



**VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO NO SETOR DE EMBALAGEM
DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**
**VIABILITY OF AN AUTOMATION SYSTEM IN THE PACKAGING SECTOR OF A
TEXTILE INDUSTRY**

Leonardo Trevine Hisayasu¹ leonardo_trevine@hotmail.com
Rodrigo Alves dos Santos¹ rodrigo_alves@hotmail.com
Universidade São Francisco, Itatiba
Celso Antonio Cipolato² e-mail para contato
Universidade São Francisco, Itatiba

¹Aluno do Curso de Engenharia de produção, Universidade São Francisco; Campus Itatiba

²Professor Orientador do Curso de Engenharia de Produção, Universidade São Francisco;
Campus Itatiba.

Resumo: Com o intuito de trazer a aplicabilidade da engenharia de produção, este artigo analisa a viabilidade da aplicação da automatização em um posto de trabalho específico, no setor de embalagem, de uma grande indústria do segmento têxtil. Esse posto de trabalho em questão requer intensa atividade manual e suas tarefas são exigidas de forma repetitiva. Sendo assim, pautado no levantamento de informações do processo produtivo obtido de forma prática através da avaliação das tarefas cotidianas do operador do posto e também dos dados técnicos fornecidos pela empresa, o presente estudo de caso traz como resultado o valor de investimento e o tempo de retorno estimado que a empresa teria caso opte em investir em um sistema com maior tecnologia agregada para o processo de remoção de bobina de uma máquina e disposição da mesma no fluxo de embalagem

Palavras-chave:Automatização. Indústria. Têxtil.

Abstract: In order to bring the applicability of production engineering, this article analyzes the viability of applying automation in a specific job at the packaging sector in a large industry in the textile segment. This job in question requires intense manual activity and these tasks are required repetitively. So, based on the survey of information on the production process obtained in a practical way, evaluating the tasks of the operator and technical data provided by the company, this case study brings the estimated payback that the company would have if it invested in a technological system for the process of removing a spool from a machine and disposing of it in the packaging flow.

Keywords: Automation. Industry. Textile.

1 INTRODUÇÃO

A definição do melhor processo de fabricação de qualquer produto dentro de qualquer empresa não é sempre uma tarefa trivial. As restrições variam bastante já

que há sempre particularidades, normas, poder aquisitivo e afins, que burocratizam e limitam a flexibilidade de definição do processo.

Para o caso em questão, o ponto a ser estudado e detalhado, é referente ao processo de embalagem de uma indústria têxtil localizada em Paulínia - SP. Nessa companhia, o setor de embalagem é o último contato direto com o produto antes do envio dele ao cliente, por essa razão esse trecho do processo é de grande importância no fluxo, principalmente por questões de qualidade.

A empresa estudada domina grande parte do mercado ao qual compete e culturalmente têm aceitação para o viés da automatização já que atualmente a metodologia já implementada no seu setor fabril é funcional e tem parcial automatização já instalada. Entretanto há espaço para explorar e trazer mais avanços nesse quesito.

O objetivo é aplicar os conhecimentos em engenharia de produção para analisar a viabilidade de implementar mais tecnologia em pontos críticos e demasiadamente manuais do processo de embalagem da companhia. Em especial, dois postos de trabalho foram escolhidos para essa avaliação, sendo eles o posto responsável pela remoção da bobina de fio elastano da máquina bobinadora e disposição dela para inspeção e também o posto que faz o envelopamento das caixas no palete.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Automação Industrial

Conforme o engenheiro Frank Lamb cita em seu livro “Automação industrial na prática - Série Tekne”, o conceito de automação diz respeito ao uso de equipamentos mecanizados junto a aplicação de comandos lógicos programáveis que unidos tem o intuito de realizar uma operação pré definida e conseqüentemente substituir atividades manuais, sem grandes intervenções humanas durante a execução.

Dentro desse conceito, a parte mais recente é referente aos comandos lógicos programáveis, pois a existência e o uso dos equipamentos mecanizados já existe há anos na indústria e tem seu início na primeira revolução industrial naquilo que ficou conhecido como mecanização. A subsequente adição de programação lógica às

máquinas define a chegada da automação, e trouxe para um outro patamar a relação entre operador e máquina, pois reduziu a necessidade de requisitos sensoriais e mentais humanos no processo e com isso trouxe mais produtividade.

Historicamente, segundo Lamb, a primeira vez em que houve o uso da automação foi em 1940 através de um operário da Ford Motor Company que visualizou a possibilidade de substituir a tomada de decisão humana e seu esforço físico por algo que ocorresse de forma automática. Essa primeira etapa da automação ocorreu com o uso de equipamentos eletromecânicos para formar a parte lógica do sistema. O uso, principalmente, de relés e temporizadores, associados às máquinas, organizados de forma lógica, tornou capaz a automação de processos simples dentro das fábricas. Posteriormente, com a chegada dos computadores, dos novos hardwares, da tecnologia em geral, a parte lógica do processo se tornou mais abrangente e o grau de complexidade pôde subir de nível.

Em 1980, com a criação dos equipamentos controladores lógicos programáveis, a automação industrial decolou e passou a ser interesse da maior parte das grandes empresas que passaram a investir no tema por verem nele grandes vantagens competitivas. Hoje o tema é bastante difundido nas indústrias, as máquinas estão cada vez mais integradas no processo e a intervenção humana cada vez mais limitada graças a expansão da programação lógica.

2.1.1 Vantagens e desvantagens

Assim como quase todas as coisas na vida, a automação industrial traz em sua estrutura vantagens e desvantagens que devem sempre serem levadas em conta antes de uma implementação. Sendo assim, como principais vantagens, de acordo com Frank Lamb, é possível citar:

- Operações que ocorrem de forma monótona e que tem grande impacto sobre o operador podem ser substituídas através da lógica programável,
- Operações que exigem que o operador atue em ambientes perigosos, principalmente quando se diz respeito a temperaturas extremas, também podem ser substituídas
- Todas as operações que, em geral, vão além da capacidade humana, tais como movimentação com cargas demasiadamente grandes ou

extremamente pequenas, ou ainda, operações que exigem uma velocidade muito grande de processamento, podem ser substituídas através da automação.

