PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO ELEVADOR PARA UMA LINHA DE TRANSPORTE E/OU ARMAZENAMENTO DE CARGAS.

[1]Cayo Bertalia dos Santos
[1]Robson Luiz Minutti Ribeiro
[2]Amauri Olívio
Universidade São Francisco
cayo.santos95@outlook.com/robsonlmr@gmail.com

[1] Alunos do Curso de Engenharia Mecânica, Universidade São Francisco; Campus Itatiba
[2] Professor Orientador Amauri Olivio, Curso de Engenharia Mecânica, Universidade São Francisco; Campus Itatiba.

RESUMO. Percebe-se que as empresas cada vez mais se preocupam com a melhoria de seus processos. As implementações buscam reduções de operadores, aumento de produção, redução de áreas e mudanças de layout, com o objetivo de reduzir o custo do produto final. Um problema que podemos encontrar em grande escala é a questão do gargalo, limitando a capacidade de peças disponibilizadas a uma linha de montagem, quantidade esta que poderia ser maior se fossem melhor planejados os recursos e a estrutura. Visou-se nesse trabalho, desenvolver um conceito de armazenagem de peças com uma linha de transporte (*flow rack*) com a função de movimentar componentes de um local para outro, utilizando como força de atuação, o próprio peso do material. Entre as ferramentas que serão demonstradas, destacam-se: redução de movimentos no processo e melhor aproveitamento do lay-out industrial, utilizando os conhecimentos em projetos mecânicos e simulações. Para concluir o projeto com êxito realizamos cerca de 100 ciclos com a capacidade máxima de 13 kg para as caixas presentes no sistema.

Palavras-chave: Redução, Gargalo, Transportador, Alternativa, Indústrias.

ABSTRACT. It is understood that companies increasingly care about the improvement of their processes. The implementations seek operator reductions, increase production, reduce areas and layout changes, aiming to reduce the cost of the final product. One problem we can find on a large scale is the question of the bottleneck, limiting the capacity of parts made available to an assembly line, the amount that could be greater if the resources and the structure were better planned. It was aimed at this work, developing a concept of storage of parts with a transport line *(flow rack)* with the function of moving components from one place to another, using as a force of acting, the very weight of the material. Among the tools that will be demonstrated, they stand out: reduction of movements in the process and better use of the industrial lay-out, using the knowledge in mechanical projects and simulations. To complete the project successfully we performed about 100 cycles with the maximum capacity of 13 kg for the boxes present in the system.

Key-words: Reduction, Bottleneck, Carrier; Alternative; Industries.

INTRODUÇÃO

Cada dia mais as empresas estão em busca do aumento de sua produtividade e do valor agregado ao produto. Isso ocorre devido à competitividade e a demanda dos consumidores. Os estudos dos problemas buscam aperfeiçoar e implantar soluções para atingir os objetivos, dentro dos critérios abordados.

Alguns métodos de melhoria podem ser descritos através das seguintes analises: verificar e melhorar layout; identificar perdas no processo; redução de mão de obra ociosa; balancear linha de processo; redução de tempos; melhorias na ergonomia; aumento de produtividade; e redução de movimentos que não agregam valor. Observa-se ainda que a busca contínua pela redução de custo e aumento dos lucros, é algo necessário para progredir dia a dia no mercado.

Segundo Muraro (1969) desde os primórdios da humanidade, o ser humano possui uma vontade inata de se desenvolver, gerando uma busca infinita por facilidades que tornem a sua vida mais simples e segura.

A Revolução Industrial do século XVIII foi um marco em que transformou a realidade de pequenas fábricas artesanais, em grandes indústrias de fabricação em massa, alavancando a manufatura em geral. Com ela vieram as máquinas, e consequentemente a necessidade de mão de obra e de trabalhadores capazes de operá-las. Aos poucos os operários foram se transformando em robôs. Hoje, podemos dizer que o melhor cenário para as empresas é substituir a maior quantia de funcionários por equipamentos, que façam o mesmo trabalho durante 24 horas por dia.

Visto isso, este projeto tem como base estudar e aplicar conceitos de produção enxuta e repetitividade dentro de um ciclo do dispositivo, utilizando métodos aprendidos para fabricação do conjunto.

Segundo Silveira (2018) “o objetivo principal da automação industrial é criar mecanismos que sejam capazes de produzir o melhor produto com o menor custo”. Como exemplo pode-se citar o governador centrífugo que James Watt criou em 1788, este componente permite regular a velocidade da máquina, reduzindo ou aumentando a pressão do vapor, foi um dos primeiros equipamentos fabricados com finalidade de melhorar um processo existente (RIBEIRO *et al*., 2015).

A automação industrial é um procedimento no qual as tarefas de produção que atualmente são realizadas por operadores humanos são transferidas para um conjunto de elementos tecnológicos (SILVEIRA, 2018).

Para o êxito de um projeto, deve verificar a aplicação através de uma análise das necessidades de mercado, com objetivos traçados, e a certeza de que há consumidores interessados.

