



RETROFIT DE UMA PRENSA HIDRÁULICA UTILIZADA NO PROCESSO DE VULCANIZAÇÃO DE BUCHAS PARA IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS

Marlon dos Santos Serafim¹

Joelson Vieira da Silva²

Eron da Silva³

Vladimir Hardenias Gaidzinski⁴

Resumo: A necessidade de minimizar investimentos e gastos na solução de problemas e renovação do ambiente fabril, faz com que se busque alternativas onde a limitação econômica seja fundamental. Nesse contexto, o processo conhecido como *retrofitting* surge como uma opção em que a relação custo x benefício, na maioria das vezes, tem se mostrado bastante eficiente. Neste estudo, será dado um enfoque no processo de *retrofit* em uma prensa hidráulica, utilizada no processo de vulcanização, demonstrando a viabilidade para a modernização da planta industrial, com garantia de melhores resultados, e possibilidade de gerenciamento dos dados do processo. Para isso foi feito um levantamento das propriedades do equipamento, e da necessidade da empresa, para que a modelagem e otimização, atendessem da melhor maneira possível o processo de produção. A execução da automatização foi feita utilizando-se um CLP (Controlador Lógico Programável) modelo CLP 4004 produzido pela empresa Schneider Electric, com programação feita na linguagem *Ladder*. Foram acrescentados outros recursos como *IHM* (Interface Homem-Maquina) e dispositivos elétricos a fim de permitir que o equipamento desempenhe sua função de acordo com o que foi estabelecido. A atividade também exigiu um estudo sobre o processo de formação e vulcanização da borracha, e adequação do equipamento a norma regulamentadora NR12. O resultado desse desenvolvimento proporcionou o aumento de produtividade, com redução do retrabalho, riscos operacionais e com investimento reduzido.

Palavras-chave: *Retrofit*; Prensa hidráulica; Vulcanização; CLP; IHM.

1 INTRODUÇÃO

Há tempos o homem faz uso da força mecânica para desenvolver ferramentas e utensílios para seu uso. Com o passar do tempo surgiu a necessidade de tornar o processo mais ágil e assim surgiram as primeiras máquinas automáticas.

¹ Graduando em Tecnologia em Automação Industrial. E-mail: marlonsserafim@hotmail.com

² Prof. do Centro Universitário UNISATC. E-mail: joelson.silva@satc.edu.br

³ Prof. do Centro Universitário UNISATC. E-mail: eron.silva@satc.edu.br

⁴ Prof. do Centro Universitário UNISATC. E-mail: vladimir.gaidzinski@satc.edu.br



Com isso, surgiu a automação eletromecânica, e com esse tipo de automação avançou-se e se desenvolveu muito a produção na indústria.

Com o avanço da eletrônica, o processo de automação ficou cada vez mais presente. A criação do CLP (Controlador Logico Programável) e IHM (Interface Homem Máquina) conseguiu reduzir consideravelmente os tamanhos dos painéis elétricos, ter maior confiança no processo e proporcionou também uma manutenção mais rápida e eficiente, pois toda lógica a relé foi substituída pelo CLP.

Neste cenário, surgiu a necessidade de atualizar as máquinas que já não possuíam tecnologia moderna, dando origem ao termo *retrofit*. A palavra *retrofit* é utilizada em muitos meios e "*retrofit* é a junção dos termos "*retro*", oriundo do latim, cujo significado é "movimentar-se para trás", e "*fit*" do inglês, que significa adaptação, ajuste" [1]. Com isso entendemos que *retrofit* é a ação da transformação ou melhoria de um objeto, e que o mesmo volte a ter as características para que foi projetado, ou modificá-lo ao ponto de fazer um novo processo.

Este artigo tem por objeto mostrar que o *retrofit* pode ser uma alternativa para máquinas que já estejam tecnologicamente atrasadas ou em desuso, uma vez que atualizando o sistema, poderão manter sua função original, com uma melhora de qualidade, repetibilidade e maior eficiência energética, ou modificá-la para fazer outro processo garantido qualidade e segurança.

Seguindo esta visão o presente estudo relata o desenvolvimento do *retrofit* do sistema elétrico de uma prensa hidráulica para o processo de vulcanização, na fabricação de buchas para implementos rodoviários.

