

AUTOMATIZAÇÃO DE UMA TERMOFORMADORA VISANDO MELHORIAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA EMPRESA FABRICANTE DE PEÇAS TERMOPLÁSTICAS PARA O SETOR AUTOMOBILÍSTICO

Leandro Flor Marcal (UFG)

leandromarcal18@ibest.com.br

Marco Paulo Guimaraes (UFG)

mp-gui@uol.com.br

Andre Alves de Resende (UFG)

aaresende@gmail.com



O presente trabalho procura mostrar a importância da automação no desenvolvimento contínuo dos processos produtivos industriais, com foco na melhoria dos índices de manutenção controlados por uma empresa do ramo termoplástico. Através da rerealização de um projeto para automação de uma máquina termoformadora, procurou-se melhorar o processo de moldagem da empresa, visando a padronização dos tempos de processo e a redução nos tempos de horas de máquina parada. Utilizando um controlador lógico programável, foi feita uma atualização na máquina termoformadora que resultou na melhoria do processo de termoformagem e na diminuição no tempo de máquina parada. Com isso, demonstra-se que o investimento realizado na atualização da máquina foi recuperado em oito meses, em função dos ganhos de produtividade e da redução dos custos operacionais alcançada.

Palavras-chaves: Automação, Manutenção, Produtividade

1. Introdução

O atual modelo econômico mundial traz consigo a necessidade de uma nova conscientização empresarial. Isso tem provocado uma reorganização nas empresas, para não perder o espaço no mercado competitivo. O desenvolvimento de organizações mais eficientes, que visam a melhoria contínua em seus processos produtivos, depende estreitamente da capacidade de identificar situações-problema, incluindo analisar dados da realidade e formular oportunidades de melhorias que possam garantir resultados consolidados para a organização.

Neste novo contexto, a implementação da automação visando obter melhorias nos indicadores da manutenção industrial, apresenta-se eficaz e de suma importância para o desenvolvimento dos processos de produção. Com o uso da automação, uma empresa pode atingir melhores índices de produtividade, com baixos custos, menos desperdícios e qualidade superior, garantindo sua participação no mercado, que é cada dia mais competitivo.

Diante desta necessidade, um estudo de caso envolvendo a aplicação da automação em uma máquina termoformadora de uma empresa do ramo termoplástico situada em Catalão-GO será desenvolvido, demonstrando quais foram os resultados que a empresa obteve com esta automação. A empresa objeto do estudo de caso fabrica peças plásticas para a indústria automobilística, como: painéis de instrumentos, forro de teto, para-lamas, para-choques, protetores de caçamba e peças de revestimento interno.

1.1. Justificativa

As empresas enfrentam vários problemas que as privam de obter melhores índices de produtividade, prejudicando sua competitividade. Desta forma, este estudo procura despertar nos gestores das organizações a importância do desenvolvimento contínuo em seus processos produtivos, identificando oportunidades de melhorias em seus equipamentos. Isto impacta seus produtos e processos, melhorando os resultados operacionais e financeiros das empresas.

1.2. Objetivos

Utilizar técnicas de automação industrial e de gestão da manutenção visando a obtenção de melhorias de desempenho em equipamentos fabris, de tal forma que as organizações possam obter vantagens competitivas em relação ao mercado onde estão inseridas. Sendo assim, este

trabalho propõe e implementa melhorias nos desempenho de uma maquina de termoformagem através da automação industrial.

2. Fundamentação teórica

Este tópico traz um estudo teórico sobre manutenção, automação industrial e a utilização do Controlador Lógico Programável (CLP) no processo produtivo, através de uma abordagem conceitual.

2.1. A gestão da manutenção na melhoria dos processos produtivos

Slack (2000) definiu manutenção como o termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas ao cuidar de suas instalações físicas. É uma parte importante da maioria das atividades de produção, especialmente aquelas cujas instalações físicas têm papel fundamental na produção de seus bens e serviços.

A manutenção assumiu um papel importante nas organizações, pela influência que suas atividades possuem no processo produtivo e no resultado operacional. Desta forma, suas atividades estão cada vez mais estruturadas, a fim de prestar serviços de alto nível às atividades de produção, buscando resultados que maximizam o tempo de utilização dos equipamentos, aumentando a sua produtividade.

Sendo assim, a parada frequente dos equipamentos gera custos de perda de produção, onde um dos custos mais importantes, conforme Pinto e Xavier (2001), é o custo de perda de produção, ocasionado pela indisponibilidade do equipamento para a produção.

A manutenção vem passando por um processo de desenvolvimento desde seu surgimento, após a 1º revolução industrial, onde vários paradigmas estão sendo quebrados com o intuito de dar um enfoque estratégico à manutenção no cenário industrial.

Essa mudança de paradigmas é descrita por Pinto e Xavier (2001), onde no paradigma do passado, o mantenedor se sentia bem por conseguir consertar um equipamento que apresentava falhas. No paradigma moderno, o mantenedor sente-se bem quando não tem que realizar nenhum reparo, ou seja, quando consegue evitar as falhas nos equipamentos. Com esta mudança, ocorre um esforço para melhorar continuamente os equipamentos, gerando maior confiabilidade.