- A padronização do processo, e conseqüentemente o ritmo consistente, tende a trazer maior produtividade e rapidez para o sistema e conseqüente redução do custo do produto final, já que o ciclo de processo durará menos tempo e pode ser repetido mais vezes.
- Os sistemas de automação, diferentemente do seres humanos, não apresentam fadiga. Logo, operam de acordo com a necessidade da empresa pelo tempo determinado por ela.

As vantagens são bem relevantes e atraem os olhares das empresas e dos países que veem na automação uma possibilidade de produção em grande escala com um produto final a um preço atrativo e competitivo. Entretanto, há sempre de avaliar os contras antes da tomada de decisão. Para a automação, ainda dentro dos conceitos de Lamb, as principais desvantagens são:

- Nem todos os processos são passíveis de serem automatizados, mesmo a automação sendo uma ferramenta com grande avanço tecnológico, ainda há alguns casos em que o conteúdo do processo necessita de habilidade humana de forma indispensável. Existem produtos que precisam ser manipulados por humanos.
- Há tarefas em que o custo para sua automação é maior do que o custo para que ela seja feita de forma manual. A automação tem sua aplicação em tarefas que são repetitivas, consistentes e que possuem grande volume de ciclos.
- O custo inicial para automatizar um processo é relativamente alto e varia de caso para caso de acordo com a complexidade do projeto, e esse fator afeta a implementação em todas empresas, seja de pequeno ou de grande porte, por exigir um grande volume financeiro. Necessidade de uma equipe de manutenção, seja ela terceirizada ou interna, com conhecimentos técnicos para atuar na manutenção desse tipo de tecnologia.

De forma abrangente, as vantagens parecem superar as desvantagens porém essa análise provém de cada empresa em cada situação. É uma questão de estudos para viabilizar ou não a automação dentro de uma indústria.

Atualmente, nas indústrias, comumente busca-se melhorias contínuas em processos produtivos, visando ganhos em produtividade, qualidade e segurança. Neste contexto, a robotização é um elemento de extrema importância no processo da automatização e pode ser aplicado em processos que exigem altos índices de precisão e de restrições de capacidade humana em decorrências de inerências do próprio processo (Gabriela Maestri, 2018).

Um robô é constituído por dispositivos interligados com sensores, eixos e atuadores, sem ação direta de controle pelo ser humano na execução de atividades. Eles têm classificações que lhes fornecem graus de liberdade, isso implica em possibilidade de deslocamento lineares e angulares, facilitando a execução das tarefas, contribuindo para a segurança da operação e dos operadores, tendo como características a integração, a assertividade e a agilidade (Flavio da Silveira Bruno, 2017).

A automatização e robotização tem se tornado cada vez mais comuns nos meios industriais de manufatura, reduzindo custos de operações, assim como problemas de permanência de pessoas em locais com restrições e perigosos. Esses ganhos são principalmente em produtividade e ergonomia (Flavio da Silveira Bruno, 2017)

2.2. TIR

A Taxa interna de retorno, mais comumente referida como TIR, é um dos modelos vigentes na atualidade para análise de investimento em um projeto. Sua utilidade está diretamente relacionada com o percentual de retorno financeiro direto que um projeto trará ao longo do tempo considerando um fluxo de caixa. A TIR faz com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente, seja igual aos valores dos retornos dos investimentos, também sendo avaliados no presente e com base no tempo dessa igualdade definir qual a taxa de retorno que o investimento traz.

2 METODOLOGIA

A decisão de pesquisa foi a de realizar um estudo de caso descritivo com o intuito de analisar e descrever o cotidiano de postos de trabalhos específicos da empresa e através dessa compreensão propôr um modelo de automatização adequado para a condição estudada. O enfoque não está em buscar a relação de causa e efeito e sim em observar as coisas como elas são sem interferir. E posteriormente compreender os detalhes das informações obtidas, tornando a pesquisa qualitativa.

O processo produtivo da empresa em questão consiste na fabricação de fio elastano. O fio é formado após uma cadeia de reações químicas e é disposto em bobinas de acordo com suas variações. Existem algumas variedades de fio e todas passam pelo mesmo processo de embalagem, ou seja, um projeto de melhoria nessa área, conforme proposto nesse artigo, impactaria 100% da produção da fábrica.

Tendo conhecimento básico a respeito do que a empresa produz e de como ela produz, é preciso começar a cercar as informações e obter dados mais técnicos e aprofundados acerca da área e dos postos a serem avaliados. Sendo assim é coerente obter inicialmente o layout do lugar contendo as dimensões de área e também as dimensões das máquinas e postos de trabalho.

O layout deve conter a quantidade de máquinas, corredores, bancadas e afins, além de possibilitar uma visão geral do fluxo de processo que o material passa antes de ser embalado. Saber a disponibilidade de máquinas, de pessoas, tempo disponível e volume de produção é crucial para que um projeto de automação seja assertivo na sua elaboração. A automação tem que interagir harmonicamente com todos esses pontos para que seja funcional.

Todas essas informações apontadas serão levantadas no decorrer das pesquisas práticas dentro da própria empresa através de observação, medição de área, medição de tempo e contato com funcionários do local. Com a obtenção delas será possível propor um modelo de projeto de automação.

O direcionamento central do estudo é utilizar a automação em pontos debilitados do sistema de embalagem da empresa, e através dela substituir um processo que hoje é feito repetitivamente de forma manual por um processo que

ocorra de forma automática e sem interrupção. A melhoria de processo trará ganhos através da cadência, da padronização e da constância.

A princípio percebe-se oportunidades em algumas etapas do processo, sendo a principal encontrada, a automação do processo de extração das bobinas com fio elastano da máquina bobinadeira após a finalização do bobinamento. A intenção é estudar a viabilidade de implementar um braço mecânico programado para realizar essa tarefa continuamente. Hoje o processo realizado é funcional, mesmo sendo manual ele atende a demanda proposta pela empresa, entretanto é notório se questionar se é possível realizar um serviço com uma qualidade superior a um preço igual ou inferior com a aplicação de máquinas automatizadas.

