

Desenvolvimento de um sistema de buffer automatizado na linha de produção de ar-condicionado na LG Electronics em Manaus.

Alan Jr. Lopes Gomes * Nelson A. Gouvea * Paulo V. P. Ibernnon * Racy Jr. S. Dias *
Ângela T. P. Lima ** Caio César de A. Gomes ** Carla Oran F. de Souza **
Josiane de Jesus Bezerra ** Leonardo Morgado dos Santos **

* LG Electronics, Manaus, AM, Brasil, (e-mail:
alanjunior.gomes@lge.com, nelson.gouvea@lge.com, paulo.ibernnon@lge.com,
racy.dias@lge.com).

** Fundação Desembargador Paulo dos Anjos Feitoza - FPF Tech,
Manaus, AM, Brasil (e-mail: angela.lima@fpf.br, coran@fpf.br,
caio.gomes@fpf.br, josiane.bezerra@fpf.br, leonardo.morgado@fpf.br).

Abstract: With the evolution of the Industry 4.0, automation in the industry has intensified and has carried out automation processes for activities that demand repetition and are performed by humans, reducing the activities that have physical effort and positioning them in monitoring and solving unexpected problems to make decisions when required (Moura,2019). This project aimed a solution for an air-conditioning factory in the Manaus Industrial Pole, where there is a production line in which a subpart of the product, called the control box, is manufactured. At one of this line's workstations, the operator performs the following activities: takes the product off the line, scans the product model's bar code, and visually inspects the components. After the inspections, the operator judges the speed of this line in relation to the final assembly line and decides whether the product will continue in the production process or should be stored in a buffer. In this context, there arose the motivation to research and develop a functional prototype for the automation of the described process highlighting the implementation of an automated buffer to evaluate the current production rhythm of the final assembly line before making this transfer.

Resumo: Com a evolução da Indústria 4.0, a automação na indústria tem se intensificado e realizado processos de automatização das atividades que exigem repetição e que são executadas por humanos, reduzindo as atividades com esforços físicos e os posicionando no monitoramento e solução de problemas inesperados para tomarem decisões quando requeridos (Moura,2019). Este projeto buscou uma solução para uma fábrica de ar-condicionado do Polo Industrial de Manaus, onde existe uma linha de produção, na qual é manufaturada uma subparte do produto, chamada control box ou caixa de controle. Em um dos postos de trabalho dessa linha, o operador realiza as seguintes atividades: retira produto da linha, faz leitura do código de barra do modelo do produto e inspeções visuais dos componentes. Após as inspeções, o operador faz o julgamento da velocidade dessa linha em relação à linha de montagem final e decide se o produto continua no processo produtivo ou se deverá ser armazenado em um buffer. Nesse contexto, surgiu a motivação para pesquisa e desenvolvimento de um protótipo funcional para automação do processo descrito, destacando a implementação de um buffer automatizado para armazenamento temporário dos produtos a partir da avaliação do ritmo de produção atual da linha de montagem final.

Keywords: Automation; Automated Buffer; Production; Prototype; Industrial Pole.

Palavras-chaves: Automação; Buffer Automatizado; Protótipo; Polo Industrial; Produção.

1. INTRODUÇÃO

No que se refere às atividades realizadas nas indústrias, vários processos podem apresentar desafios para a automação. Um desses desafios está relacionado ao armazenamento temporário de produtos no processo sem a intervenção do operador. Esse armazenamento é chamado de buffer de produção. Segundo Bysko S. et al., (2019), “há sempre um problema de como distribuir produtos disponíveis a tempo de atender a demanda de bens manufaturados e maximizar os recursos usados”. Este exemplo vem de um estudo realizado recentemente em uma indústria automobilística.

Segundo Liberal (2019), o fluxo de um produto numa linha de produção pode ser interrompido por algumas situações como: falhas em equipamentos, variação em tempos de processamento ou peças presas em máquinas. A utilização de *buffers* nas linhas de produção permite aumentar a taxa média de produção dela, pois limita a propagação de interrupções e ajuda a alimentar as máquinas ou outros postos tornando-os mais independentes.

Podemos observar que algumas empresas já buscam solucionar a questão do armazenamento de forma dinâmica e

que traga mais autonomia na linha de produção. (Bysko, S. et al.,2019),(Liberal,2019).

Segundo Silveira e Santos (2019, p.23), a automação usa um conjunto de técnicas que permite construir sistemas capazes de atuar de forma eficiente baseado nas informações adquiridas dentro do processo de atuação. Com base nas informações, o sistema pode avaliar qual ação mais apropriada para execução.

No cenário atual em uma fábrica de ar-condicionado do Polo Industrial de Manaus, existe uma linha de produção, na qual é manufaturada uma subparte do produto final, chamada control box ou caixa de controle. Em um dos postos de trabalho dessa linha, o operador realiza as seguintes atividades: retira produto da linha, faz leitura do código de barra do modelo do produto e inspeções visuais dos componentes. Após as inspeções, o operador faz o julgamento da velocidade dessa linha em relação à linha de montagem final e decide se o produto continua no processo produtivo ou se deverá ser armazenado em um *buffer*.