Neste contexto, fica clara a importância que a manutenção possui na competitividade das indústrias que buscam inovação, melhorias em seus processos produtivos e resultados cada vez mais expressivos.

Desta forma, Pinto e Xavier (2001) definem de forma satisfatória a verdadeira missão da manutenção, que é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações, de modo a atender a um processo de produção ou serviços, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados.

Tendo conceituado manutenção, faz-se necessário um breve estudo sobre a automação industrial. Assim, o próximo item deste trabalho aborda os principais conceitos de automação e como as empresas podem implementá-la afim de inovar em seus processos.

2.2 Automação industrial

Ribeiro (2001) define automação como sendo a substituição do trabalho humano ou animal por trabalho de máquina.

O conceito de automação significa a utilização de dispositivos mecânicos ou elétricos para auxiliar e executar algumas funções e que visam melhorar sua eficiência e a segurança na operação.

A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (2000) sintetiza os motivos para as empresas automatizarem seus equipamentos:

- a) A automação é um processo de evolução tecnológica irreversível que valoriza o ser humano quando há a liberação na execução de tarefas entediadas, repetitivas, insalubres ou sujeitas a riscos;
- b) A automação promove um aumento na qualidade de vida da sociedade, através de um acúmulo maior de riquezas devido ao menor custo de produção;
- c) Possibilita a criação de empregos diretos e indiretos;
- d) Propicia maior desenvolvimento e supervisão de sistemas produtivos automatizados;
- e) Promove a busca pela qualidade do produto e satisfação do cliente.

Com o crescente desenvolvimento da eletrônica, o investimento requerido para automatizar os equipamentos diminuiu, elevando as ações executadas automaticamente pelas máquinas. Sendo assim, é comum que as pessoas acreditem que a automação cause a perda de postos de trabalho, porém este não é o objetivo da automação. Seu objetivo é tornar os equipamentos

mais eficientes, reduzindo os custos operacionais, tornando as empresas cada vez mais competitivas.

De acordo com Silveira e Santos (1999), a automação consiste em um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam. Com base nas informações, o sistema calcula a ação corretiva mais apropriada para a execução da tarefa e esta é uma característica de sistemas em malha fechada, conhecidos como sistemas realimentados. Neste, há uma relação que expressa o valor da saída em relação ao valor da entrada (referência do processo), chamada de função de transferência.

Historicamente, segundo Ribeiro (2001), o primeiro termo utilizado para definir a automação foi “controle automático de processo”. Foram usados instrumentos capazes de medir, transmitir, comparar e atuar no processo para se conseguir um produto desejado com o mínimo de intervenção humana.

Dentre o grande número de dispositivos utilizados na automação industrial, um grupo que possui grande destaque são os controladores lógicos programáveis, mais conhecidos como CLP's. Portanto, faz-se necessário abordar suas principais características e funcionalidades.

2.1.1. O controlador lógico programável (CLP)

A automação industrial, no início de seu desenvolvimento, era realizada através de circuitos elétricos e relés, que demandavam muitos equipamentos e circuitos complexos. Gastava-se muito com material e mão de obra, tanto no desenvolvimento do projeto, quanto na manutenção, o que tornava o processo demorado, oneroso, cansativo e inflexível a mudanças na sequência de operações de produção.

Para solucionar estes problemas, o controlador lógico programável surgiu através do desenvolvimento tecnológico dos componentes eletrônicos, tornando os processos de automação cada vez mais simples e eficiente.

O CLP é montado a partir da utilização de microcontroladores que têm características parecidas com as de um computador pessoal, porém, para aplicações dedicadas à automação de processos. Seu sucesso comercial se deu devido à facilidade de aplicação e flexibilidade no controle de processos industriais, podendo ser empregados em sistemas onde se deseja maior eficiência com menor intervenção humana.

O CLP pode controlar um grande número de equipamentos através da leitura das grandezas elétricas presentes nas suas entradas e atualização das suas saídas, substituindo a ação direta do homem. Assim, a utilização do referido equipamento assegura maior precisão, confiabilidade e rapidez, reduzindo os custos operacionais.

Através de um funcionamento cíclico e em tempo real, assim que ligados os CLP's irão verificar os sinais existentes nas entradas e irão transferi-los para a memória onde está o software de interface criado pelo usuário. Logo após, o CLP irá fazer a varredura do software existente em sua memória e executará todas as operações programadas no software (temporizadores, contadores, intertravamentos, acionamento de relés, etc...).

Logo após realizar a varredura do software, o CLP irá transferir os dados processados para as interfaces de saída. Todo o processo acontece repetida e automaticamente, de acordo com o que foi programado pelo operador, sendo que, ao final da atualização das saídas, todo o ciclo é novamente feito. Este ciclo é conhecido como ciclo de varredura do controlador.