Uma outra oportunidade evidenciada, está no processo de envelopamento dos paletes, que atualmente na empresa é toda realizada de forma braçal. No mercado já existem opções de máquinas para essas atribuições. Com a melhoria deste processo, a intenção é de que o tempo de operação reduza e que os paletes mantenham um padrão de embalagem. Além de obter uma redução de necessidade de mão de obra.

Vale ressaltar que o projeto de automação não irá eliminar todos os operadores do setor. O braço mecânico irá cumprir apenas uma parte do processo atualmente executado pelo operador que atua em frente a máquina retirando as peças acabadas. Ainda será necessário a existência do operador para processos de qualidade e movimentação do produto dentro da empresa. Assim como o mesmo é válido para o envelopamento automático de paletes, que ainda necessitará de funcionários para movimentação e fiscalização.

Em relação a proposta do braço mecânico, sua base será, a princípio, um atuador removendo o produto acabado das máquinas bobinadeiras e depositando o produto em um ponto comum. Para que isso seja possível, é preciso, primordialmente, que o braço mecânico seja disponibilizado em um lugar com livre acesso à máquina. Para isso foi pensado um trilho suspenso que garanta sua movimentação e sua zona de alcance às máquinas, vide imagem 1. Além do alcance é necessário que haja uma programação para que o braço seja capaz de atingir o produto de forma autônoma. A programação deve ser simples a fim de garantir movimentação, avanço, recuo e temporização. E por último, se faz necessário uma comunicação sistêmica entre a

máquina e o braço mecânico para que o braço saiba quando atuar e qual produto remover.



Imagem 1 - Modelo de braço mecânico utilizado em indústria têxtil
(fonte: <https://www.dalmecc.com/pneumatic-manipulator-rolls-of-cloth/>)

O braço atuará da mesma forma que um operador, em frente a máquina e removendo as peças acabadas. Ele apenas fará movimentos programados e não terá inteligência artificial. A interface entre o braço mecânico e operador será simplista já que a proposta é de que ele apenas realize movimentos repetitivos de baixa complexidade. Toda a programação será via controlador lógico programável e o operador apenas terá a opção de desativar ou ativar o equipamento.

Todas as etapas de execução do projeto físico não serão desenvolvidas a princípio, a proposta é de entender possibilidades e avaliar sua viabilidade e não de desenvolver um protótipo de um braço mecânico. Logo, todo o conceito técnico aprofundado a respeito da definição do braço mecânico não será tratado no artigo. A visão será macro nesse quesito e as definições serão apenas dos pontos funcionais e fundamentais. O desejo nesse artigo é responder as questões básicas a respeito da parte técnico-mecânica do projeto e então aprofundar no quesito de eficiência e ergonomia para avaliar a viabilidade.

O mesmo conceito é válido para a questão do envelopamento de paletes. A proposta é utilizar modelos já inseridos no mercado e estudar em cima desse ponto o quão viável isso seria para a empresa. O ponto não seria o de desenvolver tecnicamente um produto e sim entender seus benefícios para o devido setor da empresa.

De toda forma, para que faça sentido e que seja possível uma resposta conclusiva no quesito de viabilidade, é necessário obter com todo o projeto uma estimativa de custo. Como o projeto não levará em conta os quesitos técnicos-mecânicos, a estimativa de custo partirá de projetos semelhantes já existentes em outras empresas, adicionados a uma tolerância para que o erro seja reduzido. Exceto para o caso da envelopadora de palete que já tem um modelo formatado e um custo definido no mercado de acordo com a aplicabilidade e fornecedor.

Com a estimativa de custo já realizada, o estudo seguirá com o levantamento da quantidade de redução financeira que esse projeto proposto trará para a fábrica. Essa redução se dá por conta da eliminação de alguns operadores, pela produtividade aumentada no setor por se tratar de uma subtração das atividades atualmente executadas pelo operador. Todo esse valor somado será contrastado com o valor de investimento no braço mecânico. Assim será possível realizar o payback do projeto e saber se é viável alterar o modelo de produção de na fábrica. A análise de custo será realizada com o uso de TIR (Taxa interna de retorno) e também com o payback descontado.

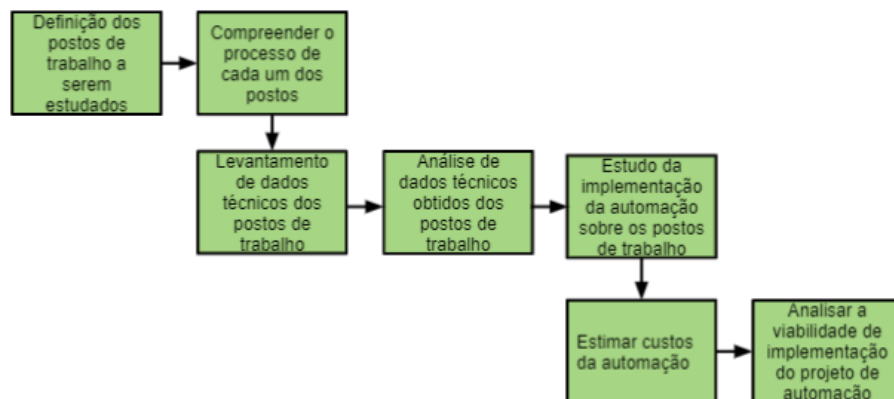


Imagem 2 - Fluxograma da metodologia
(fonte: próprio autor)

3 RESULTADO E DISCUSSÕES

3.1 Composição do layout e dimensionamento

Conforme visita presencial no setor produtivo da empresa, foi constatado e medido que a linha de produção é composta por 12 máquinas do tipo bobinadeira, cada máquina mede 12 metros de comprimento e 2 metros de largura, com espaçamento lateral entre elas de 3 metros e corredores frontais de 5 metros, conforme imagem abaixo. Cada máquina é composta por 6 células (terminais) e cada célula contém 4 eixos bobinadores sendo que cada eixo comporta 16 tubetes de elastano sendo produzidos simultaneamente, totalizando uma produção de 64 bobinas de elastano por ciclo por célula.