Nesse contexto, surgiu a motivação para pesquisa e desenvolvimento de um protótipo funcional para automação do processo descrito anteriormente, o qual inclui um mecanismo de *buffer* automatizado. A Fig.1 ilustra o conceito geral desse protótipo, no qual o produto entra pela esteira (1), o robô (2) o pega da esteira (1) por meio de uma garra especialmente desenvolvida para essa finalidade e o posiciona no sistema de visão (3) onde é feita a leitura do código de barras e as inspeções de qualidade. Se aprovado, o robô (2) coloca o control box na esteira (4) para que seja feita uma avaliação automática do ritmo da esteira de saída (5). Se este ritmo for menor que da esteira (4), então o control box deve ser colocado em uma esteira de transferência (7), seguindo para um mecanismo de *Lift* (6) que direciona o produto para as prateleiras do *buffer*. Caso contrário, o produto segue para a esteira (5) e, em seguida, para o posto seguinte da linha. Se o control box for reprovado na inspeção, o robô o coloca na esteira (8) de peças não conformes.

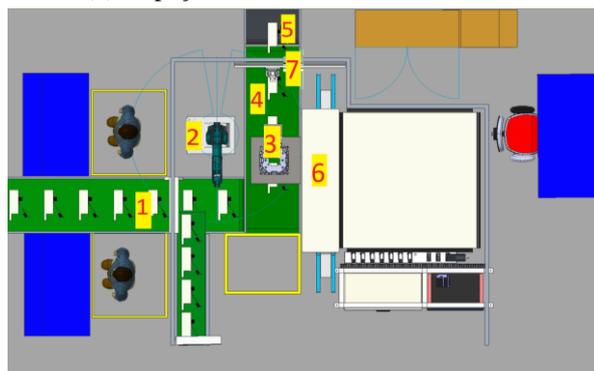


Fig. 1 Conceituação: Conceito geral do protótipo.

Em relação ao módulo de *buffer*, foco deste artigo, este é composto pela esteira de transferência, o armário automatizado onde os produtos ficam distribuídos em sete (07) níveis, onde cada nível possui três (03) prateleiras cada uma com capacidade para armazenar até 5 produtos com esteiras independentes e um mecanismo de *lift* para elevação dos control boxes até uma das prateleiras que estiver vazia. Destaca-se que o preenchimento das prateleiras é feito de cima para baixo e seu esvaziamento de baixo para cima. A Fig.2

ilustra o fluxo do processo que compreende o armazenamento temporário de produtos na linha. No fluxo ocorre a comunicação entre os componentes que interagem com o *buffer* e realizam toda a movimentação que será feita pelo produto desde o momento de sua entrada na esteira do processo e passando por cada etapa.

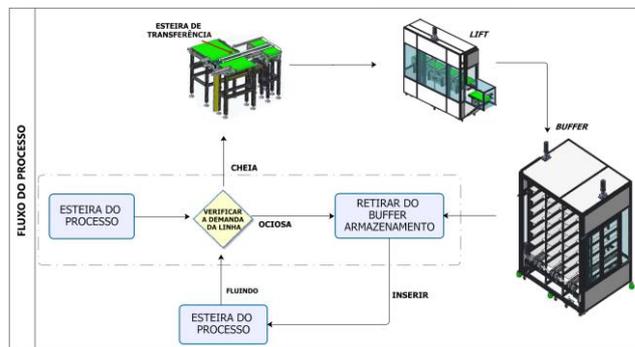


Fig.2 Fluxo do processo: Módulo do *Buffer*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, é descrita a metodologia utilizada para o desenvolvimento tanto do módulo de *buffer* quanto do protótipo como um todo.

A metodologia se baseou em pesquisa de natureza aplicada, pois os resultados são aplicados numa solução de desafios concretos em uma fábrica do polo industrial de Manaus. O projeto se baseou nos conceitos e práticas ágeis oriundas do framework Scrum, as quais permitiram o acompanhamento das atividades de forma mais dinâmica por ciclos curtos de desenvolvimento. Além disso, foram definidas três etapas para esse projeto, conforme descrito a seguir:

2.1 Planejamento de Levantamento de Requisitos

Nessa etapa, foi realizado o planejamento inicial do desenvolvimento do protótipo, bem como o levantamento dos requisitos funcionais e não-funcionais que deveriam ser atendidos. Para o levantamento de requisitos, utilizou-se como estratégia visitas à linha de produção para melhor entendimento do processo a ser automatizado e para coleta de dados, tais como: modelos de produtos, takt time da linha, espaço disponível para implantação do protótipo, dentre outras informações. Além disso, foi realizado um workshop colaborativo, baseado nas práticas de Lean Inception que, segundo Caroli(2018), trata do alinhamento de um time sobre o produto a ser construído.

