

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL EM UMA EMPRESA FABRICANTE DE BORRACHAS ESCOLARES

PROPOSAL FOR INDUSTRIAL AUTOMATION ON A MANUFACTURER OF SCHOOL ERASERS

André Luiz Emmel Silva¹; Tiago da Silveira²; Jorge André Ribas Moraes³; Tonia Magali Moraes Brum⁴

¹Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC – Santa Cruz do Sul/RS – Brasil
andresilva@unisc.br

²Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC – Santa Cruz do Sul/RS – Brasil
tgsilveira2@gmail.com

³Programa de Pós-Graduação Mestrado em Tecnologia Ambiental- MTA
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC – Santa Cruz do Sul/RS – Brasil
jorge@unisc.br

⁴Depto. de Educ. Agr. Ext. Rural da Universidade Federal de Santa Maria
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria/RS – Brasil
toniabrum@hotmail.com

Resumo

O estudo dos conceitos de automação industrial se faz necessário cada vez mais nas empresas preocupadas em melhorar a sua produtividade, influenciando diretamente na redução dos custos produtivos. Como as tecnologias relacionadas a robótica industrial estão mais acessíveis, a sua utilização adequada faz o processo adquirir melhor qualidade e maior flexibilidade, adquirindo agilidade de resposta às necessidades de mercado. Além disso, com equipamentos mais eficientes ocorre também uma redução dos riscos ergonômicos das tarefas que ainda necessitam de mão de obra humana. Este trabalho tem como objetivo propor a automação de uma das linhas de produção de uma empresa fabricante de borrachas escolares, através da criação de uma célula robotizada para a operação de embalagem. A célula será composta por um robô manipulador, alimentador vibratório e carimbador por jato de tinta de alta definição. Em um contexto geral, procura-se mostrar os benefícios que a implantação da automação em pontos específicos do processo trará para a empresa, juntamente com a substituição do método de carimbar atual. Assim, as propostas apresentadas apontam melhorias nos tempos de produção, aumento da produtividade, maior flexibilidade e agilidade de resposta às necessidades de mercado, e ainda redução do custo de fabricação das borrachas escolares.

Palavras-chave: automação industrial; célula robotizada; borrachas escolares.

Abstract

The study of industrial automation concepts is increasingly necessary in the companies concerned to improve their productivity, directly influencing the reduction of production costs. As technologies related to industrial robotics are more affordable, their proper use makes the process get better quality and greater flexibility, agility acquiring response to market needs. And with more efficient equipment also occurs a reduction of ergonomic risks of the tasks that still require human labor. This paper aims to propose a automation of production lines of a manufacturer of school, through the creation of a robotic cell for the packing operation. The cell will consist of a robot manipulator, vibratory feeder and carimbador for high-definition inkjet. In a general context, seeks to show the benefits that the automation deployment at specific points of the process will bring to the company, along with the replacement of the current stamping method. Thus, the proposals point to improvements in production, increased productivity, greater flexibility and speed of response to market needs, and even reducing the cost of manufacture of erasers.

Key-words: industrial automation; robot cell; school erasers.

1. Introdução

Com o crescente desenvolvimento da tecnologia dentro de ambientes produtivos, percebe-se que os processos de automação industrial estão se tornando pontos fortes de discussões de investimento perante os executivos e tomadores de decisão nas indústrias de uma forma geral (NAVARRO, 2012). Para ser competitiva, a manufatura, mais que qualquer outra atividade ou setor da economia, deve continuamente adaptar-se a mudanças existentes no mercado (DE PAULA e SANTOS, 2008) e investir incessantemente em conceitos, técnicas e ferramentas que visam a melhoria nos seus sistemas produtivos (DA CAS *et al.*, 2015).

A automação passa então a ser vista como uma oportunidade para as empresas competirem em seus segmentos, fortalecendo sua infraestrutura, investindo na qualificação e modernização de suas instalações, potencializando ganhos em eficiência e produtividade que podem ser repassados aos clientes (MILAN, PRETTO e BASSO, 2007).

A crescente acessibilidade às tecnologias, aliada a sua adequada utilização, faz com que o processo de gestão tecnológica proporcione o desenvolvimento correto, garantindo alta qualidade aos produtos e também reduzindo os riscos ergonômicos das tarefas com mão de obra humana. Os avanços da microeletrônica na área industrial podem ser percebidos pelo desenvolvimento de sistemas de controle de máquinas cada vez mais sofisticados, combinando componentes mecânicos, pneumáticos, eletroeletrônicos e ópticos (PEREIRA e SPRITZER, 2007).