3. Caracterização do processo de produção

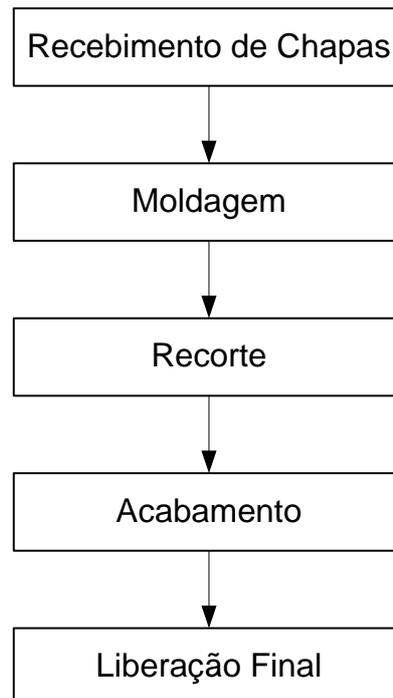
O processo de produção de peças termoformadas se inicia no recebimento de chapas plásticas, que são produzidas no matriz da empresa em São José dos Pinhais/PR. As peças são e enviadas para a unidade de Catalão, onde é realizada a inspeção da qualidade deste item, que é a principal matéria-prima da empresa. No desembarque das chapas, também é realizada a conferência quantitativa de cada item enviado.

As chapas plásticas são enviadas para o estoque. De acordo com a necessidade da produção, as chapas são requisitadas pelo setor de moldagem. Neste setor, através do processo chamado de vacuum forming, que significa conformação a vácuo, as chapas plásticas são aquecidas e conformadas com uso de vácuo. As peças são termoformadas em seus respectivos moldes, após o aquecimento das mesmas nos fornos superior e inferior da termoformadora. Grandes variações nos tempos de aquecimento e resfriamento do plástico neste processo podem ocasionar perdas de peças devido a problemas de qualidade, como deformação e variação dimensional (contração).

Na próxima etapa do processo as peças são recortadas e furadas no robô de corte ou com a utilização de gabaritos e fresadoras pneumáticas. As peças recortadas e furadas são enviadas à próxima etapa do processo, que é o acabamento.

Nesta etapa as peças recebem seus componentes (parafusos, insertos metálicos, batentes de borracha, etc.) e são realizadas as etapas de lixamento, limpeza e, de acordo com o modelo da peça, é realizada a preparação para pintura. Após o processo de acabamento, as peças são inspecionadas pelo setor de qualidade e são disponibilizadas para o setor de expedição, para envio das peças ao cliente, como mostra o fluxograma da Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do processo de manufatura de peças termoformadas



Fonte: Produção própria

É neste processo de manufatura de peças termoformadas, especificamente na etapa de moldagem, que foi realizado o projeto de automatização em uma máquina termoformadora, com o intuito de melhorar o processo produtivo, reduzir os tempos de processo e os custos com manutenção do equipamento.

3.1. Contextualização do problema

A empresa termoformadora analisada possui como diretrizes a qualidade e a melhoria contínua de seus processos e produtos. Para isso, a empresa gerencia todos seus processos, através de indicadores que são fechados mensalmente. Após o fechamento destes indicadores, é realizada a análise crítica dos resultados obtidos.

Como indicadores de manutenção, a empresa não utiliza o tempo médio entre as falhas (TMEF) e o tempo médio para reparo (TMPR), que são índices muito utilizados nas

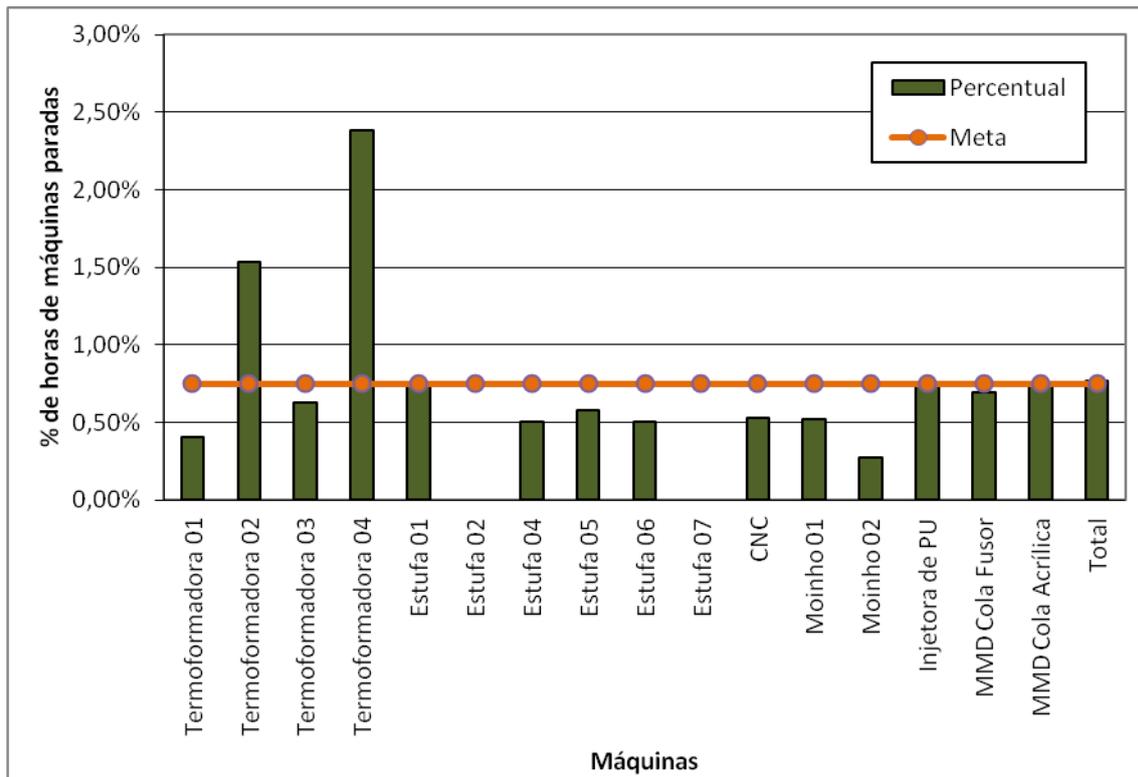
indústrias. A empresa utiliza o tempo de máquina parada como indicador. O tempo de máquina parada engloba o Tmpr, mas é afetado por outros fatores como: transporte do equipamento, indisponibilidade do pessoal de manutenção ou de peças de reposição, entre outros. Ou seja, ele representa o tempo total que a máquina ficou parada, independentemente do que esteja contribuindo para mantê-la parada.