No caso do projeto em questão, o workshop realizado contou com a presença de representantes do time técnico e colaboradores da fábrica com entendimento sobre o processo produtivo. Foram aplicadas dinâmicas para refinamento dos requisitos e alinhamento das expectativas sobre os resultados a serem alcançados.

Ao final dessa atividade, foi possível elaborar o backlog (lista das funcionalidades e módulos a serem desenvolvidos), bem como elaborar o plano de desenvolvimento do projeto, cronograma macro envolvendo a elaboração do projeto mecânico, do projeto de automação, do projeto de software, da montagem e integração dos módulos de hardware e software desenvolvidos, testes funcionais e testes sistêmicos. Também

foi possível alcançar nessa etapa, o conceito mais refinado da solução a ser desenvolvida para que pudesse ser aprovado pelos envolvidos no projeto.

2.2 Projeto, Montagem e Integração

Nessa etapa, foi feito o desenvolvimento propriamente dito dos módulos do protótipo, dentre eles o módulo de *Buffer* Inteligente, incluindo a esteira de transferência, o armário automatizado com 07 níveis com prateleiras automatizadas e o mecanismo de *lift*.

O desenvolvimento iniciou com o projeto mecânico e de automação, com base no conceito da solução definido na etapa de planejamento.

Para o projeto mecânico foi utilizada a ferramenta de modelagem CREO Parametric, que é um sistema integrado, composto de um conjunto de aplicações CAD, CAM e CAE, que permitem desenvolvimento rápido de produtos (Pelisser, C.,2020). A partir dessa ferramenta, foram desenvolvidos os desenhos em formato 3D e 2D de cada peça do módulo. Após isso, os projetos 2D das peças foram enviados para fabricação em fornecedores especializados em cortes e usinagem.

Já para o projeto de automação, foi elaborada inicialmente a BOM (*Bill Of Material*), ou seja, a lista de materiais ou itens comerciais que deveriam ser adquiridos, tais como servo motores, sensores, dentre outros. Posteriormente, foi feita programação da automação do módulo por meio de um CLP (Controlador Lógico Programável) utilizando a linguagem gráfica Ladder (Villagomez et al.2018).

Com as peças mecânicas fabricadas, passou-se para a fase de montagem do módulo em laboratório e, posteriormente, integração entre os componentes mecânicos e de automação.

2.3 Validação

Etapa responsável pela validação dos testes do módulo projetado, montagem e integrado. Para tanto, foram previamente especificados cenários de testes para garantir o correto funcionamento tanto do módulo *Buffer* automatizado quanto dos demais módulos do protótipo.

As falhas e melhorias detectadas durante os testes foram registradas em uma ferramenta Web, chamada Kanban X (Feitoza,2020) para acompanhamento até a sua correção por parte do time de engenheiros do projeto.

Inicialmente, foram realizados testes em laboratório e, após a aprovação nesse ambiente, o protótipo foi levado efetivamente para a linha de produção e colocado em uso.

3. DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO DE *BUFFER*

Nesta seção, é descrito o desenvolvimento do projeto para a construção do *buffer* inteligente que envolveu combinação de conceitos de engenharia mecânica, automação e algoritmos para detecção do ritmo da linha de produção, a fim de avaliar se o produto deveria seguir na linha do processo ou ser armazenado temporariamente no *buffer*.

3.1 Planejamento e Levantamento de Requisitos do *Buffer* Inteligente

Em função do período de pandemia, o workshop colaborativo (Lean Inception) foi realizado de forma remota por meio do uso da ferramenta Mural(Caroli,2018), tendo sido realizadas duas sessões com participação tanto do time técnico do projeto quanto de representantes da fábrica com entendimento sobre o processo produtivo. Foram aplicadas as seguintes dinâmicas:

- Contextualização do cenário atual: essa primeira atividade teve por objetivo contextualizar o fluxo do posto de trabalho (Fig.3) antes da automatização a fim de garantir que todos os participantes da reunião estavam no mesmo nível de entendimento.



Fig. 3 Fluxo do posto de trabalho: antes da automatização.

- **Principais “dores”**: essa dinâmica teve por objetivo gerar empatia e entendimento em todos os participantes a respeito dos principais problemas, chamados de “dores”, enfrentados no posto de trabalho que motivaram a pesquisa e desenvolvimento do protótipo. A partir desse levantamento, foi possível gerar pontos de observação que deveriam ser considerados nos resultados do projeto.

- **Deve Fazer / Não Deve Fazer**: nessa atividade, os participantes revisitaram os requisitos que o protótipo deveria atender, bem como foi alinhado o que não faria parte do escopo do projeto.