O presente trabalho foi desenvolvido em uma empresa do segmento de material escolar e de escritório, localizada na região centro do estado do Rio Grande do Sul, limitando-se ao estudo da linha de produção de borrachas escolares, mais precisamente no processo de carimbar e embalar. Observou-se que os colaboradores são responsáveis pela produção e também pela qualidade dos

produtos. Porém, os mesmos exercem muitos esforços repetitivos durante toda a jornada de trabalho o que acaba de certo modo impactando na qualidade final do produto.

No entanto, para que se possa propor uma mudança significativa no processo, é necessário utilizar dos conceitos de automação industrial, que estão relacionados diretamente ao controle automático. Neste contexto, segundo Moraes e Castrucci (2007), automação é qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitui o trabalho humano, em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, rapidez da produção ou da redução de custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias, dos serviços ou bem estar. Para tanto, há no mercado tecnologias que permitem controle e agilidade dos processos a serem executados, conhecidos como Controladores Lógicos Programáveis (CLPs). O princípio de seu funcionamento é fundamentado na sua programação, que por sua vez trata de uma sequência de comandos organizada de forma lógica que define as ações a serem realizadas conforme o algoritmo criado previamente.

Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo a automação de uma das linhas de produção de uma empresa fabricante de borrachas escolares, através da criação de uma célula robotizada para a operação de embalagem. A célula será composta por um robô manipulador, alimentador vibratório e carimbador por jato de tinta de alta definição.

2. Materiais e métodos

Para Gil (2010), pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. O autor ainda complementa que uma pesquisa sobre problemas práticos pode direcionar a descoberta de princípios científicos. Da mesma forma, uma pesquisa pura pode fornecer conhecimentos passíveis de aplicação prática imediata.

A classificação da pesquisa segundo os objetivos é caracterizada como exploratória, pois conforme Gil (2010) e Santos (2000), essas possuem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, ou seja, fornece a primeira aproximação de um tema com intuito de torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Para Santos (2000) procedimentos de coleta são métodos práticos utilizados para juntar as informações necessárias à construção dos raciocínios em torno de um fato. Neste caso o procedimento de coleta será a pesquisa bibliográfica, sendo que esta é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos (GIL, 2010). As fontes de informação são os lugares e/ou situações de onde se extraem os dados de que se necessita (SANTOS, 2000). Neste caso a principal fonte de informação adotada foi à bibliográfica.

A empresa em estudo emprega de forma direta cerca de 700 colaboradores e detém um portfólio de mais de 1,5 mil itens, divididos em linha escolar, industrial e bem estar. O trabalho limitou-se a analisar o produto borracha escolar. Inicialmente verificou-se as principais dificuldades apresentadas no processo de carimbar. Identificou-se as particularidades da operação, possíveis limitações, quantidades de itens, sobras e retalhos gerados durante a produção. Ao final, formulou-se uma proposta de trabalho considerando os conceitos de automação industrial.

3. Revisão bibliográfica

3.1 Automação industrial

A automação é uma tecnologia preocupada com a aplicação de mecânica, eletrônica e sistemas baseados em computadores que visa auxiliar e executar algumas funções e melhorando sua eficiência e a segurança na operação (GROOVER, 2001; MARCAL, GUIMARÃES e RESENDE, 2013). O principal motivador da automação é a busca de maior qualidade e flexibilidade dos processos, tornando os equipamentos mais eficientes consequentemente reduzindo os custos operacionais, desta forma resultando em empresas cada vez mais competitivas (BORRACHA, 2012; MARCAL, GUIMARÃES e RESENDE, 2013).

Uma justificativa para os pesados investimentos que têm sido feitos nesta área, é a segurança de processos industriais e de infraestrutura críticos, pois a automação tem sido vista como uma forma de minimizar o erro humano (GUTIERREZ e PAN, 2008). Com a automação surgiram equipamentos capazes não só de prolongar os músculos do homem, mas também de suprir o seu sistema sensorial, sua capacidade de pensamento e de ação (SANTOS, 1979). A sua presença na economia global e na vida humana diária é crescente, sendo também considerada hoje um instrumento fundamental para a qualidade e a produtividade das empresas (GUTIERREZ e PAN 2008).