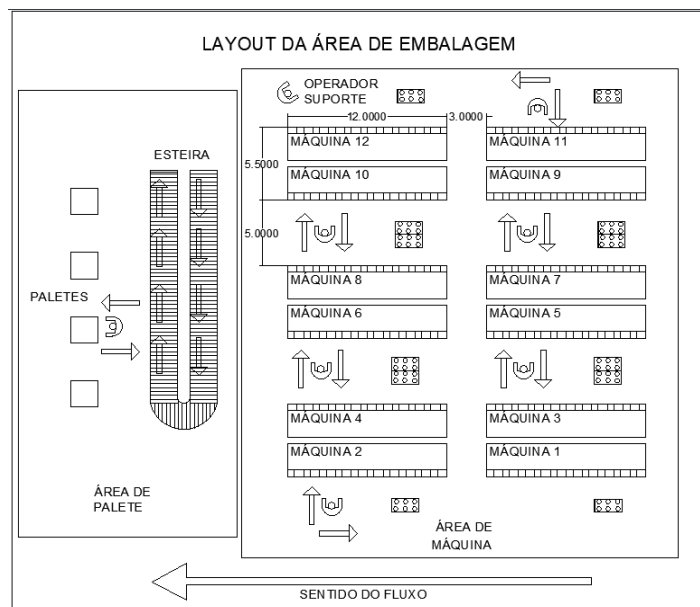


Imagem 3 - Layout do processo de produtivo
(fonte: próprio autor)

3.2 Descrição do processo produtivo

O processo produtivo da bobina de elastano é realizado através da máquina bobinadora que envolve todo o tubete com um fio com seu sistema de rotação de eixo. Entretanto, após o término do processo de bobinamento, o processo passa a ser manual e cabe ao operador remover todas as peças acabadas da máquina e disponibilizá-las sobre um suporte móvel para análise de qualidade. A remoção das bobinas ocorre com o uso de uma ferramenta denominada garfo controlado pelo operador. Cabe a ele alinhar a ferramenta com as bobinas finalizadas e removê-las para inspeção.

Logo após o processo de qualidade ser finalizado, a produção é registrada de acordo com cada tipo de produto, levando em conta que há um mix de produtos que a empresa produz, assim todas as 64 bobinas da célula são disponibilizadas em uma caixa e dispostas em suporte móvel para aguardar a finalização de outras células. Quando acumula 4 caixas, todas são levadas até a esteira comum onde o ciclo de embalagem é concluído.

A esteira transporta as caixas e todas são vedadas nesse caminho. O fim da esteira é onde ocorre a paletização das caixas, todas as caixas são removidas da esteira e dispostas nos paletes de acordo com cada tipo de produto. As caixas são então acomodadas em paletes com o auxílio de uma talha à vácuo devido ao peso das caixas e excesso de repetição de atividade.

Com a quantidade correta de caixa no palete, o lote é registrado e manualmente o operador envelope palete a palete com plástico stretch e em seguida a produção segue para embarque rumo ao seu destino final.

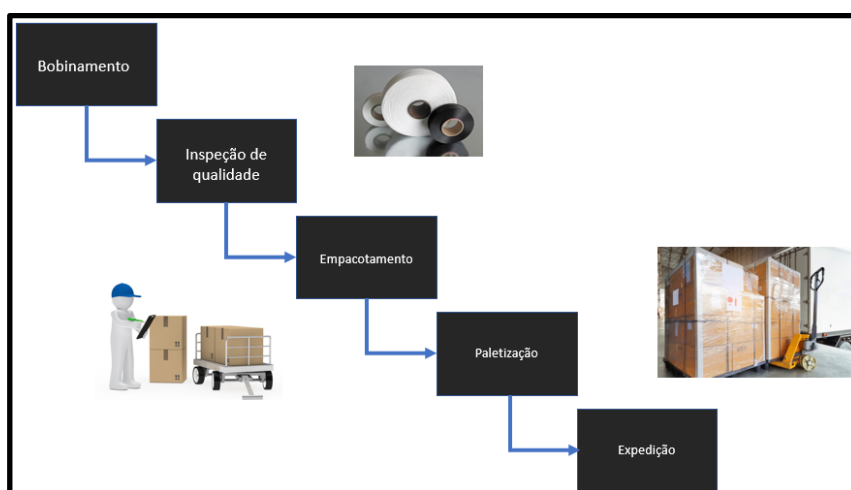


Imagem 4 - Fluxograma do processo produtivo

(fonte: próprio autor)

3.3 Ciclo produtivo da empresa analisada

Na empresa em questão o ciclo produtivo é bem definido já que o ritmo é ditado pela máquina bobinadeira que trabalha continuamente durante todo o tempo. Sendo assim as informações referentes a quantidade de peças e tempo de ciclos foram mensurados pessoalmente na produção conforme tabela abaixo.

Tabela 1 - Capacidade produtiva por célula

CÉLULA			
Eixo	Bobinas [ciclo]	kg [ciclo]	Ciclo médio [min]
Quadrante 1	16	9,6	240
Quadrante 2	16	9,6	240
Quadrante 3	16	9,6	240
Quadrante 4	16	9,6	240
TOTAL	64	38,4	240

Tabela 2 - Capacidade produtiva por máquina

Maquina			
Célula	Bobinas [ciclo]	kg [ciclo]	Ciclo médio [min]
1	64	38,4	240
2	64	38,4	240
3	64	38,4	240
4	64	38,4	240
5	64	38,4	240
6	64	38,4	240
TOTAL	64	153,6	240

3.4 Tempo de cada operação analisada no processo

A fábrica funciona em 3 turnos e a produção é incessante neste departamento, para as máquinas bobinadeiras é considerado um operador por par de máquinas, ou seja, um único operador é responsável por administrar 2 bobinadeiras durante seu turno de trabalho. Já na parte de paletização há um único operador responsável por todos os produtos, por turno, que saem das linhas de produção. Deve-se considerar também no processo um operador de apoio, por turno, que por sua vez auxilia todos os operadores responsáveis pelas máquinas, assim como o operador da paletização.