O primeiro ponto do projeto foi selecionar os maquinários para esse processo, optando-se por comprar prensas hidráulicas para vulcanização em leilão, porém, essa decisão, estabeleceu a necessidade de executar alterações (*retrofit*) para adaptação ao processo proposto. A tarefa se fez necessária tendo em vista que essas prensas hidráulicas eram utilizadas na fabricação de produtos totalmente distintos daqueles que seriam produzidos.

Esse projeto teve início com a necessidade de produzir na própria empresa, as buchas para os implementos rodoviários produzidos nesta fábrica, com a finalidade de reduzir a dependência de terceiros, reduzindo custos e aumentando a competitividade no mercado brasileiro e no Mercosul



2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O estudo e desenvolvimento do artigo demandou pesquisas sobre o processo de fabricação de buchas, bem como buscar conhecimento sobre o CLP, IHM, vulcanização, *retrofit*, eficiência energética e normas regulamentadoras NR12. Com esses conhecimentos pôde-se produzir o presente trabalho, bem como desenvolver o processo na prática.

2.1 CLP (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL)

O controlador lógico programável, conhecido também por suas siglas CLP ou CP (Controlador Programável) e pela sigla de expressão inglesa *PLC* (*Programmable Logic Controller*). O CLP surgiu na década de 60 na indústria automobilística, com a finalidade de resolver um problema na troca da linha de montagem. Essa dificuldade surgia, no momento em que ocorria a mudança de modelo ou de alguma característica dos automóveis, forçando a mudança da lógica eletromecânica existente, despendendo muito tempo e custos para cada mudança.

Sendo assim, iniciaram-se as pesquisas para criar um controlador que resolvesse esse problema. O engenheiro eletricista Richard Morley liderou um projeto para criar um controlador que resolveria os problemas dos circuitos a relé.

No fim da década de 1960 a Bedford Associated, lançou o primeiro dispositivo com nome de MODCON (*Modular Digital Controlle*), que se tratava de um computador de uso específico. Posteriormente, MODCON passou a ser o nome da divisão que vendia esses computadores.

Podemos considerar o CLP como um sistema eletrônico de uso industrial e predial, que possui interação com entradas e saídas, bem como sensores e atuadores. É capaz de executar um processo que foi programado em sua memória, como lógica, sequencial, temporização, contagem e aritmética, para atuar com suas entradas e saídas digitais ou analógicas, comandando vários tipos de máquinas e processos, tanto na indústria como no sistema predial [2, 3].



2.2 IHM (INTERFACE HOMEM-MÁQUINA)

A sigla IHM significa Interface Homem-Máquina, ou Interação Homem-Máquina, ou com a sigla inglesa, *HMI (Human-Machine Interface)*. IHM é o meio pelo qual o homem se comunica com a máquina, interagindo, adicionando informações para que o equipamento funcione de maneira adequada para o processo em questão. Além disso fornece informação do processo em tempo real e alarmes. Existem uma variedade de modelos de IHM no mercado, desde a mais simples até a mais completa, existe também os modelos que incorporam IHM e CLP em um único dispositivo.

Com a implementação de uma IHM pode-se reduzir o uso de entradas do CLP, uma vez que essas entradas podem ser usadas pelas teclas físicas do IHM alfanumérico e criadas nos IHM's *touchscreens*. Segundo Cetnarowski e Grams (2013), definem IHM como:

O canal de comunicação entre o homem e o computador, através do qual interagem, visando atingir um objetivo comum." ou ainda: "É o conjunto de comandos de controle do usuário mais as respostas do computador, constituídos por sinais (gráficos, acústicos e tácteis) [1].

A IHM pode ser simples, como os modelos alfanuméricos, que possui um *display* básico com algumas linhas e colunas, e botões com números e letras. E possui também modelos bem mais completos como as IHM's gráficas *touchscreen*, além de um modelo em que o CLP é incorporado ao IHM, onde já existe na própria IHM as entradas e saídas. Existem ainda modelos onde pode-se acrescentar módulos de entradas analógicas.

O uso de IHM cada vez mais é importante para a integração, visualização e modernização do processo, facilitando a aplicação do sistema, por ser uma utilização visual do processo. Isso concede maior segurança, uma vez que o operador terá a sua disposição dados em tempo real, podendo interagir a qualquer momento para uma correção caso aja necessidade [1,4].