3.2 Controlador lógico programável (CLP)

A automação envolve a implantação de sistemas interligados e assistidos por redes de comunicação, com possibilidade de expansão utilizando recursos de fácil acesso. Neste contexto, são os CLPs que tornam a automação industrial uma realidade (MORAES e CASTRUCCI, 2007; MARCAL, GUIMARÃES e RESENDE, 2013). CLP é um equipamento industrial que processa uma lógica, adquirindo sinais de variáveis físicas em canais de entrada, e após o processamento interno, envia sinais proporcionais aos canais de saída para acionar cargas externas (PEREIRA NETO et al, 2014).

Segundo Martins (2012) a grande vantagem dos controladores programáveis era a possibilidade de reprogramação, pois o controle baseado em relés exigia modificações na fiação, e

em muitos casos isso se tornava inviável, sendo mais barato substituir todo o painel por um novo. O controlador lógico programável é um dispositivo microprocessador concebido para o ambiente industrial, sendo altamente versátil no modo de programação, pois utiliza uma memória programável para armazenar instruções e executar funções específicas (MORAES e CASTRUCCI, 2007; CAPELLI, 2009).

O advento do microprocessador durante a década de 70 permitiu a diminuição nos custos e tamanho dos controladores, com o aumento do poder de processamento e confiabilidade. Em seu surgimento o CLP era executado com componentes discretos, hoje utiliza microprocessadores e micro controladores de última geração, possui as mesmas características de um computador pessoal, porém com uma aplicação dedicada (NATALE, 2003; MARTINS, 2012).

Conforme Moraes e Castrucci (2007) o CLP automatiza uma grande quantidade de ações com precisão, confiabilidade, rapidez e pouco investimento. Informações de entrada são analisadas, decisões são tomadas, comandos são transmitidos, tudo concomitantemente com o desenrolar do processo. É o tipo de controlador de maior número de aplicações na indústria, pois possui elevada capacidade de processamento (GUTIERREZ e PAN, 2008). Existem no mercado diversos modelos disponíveis quando se pretende atender às especificações de um projeto, o que pode tornar o processo de decisão da compra de um determinado CLP uma tarefa árdua (PEREIRA NETO *et al.*, 2014).

3.3 Robótica industrial

O crescimento da tecnologia relacionado à robótica gerou enormes benefícios, pois a sua utilização possibilita grandes incrementos na produtividade do trabalho, e, em decorrência, o atendimento das necessidades básicas da população (KLAFTER, CHMIELEWSKI e NEGIN, 1989; ROSÁRIO, 2005). Os robôs industriais têm sido muito utilizados nos processos de automação, pois são essencialmente máquinas que realizam os mais diversos movimentos programados, adaptando-se às necessidades operacionais de determinadas tarefas pelo emprego de garras e/ou ferramentas selecionadas (ROMANO, 2002).

As vantagens decorrentes da utilização de robôs industriais são numerosas. Entre elas destacam-se o aumento da produtividade, a melhoria e a consistência na qualidade final de um produto, a minimização de operações, a menor demanda de contratação de mão-de-obra especializada, a operação em ambientes e perigosos ou em tarefas desagradáveis e repetitivas para o ser humano e, finalmente, a capacidade de trabalho por longos períodos sem interrupção (ROSÁRIO, 2005).

Para Romano (2002) um robô industrial pode ser definido como um sistema mecânico articulado que tem como objetivo principal executar operações pré-definidas. Um robô

manipulador, independentemente da sua potência de aplicação, é mecanicamente concebido para posicionar e orientar no espaço o seu órgão terminal, garra ou uma ferramenta (KLAFTER, CHMIELEWSKI e NEGIN, 1989).

Para Rosário (2005), o principal motivo que impede a adoção em massa de sistemas robotizados industrialmente é o seu alto custo inicial. O autor ainda complementa que o preço de um robô é determinado por suas dimensões, grau de sofisticação e complexidade.