A partir dessas atividades foi possível definir um cenário com o destaque para o *Buffer* Automatizado como um mecanismo para eliminar a interação humana na avaliação do ritmo da linha de produção e, conseqüente julgamento se o produto deve seguir no processo produtivo (caso o ritmo da linha principal seja o mesmo ou superior que o ritmo da linha do *control box*) ou ser armazenado temporariamente em um *buffer* (caso o ritmo da linha principal seja menor que o ritmo da linha do *control box*), evitando com isso paradas de linha de produção.

Inicialmente foi proposto um algoritmo para verificar qual a posição disponível para alocar o *control box* no *buffer* e depois para retirar do *buffer* fazendo uso dos sensores e posicionamentos, conforme ilustrados no trecho do fluxograma na Fig. 4, onde tem os seguintes passos de acordo com a situação da condição (vazio ou parcialmente):

- Para a situação quando (falso):

- 1º Verificar se está vazio ou parcialmente;
- 2º Bloqueio de Inserção e Movimentação do produto.

- Para a situação quando (verdadeiro):

- 1º Verificar se está vazio ou parcialmente;
- 2º Verificar qual o nível dentro do *Buffer*;
- 3º Movimentar o *Lift* do *Buffer* no nível desejado;
- 4º Na condição se for o 1º nível será executado o módulo1;
- 5º Na condição se for o 2º nível será executado o módulo2;
- 6º Qualquer outro nível será executado o módulo2.

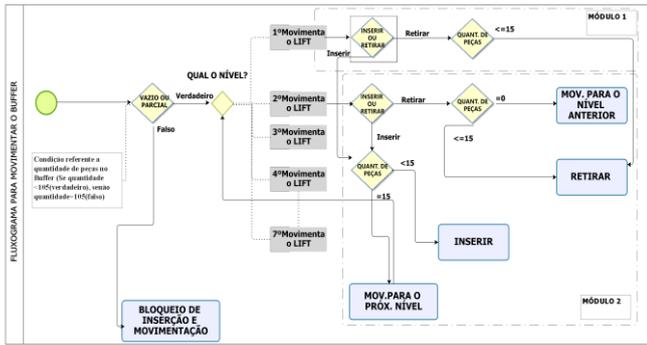


Fig. 4 Fluxograma: movimentação para inserir ou remover do Buffer.

Nesse contexto, após ter finalizado as reuniões para definir os requisitos da solução, foi elaborado o planejamento das atividades do projeto, conforme cronograma ilustrado na Fig.5, bem como elaborado o conceito mais refinado do protótipo ilustrado na Fig.6, no qual o produto é posicionado pelo robô na frente do sistema de visão onde é feita a leitura do código de barras e as inspeções de qualidade. Se aprovado, o robô coloca o control box na esteira (1) para que seja feita uma avaliação automática do ritmo da esteira de saída (5). Se este ritmo for menor que dá esteira (1), então o control box deve ser colocado em uma esteira de transferência (2), seguindo para um mecanismo de Lift (3) que direciona o produto para as prateleiras do buffer. Caso contrário, o produto segue para a esteira (5) e, em seguida, para o posto seguinte da linha. Se o control box for reprovado na inspeção, o robô o coloca na esteira (6) de rejeito.



Fig.5 Cronograma: macro do projeto

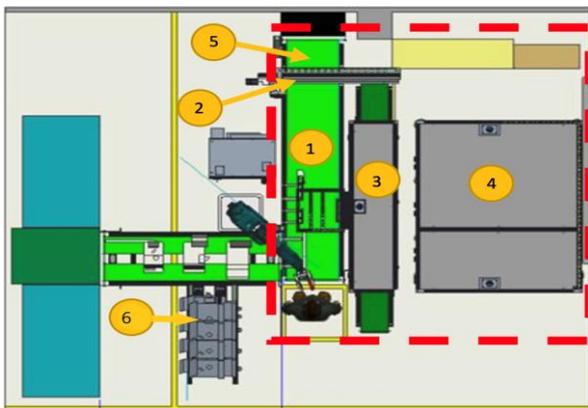


Fig. 6 Conceito Refinado: Protótipo com destaque no módulo do Buffer Automatizado.

3.2 Projeto, Montagem e Integração do Buffer Inteligente

Nesta etapa do desenvolvimento, inicialmente, o time de engenheiros realizou um estudo para definir a melhor estrutura para o armário automatizado do buffer. Optou-se, então, por uma abordagem em termos matemáticos, a qual representa esse armário como uma matriz m por n, conforme ilustrado na (Fig.), onde as células de posicionamento dos produtos são representadas por um elemento $a_{m,n}$ dessa matriz e cada um dos sete (07) níveis onde é representada por uma linha m, onde estão em cada nível três (03)prateleiras e cada prateleira comporta até 5 unidades do produto. Dessa forma, seria possível comportar até 105 unidades do produto nas prateleiras automatizadas que atuam de forma independente.

