâmetro Engrenagem	Comp. Entre Eixos
ETE010	22 mt/min	SA47/T DRN80M4	0,75	38,23	45	E50 AC PP	550	160	3000
ETE017	22 mt/min	SA47/T DRN80M4	0,75	38,23	45	E50 AC PP	550	160	1300

Fonte: Autor (2020).

Os transportadores ETE011 e ETE018 são travadoras, onde trabalham em velocidades de 22 m/min, tem como objetivo ditar o ritmo do processo, juntamente com elas é possível analisar que os transportadores ETE012 e ETE019 são aceleradoras, que trabalham com velocidades de 52 m/min, com isso a caixa passa pela travadora e ao chegar na aceleradora, ela abre um espaçamento de até 600 mm entre uma caixa e outra podendo assim efetuar a transferência em 90°.

Para a superfície desses transportadores foram selecionados a superfície E50PP EMB, que é um transportador com superfície emborrachada para que a caixa deslize o menos possível em cima com engrenagens de 160 mm, indicado no catalogo do transportador. Todos esses dados podem ser visualizados no Quadro 6.

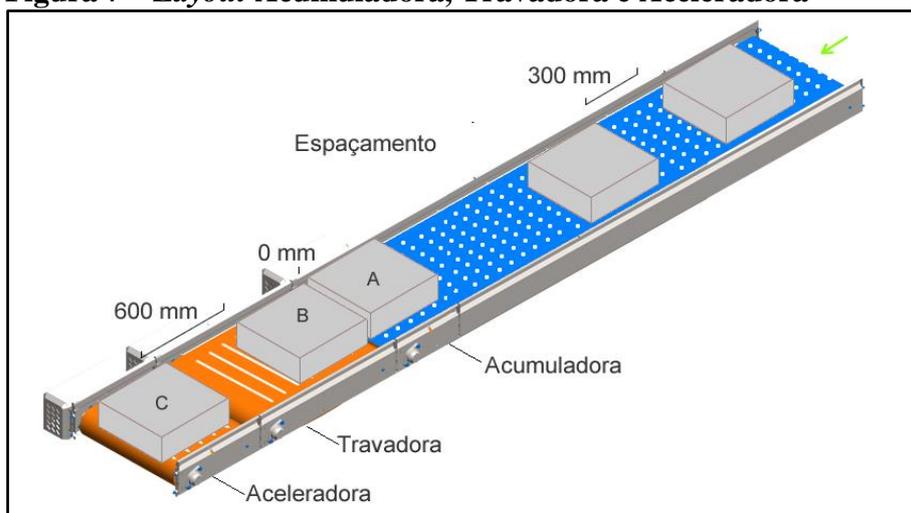
Quadro 6 – Dados Transportadores Travadores e Aceleradores

Nome	Velocidade Equip.	Redutor.	Potência do [kW]	Redução	Rotação de Saída [RPM]	Esteira	Largura [mm]	Diâmetro Engrenagem	Comp. Entre Eixos
ETE011	23 mt/min	SA47/T DRN71M4 BE05	0,37	38,23	44	E25 PP EMB.	550	160	800
ETE012	52 mt/min	SA47/T DRN71MP4	0,55	16,47	103	E25 PP EMB.	550	160	650
ETE018	23 mt/min	SA47/T DRN71M4 BE05	0,37	38,23	44	E25 PP EMB.	550	160	650
ETE019	52 mt/min	SA47/T DRN71MP4	0,55	16,47	103	E25 PP EMB.	550	160	650

Fonte: Autor (2020).

Explicando o conceito utilizado nos transportadores acumuladoras, travadoras e aceleradoras, podemos observar na Figura 7, que eles trabalham em conjunto, é possível observar que as caixas ao entrar na esteira acumuladora possuem um espaçamento de 300 mm, ao chegar na travadora, se o sistema a frente estiver parado elas tem a função de acumular caixas para que não existam paradas na linha de produção, observando as caixas A e B é possível verificar que não existem espaçamento entre elas, pois a função da travadora é segurar as caixas e ditar o ritmo da produção, no próximo transportador que é a esteira aceleradora tem como função separar elas novamente, observando o espaçamento entre B e C, visualiza-se o aumento do espaçamento para 600 mm.

É necessário esse aumento para que a caixa possa ser transferida em 90° para o próximo transportador sem que a próxima caixa venha a se chocar com a anterior.

Figura 7 – Layout Acumuladora, Travadora e Aceleradora

Fonte: Autor (2020).

Analisando os dados para a escolha do moto redutores, foram utilizadas as fórmulas do capítulo 02, com isso foi possível dimensioná-los, vale salientar que para a escolha, foram levados em consideração alguns fatores, tais como dimensão do transportador, peso da caixa (em torno de 30 kg), largura da esteira, diâmetro da engrenagem, com isso foi calculado a potência e rpm de cada transportador.

Com os dados, foi possível verificar uma potência máxima de 0,75 kW, chegando assim em uma potência bem baixa se comparadas aos transportadores anteriores. Salienta-se também a rotação de saída de cada moto redutor que chegou no máximo a 103 rpm, com isso foi possível realizada a especificação e escolha do moto redutores de cada transportador no catálogo da SEW.