De acordo com Santos (1979) e Rosário (2005), a automação em curto prazo, levanta problemas como o desemprego e o treinamento de pessoal. É comum um robô substituir pessoas em uma linha de produção, acarretando no aumento da desigualdade social. Neste caso, para especificar sistemas automatizados deve se levar em consideração algumas condições como: número de empregados substituídos pelo robô; número de turnos realizados por dia; produtividade comparada ao seu custo; custo de projeto e manutenção; custo de equipamentos periféricos; e a necessidade de qualificação profissional.

A automação é capaz de manter o homem no domínio da situação no que se refere à produção industrial, porém numa posição mais confortável. O homem, nessa situação, necessita cada vez mais usar o seu cérebro e cada vez menos seus músculos. Porém essa mudança faz com que os profissionais necessitem cada vez mais se especializar, buscando competências para o desenvolvimento de suas atividades. A reconversão, isto é, a adaptação a novos postos de trabalho e a qualificação profissional são condições primordiais (MARTINS, 2012). Outra barreira para automação é o custo de manutenção quando necessário, pois este pode ser extremamente alto, isto devido à restrição do número de profissionais capacitados a realizar este tipo de operação (BORRACHA, 2012).

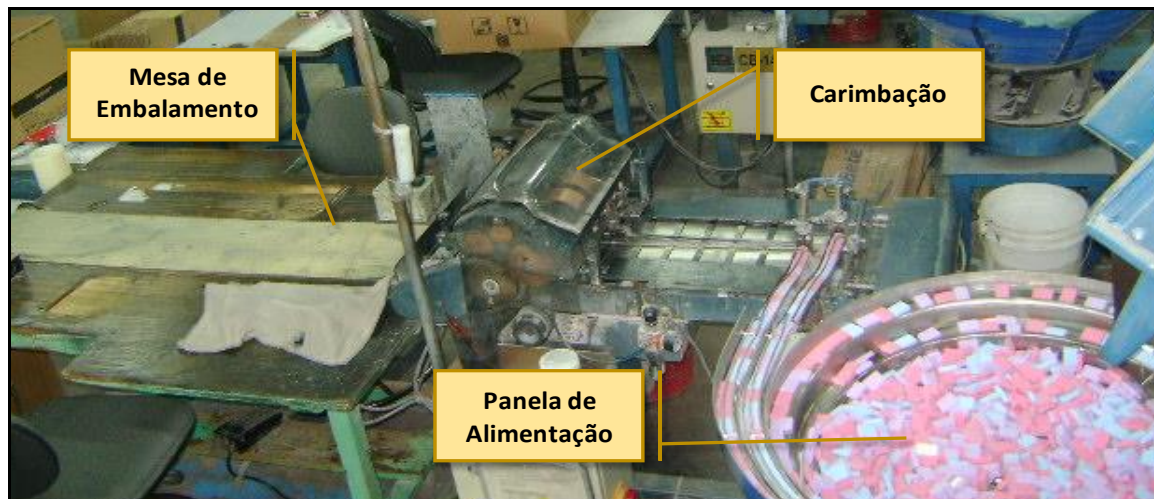
4. Resultados e discussão

O processo de produção de borrachas escolares é composto de nove etapas: corte, lixação, armazenamento, lavagem, secagem, armazenamento, alimentação de linha, carimbar e embalar. O monitoramento da linha de carimbar (figura 1), mostrou algumas limitações que o processo atual possui. As atividades em sua maioria eram executadas de forma artesanal, com claros sinais de defasagem em relação às tecnologias disponíveis. Em um segmento de mercado que sofre com os efeitos da sazonalidade, com alta demanda vinculada ao período de volta às aulas, é imprescindível que se possua o menor tempo de setup possível. Além disso, também foi percebido que o operador dita o ritmo de produção, o que acaba impactando diretamente no custo do produto.

Para atender a demanda de produção, a empresa possui atualmente sete linhas de carimbar que utilizam o método tipográfico, porém devido a sazonalidade de vendas, somente no período de setembro à janeiro todas as linhas permanecem operando. Das sete linhas, três possuem alimentação

manual, ilustrado na figura 2. Nestas linhas, o sistema atual de alimentação por panela vibratória mostrou-se ineficiente, isto devido à variedade das formas geométricas e tamanhos do produto acabado.