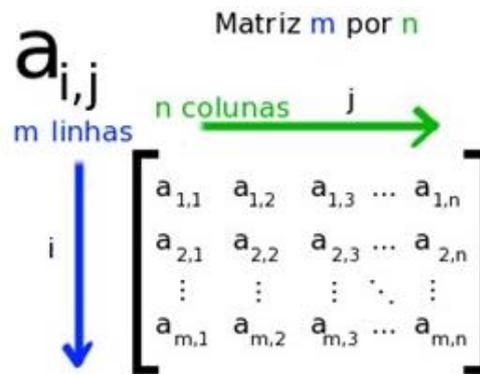


Fig. 7 Representação: prateleira do buffer em forma de uma matriz m por n.

Vencido esse primeiro desafio técnico para definição de como posicionar os produtos nas prateleiras, foi priorizado o projeto do conjunto das peças para compor as esteiras que permitem movimentação do produto até o armário do buffer.

Assim, com uso do CREO foram projetadas as partes da esteira do processo (item 1 na Fig.6), a qual foram utilizadas como material a lona de pvc antiestática, com perfil de alumínio, polias sincronizadoras e servo motor de 1(kv) LS ELETRIC, o projeto 3D dessa esteira é ilustrado na Fig.8.



Fig.8 Projeto 3D: Esteira do processo.

Em seguida, foi feito o desenho 3D da esteira de transferência (item 2 na Fig.6), a qual é uma estrutura perpendicular à esteira de saída. Foi projetada com correia e polia sincronizadoras a fim de possibilitar a inversão de tração, facilitando, com isso, a movimentação tanto o movimento do projeto em direção ao buffer quanto o seu retorno para a linha de produção.

Somando-se a isso, essa esteira foi associada a sensores fotoelétricos para detectar se os produtos que estão passando na esteira de processo estão sendo consumidos no mesmo ritmo na esteira de saída (item 5 na Fig.6). Se o ritmo for igual, então a esteira de transferência(Fig.9) fica desabilitada e o control box segue para a esteira de saída. Caso contrário, os sensores enviam sinais elétricos para CLP, a qual aciona válvulas pneumáticas e os servos motores para elevação da esteira de transferência. Com isso, o produto que estiver passando neste momento tem sua rota redirecionada para a entrada do *buffer* a fim de que fique temporariamente armazenado até que o ritmo da linha se normalize.

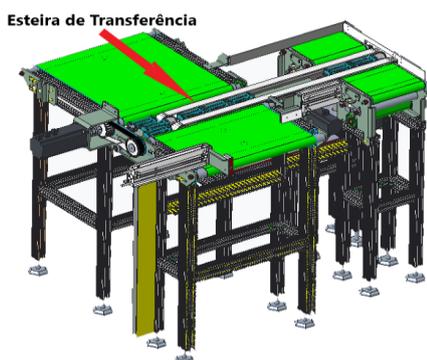


Fig.9 Projeto 3D: Esteira de transferência.

Após o produto entrar na esteira de transferência, é direcionado para o mecanismo de *Lift* (item 3 Fig.6). Assim, o passo seguinte foi o projeto desse componente. Esse mecanismo possui um conjunto de quatro (04) esteiras de posicionamento e três (03) esteiras de transferência, as quais são ilustradas na Fig.10 pelos itens 1 e 2, respectivamente.

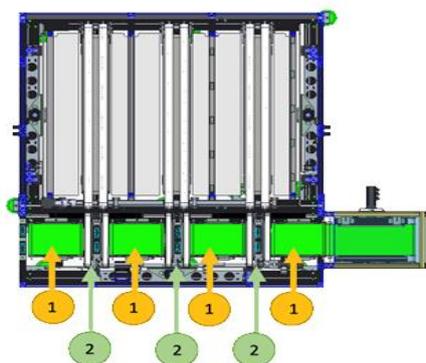


Fig.10 Conjunto de esteiras : Mecanismo de *Lift*.

Ao entrar no *Lift*, o primeiro control box é deslocado pelas esteiras de posicionamento até a primeira esteira de transferência. Após isso, quando as três (03) esteiras de transferência estiverem com produtos posicionados, atuadores são acionados pela CLP, elevando as esteiras de transferência para um nível acima das esteiras de posicionamento e preparando-as para movimentar os produtos para dentro do armário do *buffer*. A Fig.11 apresenta a visão interna das esteiras sendo elevadas para se ajustar no nível das prateleiras.



Fig.11 Mecanismo: Esteiras de Posicionamento e Esteira de Transferências do *Lift*

O mecanismo do *lift* também foi projetado com um fuso trapezoidal, como apresentado na Fig.12, o qual é responsável pelos movimentos de subida e descida do *Lift*.