2.3 VULCANIZAÇÃO

A borracha, sem o processo de vulcanização perde sua forma muito facilmente no calor, podendo até em dias muito quentes fundir. Em contrapartida, em

dias com temperaturas baixas, pode gerar uma rigidez da borracha, tornando-se muitas vezes quebradiça.

Em 1840 Goodyear descobriu a vulcanização, adicionado enxofre na borracha, com temperatura e tempo controlado. Desta forma, este processo garante forma e flexibilidade mesmo no calor ou frio, evitando os problemas que antes apresentava com a mudança de temperatura. Costa, H. M. et. al definem a vulcanização como:

Vulcanização, palavra derivada da mitologia romana (Vulcano, Deus do fogo e do trabalho com metais), é o termo usado para descrever o processo através do qual a borracha reage com enxofre para produzir uma rede de ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas [5].

O processo de modelagem consiste em depositar a massa de borracha Fig. 1, na matriz exercendo uma pressão e temperatura controlada, por um determinado tempo [5,6,7].

Figura 1: Matéria prima da borracha.



Fonte: Do Autor (2018)

2.4 PROCESSO DE RETROFIT

Retrofit é o processo pelo qual se faz melhorias em máquinas, *software* entre outros, fazendo com que o objeto volte a ter as características originais e melhora no seu rendimento, porém, com tecnologia moderna.



Neste procedimento, deve-se avaliar as condições do equipamento em que será feita a melhoria, para determinar quais componentes não terão a necessidade de serem substituídos. Esse detalhe é importante para que o *retrofit* se torne uma alternativa viável, reduzindo o mínimo possível de investimento e custo de implementação.

O *retrofit* se torna uma opção praticável para as máquinas que se encontram já desativadas, pois com isso coloca-se um patrimônio da empresa novamente na linha de produção. Outra justificativa, se baseia nos problemas em linha de produção, problemas esses como: horas de máquinas paradas, metas não cumpridas, operadores parados e perda de qualidade. Esses são alguns dos problemas frequentes que máquinas trabalhando de modo precário, com um sistema que já passou por várias manutenções e já está defasado elétrica e eletronicamente, costumam apresentar.

Deste modo o *retrofit* se torna alternativa, pois uma vez que, após o processo de melhoria, a linha de produção ou o processo terá uma redução em relação a horas de máquinas paradas e má qualidade do produto, podendo ainda aumentar a produção e conseqüentemente as vendas, bem como o *payback* (retorno do investimento no *retrofit*) acontecerá em pouco tempo [1,8].

2.5 NR12 SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

Em 1978 foi criada a NR12 e entrou em vigor em 2010, contendo os parâmetros mínimos para a segurança do trabalhador e riscos de acidentes em máquinas e equipamentos. O empregador deve garantir que o empregado, mesmo que intencionalmente não se envolva em acidentes. Para garantir o cumprimento da norma e a segurança do trabalhador, devem ser usados meios para esse fim como: sensor de barreira, botoeira bimanual, relés de segurança e enclausuramento mecânico entre outros, caso seja usado proteção mecânica como grades, estas podem ser fixas ou moveis caso seja moveis devem conter sistema de intertravamento. Deve ser observar a melhor necessidade para cada projeto.

Sendo assim este projeto não poderia deixar de estar adequado a esta norma. “As prensas têm sido responsáveis por 36% dos acidentes seguidos de amputação” [9].



3 MATERIAIS E MÉTODOS

O processo para montar a nova linha de produção teve início com a necessidade de produzir buchas e outras peças de borrachas para a linha de montagem. Essas peças, atualmente, são fornecidas por empresas terceirizadas, e com a implantação desta nova célula de produção, a empresa deixaria de depender exclusivamente do seu fornecedor, podendo melhorar ainda mais o produto, e reduzir o custo.

A opção por prensas usadas surgiu da restrição econômica de recursos e pouca experiência nessa linha de produção. Essas prensas já tinham o histórico de trabalharem com vulcanização, e isso foi fundamental para a compra das mesmas.