Tabela 3 - Capacidade produtiva por operador

Turnos	Operador [Maquina]	Operador [Expedição]	Operador apoio [Turno]	Total [Turno]
00:00	0,5	1	1	8
08:00	0,5	1	1	8
16:00	0,5	1	1	8

Tabela 4 - Capacidade produtiva do processo fabril

Estapas do Processo / Turno	Tempo [min]	Tempo Total [min]	Destalhamento processo
Retirada de produto da célula	5,5	66	Por lote de produção/célula
Reposição de tubos	2,5	30	Por lote de produção/célula
Inspeção de qualidade	14,5	174	Por lote de produção/célula
Identificação da bobina	3,0	36	Identificação bobina/celula
Empacotamento	3,5	42	Empacotamento / Caixa
Registo de Lote	1,5	18	Registro / Caixa
Disposição para expedição	6,0	18	Disposição / 4 caixas
Reposição de emabagens	3,5	10,5	Reposição / 4 caixas
Registro lote de caixa	1,8	259,2	Caixas / 12 maquinas
Paletização de caixa/palete	2,5	70	28 caixas / Palete
Envelopamento do palete	5,5	30,25	5,5 paletes / turno
Disposição do palet para embarque	6,0	33	5,5 paletes / turno
<div style="display: flex; justify-content: space-between; padding: 0 10px;"> Operador de empacotamento Operador de paletização </div>			

3.5 Impacto da automação no processo produtivo

Atualmente na fábrica, a peça produzida tem todo seu mapeamento de fluxo já definido previamente e toda peça que sai da empresa passa pelos mesmos processos. Para a proposta desse artigo, que implica no estudo da utilização de braço mecânico e de máquinas envelopadoras de paletes, a principal estratégia de ganho é adicionar os equipamentos nos postos de trabalho e conseqüentemente reduzir a quantidade de mão de obra atuando no local.

Em um turno de produção de 8 horas (480 minutos), o tempo disponível, na fábrica em questão, em que o operador está legalmente pronto para produzir, é de cerca de 6 horas e 45 minutos (405 minutos) descontando o tempo para refeições, idas ao banheiros e afins. Desta maneira, dentro do setor de embalagem, o operador designado para remoção e embalagem das bobinas é capaz de retirar da máquina cerca de 1536 bobinas no seu turno de trabalho. Para que seja possível alcançar essa meta, ele precisa realizar 2 ciclos de produção e conseqüentemente gastar aproximadamente 66 minutos removendo as bobinas da máquina e dispondo elas no suporte móvel. O restante do tempo é gasto entre inspeções de qualidade, empacotamento, registros, disposição da caixa na esteira e reposição das caixas para novas bobinas.

Analisando os fatos, a proposta é utilizar um atuador automático no processo com a função de remover as bobinas da máquina e disponibilizá-las no suporte móvel

para a inspeção do operador. Logo, a carga de trabalho do operador irá reduzir já que uma de suas funções será subtraída.

Um operador é responsável por duas máquinas bobinadeiras no setor, ou seja, ele é responsável por dois postos de trabalho. Vendo isso, o ganho operacional que o braço mecânico trará está principalmente no fato de que ele atuará simultaneamente em 4 máquinas, subtraindo funções de 2 operadores ao mesmo tempo.

Matematicamente, a porção de tempo em que a função do atuador irá subtrair do operador é equivalente a 16,73% do tempo total de suas atividades. Como a proposta é implementar 4 atuadores para remover as bobinas das máquinas, ao todo os 6 operadores que atuam nesse setor serão impactados. Sendo assim, o ganho será o produto da multiplicação do tempo subtraído de cada operador pela quantidade de operadores impactados, ou seja, 66 minutos multiplicado por 6, o que resulta em 396 minutos. Esse tempo é bem próximo do tempo disponível total de um operador.

Avaliando por esse ângulo, a aplicação dos 4 braços mecânicos no processo traz como resultado a necessidade de um operador a menos caso a demanda se mantenha a mesma no turno, ou ainda, caso haja um aumento de demanda, a vantagem passa a ser uma maior capacidade produtiva já que agora o operador tem sobra de tempo nas atividades.

Agora para o operador que realiza o processo de paletização, seu tempo disponível por turno também é de 6 horas e 45 minutos (405 minutos) e sua meta diária de produção é de cerca de 5 paletes montados. Para atingir sua meta, esse operador gasta cerca de 30,25 minutos no processo de envelopamento. O restante do tempo é gasto com registros, montagem do palete e disposição do palete para entrega.

A proposta para essa situação é disponibilizar 1 envelopadora de paletes automática para este operador, dessa maneira a estratégia de ganho nesse caso é o aumento da capacidade produtiva do operador, já que agora há menos funções práticas para ele e conseqüente sobra de tempo para as outras atividades. Matematicamente a inclusão das envelopadoras automáticas vai subtrair 7,71% da sua carga de serviço. E essa carga deve ser redistribuída nas outras atividades.

Como conclusão do impacto gerado tanto pelo braço mecânico, que irá retirar 16,73% de atividade individual de 6 operadores (100,38% de atividade geral

acumulada), quanto pela envelopadora que irá consumir 7,71% do tempo de atividade de 1 operador, o ganho real de 108,09% está matematicamente na ausência de necessidade de 1 operador por turno. No caso, a melhor opção seria remover o operador de suporte que atende a área de paletização e a área de bobinamento.

3.6 Definição do modelo de braço mecânico e de paletizadora

No mercado, quando o assunto é braço mecânico, há diversas opções disponíveis, entretanto como cada caso é um caso, grande parte dos projetos exigem seus atuadores específicos para cada situação. Através de buscas em catálogos de fornecedores desse tipo de equipamento, não foi localizado nenhum equipamento que sua funcionalidade seja exatamente a necessária para o projeto em questão. Entretanto, modelos com funcionalidades próximas foram encontrados, entre eles o modelo de manipulador pneumático para rolos de tecidos, vide imagem 1, desenvolvido pela Dalmecc, empresa italiana referência na produção de atuadores industriais.