Fuso Trapezoidal

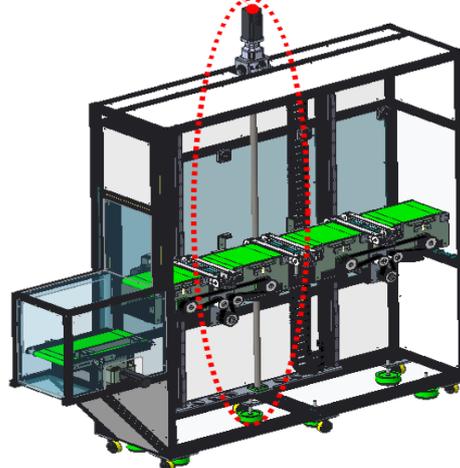


Fig.12 Mecanismo do *Lift*: Fuso Trapezoidal do *Lift*.

Esses movimentos são necessários para posicionamento e transferência dos produtos para dentro do armário do *buffer*. Para tanto, foi necessário implementar no CLP um plano cartesiano de três (03) eixos, como representado na Fig.13.

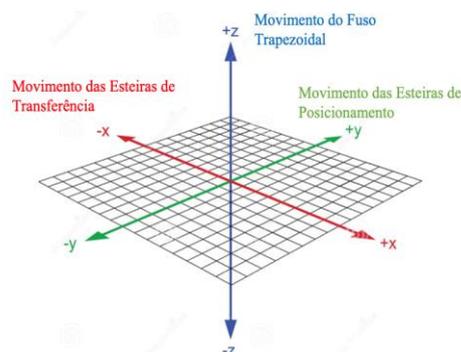


Fig.13 Plano cartesiano: plano de 03 eixos implementado no *Lift*.

Em relação ao armário do *buffer* foi projetado, conforme ilustrado na Fig.14, com sete (07) níveis, compostas de 03 prateleiras cada nível. Cada prateleira possui um par de sensores de barreira para identificar onde o control box deve ser armazenado. O armário vai sendo preenchido de cima para baixo, do fundo para frente por meio de esteiras de posicionamento que trabalham de forma sincronizada.

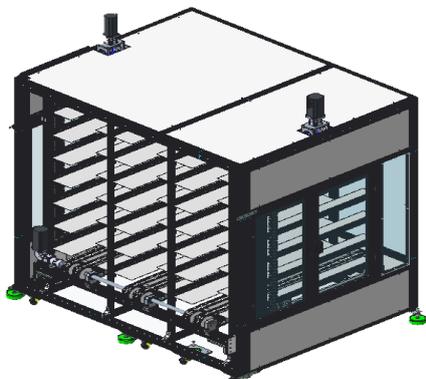


Fig.14 Estrutura :Visão na frente do *Buffer*

Além disso, para evitar a necessidade de colocar um servo motor em cada esteira de cada prateleira, também foi projetada uma esteira única para posicionamento. Trata-se de uma esteira polia e correia que possui um servo motor para acionar o seu movimento horizontal. Também foram adicionados outros dois servos motores em cada lado do armário para fazer o movimento de subida e descida dessa esteira entre os 07 níveis das prateleiras do armário. Nesse caso, optou-se por dois motores, ao invés de apenas 01, para manter a estabilidade de carga na movimentação dentro do *buffer*. A Fig.15 apresenta o mecanismo de Lift integrado ao armário, onde as esteiras internas do Lift foram levantadas pelo fuso trapezoidal até a altura de uma das prateleiras do armário. Com isso, os três produtos que estiverem posicionados no Lift podem ser movidos ao mesmo tempo em direção às prateleiras de armazenamento.

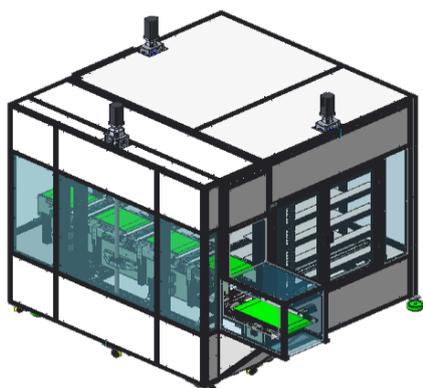


Fig.15 *Buffer* :Visão do mecanismo de *Lift* integrado ao armário do *Buffer*.

Para esvaziamento automático do *Buffer*, é feito o processo inverso, sendo que a retirada dos produtos do armário inicia de baixo para cima, passando para as esteiras do *Lift*, esteira de

transferência e esteira de saída para seguir para o posto seguinte da linha de produção.

A Fig.16 apresenta a visão geral do módulo de *Buffer* que foi projetado e montado com todos seus componentes integrados e uma lista de sensores que foram utilizados para enviar dados para o *buffer* realizar as suas ações sobre o processo de movimentação do produto.