Figura 1 – Linha de carimbar de borrachas escolares



Fonte: Autoria própria (2014)

Para atender a demanda de produção, a empresa possui atualmente sete linhas de carimbar que utilizam o método tipográfico, porém devido a sazonalidade de vendas, somente no período de setembro à janeiro todas as linhas permanecem operando. Das sete linhas, três possuem alimentação manual, ilustrado na figura 2. Nestas linhas, o sistema atual de alimentação por panela vibratória mostrou-se ineficiente, isto devido à variedade das formas geométricas e tamanhos do produto acabado.

A empresa aplica o processo de carimbar tipográfico na maioria de seus itens de carteira. Este método se refere a um sistema de impressão em alto relevo, rotativo, onde se faz necessário a utilização de clichês e tintas fluidas de secagem rápida. Os clichês são chapas de borracha ou foto polímero, onde são gravadas em alto relevo a arte que se deseja efetuar a impressão. Necessita ser flexível, pois deve ser montado sobre os cilindros que permanecem em contato com o rolo tinteiro, isto para que ocorra a transferência da tinta, conforme mostra a figura 2.

Para cada máquina de carimbar é utilizado um par de clichês, e estes podem ser utilizados para uma produção de aproximadamente 130 mil peças, ou dois dias de produção. Após este período, ocorre um desgaste no material provocando falhas na carimbação.

Figura 2 – Alimentação manual e Máquina de carimbar tipográfica



Fonte: A autoria própria (2014)

O contato da borracha com o clichê nem sempre ocorre da maneira correta, uma vez que a peça esteja mal posicionada na esteira ou se o clichê já estiver apresentando desgaste, resultará em uma impressão falhada. Outro fator é a secagem da tinta de impressão. Mesmo que a tinta possua agentes de secagem rápida, caso a peça ao ser disposta sobre a esteira de embalar tombe com a face carimbada para baixo, também ocasionará falha de impressão.

Após o acompanhamento da produção foi observado que cada linha de carimbar gera, em média, 6 kg de borrachas escolares não conformes, o que representa aproximadamente 1% da produção diária. Devido à tinta usada no processo possuir alguns agentes de secagem rápida, a cada final de turno é necessário que os operadores efetuem a limpeza da máquina, mesmo com a utilização de EPIs adequados para o manuseio da tinta, o operador acaba entrando em contato com solventes e substâncias voláteis.

O processo atual de embalagem é realizado inteiramente de forma manual, o que acaba impactando diretamente na capacidade de produção, visto que a velocidade de operação é ditada pelos colaboradores. Os mesmos são responsáveis pela inspeção visual do produto, ou seja, pela verificação se a impressão está dentro dos padrões de qualidade estabelecidos. Após completada a inspeção visual o produto deve ser acondicionado em sua embalagem de venda. Cada linha de carimbar possui três colaboradores realizando a operação de embalagem das borrachas escolares.

A capacidade de produção de cada linha varia de acordo com o tipo do produto, pois cada item possui tamanhos diferentes e formas de embalagem diferentes. A tabela 1 mostra a capacidade atual de carimbar. Outro fator a considerar é o método de alimentação da linha. O produto A possui alimentação manual, neste caso necessita de um acréscimo de dois colaboradores por linha de produção.

Tabela 1 – Capacidade atual de carimbar e embalar

Produtos	Alimentação	Prod. 8 horas	Qtde. Máquinas	Produção diária	Qtde. Pessoas
A	MANUAL	50.000	3	150.000	15
B	PANELA	67.000	2	134.000	6
C	PANELA	70.000	2	140.000	6

Fonte: Pesquisa de campo (2014)

4.1 Propostas de melhorias na linha carimbar

4.1.1 Substituição do método de carimbar

Após analisar o processo de carimbar, identificou-se que o mesmo gera uma quantidade significativa de produtos com defeitos de impressão, devido ao contato entre o produto e o clichê de gravação. Neste caso, para que o item possa ser reaproveitado é necessário retornar para a etapa de lixação, o que acaba gerando retrabalho. Também foi observado que o processo possui algumas limitações de gravação, e principalmente, que o mesmo não atende rapidamente as necessidades de mercado, visto que é necessária uma semana para a confecção de um clichê.

Com base neste levantamento de dados, iniciou-se a procura por tecnologias existentes que pudessem substituir o método atual. O primeiro teste foi realizado em uma impressora de jato de tinta convencional, junto com o canhão datador, que é responsável pelo disparo da tinta. O teste resultou em um produto que não atende aos requisitos de qualidade da empresa.