Na forma adotada pela empresa, este número representa, em percentual, as horas em que a máquina ficou parada, em relação ao total de horas em que a mesma deveria estar disponível para produção.

Através da análise deste indicador, a empresa identificou que o mesmo havia ficado acima da meta repetidamente nos últimos meses do ano de 2011. Isto está demonstrado na Figura 2, que mostra as horas de máquina parada para todos os equipamentos da fábrica, no mês de dezembro de 2011.

Analisando individualmente os equipamentos que impactam no indicador de máquinas paradas, pode-se observar que a máquina termoformadora 04 possuía o tempo mais elevado, conforme demonstrado na Figura 2. Isso representa 450 minutos no mês de dezembro de 2011 e, por isso, a empresa optou por automatizá-la primeiro.

Figura 2 – Horas de máquina parada em dezembro de 2011



Fonte: Produção própria

4. Desenvolvimento do projeto de automação

A empresa optou por realizar o projeto para automatização na máquina 04 durante o período de férias coletivas da produção. Em função do curto período disponível para realização do projeto, era imprescindível a realização de um bom planejamento.

Organizações que adotam em sua filosofia a prática da gerência de projetos possuem maior controle sobre os recursos que serão utilizados para a execução das atividades planejadas. Tendo maior controle, as empresas conseguem otimizar a utilização de seus recursos durante a execução do projeto, reduzindo desperdícios e contribuindo para que estas organizações se tornem mais capacitadas para enfrentar a concorrência.

Para Dinsmore (1993), os projetos são orientados para as metas definidas pelos objetivos operacionais ou técnicos que se pretende atingir. São tarefas específicas, singulares, e que têm recursos limitados, sendo compostos por várias tarefas inter-relacionadas.

Já segundo Kerzner (1992), gerenciamento de projetos é o planejamento, a organização, a direção e o controle de recursos organizacionais em um dado empreendimento, levando-se em conta tempo, custo e desempenho estimados.

Sendo assim, a empresa analisada utilizou a gestão de projetos apoiada nas práticas contidas no Project Management Body of Knowledge (PMBOK) para o gerenciamento do projeto de automatização da máquina termoformadora 04. O processo de planejamento do projeto será demonstrado nos próximos itens deste trabalho.

4.1. Etapa de iniciação e planejamento do projeto de automação

Um dos primeiros passos para realização de um projeto, segundo o Project Management Institute (2013), é a definição do escopo preliminar do projeto. Esta etapa, que está compreendida dentro das etapas de iniciação, traz as informações preliminares do que o cliente ou financiador espera alcançar com a realização do projeto. Dentro do escopo deste projeto foram considerados:

Produto final: Máquina termoformadora operando de forma automatizada, com novos quadros de força e de comando, facilitando a manutenção do equipamento.

Insumos: Máquina pré-existente dotada de um forno superior e um forno inferior com controle de temperatura; CLP; válvulas e demais equipamentos pneumáticos.