O protótipo, por sua vez, é criado para validar o trabalho nas fases de testes e planejamentos do projeto, possibilitando registrar eventuais falhas de funcionamento.

O sistema industrial a ser estudado foi um dispositivo para armazenagem de peças com linha de transporte (geralmente conhecido como *flow rack*), o mesmo sofrerá modificações e receberá um elevador, com a função de executar o transporte de uma caixa padrão através de um acionamento mecânico.

Para visualização da montagem e verificação dos comportamentos exercidos pelo sistema, foi projetado uma interface utilizando softwares (*Solidworks* da *Dassault Systèmes S.A*®) e (MTpro – sistema próprio da empresa *Bosch Rexroth*, para auxilio de montagens e parametrizações de seus produtos).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A automação industrial

Atualmente nas indústrias, os benefícios de automatizar uma produção são considerados ilimitados, devido ao aumento significativo do desempenho global.

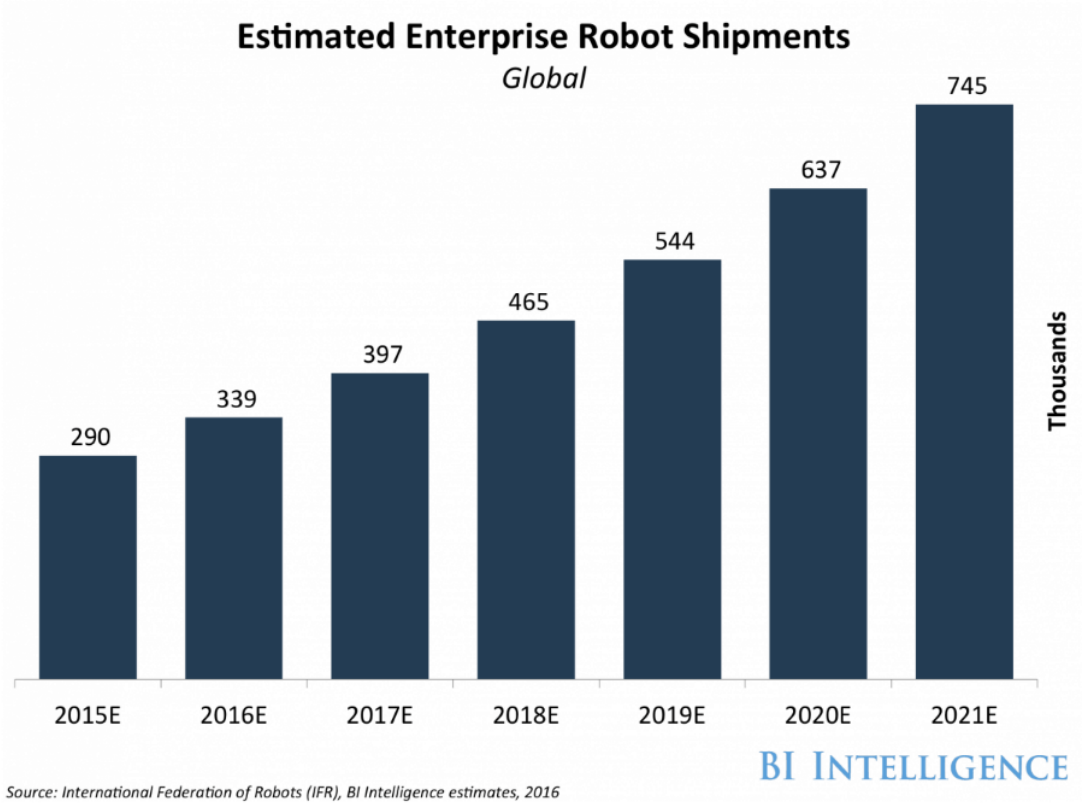
Dentre os inúmeros sistemas de automação existentes, não são todos que estão disponíveis para aquisição no mercado. Portanto, as indústrias precisam projetar, analisar e obter componentes, visando atingir adequação a diferentes demandas.

O benefício mais significativo adquirido com a automação industrial, é o aperfeiçoamento da produtividade. Logo, pode permitir obtenção de ciclos de produção mais velozes, eficiência e repetitividade. Além disso, pode oferecer rápido retorno sobre o investimento.

Máquinas são capazes de fornecer resultados excelentes e repetíveis. Quando utilizadas, elas minimizam grande parte dos problemas de controle de qualidade decorrente de erro humano. Com a automatização, os processos podem ser minuciosamente ajustados, garantindo a qualidade do produto final. Para indústrias alimentícias, a automação assegura os tempos de homogeneização, aquecimento e espera na fabricação do produto. Por outro lado, para indústrias metalúrgicas, robôs em operação executarão seu trabalho mantendo a uniformidade e precisão.