O segundo teste foi realizado em um equipamento que imprime através da utilização de cartucho de tinta. Porém devido à quantidade limitada de caracteres a impressão precisaria ser dividida em duas partes, dificultando a operação e não oferecendo a qualidade desejada.

Um terceiro teste foi realizado em um equipamento de impressão por jato de tinta de alta performance, que poderia atender ao nível de qualidade exigido. Entretanto por se tratar de um equipamento novo, a ser desenvolvido, os testes foram realizados em um equipamento semelhante, já utilizado para impressão de régua escolares, com pequenas adaptações. O resultado mostrou uma impressão de melhor qualidade. Outra vantagem percebida nas amostras foi a não necessidade de lavar e secar as peças após o processo de lixação.

De acordo com a Norma NBR15236:2012 (segurança de artigos escolares) foram efetuados pela empresa SGS os ensaios de toxicologia nas amostras do projeto, onde os resultados se encontraram dentro dos critérios estabelecidos pela norma, ou seja, a amostra pode ser considerada atóxica. A velocidade máxima de impressão neste equipamento é de 21 metros por minuto a 360 dpi, o que resulta em aproximadamente 840 borrachas escolares por minuto ou 50.400 borrachas hora.

4.1.2 Automação do embalamento dos produtos B e C

Após analisar o volume de vendas do ano de 2013, observou-se que os produtos de maior representatividade são os itens B e C. Neste caso, elaborou-se primeiramente uma proposta de automatização da carimbação e embalamento somente para estes itens. Para a escolha das linhas para automação, também foi considerado o fato dos itens possuírem embalagens de venda com as mesmas dimensões, o que acaba unificando o projeto.

Diante do exposto partiu-se da premissa de que a automação deverá substituir os esforços repetitivos que os colaboradores executam durante a jornada de trabalho de oito horas. Como os itens em questão já possuem sistema de alimentação por panela vibratória, será necessária a aquisição de um novo dispositivo de alimentação visto que o mesmo já opera no limite de sua capacidade de produção. Porém o embalamento é manual, e este sim deve ser automatizado.

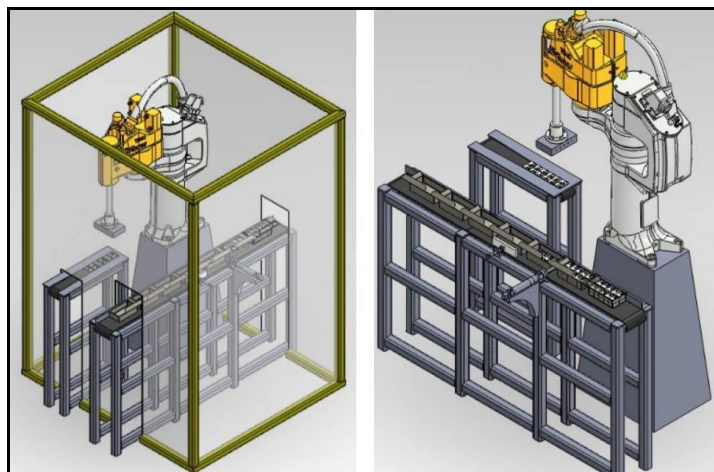
Levando em consideração que o peso de cada borracha escolar é pequeno, aproximadamente 10 gramas, e que o percurso que o mesmo deverá percorrer é curto, testou-se um robô manipulador, que obteve sucesso no desempenho da tarefa. Além do robô, a célula deverá ser composta por outros dispositivos que farão parte do ciclo de trabalho.

Contudo, visto que os colaboradores não serão mais responsáveis diretamente pela inspeção de qualidade, será necessário que a célula possua algum dispositivo que seja capaz de descartar a borracha que apresentar alguma incoerência com o padrão da empresa. Para isso, será acoplado a linha de carimbar um sistema de visão, com processamento de imagem em alta velocidade, capaz de efetuar o descarte através de um jato de ar direcionado especificamente na borracha que apresentar defeito.

Para acondicionamento das peças na caixa, verificou-se que a melhor forma de otimizar o trabalho do robô é por camadas. Como o robô necessita de 3 segundos por movimento, serão necessários doze segundos para o preenchimento de uma caixa com 40 peças, que estão subdivididas em 4 camadas de 10 peças cada.