A proposta para o braço mecânico é utilizá-lo em um monotrilha para que ele tenha o alcance de todas as máquinas do seu corredor conforme imagem 5 e também que ele tenha um giro de 360° sobre seu próprio eixo para trabalhar com todas as frentes de máquinas. Além, é claro, de toda a infraestrutura entre a máquina bobinadeira e o braço mecânico juntamente com a programação necessária para que ele se comunique com a bobinadeira e seja preciso na remoção das bobinas.

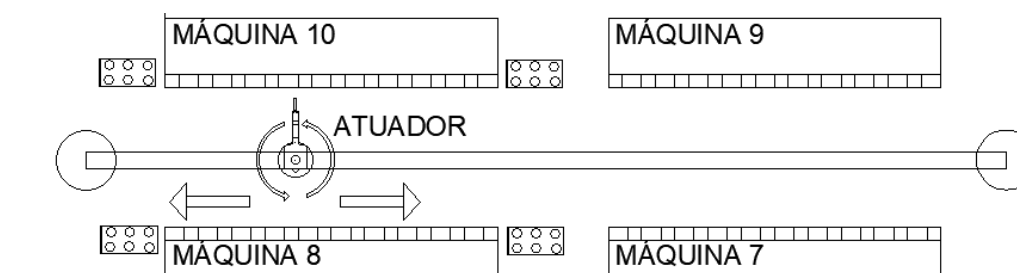


Imagem 5 - Área de atuação do braço mecânico

(fonte: próprio autor)

A funcionalidade do manipulador eletropneumático é próxima da buscada, entretanto a principal diferença é que, assim como em outros manipuladores

oferecidos pela empresa, ele necessita ser adaptado para o processo e conseqüentemente programado para remover as bobinas de fio das máquinas produtivas e colocá-las no suporte móvel sem a necessidade da intervenção de um colaborador, assim como atender as normas de segurança brasileira.

Já quando o assunto é envelopamento automático de paletes, o mercado oferece diversas soluções prontas de acordo com a necessidade da operação. As especificações variam em torno de alguns eixos principais, entre eles a altura máxima, o comprimento e a largura do pallet, além da capacidade máxima de peso e velocidade rotação. Dentro da necessidade da empresa e do serviço, uma paletizadora automática que atenderia a demanda é a CET 1650 que é fabricada e distribuída pela Cetrol. Suas especificações atendem paletes nas medidas de até 1500 mm x 1650 mm x 2400 mm com peso máximo de 2000 kg e com uma produtividade de 20 a 40 paletes por hora. A envelopadora, diferentemente do braço mecânico, não exige complexidade de programação e nem grande elaboração na sua instalação.

Para a definição dos modelos do braço mecânico e da paletizadora, foram avaliadas as condições de layout da fábrica, assim como todo o processo de movimentação dos operadores, sistemas de segurança dos equipamentos e inclusão dos maquinários no programa de manutenção preventivas e corretivas da empresa, visto que suas instalações demandam alterações e adaptações, no que se refere a espaço físico e estrutural. Para isso, a implementação está estruturada para atender os requisitos da NR12, visando a integridade física e saúde dos colaboradores, tornando a operação mais segura e estável, em acordo com os objetivos deste projeto.

3.7 Interação da paletizadora com a produção

Para a instalação da envelopadora o lugar definido para seu melhor proveito é a área já utilizada hoje, localizada entre a esteira de caixas e a área de expedição, conforme imagem abaixo.

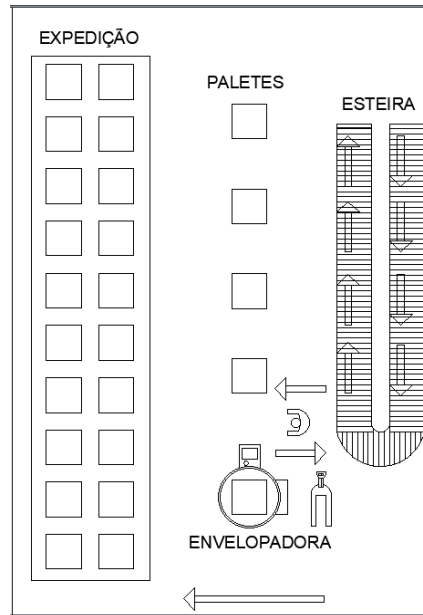


Imagem 6 - Layout da área de paletização
(fonte: próprio autor)

O processo definido para o uso da envelopadora está descrito numericamente a seguir:

1 - O operador transporta o palete com uma paleteira até a envelopadora, acessa o equipamento e dispõe o palete sobre a plataforma giratória de forma centralizada.

2 - Após o palete ser alocado na plataforma da envelopadora, o operador fixa a extremidade do filme stretch na parte inferior do palete.

3 - Logo após o filme stretch ser preso ao palete, o operador se distancia da plataforma, libera o sistema de interlock e aciona o botão start no painel de comando do equipamento.

4 - Automaticamente a envelopadora iniciará o processo de envelopamento do palete conforme programação pré-definida na máquina.

5 - Após a conclusão do processo de envelopamento, a envelopadora retorna à posição inicial programada, liberando o sistema de interlok e o acesso ao equipamento.

6 - Com o equipamento liberado para o acesso, o operador retira o palete com a paleteira e o transporta até a área de embarque.

Vale ressaltar que a substituição do filme stretch está inserida no processo e é feita após consumo total do plástico.

Além da vantagem da agilidade no processo, já que nessa configuração apresentada a carga de trabalho do operador reduz, uma outra frente de ganho está na garantia de padrão do envelopamento dos paletes já que todos chegarão ao cliente com a mesma qualidade de envelopamento tanto na questão de quantidade de voltas de stretch quanto na força aplicada a ele para firmeza da carga.

Com a implementação da envelopadora de paletes, a operação deixa de ser totalmente braçal e torna a operação mais produtiva, pois retira uma carga de trabalho por palete, de cerca de 5 minutos, do operador. Além de menos tempo do processo, é importante ressaltar o ganho ergonômico já que manualmente esta etapa tende a ter exposições consideráveis a este fator.