A Figura 1 mostra a tendência de crescimento da aquisição de robôs nas indústrias. Logo, pode-se considerar esse dado como a tendência de crescimento da automação industrial, ou seja, as indústrias estão optando por operadores automatizados ao invés de humanos, visando todos os benefícios citados anteriormente.

Figura 1 – Remessas estimadas de robos corporativos (LIBERAL, 2016).



Para garantir a segurança do projeto, este deve seguir a norma regulamentadora (NR-12) que obriga os fabricantes de máquinas a aplicarem rigorosamente suas práticas. Prevenindo assim, acidentes de trabalho, e minimizando os riscos de parada na produção (ABNT,2018).

A fim de ganhar competividade no mercado, indústrias buscam soluções modernizadas, como por exemplo, células robóticas que são capazes de fornecer as ferramentas necessárias para diminuir os tempos de ciclo e reduzir custos. Permitindo assim, às empresas permanecerem mais fortes diante de crises econômicas e ameaças externas.

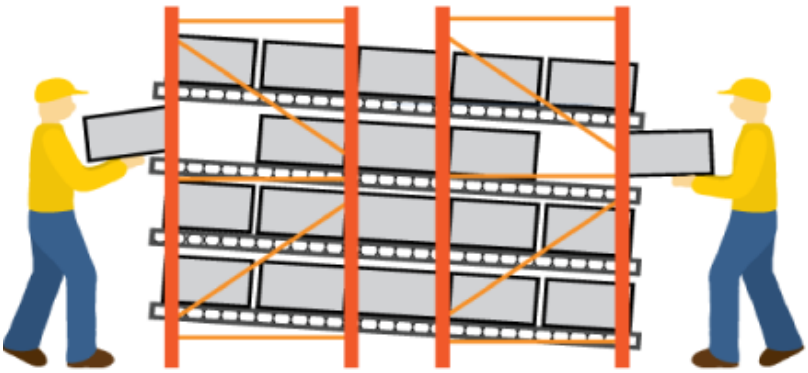
Por fim, um item indispensável em uma produção é a precisão. Esse fator é facilitado quando as variáveis são controladas por algum meio, que assegura a precisão e o tempo para a produção. Assim, as probabilidades de falhas na linha de produção são reduzidas ao máximo.

Sistema de armazenamento dinâmico

Segundo Barro, Prado e Silva (2013), o sistema de armazenamento dinâmico, para caixas de pequeno ou médio volume, utiliza como funcionamento o método de FIFO (First In, First Out), o qual coloca-se as caixas uma a uma, sobre os trilhos inclinados, possibilitando a movimentação por ação da gravidade até a posição final. Seus planos e suas dimensões são reguláveis de acordo com a necessidade de altura operacional e de armazenagem.

Para construção, utiliza-se como materiais, tubos de aço ou perfis de alumínio, conectores diversos, trilhos com rodízios plásticos, sapatas, buchas ou articulações, finais de curso, tampas de acabamento e acionamentos, nesse caso para executar a construção do protótipo considerou-se balancins mecânicos de mola.

Figura 2 – Sistema de *Flow rack (REB Storage Systems).*



Conceito base

Neste trabalho, foram utilizados componentes elétricos e mecânicos. Desenvolveu-se um dispositivo elevador, com o auxílio de um balancim, para ser adaptado em um *flow rack*, visando alterar o sentido de deslocamento das cargas, sem a interferência humana.

Neste contexto, a empresa *Bosch Rexroth*, fabricante de soluções para áreas de aplicação fabril e mobil, que está situada no condomínio empresarial CEA, próximo à Rodovia Dom Pedro I, bairro Pte. Alta, Atibaia – SP, cedeu todos os materiais necessários para desenvolver a aplicação. Os itens cedidos são catalogados, portanto utilizou-se as especificações do fornecedor para dimensionamento da estrutura.

Componentes para a confecção do protótipo

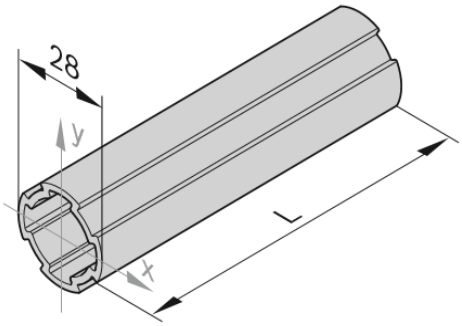
Perfil de alumínio tubular

O alumínio é um metal que apresenta vasta gama de aplicação, pois apresenta elevada resistência mecânica e à corrosão, possuindo excelente aspecto estético (BUZINELLI, 2000, p. 25).

O perfil utilizado para fabricação estrutural neste artigo, foi o modelo *EcoShape* exclusivo da empresa *Bosch Rexroth*. Sua composição é dada por uma liga de alumínio, magnésio e silício 0.5 série 6000 que passa pelo processo de extrusão direta, tornando o material bruto em produto final. Através do processo de fabricação, o tubo circular tem alta resistência e uma estrutura ausente de vazios e poros, garantindo um dimensional com tolerâncias centesimais (BOSCH REXROTH, 2018).