Início do projeto: 02/01/2012

Prazo final do projeto: 01/02/2012

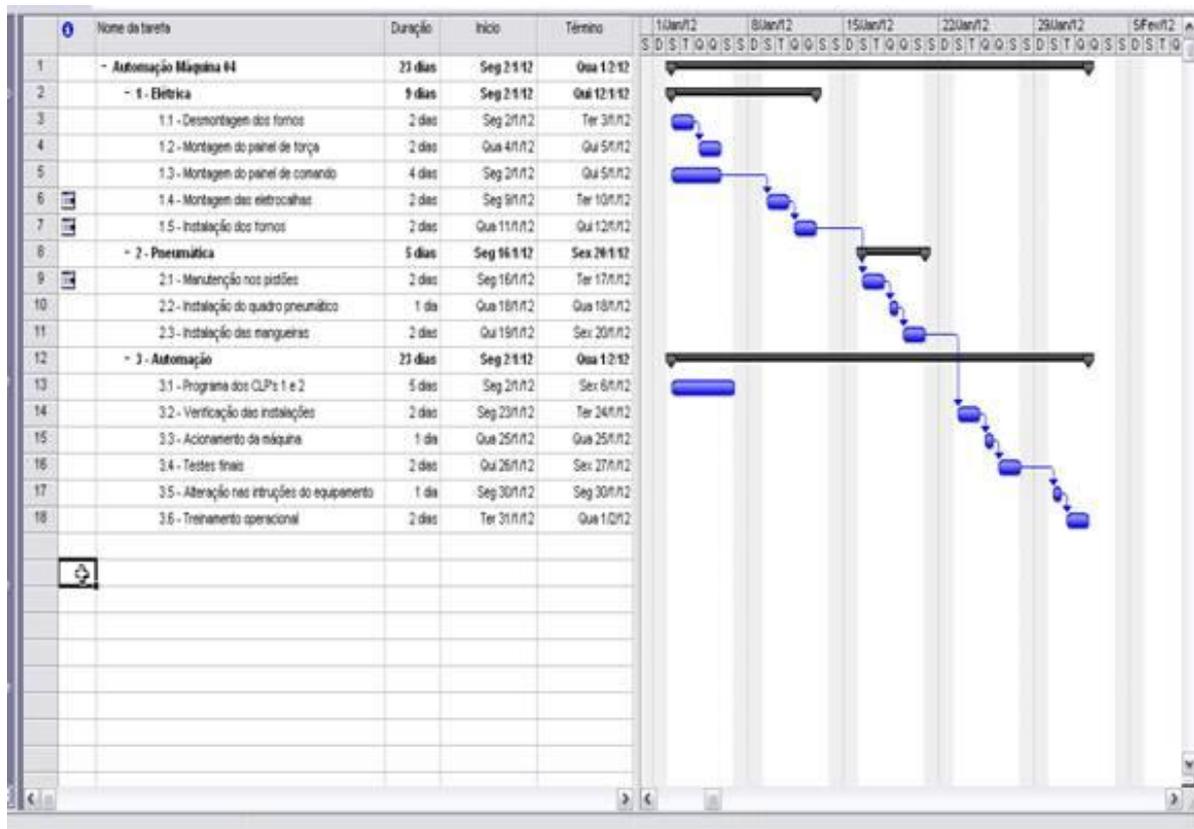
Objetivo sumarizado: Padronização dos tempos de ciclo de moldagem do produto e redução dos tempos de máquina parada, reduzindo custos operacionais.

Orçamento disponível: R\$ 15.000,00

Tempo de retorno desejado: 12 meses

Na etapa de planejamento, foi realizado um cronograma com a utilização do MS-Project. Com isso, foi possível verificar o caminho crítico do projeto, as folgas totais e as folgas disponíveis, bem como outros fatores importantes para que se alcancem os objetivos propostos no escopo do projeto dentro do prazo desejado. O cronograma pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 – Cronograma do projeto de automatização