Posteriormente foi utilizado um software de simulação 3D, onde foi possível a montagem do *layout*, com todos os transportadores em seus devidos locais, para o perfeito funcionamento do Software foi utilizado um controlador, onde foi elaborada toda a lógica do sistema para que a simulação fosse o mais próximo do real possível. Foi possível também aplicar as velocidades dimensionadas anteriormente, para constatar o funcionamento e o atendimento da produção de 1800 caixas por hora. Após vários testes no software o resultado obtido foi satisfatório, chegando até em máximo de 2000 caixas por hora sem interrupções. É possível verificar como ficaram distribuídos os transportes e o *layout* em 3D do software na Figura 8.

Figura 8 - Simulação 3D



Fonte: Autor (2020).

Após a nova configuração de *layout* e seleção de transportadores, foram disponibilizados 07 novos postos de trabalho para pesagem dos produtos, uma linha de produção mais limpa e com mais espaço, trazendo assim mais ergonomia para os trabalhadores.

Para aplicação das velocidades e dados dimensionados foi utilizado de um controlador lógico programável da marca Rockwell, modelo *Compact Logix L36*, onde ele é responsável de coletar todas as informações dos sensores e botões em campo, processando a lógica e atuando sobre os inversores de frequência, alterando a velocidade e parando quando necessário.

Com o novo dimensionamento de velocidades dos transportadores, foi possível verificar um fluxo mais contínuo de trabalho, evitando as paradas e trazendo assim mais espaçamento entre os produtos, diminuindo a perda de pacotes por caixas amassadas ou enroscadas. Para medição foram utilizados contadores e sensores no controlador para maior exatidão, chegando assim em uma produção média de 1800 caixas por hora, sem paradas e perdas nas linhas, aumentando assim a produção. Visualizando o *layout* e projeto como um todo, foi possível verificar uma linha de produção mais limpa, com os colaboradores visivelmente mais à vontade e com ganhos de até 60 % em produtividade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a alta demanda nas linhas de produção, transportadores são de extrema importância dentro de um processo frigorífico, quando bem dimensionados e bem acomodados dentro de uma planta fabril. Para isso foram elaboradas diretrizes de projeto visando melhorar um *layout* e dimensionar uma linha de produção atingindo assim uma melhora no espaço dos colaboradores, aumentando a velocidade da linha, ergonomia e facilidade de acesso.

Com isso foi possível verificar que nos transportadores de ETE001 ao ETE05 as velocidades foram de 23 metros por minuto, trazendo mais espaçamento e velocidade na linha de pacotes. Já os transportadores ETE006 ao ETE014 que transportam caixas, ficaram com velocidade de 18 metros por minuto, levando um espaçamento entre caixas de até 500 mm. Os transportadores em curvas as velocidades foram elevadas a 28 metros por minuto, para que aumentassem o espaçamento com o transportador anterior. Para a linha de acúmulo que são os transportadores responsáveis por acumular caixas a velocidade que são, ETE010 e ETE017, foram aplicadas as velocidades 22 metros por minuto. As travadoras ETE011 e ETE018, foram dimensionadas com velocidade de 23 metros por minuto. Com isso os transportadores ETE012

e ETE019 que são transportadores aceleradoras, ficaram com uma velocidade próximo ao dobro das anteriores, 52 metros por minuto, efetuando assim um espaçamento maior entre elas.

Aliado com o aumento da produção, o processo trouxe uma alta taxa de velocidade, padronização e fluxo contínuo de produtos, aumentando assim a confiabilidade e assertividade do processo como um todo, chegando a uma produção de 1800 caixas por hora, aumentando o fluxo de caixas em até 60 %.

Com os resultados obtidos foi possível verificar o quanto a utilização de uma metodologia de projeto e seleção de transportadores é importante dentro de um sistema produtivo, podendo, por diversas vezes até dobrar a produção sem que haja uma readequação civil na planta, apenas dimensionando de forma inteligente o *layout* e os transportadores.

REFERÊNCIAS

DE CARVALHO, Leonardo Sanches. Modelagem e Simulação: poderosa ferramenta para a otimização de operações logísticas. 2003.

DIEHL, Astor Antônio; TATIM, Denise Carvalho. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas**. Pearson Brasil, 2004.

EURODRIVE, S. E. W. Catálogo de motoredutores. **SEW Eurodrive. São Paulo**, 2008.

FAYED, Mohammad E.; SKOCIR, Thomas. **Mechanical conveyors: selection and operation**. CRC Press, 1996.

FOGLIATO, Flavio; RIBEIRO, José Luís Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Elsevier Brasil, 2009.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos elétricos**. Saraiva Educação SA, 2018.

FRANCHI, Claiton Moro; DE CAMARGO, Valter Luís Arlindo. **Controladores lógicos programáveis: sistemas discretos**. Saraiva Educação SA, 2008.

IBRAFLEX. Disponível em: <http://ibraflex.com.br/produtos-detalhes-pt/esteiras-modulares-percurso-reto>. Acesso em 10 mai. 2020.

INTRALOX, L. L. C. Conveyor Belting Engineering Manual. **JP Junca-Laplace, ed**, 2010.

INTRALOX. **Manual de Engenharia – esteiras e transportes**. 2019.

MCGUIRE, Patrick M. **Conveyors: application, selection, and integration**. CRC Press, 2009.

PETRUZELLA, Frank D. **Controladores lógicos programáveis**. AMGH Editora, 2014.

SEW, Eurodrive. Seleção de Acionamentos, Métodos de Cálculo e Exemplos. 2007.

SULE, Dileep R. **Manufacturing facilities: location, planning, and design**. CRC press, 2008.

YAM, Kit L. (Ed.). **The Wiley encyclopedia of packaging technology**. John Wiley & Sons, 2010.