O seu formato tubular, foi desenvolvido para atender todos os conectores padrões, designando como ranhuras côncavas que permitem resistências e fácil montagem (BOSCH REXROTH, 2018).

Figura 3: Perfil tubular (*Bosch Rexroth*).

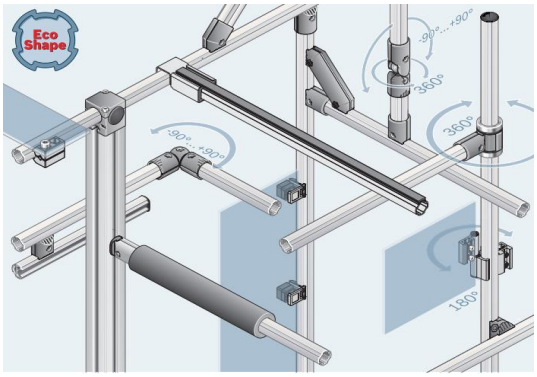


Conectores de perfil tubular

Conectores são dispositivos utilizados para ligar dois ou mais tubos. Os conectores para perfis *Eco Shape*, exclusivo *Bosch Rexroth*, são confeccionados em ferro fundido e recebem um tratamento superficial no qual melhora as suas propriedades.

De acordo com a figura 4, são responsáveis por 100% das montagens desse sistema pois com seu encaixe rápido e inúmeros modelos possibilitam a confecção de sistemas simples ou até mesmo os mais complexos onde necessita um estudo de engenharia (BOSCH REXROTH, 2018).

Figura 4 – Conectores para Perfil tubular (*Bosch Rexroth*).



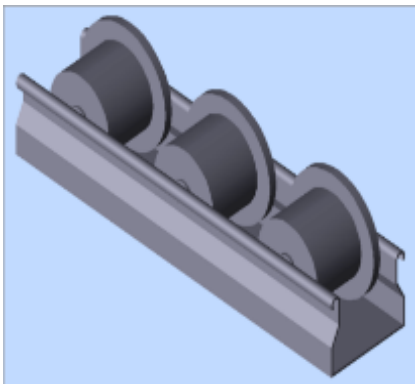
Trilhos com rodízios plásticos

Os trilhos ou via com rodízios *Bosch Rexroth* são fabricados de aço zincado, com rodízios plásticos de composição PA (BOSCH REXROTH, 2018).

As suas características na aplicação industrial, é facilitar o manuseio de peças ou caixas que estão sobre os roletes. O atrito é mínimo e diante a força da gravidade, que muitas vezes é propicia, facilita a descida do material para uma outra secção (BOSCH REXROTH, 2018).

A fixação do conjunto é feita através de suportes de encaixe rápidos e de fácil ajustagem. O indicado em catalogo é que essa força atuante nesse perfil seja menor que 97N/m. (BOSCH REXROTH, 2018).

Figura 5 – Perfil ou via de rodízios (*Bosch Rexroth*).

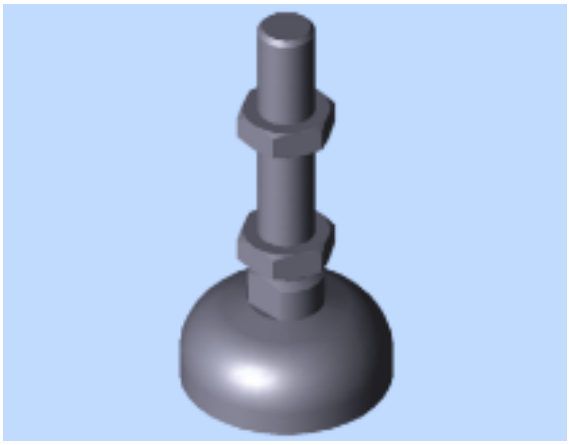


Sapatas ou pés de apoio

Segundo Alva (2007) as sapatas utilizadas como apoio de uma coluna sobre o solo, são chamadas de “sapatas isoladas”, podem apresentar bases redondas, quadradas ou retangulares podendo ou não ter regulagens de altura, para compensar qualquer variação da superfície.

As sapatas ou pés *Bosch Rexroth* são fabricadas com aço galvanizados, possibilitando a aplicação contra oxidação. (BOSCH REXROTH, 2018).

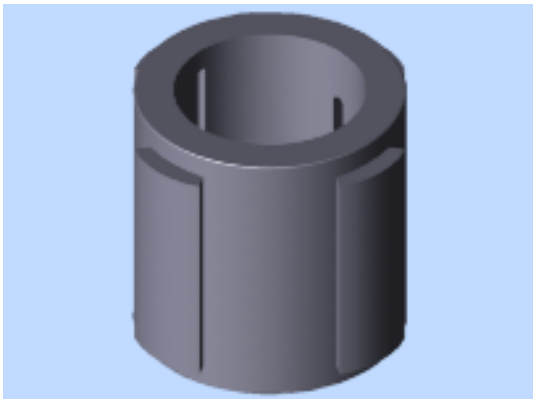
Figura 6 – Sapata (Bosch *Rexroth*).