Fonte: Produção própria

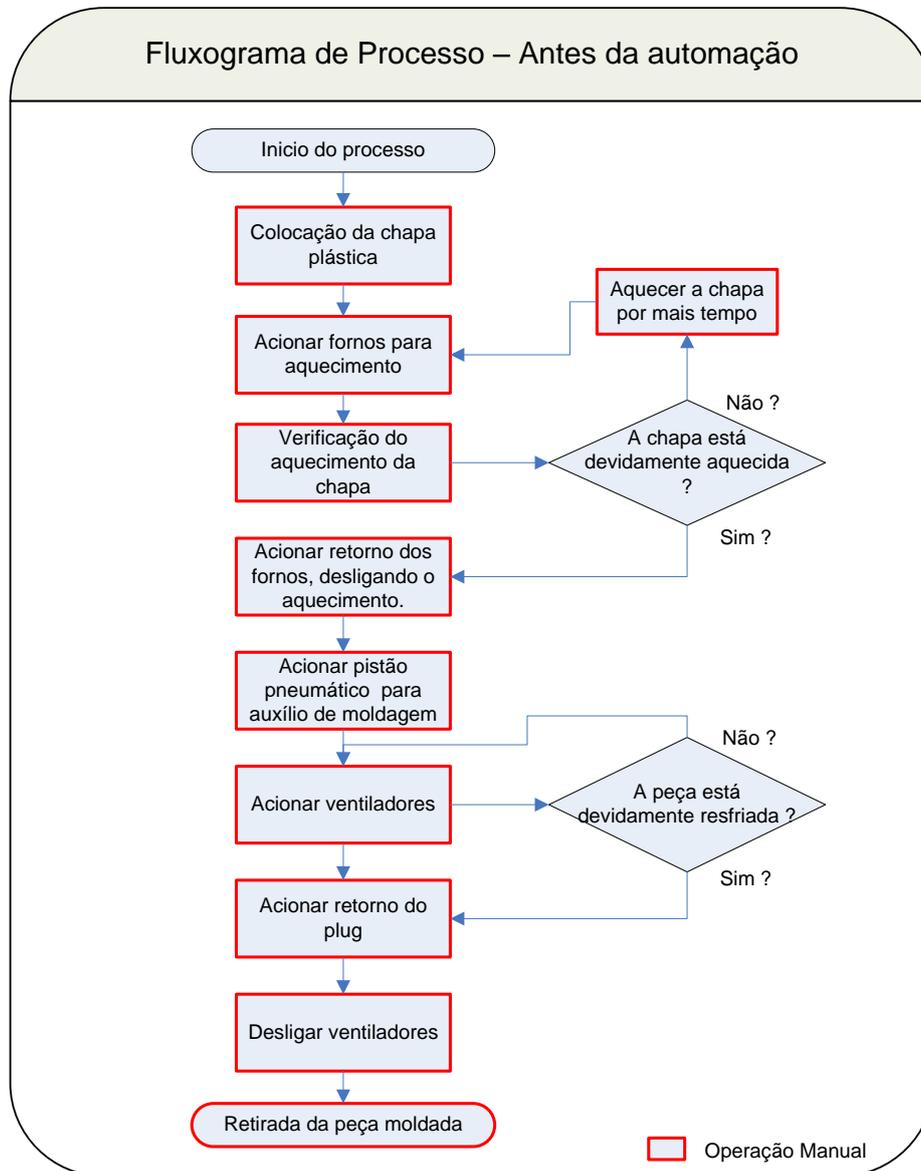
Após a finalização do cronograma para execução do projeto, verificou-se que seria possível finalizá-lo com 23 dias. Essa folga, de 07 dias, permite trabalhar com um risco menor do escopo não ser realizado de acordo com o planejado. Com isso, foram dadas por finalizadas as etapas de iniciação e planejamento do projeto. Foi gerado um termo de entrega da etapa, no qual consta a autorização da diretoria da empresa para que o projeto fosse iniciado e o plano para execução do projeto. Partiu-se, a partir daí, para a execução do projeto, que será detalhada a seguir.

4.2. Etapa de execução das atividades do projeto

As atividades foram realizadas conforme cronograma de gerenciamento do projeto feito no MS-Project. Uma das atividades mais complexas seria a programação dos CLP's para que o equipamento pudesse realizar todas as leituras dos sinais de entrada e efetuar a saída correta para que o equipamento faça a ação pré-determinada. Para que a programação pudesse ser

realizada, foi necessária a coleta das principais ações da máquina, onde seria realizado o trabalho de automação. Estas ações estão descritas na Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma de operações do processo de moldagem antes da automação



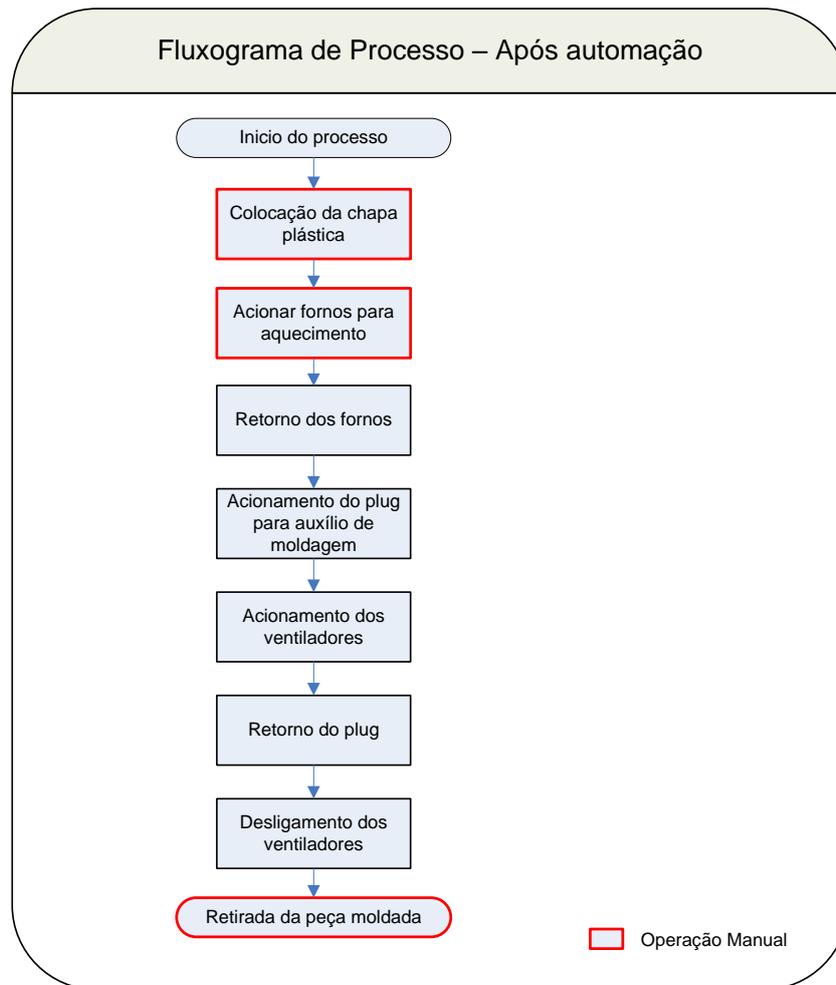
Fonte: Produção própria

Após o levantamento detalhado das ações que o equipamento deverá realizar, iniciou-se a etapa de programação dos CLP's, onde foi utilizado o programa LOGO!Soft. A Figura 5 mostra a tela do software onde é realizada a programação.