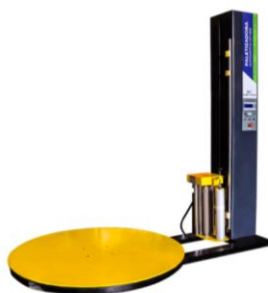


Imagem 7 - Envelopadora de paletes

(fonte: <https://www.cetro.com.br/paletizadora-automatica-cet-650/p>)

3.8 Interação do braço mecânico com a produção

Para a instalação do braço mecânico o lugar definido para seu melhor proveito é a área entre as frentes das máquinas de forma que o atuador alcance todas as bobinadeiras do corredor conforme imagem 5.

O processo definido para o uso do braço mecânico está descrito numericamente abaixo:

1 - Com a premissa de que a máquina bobinadeira terá uma comunicação indicando que determinado quadrante finalizou sua operação de bobinamento, o braço mecânico será acionado e se movimentará até a máquina que o aguarda.

2 - Pautado em uma programação cartesiana de coordenadas o atuador avançará até o quadrante em questão e com o uso do cilindro em sua extremidade fará o contato com os tubetes dispostos do eixo da máquina.

3 - Feito o contato com os tubetes, o atuador recuará, inclinará para que não haja queda das bobinas, e trará os 16 tubetes em sua extremidade.

4 - O lugar disposto para que haja o descarregamento desses tubetes é fixo no layout e está no quadro de coordenadas do programa do atuador de forma que ele sempre levará os tubetes até este ponto, e disponibilizará todos sobre o suporte para que o operador faça a inspeção de qualidade.

5 - O ciclo se repete continuamente até que todos os tubetes sejam todos descarregados do quadrante. E continuará indo de máquina em máquina conforme sinal proveniente da própria máquina.

Vale ressaltar que todo o processo deve seguir as especificações de normas de qualidade para que não minimize as chances de acidentes de trabalho durante o processo, já que o atuador transitará em área conjunta com o operador. Logo, haverá sirenes, sinalização luminosa e sonora, assim como possíveis sensores de aproximação.

O operador nessa situação há de inspecionar as peças prontas e dispor novos tubetes na bobinadeira. O tempo previsto para todo o processo despendido pelo atuador é aproximado ao tempo gasto pelo operador ao fazer o mesmo processo.

A princípio a proposta é de que o operador tenha apenas o contato com o acionamento e desacionamento da máquina e que a operação de remoção das bobinas de fio elastano e sua disposta na superfície de inspeção seja exclusivamente realizada pelo braço mecânico.

É fato que o fluxo de todo o processo pode ocorrer de forma diferente na prática de acordo com o projeto mecânico e elétrico das respectivas engenharias. Entretanto a primeira proposta apresentada deriva de ideias palpáveis e sem grande complexidade ou excessos na sua elaboração.

Levando em consideração que a previsão é de igualdade de tempo entre as tarefas apresentadas pelo operador, a capacidade de produção do braço mecânico que atende 4 bobinadeiras simultaneamente é de 33 minutos para atender todas as células de uma máquina.

3.9 Estimação do valor de implementação braço mecânico e da paletizadora

Estimar o preço correto para instalação do projeto tem total influência no resultado do estudo já que a proposta é trazer o payback em cima desse valor. Para ser coerente no valor e próximo do real, para o braço mecânico e sua instalação, foi feito o contato com um funcionário credenciado de uma empresa do ramo da automação que consome atuadores e tem vínculo com a Dalmec (empresa italiana referência na fabricação de manipuladores). Para o modelo que se faz necessário, que contempla o manipulador e toda sua estrutura, adequação às normas de segurança brasileira, e consequente instalação, o valor ficou estimado em R\$ 214.850,00 por manipulador dentro da fábrica, sendo R\$ 51.000,00 para compra e instalação de 30 metros de monotrilha, R\$ 160.000,00 compra e instalação do atuador conforme exigência técnica e normativa da NR-12 e R\$ 3.850,00 para supervisionamento do projeto levando em conta que um atuador é instalado em uma semana. Como no escopo inicial foi previsto 4 manipuladores o valor final para instalação completa dos braços mecânicos ficou estimado em R\$ 859.400,00. Para esse valor, também já está incluso o treinamento por parte da empresa para questões de manutenção preventiva e corretiva do mecanismo.

Para a paletizadora, por se tratar de um item comercial e que não exige, a princípio, ajustes técnicos para adequação funcional na fábrica, o valor é bem próximo do real com pouca margem para erro por se tratar de um item de catálogo. No caso, o fornecedor escolhido dentro dos critérios necessários no processo foi o Cetro e o valor de catálogo para instalação e compra do item é de R\$ 34.990,00 por paletizadora. Para adequação às normas de segurança da empresa, se faz necessário a instalação também de um sistema interlock fornecido pela própria empresa da paletizadora, cotado em R\$ 10.500,00. Dentro do escopo apresentado, será necessário 1 (uma) paletizadora, logo o orçamento final para a paletizadora é estimado em R\$ 45.490,00.

Concluindo, o valor total de investimento para o projeto é a soma do investimento para a envelopadora mais o investimento para os atuadores, totalizando em R\$ 904.890,00.

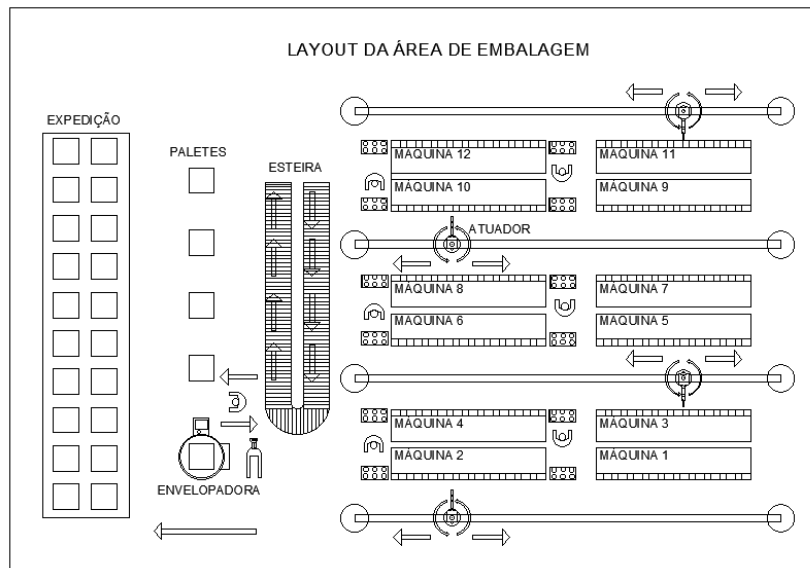


Imagem 8 - Proposta final de Layout com 4 atuadores e 1 envelopadora
(fonte: próprio autor)