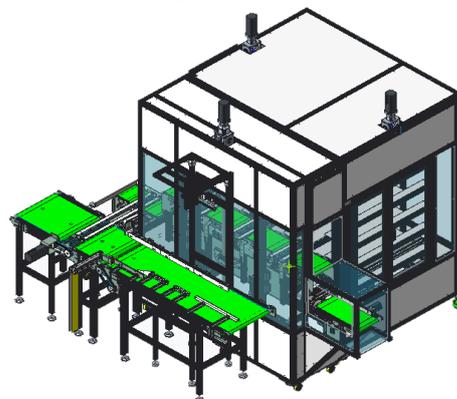


Fig. 16 *Buffer* :Visão Geral do Módulo de *Buffer*

Os sensores tem classificação de acordo com a sua categoria e tipo de saída, neste projeto os sensores tem utilização importante, pois eles permitem que as informações sejam repassadas para o sistema foram utilizados sensores do tipo: sensor de limite de curso superior (*LIFT*), sensor de limite de curso inferior (*LIFT*), sensor home (*LIFT*), que tem como função limitar ao deslocamento mínimo do conjunto elevador do *lift*, sensor de limite de curso superior (*BUFFER*), sensor de limite de curso inferior (*BUFFER*), que tem como função enviar sinal de origem *BUFFER*, sensor home (*BUFFER*), sensor MD9P, sensor fotoelétrico de barreira, sensor Laser e o sensor fotoelétrico reflexivo(Franchi,2021).

4. VALIDAÇÃO

Nesta seção, é descrita a validação realizada no módulo desenvolvido. Essa validação foi realizada por meio da execução de uma bateria de cenários de testes criados para serem aplicados no laboratório, conforme descrito abaixo:

A partir da montagem dos componentes que fazem parte do projeto do *Buffer* e que foram integrados conforme ilustrado nas Fig.17 e Fig.18, foi realizado os testes do planejamento dos cenários conforme descrito alguns dos testes.



Fig.17 *Buffer* Integrado: Visão externa do *buffer*



Fig.18 Geral: Os componentes (esteiras, robô, IHM) integrados com a *buffer*.

O caso de teste (CT-01) foi realizado conforme o cenário da Fig.19

| CASO DE TESTE | MÓDULO | PRÉ-REQUISITO | CENÁRIO | RESULTADO ESPERADO |
|---------------|----------|--|---|--|
| CT-01 | Módulo 1 | <ol style="list-style-type: none"> O Control Box tem que estar na esteira de entrada Setup do modelo 9/12 K deve estar ajustado para o modelo. | <ol style="list-style-type: none"> Colocar Control box na esteira de entrada na posição correta, conforme figura abaixo(entrada será sentido da esquerda para a direita)  <ol style="list-style-type: none"> Sensor de posição é acionado e verifica posição do control box | <ol style="list-style-type: none"> O control Box segue para a inspeção pela esteira do processo em direção ao sistema de visão. |

Fig.19 Cenário 01: Descrição das ações a serem realizadas e o resultado esperado.

Durante a execução dos testes, foi possível fazer ajustes na pegada da garra e no posicionamento da entrada do control box para que o robô se posiciona-se de forma adequada ao levar o control box para o sistema de visão (Fig.20) e realizar a leitura de forma correta a identificar ou rejeitar o produto.



Fig.20 Esteira de entrada: Início do processo para alimentar o *buffer*.

O teste realizado na esteira do processo (Fig.21) inicialmente permitiu verificar como o produto se comportava e se os sensores fotoelétricos de barreira conseguiria detectar o produto, nos primeiros testes ocorreu alguns erros e foi possível realizar os ajustes para alinhar o produto na esteira de transferência.

| CASO DE TESTE | MÓDULO | PRÉ-REQUISITO | CENÁRIO | RESULTADO ESPERADO |
|---------------|----------|--|--|---|
| CT-17 | Módulo 2 | <ol style="list-style-type: none"> O Control Box tem que estar na esteira do Processo | <p>O Sistema verifica a demanda de Control Box na esteira do processo, se a linha estiver cheia, o sensor detecta presença do produto.</p> | <p>O Control Box é desviado para a esteira de transferência e colocado na bandeja para ser inserido no Buffer de Armazenamento.</p> |

Fig.21 Cenário 02: Verificação da demanda de produto

Após o produto sair da esteira do processo tendo a necessidade de ser armazenado no *buffer*, o produto é direcionado para a esteira de transferência e levado para a esteira do *lift* para ser alocado na prateleira do *buffer* conforme ilustrado na (Fig.22).

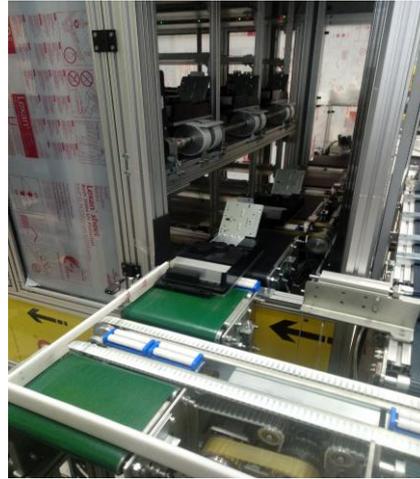


Fig.22 Esteira de transferência: entrada do control box no *buffer*.