Buchas ou articulações

As buchas ou articulações são responsáveis pelos movimentos entre dois corpos, sendo vertical ou horizontal, radial ou linear. O produto *Bosch Rexroth*, por sua vez, é constituído por dois corpos um em aço galvanizado e o outro em polímero plástico. Permitindo assim a movimentação sobre o perfil tubular (BOSCH REXROTH, 2018).

Figura 7 – Buchas ou articulações (*Bosch Rexroth*).

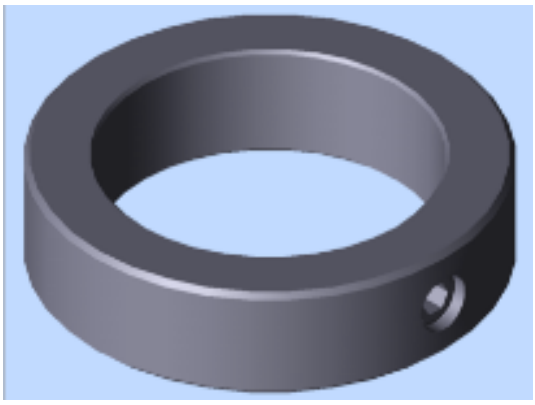


Finais de curso

Os cursos efetivos de um sistema são dimensionados de acordo com a aplicação e o comprimento da barra onde o carro se movimentará. Para determinar o final do percurso, muitas vezes se utiliza sensores ou stops mecânicos que interrompem a movimentação.

Os finais de curso *Bosch Rexroth*, aplicados nos perfis tubulares, são anéis rígidos, fabricados em aço inox, com furos roscados, para utilização de parafuso sem cabeça nos intertravamento (BOSCH REXROTH, 2018).

Figura 8 – Finais de curso (*Bosch Rexroth*).



Balancim

O Balancim mecânico trata-se de um dispositivo que tem diversas finalidades. Dentre elas, pode-se destacar a capacidade de movimentação de cargas através de um sistema mecânico, de forma vertical e sem a necessidade de componentes elétricos/eletrônicos.

Figura 9 – Dispositivo de movimentação vertical com acionamento por mola (Balancim).

Sensor óptico ou fotoelétrico

Segundo Silveira (2018), sensores ópticos ou fotoelétricos tem como principal característica a propagação da luz (emissor e receptor de luz). É muito utilizado para medições de distância e verificação da presença de um certo objeto.

Figura 10 – Ilustração do sensor óptico ou fotoelétrico (DIGIKEY, 2018).

METODOLOGIA

Visto que o objetivo principal é criar uma estrutura mecânica a fim de facilitar o ciclo repetitivo. Foi desenvolvido neste trabalho um protótipo de armazenamento dinâmico com sistema de elevador mecânico.

A estrutura ficará localizada na saída de outro equipamento (nesse caso utilizamos a representação de uma injetora, na qual deposita as peças sobre a caixa KLT após fabricadas).

Quando inicializado, um sensor realiza primeiro a leitura da presença da caixa KLT em sua posição inicial, localizada no topo do elevador, modo a habilitar ou não o início do processo.

Ao habilitar o sensor, a injetora inicia o processo de fabricação, de modo que ela produz e por final deposita as peças sobre a caixa.

Após exceder o limite máximo de peças, a caixa tende a descer até o final de curso, pois o elevador onde ela está localizada é tracionada pelos balancins, iniciando o ciclo. Para este projeto, utilizou-se dois balancins com especificação de (carga máxima) 4 Kg, ou seja, caso a carga a ser transportada seja maior que 8 Kg, a mesma vencerá a resistência do balancim e consequente deslocará o sistema verticalmente para baixo.

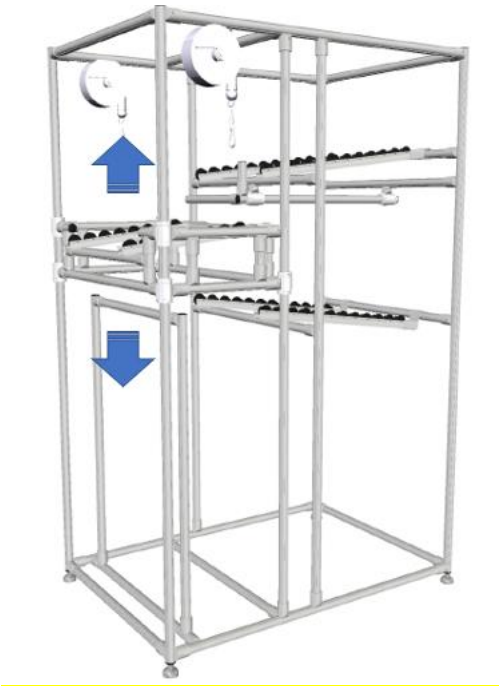
O final de curso localizado no segundo plano da estrutura, realiza a parada do elevador e a inversão da inclinação dos trilhos, fazendo com que a caixa saia do elevador e prossiga para próxima etapa, até chegar a linha de produção.