De acordo com a NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, o operador não deverá possuir acesso as parte móveis do equipamento. Como o robô possui uma grande quantidade de movimentos, será necessário o seu isolamento. A figura 3 representa o conceito de célula de carimbar isolada em uma cabine de acrílico.

Figura 3 – Conceito de célula



Fonte: Autoria própria (2014)

4.1.3 Alimentação do produto A

Devido ao seu tamanho superior aos demais, o produto A só pode ser carimbado em máquinas cujo o processo de alimentação seja manual, pois o sistema de panela vibratória atual é ineficiente. Porém, após algumas pesquisas, identificou-se um equipamento com tecnologia superior ao atual, capaz de alimentar 270 peças por minuto.

4.2 Capacidade de produção do projeto e projeção de custos

De acordo com as alterações propostas, a capacidade de produção das linhas de carimbar e embalar para os produtos A, B e C passaram por um incremento, conforme ilustrado na tabela 2. Para a definição das novas capacidades de produção baseou-se no ciclo de movimento do robô manipulador para os itens B e C. Já para a definição da capacidade projetada para o item A baseou-se na capacidade de alimentação por panela vibratória, visto que não foi proposto o embalamento automático para este produto.

Tabela 2 – Capacidade proposta de carimbar e embalar

Produtos	Embalamento	Prod. 8 horas	Qtde máquinas	Qtde pessoas
A	MANUAL	70.000	1	3
B	ROBÔ	96.000	1	3
C	ROBÔ	115.200	1	3

Fonte: Pesquisa de campo (2014)

Para a alimentação do item A propôs-se a aquisição de uma panela vibratória, reduzindo assim dois colaboradores nesta linha. Já para os itens B e C mantem-se a quantidade de colaboradores atuais, pois os mesmos serão responsáveis pelo gerenciamento das linhas. A tabela 3 mostra a comparação das capacidades de produção atual e proposta.

Tabela 3 – Capacidade de produção atual x projetada

Produtos	Embalamento	Capacidade Atual	Capacidade Proposta	Diferença
A	MANUAL	50.000	70.000	40%
B	ROBÔ	67.000	96.000	43%
C	ROBÔ	70.000	115.200	65%

Fonte: Pesquisa de campo (2014)

Em posse das projeções das novas capacidades de produção, vinculadas as alterações dos tempos e redução do número de colaboradores envolvidos, formulou-se um novo custo para os produtos. Observou-se uma redução no percentual significativa no custo do produto, sendo 9,59% para o produto A, 7,50% para o produto B e 12,23% para o produto C.

5. Conclusão

Com a observação do processo produtivo, foi possível levantar os dados referentes à produtividade e quantidade de produtos não conformes de cada linha de produção. Em posse dos destes dados elaborou-se três propostas que resultam no aumento da capacidade de produção e agilidade de resposta às necessidades do mercado.

Como proposta para readequação da alimentação de linha de carimbar e embalar da borracha escolar A, efetuou-se um teste com o alimentador por panela vibratória. Os resultados mostraram um acréscimo de 40 % na capacidade de produção, redução de dois colaboradores e redução de 9,59% do custo final do produto

Em relação à proposta de automação do embalamento da borracha escolar B e C, elaborou-se um projeto de célula automatizada para a realização do embalamento. Como resultado, chegou-se a um acréscimo de 43 % na capacidade de produção do produto B e 65% no C, redução de 7,50 % do custo final para o produto B e 12,23% no C.

Para a linha de carimbar e embalar dos três produtos, elaborou-se uma proposta para substituição do método de carimbação vigente. Neste caso foi apresentado o método de carimbação por jato de tinta, que não apresenta um acréscimo na capacidade de produção, porém proporcionará a empresa alguns benefícios, como: eliminação do processo de limpeza da máquina a cada final de turno; eliminação dos clichês; possibilidade de alteração rápida da arte a ser gravada; melhoria na qualidade da gravação; redução da exposição do colaborador à solventes e substâncias voláteis; eliminação do processo de lavagem e secagem da peça, visto que o processo consegue imprimir sobre a superfície da borracha apenas lixada.

Portanto, a automação mostrou-se uma opção atraente no que se refere ao embalamento. Pois através dela será possível aumentar a capacidade de produção sem que haja um acréscimo de

mão de obra, e mesmo que não mensurado neste trabalho, ocorreria uma redução dos riscos ergonômicos devido a esforços repetitivos aos quais os colaboradores não executarão mais.