Conforme o *Buffer* é preenchido, é armazenado a quantidade de produto numa variável para que possa ser feito o controle do esvaziamento ao atingir o limite máximo. Na Fig.23 temos a visão interna do *buffer* com os produtos na prateleira de cada nível e a esteira do *lift* conectada para que ocorra a transferência e nesta etapa foi realizado testes para validar as suas funcionalidades.



Fig. 23 Buffer Interno :Visão interna do *buffer*

Ao longo do processo de validação também foram realizados testes para verificar a parte mecânica como:

- Esteiras do lift: teste de controle de velocidade e posicionamento, verificação dos estágios de alimentação.
- Buffer: movimentação dos níveis dentro do buffer .
- Comunicação do buffer e das esteiras com CLP.
- Movimentação dos motores.

Ao final do processo tivemos vários cenários de testes que foram realizados para validar a integração dos componentes projetados e a verificação de possíveis inconsistências para que as correções necessárias fossem ajustada de forma que o sistema realiza-se as tarefas de forma automática.

5. CONCLUSÕES

Podemos ressaltar em termos tecnológicos, uma das principais contribuições deste projeto está relacionada à implementação de uma aplicação para avaliar o ritmo da linha de produção, eliminando a necessidade de interação humana nesse processo. O conceito fundamental por trás dessa inovação encontra-se na possibilidade de combinar a programação de movimentos do sistema a fim de permitir a avaliação autônoma do ritmo de produção e definir se a estrutura de *buffer* deve ser ativada ou não, bem como para avaliar o momento de esvaziar tal *buffer* retornando o estoque temporário de produtos para o processo produtivo.

Também é uma forte contribuição do projeto, a pesquisa e desenvolvimento do *buffer* automatizado e não apenas um estoque de produtos. Esse *buffer* foi elaborado para atuar com as esteiras programáveis e sensores para o correto posicionamento de mais de 100 unidades de produto distribuídas em prateleiras organizadas de forma matricial. Onde todo o processo foi realizado de forma automatizada permitindo um melhor aproveitamento do tempo sem que fosse necessário realizar qualquer interrupção na linha de produção.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Desembargador Paulo Feitoza(FPF tech), por proporcionar um ambiente propício a pesquisa e desenvolvimento do projeto. Assim como a empresa do polo Industrial de Manaus por proporcionar os recursos necessários para o desenvolvimento desse projeto e a aplicabilidade do projeto no ambiente da indústria.

REFERÊNCIAS

- Bysko, S. et al., (2019). *Buffer management in solving a real sequencing problem in the automotive industry – Paint Shop 4.0 concept*. Archives of control sciences, 29(3), p.507. Disponível em: <https://doi.org/10.18624/etech.v14i1.1143>. Acesso em: 01 ago. 2022.
- Caroli, P.(2018). *Lean Inception: Como alinhar pessoas e construir o produto certo*. Editora Caroli, 2018. 160 p. ISBN 978-8594377067.
- Feitoza P.(2019), Fundação Desembargador. Kanban Experience. 20 jan. 2020. Disponível em: <https://about.kanbanx.com/>. Acesso em: 01 dez. 2021.

Franchi, M. C. e Camargo, V. L. A., (2021). *Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos*. 3a ed. São Paulo: Érica.

Liberal, R. P.B. (2019). Dimensionamento de buffers em linhas de produção. Dissertação, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/93617>. Acesso em: 8 mar. 2022.

Moura, J. L.S. and Moura, R. A. (2019). *Interação Humano-Máquina no Sistema Produtivo da Indústria 4.0 Visando Aumentar a Produtividade e Reduzir Lesões por Esforços Repetitivos*. CIMATech, v. 1, n. 6, p. 217-227. Disponível em: <https://doi.org/10.37619/issn2447-5378.v1i6.213.217-227>. Acesso em: 3 jan. 2022.

Pelisser, C., Capeletto, A. ., Martini , J., Bet, F. J., Hoelscher, F. F. . e Muner Zilio, D. (2021) “CAD/CAE/CAM aplicados ao layout, design e modelagem industrial: uma revisão”, Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial - ISSN - 1983-1838, 14(1). doi: 10.18624/etech.v14i1.1143.

Silveira, P. R. and Santos, W. E., (2019). *Automação e Controle Discreto*. 9a ed. São Paulo: Érica.

Souza, E. M. de M. and V, J. de C.(2020). Industry 4.0 challenges inside the brazilian context .*Brazilian Journal of Development*. 1 jan. 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/6526>. Acesso em: 8 mar. 2022.

Villagomez I., Hector Ivan et al. (2018). Design and implementation of a development environment on ladder diagram (HT-PLC) for Arduino with Ethernet connection. *IEEE International Conference on Automation/XXIII Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA)*. [S. l.]: IEEE, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ica-acca.2018.8609850>. Acesso em: 19 mar. 2022.