Nessa linha de produção, o operador realiza a montagem de determinado conjunto, utilizando as peças que foram produzidas na injetora.

Ao acabar todas as peças da caixa, necessariamente, ela precisa voltar ao ponto inicial, para ser reabastecida, então o operador pega a caixa vazia e deposita sobre os trilhos superiores, fazendo com que ela volte para o ponto inicial.

Para não gerar problemas com o deslocamento dessas caixas e possíveis falhas no processo, foi instalado um sistema de *Stop mecânico*, o qual regula o fluxo de caixa, para que entre uma por vez no elevador.

Figura 11 – Protótipo base (Fonte: Próprio autor).



Desenvolvimento Mecânico

Após expor um esboço, foram apresentados os traços primários que, sendo provisórios, dão início ao desenvolvimento. O que pode representar um resumo das ideias contidas no projeto.

Através da ferramenta *MTpro*, disponibilizada pela empresa *Bosch Rexroth*, pode-se levantar uma lista, e biblioteca de componentes necessárias para a elaboração do conjunto.

Nesta lista, devemos mencionar os componentes do tópico abaixo:

- Comprimento dos perfis a serem utilizados;
- Especificação dos conectores;
- Especificações dos trilhos e guias para montagem do *flow rack*;
- Especificações de blocos corrediços, balancim e stop mecânico;
- Especificações das sapatas (pés de apoio da estrutura).

Realizou-se então a elaboração do conceito através da ferramenta *Solidworks* da *Dassault Systèmes S.A®.* Na qual fizemos todos os desenhos e montagens, tendo a função de auxiliar no dimensionamento e na visão geral do funcionamento estrutural onde se identificou erros e problemas gerais.

Montagem mecânica

Após a aquisição das peças, seguindo todas as informações especificadas na listagem de materiais, iniciou-se a confecção do protótipo. Apesar de ser apenas uma estrutura representativa, preocupou-se em fabrica-lo de forma correta, demonstrando sua robustez e qualidade.

Testes

Para o teste de funcionamento, utilizaremos uma caixa de modelo KLT, contendo o peso 13 kg que pode ser aplicado no sistema de movimentação de cargas, conforme estudos realizados no programa SolidWorks da *Dassault Systèmes S.A®.*

Foi feito um teste de repetitividade de aproximadamente 100 ciclos, notando assim, possíveis variações ou falhas durante a execução do percurso percorrido pela caixa.

Os pontos cruciais da operação foram: a funcionalidade e ajustagem do elevador, em conjunto com o balancim, que com o auxílio da gravidade, farão a movimentação das cargas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aquisição de dados da empresa

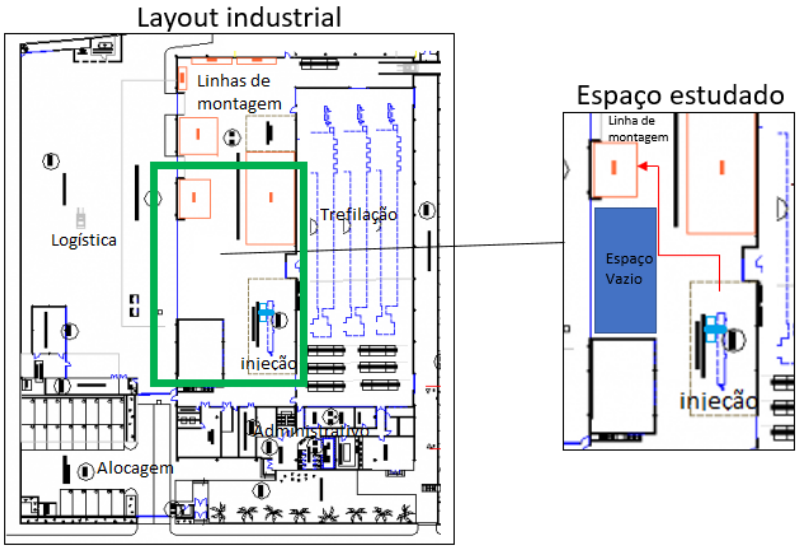
Foram realizadas visitas à uma empresa automotiva, onde o engenheiro mecânico responsável pela área de *lean manufacturing* apresentou detalhadamente o processo de fabricação de um conjunto montado, desde a produção da peça injetada até a montagem do conjunto final.

Objetivou-se apresentar uma melhoria simples e de baixo custo, na qual facilitasse as etapas do processo, buscando reduzir o tempo de produção, com um retorno rápido no investimento feito e melhor aproveitamento do *lay-out* industrial.