Figura 5 – Tela de programação do software LOGO!Soft Confort

operações, tornando o processo produtivo mais eficiente, reduzindo a interferência humana e, assim, reduzindo a variação operacional. Desta forma, a Figura 6 mostra como ficaram os processos após a realização do projeto de automatização do equipamento.

Figura 6 – Fluxograma de operações do processo de moldagem após a automação



Fonte: Produção própria

Sendo assim, pode-se observar que mais de 60% dos processos executados de forma manual, controlados pelo operador, foram automatizados, passando a ser controlados pelos CLP's. Nesta nova condição, o operador insere uma única vez os tempos desejados no processo e o equipamento controla os ciclos de moldagem com os tempos programados. Isto reduz consideravelmente a interferência do operador no processo produtivo e evita a perda de peças devido a problemas de qualidade.

Embora a melhora na qualidade seja notória, os custos devido aos problemas de qualidade, ocasionados pela falha na execução dos tempos corretos de processo, não puderam ser

mensurados. Isto se deu devido à falta de indicadores específicos para os defeitos de deformação e contração do material na termoformadora analisada.

Como os tempos de processo passaram a ser controlados pelos CLP's, exclui-se a possibilidade de variações nos tempos devido à distração e falta de experiência dos operadores. Isto pode ser observado através da redução na média dos tempos de processamento dos produtos, conforme demonstrado no Quadro 01.

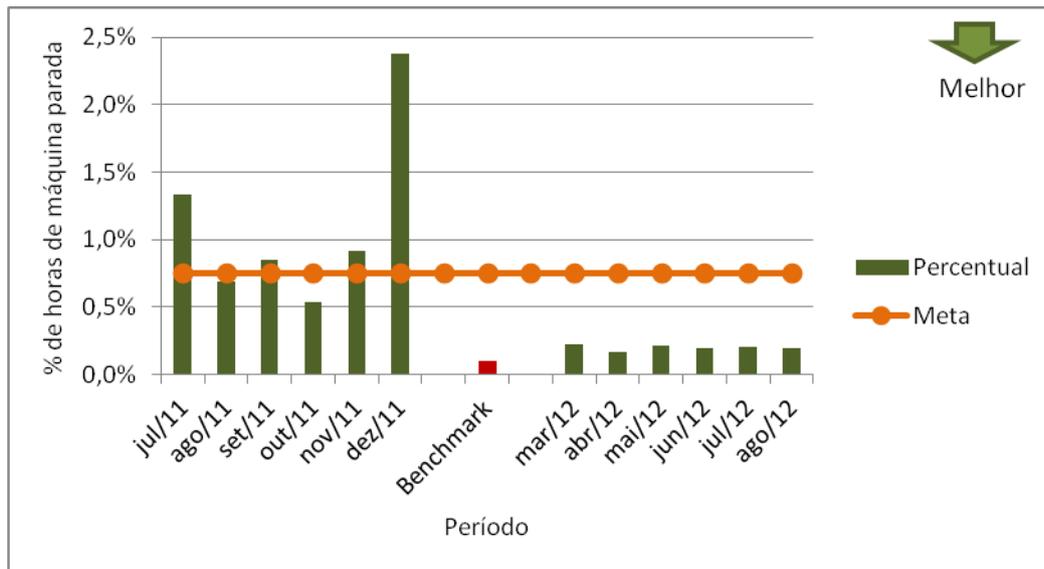
Quadro 01 – Demonstrativo de redução de custo mensal

Produto	Média de tempo antes (minutos)	Média de tempo após (minutos)	Produção mensal (peças)	Tempo total anterior (minutos)	Tempo total atual (minutos)	Diferença (minutos)	Redução de custos (RS)
Painel central	4,2	3,3	800	3360	2640	720	576,00
Tampa traseira	3,5	3,1	800	2800	2480	320	256,00
Tampa do macaco	4,1	3,4	200	820	680	140	112,00
TOTAL							944,00

Fonte: Produção própria

Em relação à evolução do indicador de máquina parada para a termoformadora 4, foi realizada a análise nos meses anteriores e posteriores ao projeto de automação. O resultado é apresentado conforme proposto por Nascif e Dorigo (2009) na Figura 7.

Figura 7 – Horas de máquina parada Fevereiro 2012



Fonte: Produção própria

Foi observado que houve uma redução significativa no tempo de máquina parada relacionado à termofornadora 04. No mês de dezembro de 2011, por exemplo, foram 450 minutos de máquina parada, enquanto em fevereiro de 2012, a máquina ficou parada por apenas 30 minutos.