Assim, a substituição do método de carimbar aponta para uma maior qualidade de impressão dos produtos, bem como uma agilidade de resposta as necessidades de mercado, visto que não será necessária a confecção de clichês para a gravação. Entretanto, mesmo que os testes realizados apresentaram resultados satisfatórios, e que os ganhos desta natureza tendem a gerar tomadas de decisão mais seguras, é de suma importância ressaltar que os resultados irão ser validados de forma gradativa, pois será necessário o acompanhamento minucioso de todo o processo de implementação deste novo conceito dentro da empresa. Também será necessário muito treinamento e desenvolvimento dos colaboradores envolvidos.

Referências

BORRACHA, A. M. L. G. **Laboratório Remoto de Automação Industrial**. 2012. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.

CAPELLI, A. **Automação Industrial**: uma introdução. 2. ed. São Paulo: Editora ÉRICA, 2009.

DA CAS, F.; DA SILVA, M. G.; DA LUZ, D. F.; PACHECO, D. A. J. Implicações da redução de setup na produtividade da indústria farmacêutica. **Revista GEINTEC**, v. 5, n. 1, p.1764-1779, jan./mar. 2015.

DE PAULA, M.A.B.; SANTOS, E.A.P. Uma abordagem metodológica para o desenvolvimento de sistemas automatizados e integrados de manufatura. **Revista Produção**, v. 18, n. 1, p.8-25, jan./abr. 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

GROOVER, M.P. **Automation Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing**. New Jersey: Editora Prentice Hall, 2001.

GUTIERREZ, R.M.V.; PAN, S.S.K. **Complexo Eletrônico**: Automação do Controle Industrial, 2008. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2807.pdf> Acesso em: 15 abr. 2014.

KLAFTER, R.; CHMIELEWSKI, T.; NEGIN, M. **Robotic Engineering, an Integrated Approach**. Londres: Editora Prentice Hall, 1989.

MARCAL, L.F.; GUIMARAES, M.P.; RESENDE, A.A. Automatização de uma termoformadora visando melhorias no processo produtivo de uma empresa fabricante de peças termoplásticas para o setor automobilístico. In: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Salvador, 2013.

MARTINS, G. M. **Princípios de Automação Industrial**. Apostila da disciplina de automação industrial da UFSM, Santa Maria, 2012, Disponível em: <http://coral.ufsm.br/desp/geomar/automacao/Apostila_032012.pdf> Acesso em: 20 abr. 2014.

MILAN, G.S.; PRETTO, M.R.; BASSO L.C. Um estudo de caso sobre o funcionamento de um armazém automatizado. **Revista REAd**. v. 13, n. 1, jan./abr. 2007.

- MORAES, C.C.; CASTRUCCI, P.L. **Engenharia de Automação Industrial**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2007.
- NATALE, F. **Automação Industrial**. São Paulo: Editora Erica, 2003.
- NAVARRO, D. A. Estudo dos fatores para avaliação de projetos na gestão de portfólio em uma empresa de bens de consumo. **Revista de Gestão e Projetos**, v. 3, n. 3, p. 291-307, set./dez. 2012.
- PEREIRA, R. M.; SPRITZER, I. M. P. A. Automação e digitalização em subestações de energia elétrica: um estudo de caso. **Revista Gestão Industrial**. v. 3, n. 4, p. 147-160, 2007.
- PEREIRA NETO, É.; PAIVA, V.W.M.M.C.; MEZA, E.B.M.; VIANNA, D.S. Aplicação do método AHP clássico na escolha de um modelo de controlador lógico programável (CLP) para a instalação em um novo projeto de plataforma marítima. In: X Congresso Nacional de Excelência em Gestão. **Anais...** Rio de Janeiro, 2014.
- ROMANO, V. F. **Robótica Industrial**: Aplicação na indústria de manufatura e processos. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2002.
- ROSÁRIO, J. M. **Princípios de Mecatrônica**. São Paulo: Editora Prentice Hall, 2005.
- SANTOS, A. R. **Metodologia Científica**: a construção do conhecimento. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora DP&A, 2000.
- SANTOS, J. J. H. **Automação Industrial**: o controle do movimento e processos contínuos. Editora LTC, 1979.

Recebido: 27/05/2015

Aprovado: 26/12/2017