Fora verificado que existia certa perda de tempo no processo, já que a máquina de injeção estava posicionada à uma certa distância da linha de montagem (conforme figura 12).

Desta forma, fazia-se necessário o transporte do produto injetado até a linha de montagem, trabalho que era feito por um operador movimentador.

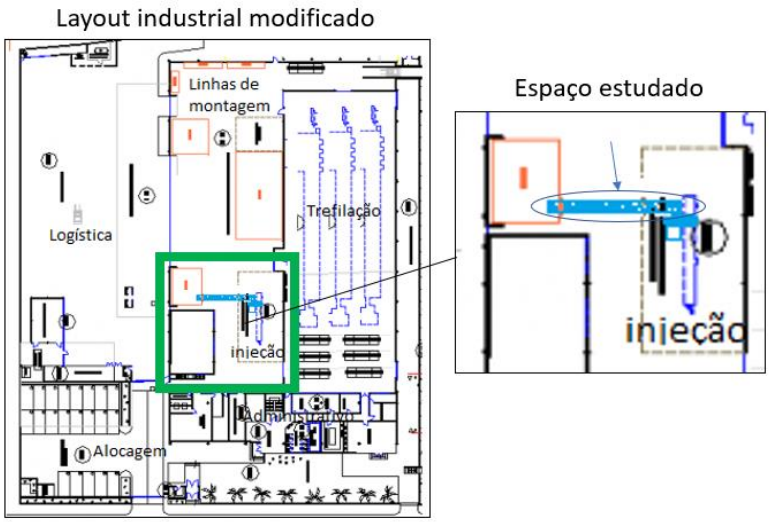
Figura 12 – Layout representativo, com demarcações do fluxo de trabalho estudado “original” **(**Fonte: Próprio autor).



A proposta feita para a empresa foi de movimentar a linha de montagem para uma distância relativamente pequena da máquina de injeção (conforme figura 13), incluindo assim um *flow rack* com um dispositivo de elevação, isentando a necessidade de um operador movimentador, ganhando tempo no processo de fabricação final da peça.

A solução apresentada foi aceita e aprovada pela empresa, que adquiriu o dispositivo sugerido e realizou a movimentação do posto de montagem para o local indicado.

Figura 13 – Layout representativo, fluxo de trabalho modificado "acrescentado estrutura e reposicionado linha de montagem" **(**Fonte: Próprio autor).



Tempo de retorno do investimento

Segundo Alves (2014), *Payback*, ou "retorno do investimento" é uma técnica muito utilizada para calcular o prazo de recuperação do capital investido

Utilizando a formula de *payback* simples (conforme figura 14) e os dados obtidos no início do projeto, obtivemos os seguintes resultados:

Figura 14 – Formula para cálculo de *payback (*ALVES, Fabio, 2014).

Dados

- Custo ***mensal*** de um operador de produção (movimentador): R$ 1.650,00.
(Fonte: disponibilizado pela empresa solicitante do serviço).
- Valor a ser investido pela empresa contratante do projeto: R$ 2.467,33.
(Fonte: Catálogos de revenda *Bosch Rexroth*).

Calculo

Payback = 2.467,33/1.650,00
Payback = 1,49 meses

Ou seja, após aproximadamente um mês e meio, a empresa iria ressarcir o investimento feito no projeto.

CONCLUSÕES

Nesse trabalho foi desenvolvido um dispositivo capaz de movimentar produtos em caixas padrões, dentro de um sistema elevador com inversão de sentido. O mesmo pode ser aplicado em indústrias, a fim de facilitar o manuseio de caixas, tornando o processo mais ágil, ergonômico e econômico.

Com um cronograma e tarefas pré-definidas, realizou-se um croqui com o conceito inicial. Possibilitou assim o levantamento dos materiais e estudo mais aprimorado, utilizando o *software Solidworks* da *Dassault Systèmes S.A®,* onde montou-se todos os componentes, verificando os funcionamentos e a elaboração geral, que deixaram o sistema mais enxuto e simplificado, sem eventuais problemas que pudessem surpreender e modificar todo o projeto.

A partir dos estudos concluídos com êxito, iniciou-se a separação dos materiais, os cortes das barras nos comprimentos desejados e por fim a montagem, na qual foi feita em 3 etapas. A primeira foi o estrutural, onde conectamos a base e subimos os pilares de sustentação, em segundo plano montamos o elevador e incluímos na estrutura, e por último, ajustou-se o sistema.

Pode-se concluir que o trabalho foi finalizado com sucesso, pois permitiu confrontar os estudos teóricos com os práticos e por fim a montagem do protótipo.

Como resultado, foi realizado testes de funcionamento do dispositivo, onde verificamos a robustez e ciclagem do mesmo, sem que haja algum tipo de fadiga em componentes do sistema.

O projeto está em escalas representativas, porém pode facilmente ser dimensionado e utilizado para inúmeras aplicações industriais e pode ser uma saída muito vantajosa para clientes que buscam reduzir o custo de um processo existente.