3.10 Payback descontado

Para o investimento geral, o ganho previsto é o deslocamento de 1 funcionário por turno de produção. Levando em conta que a fábrica produz em 3 turnos, serão ganho 3 funcionários por dia de funcionamento da empresa.

Levando em conta que o operador custa a empresa o valor de salário mais seus respectivos encargos, o custo despendido para a empresa para manter um operador na área de embalagem é de aproximadamente R\$5000,00 ao mês conforme informações obtidas na própria fábrica.

Sendo assim, o payback descontado, levando em conta que o TMA (Taxa mínima de atratividade) é de 6% ao ano e que o valor de ganho mensal é de R\$195000,00 por ano, é de 6 anos 7 meses e 8 dias. As informações de valores estão dispostas na tabela abaixo.

Tabela 5 - Payback descontado com TMA de 6% ao ano.

TEMPO	RETORNO	VPL	SALDO
ANO 00	0,00	0,00	-R\$904.890,00
ANO 01	R\$195.000,00	R\$183.962,26	-R\$720.927,74
ANO 02	R\$195.000,00	R\$173.549,31	-R\$547.378,43
ANO 03	R\$195.000,00	R\$163.725,76	-R\$383.652,67
ANO 04	R\$195.000,00	R\$154.458,26	-R\$229.194,41
ANO 05	R\$195.000,00	R\$145.715,34	-R\$83.479,06
ANO 06	R\$195.000,00	R\$137.467,31	R\$53.988,24

3.11 TIR

O estudo da viabilidade será feito pela metodologia usual da empresa, onde os projetos são classificados de acordo com o seu porte para a definição da técnica de engenharia econômica a ser aplicada.

No caso em estudo o valor é menor que R\$ 1 milhão sendo, portanto, de acordo com as regras, ser analisado unicamente pela Taxa Interna de Retorno, que deve ser maior que 6%, no período de 5 anos (período básico para avaliação deste tipo de investimento) para poder ser aprovado.

O método da TIR demanda o uso de calculadora financeira, ou o que é mais comum nas empresas, a função TIR do Excel.

Montando no Excel tem-se:

Tabela 6 - Resultado do TIR no Excel

INVESTIMENTO	-R\$904.890,00
ANO 01	R\$195.000,00
ANO 02	R\$195.000,00
ANO 03	R\$195.000,00
ANO 04	R\$195.000,00
ANO 05	R\$195.000,00
TIR	2,54%

A TIR calculada para o projeto de 2,54% está abaixo da TIR mínima da empresa (6%), mas além do retorno pecuniário do projeto existem outras vantagens intangíveis, como a melhoria da ergonomia no trabalho e consequente redução do potencial de afastamentos por doenças profissionais.

Também há de se considerar a eliminação de tarefas repetitivas e monótonas, que devem ser mecanizadas sempre que possível, minimizando a possibilidade de erros.

3.12 Análise de viabilidade

Como diz a engenharia econômica, um número obtido num cálculo matemático formal é uma forte indicação da direção a seguir, mas não é uma direção absoluta, sempre havendo os fatores subjetivos, que devem ser cuidadosamente considerados, dentro do ambiente atual e futuro do projeto.

Sendo assim, mesmo com ganhos nas condições de trabalho que atendam integralmente as normas reguladoras NR's e ainda a ABNT NBR ISO 4500, o projeto fica inviável por conter um retorno direto menor do que aquele que a empresa pretende correr. A TIR está menor do que a taxa mínima de atratividade considerada pela empresa e o payback é superior a 6 anos sendo que a empresa busca investimentos com retorno próximo de 4 anos. Logo, mesmo havendo ganhos intangíveis tais como possíveis reduções de afastamentos e qualidade assegurada para as embalagens, os fatores concretos têm peso superior na tomada de decisão.

4 CONSIDERAÇÕES

Dentro do objetivo proposto, todo o estudo e levantamento de informações trouxe a tona reais valores de tempo e dinheiro que circulam a área de embalagem da empresa e mesmo contendo um investimento que não traz grande retorno financeiro à empresa a proposta é bastante interessante e fomenta diversas dúvidas no quesito do limite entre automação e mão de obra humana. A proposta evidentemente não é a de eximir a classe operária e sim de entender até que ponto é melhor investir em tecnologia na produção em série. Vale ressaltar que de toda forma o investimento em máquinas automatizadas se paga ao longo do tempo, a grande questão é enquadrar esse tempo nos interesses da empresa.

REFERÊNCIAS

LAMB, F. **Automação industrial na prática**. 1. ed. AMGH, 2015.

MARTINS, R.A; MELLO, C.H; TURRIANI. J.B. **Guia para Elaboração de Monografia e TCC em Engenharia de Produção**. 1. ed. Atlas, 2013.

FILHO, G. F. **Automação de processos de sistemas** 1. ed. Érica, 2014

BRUNO, F. S. A quarta revolução industrial, do setor têxtil e de confecção: Avisa de futuro para 2030 .1. ed. – São Paulo : Estação das Letras e Cores, 2016

MAESTRI, G. Indústria 4.0 no Setor Têxtil: Diagnóstico Atual, Desafios e Oportunidades para o Futuro Digital, 2016

PRIETO, ARNALDO. Portaria MTb nº 3.214 - NR 12, 1978

ASSAF NETO, Alexandre. Administração do capital de giro. 4. São Paulo, Atlas 2011