Esta redução, quando considerada a média dos tempos de máquina parada antes e depois da automatização da máquina, acarreta em uma diminuição de R\$ 419,02 nos custos operacionais (por mês).

Desta forma, somando o ganho financeiro devido à redução na média de tempo de fabricação (R\$ 944,00) e o ganho devido à disponibilidade do equipamento (R\$ 419,02), obtém-se um ganho total de R\$ 1.363,02 por mês. Dividindo o total investido no trabalho de automação (R\$ 11.400,00) pelo total de ganho mensal (R\$ 1.363,02), pode-se verificar que o investimento realizado no equipamento é recuperado a partir do oitavo mês de operação do equipamento, após a realização do trabalho de automação.

Como os valores e períodos envolvidos são pequenos, o método escolhido para análise do retorno de investimento foi o método payback simples, já que a utilização de outro, como o payback descontado, resultaria em uma diferença insignificante no período para recuperação do capital.

4.4. Etapas de finalização do projeto

Para a correta finalização do projeto foi desenvolvido um termo de entrega do equipamento a equipe de operação. Foi realizado treinamento especializado com os operadores para que os

mesmos pudessem se adequar a nova realidade de trabalho. Além disso, foram realizados os projetos as-built (conforme executado), e estes trazem dados relevantes sobre as instalações eletroeletrônicas e mecânicas da máquina.

A fim de auxiliar os mantenedores, foram elaborados e disponibilizados os esquemas elétricos e pneumáticos da máquina 04. Isso reduzirá o Tempo Médio para Reparo, pois a interligação de todos os componentes (pneumáticos, hidráulicos e elétricos) é demonstrada nos esquemas. O Quadro 02 mostra um comparativo das melhorias que foram realizadas no equipamento.

Quadro 02 – Demonstrativo das mudanças realizadas no projeto de automação.

Componente	Antes	Depois
Quadro de Força		
Quadro de Comando		
Quadro de Comando		

Componente	Antes	Depois
Painel Pneumático		

Fonte: Produção própria

A IT PR0408 (Instrução para trabalho na máquina) foi atualizada, demonstrando o novo recurso de regulagem de zoneamento das resistências, e também o posicionamento de cada zona em relação ao forno superior e inferior.

As fichas de processo dos produtos que são manufaturados nesta máquina foram alteradas, demonstrando aos operadores os tempos ótimos de todos os processos. Os tempos de processo foram inseridos no documento, com as tolerâncias devidamente revisadas.

Bimestralmente será realizada uma nova verificação do processo, a fim de garantir que os tempos ótimos de processo estejam sendo seguidos.

De acordo com procedimentos já estabelecidos pela empresa, os operadores deste equipamento foram treinados de acordo com a nova revisão da documentação.

5. Conclusão

Este trabalho mostra a importância de trabalhos que visam melhorias nos processos e produtos das empresas. Além de demonstrar conceitos de manutenção, automação e identificação de situações problemas, que podem ser utilizados em qualquer organização.

A empresa automatizou mais de 60% dos processos da máquina termoformadora 04 e reduziu seus custos operacionais em R\$ 419,02 em relação à disponibilidade do equipamento e em R\$ 944,00 em relação à padronização do processo, totalizando redução mensal de R\$ 1.363,02.

Apenas utilizando o retorno financeiro obtido, a empresa pode automatizar as demais máquinas após a recuperação do capital na máquina 4. O retorno obtido possibilita que a

empresa automatize uma nova máquina a cada nove meses. Com isso, após decorridos 24 meses, as outras três máquinas estariam automatizadas, gerando uma economia ainda maior. Sendo assim, pode-se concluir que o resultado do trabalho de automatização foi alcançado, pois a empresa conseguiu reduzir custos através da utilização da automação para buscar a melhoria contínua de seus processos, melhorando a produtividade e auxiliando a empresa a se tornar mais competitiva.

Após as análises dos resultados obtidos com a automatização da máquina 04, novos trabalhos de automação serão iniciados, com o intuito de melhorar outros equipamentos da empresa, que apresentam problemas que impactam em seus custos operacionais.

Além disso, sugere-se que a empresa adote melhorias no sistema de gestão da manutenção, treinando melhor o seu pessoal e implantando o controle através de indicadores mais eficientes e mais detalhados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA – ABINEE. **A automação gera desemprego?** São Paulo, n.11, p. 10-15, ago. 2000.

DINSMORE, P. C. **The AMA handbook of Project management:** American Management Association, 1993.

KERZNER, H. **Project Management:** a Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

NASCIF, J.; DORIGO, L. C. **Manutenção orientada para resultados.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. **Manutenção:** função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos:** guia PMBOK. 4. ed. Newton Square: PMI Inc., 2008.

RIBEIRO, M. A. **Automação Industrial.** Salvador: Tek Treinamento & Consultoria, 2001.

SILVEIRA, P. R.; SANTOS, W. E. **Automação e controle discreto**. São Paulo: Érica, 1999.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.