O custo final (apenas de matérias para montar o projeto) foi de R$ 2.467,33.

O projeto foi apresentado em nome da empresa *Bosch Rexroth* (empresa que patrocinou a construção do mesmo) na feira da mecânica "São Paulo Expo", em São Paulo, nos dias 07/05/2018 e 08/05/2018.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a empresa Bosch Rexroth pela grande ajuda no fornecimento do material para confecção do projeto. Também ao professor orientador Amauri Olívio, pela ajuda fornecida durante toda a extensão do trabalho, contribuindo para obtenção de resultados positivos e gratificantes.

Também agradecemos a nossa família pelo apoio e a Deus por nos dar a oportunidade de participar deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NR12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.** 115 p. Última Atualização: Portaria MTb n.º 326, de 14 de maio de 2018. Disponível em: (http://www.trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf). Acesso em: junho 2018

AÇO MINAS GERAIS S/A. **Divisão de Desenvolvimento e Promoção de Produtos**. Princípios de projeto de estruturas em aço. Belo Horizonte: Graphilivro, 1989. 83 p.

ALBUQUERQUE, E. (1996). Sistema nacional de inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e a tecnologia. **Revista de Economia Política**, São Paulo : Nobel, v16, n.3, p.56-72.

ALVA, G. M. S. **Projeto Estrutural de Sapatas**. Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia, Santa Maria. 6p, Disponível em: < https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38053393/Sapatas.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1527966925&Signature=MlKhEFn92%2BB6qZOP1sOs3quZhJA%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DUNIVERSIDADE_FEDERAL_DE_SANTA_MARIA_PROJ.pdf >

ALVES, Fabio. **O que é e como calcular o *payback***. 2014. Disponível em: < https://www.industriahoje.com.br/como-calcular-o-payback> Acesso em: 05 mai. 2018.

BARROS, T. D.; PRADO, J. R.; SILVA, V. M. D. **Logística Colaborativa: um Estudo de Caso no Setor de Armazenagem e Logística.** Simpósio de excelência em gestão e tecnologia. Paraná. 7 p. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/20218131.pdf> . Acesso em: 01 jun. 2018.

BOSCH REXROTH. **EcoShape the next dimension in tubular framing systems.** Argentina, 2014. 21 p. *Catalogo Bosch Rexroth 3 842 541 818 (2014-04).*

BOSCH REXROTH. **Sistema estrutural tubular eco shape.** Atibaia, 2014. 18 p. Catalogo Bosch Rexroth "3 842 541 822/11.09 revisões 03/11.

BUZINELLI, D. V. **Dimensionamento de elementos estruturais em alumínio.** São Carlos, 2000. 184 p. Disponível em: (https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36833116/2000ME_DidianeVictoriaBuzinelli.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1528048884&Signature=kqzUAHGfP9Rr%2BQ%2BTWR52mZ33c0M%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D2000ME_Didiane_Victoria_Buzinelli.pdf). Acesso em: junho de 2018.

DIGIKEY ELETRONICS. **SICK, Inc. HL18-P4A3AA.** Disponível em (https://www.digikey.com/product-detail/en/sick-inc/HL18-P4A3AA/1882-1111-ND/7908568). Acesso em: maio de 2018.

GOBBATO, U. (1990). **Capacitação nacional do setor de bens de informática para automação.** Campinas : UNICAMP-IE

LIBERAL, F. **A indústria 4.0 vai transformar o mundo**. 2016. Disponível em: (http://ofuturodascoisas.com/a-industria-4-0-vai-transformar-o-mundo/). Acesso em: junho de 2018.

MLSTATIC. **Máquina de extrusão em processo de fabricação.** Disponível em: <https://http2.mlstatic.com/extrusora-de-aluminio-fabrica-completa-D_NQ_NP_237111-MLB20490560022_112015-F.jpg>. Acesso em: 08 out. 2017.

MMNORGES. **Conceito geral do processo de Extrusão** Disponível em: <https:// http://mmborges.com/processos/Conformacao/cont_html/extrusao.htm >. Acesso em: 08 out. 2017.

MURARO, R. M. **A automação e o futuro do homem**. [S.l.]: Editora Vozes, 1969.

RIBEIRO, E. S., VELOSO, G. E. E., CABRAL, J. A. F. G., AZEVEDO, M. G. V., RIBEIRO, R. P. P**. Máquina a Vapor: Obra da Engenharia Mecânica e o Contributo do Carvão.** 2014/2015. 27 p. Disponível em: (https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/submit_14_15/uploads/relat_1M08_3.pdf). Acesso em: junho de 2018.

SILVEIRA, C. B. **O que é automação industrial.** Disponível em: (https://www.citisystems.com.br/o-que-e-automacao-industrial/). Acesso em junho de 2018.

SILVEIRA, C. B. **Sensores ópticos: Como funcionam?** Disponível em: (https://www.citisystems.com.br/sensores-opticos/). Acesso em: maio de 2018.