3.1 ANÁLISE DAS PRENSAS

O procedimento teve início com uma avaliação do equipamento, desenvolvimento do projeto, e análise do material disponível

Inicialmente, foi feita uma análise inicial das condições das prensas, e constatou-se que mecanicamente a prensa estava em boas condições os itens como mangueiras hidráulicas, cilindro hidráulico e as válvulas hidráulicas estavam em boas condições para o processo previsto. A parte elétrica também foi verificada e foi observado que as prensas estavam com o painel sucateado, conforme podemos observar na Fig.2, pois além de um sistema antigo, puramente eletromecânico, não dispunham da maioria dos componentes do mesmo.

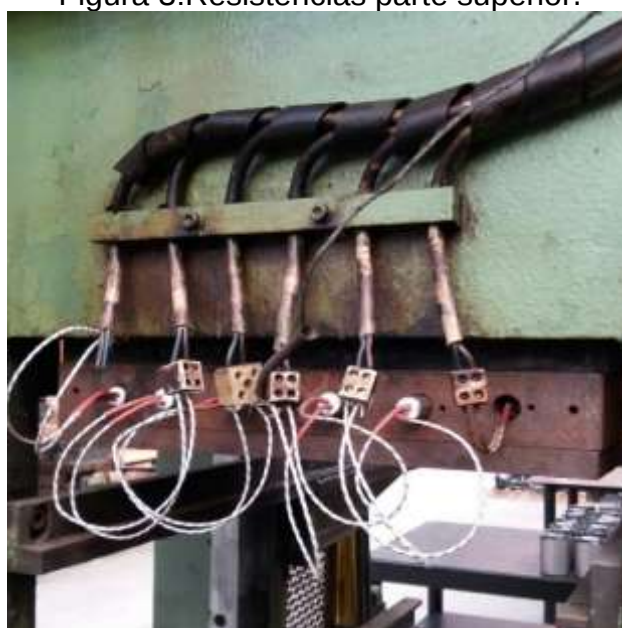
Figura 2: Painel sucateado.



Fonte: Do autor (2018).

Observou-se que possuía 12 resistências de 800 Watts, 6 resistências na parte superior Fig.3 e 6 resistências na parte inferior Fig.4 da prensa para aquecer a matriz e a matéria prima da borracha. Entretanto, algumas das resistências estavam queimadas e foi providenciada a substituição da mesma para o perfeito funcionamento.

Figura 3: Resistências parte superior.



Fonte: Do autor (2018).

Figura 4: Resistências parte inferior.



Fonte: Do autor (2018).

Sendo assim, após essa análise foi feita uma lista de I/O (Entradas e Saídas) Tab. 1, a fim de selecionar o CLP mais adequado ao nosso projeto. Esta verificação permitiu a identificação e a certificação de que o CLP em estoque atenderia à necessidade.

Tabela 1: Lista de I/O (Entradas e Saída).

D.I	TAGS	Descrição
I 100	SP	Sinal pressostato
I 101	SLIM	Sensor limite inferior martelo
I 102	SLSM	Sensor limite superior martelo
I 103	PRENS	Sensor prensada
I 104	SCA	Sensor cilindro atrás
I 105	SCF	Sensor cilindro frente
I 106	SBL	Sinal barreira de luz
I 107	EMER	Emergência
I 110	MSM	Manual Sobe Martelo
I 111	MDM	Manual Desce Martelo
I 112	MCF	Manual Cilindro Frente
I 103	MCA	Manual Cilindro Atrás
I 104	LM	Liga motor
I 105		Reserva
I 106	M.A	Manual/Automático
I 107	S.A	Start Automático

D.O	TAGS	Descrição
Q 180	SM	Sobre Martelo
Q 181	DM	Desce Martelo
Q 182	VP	Válvula prensada

Q 183	CF	Cilindro frente
Q 184	CA	Cilindro atrás
Q 185	M	Liga motor
Q 186		Reserva
Q 187		Reserva

Fonte: Do autor (2018).

3.2 SELEÇÃO DO CLP

O modelo disponível no almoxarifado, trata-se do CLP 4004 da empresa ATOS que em 2007 foi comprada pela Schneider Electric. Esse CLP é modular, possuindo uma gama de módulos para diferentes processos. Foi utilizado ainda, um conjunto composto por 1 bastidor para 4 módulos Fig.4.

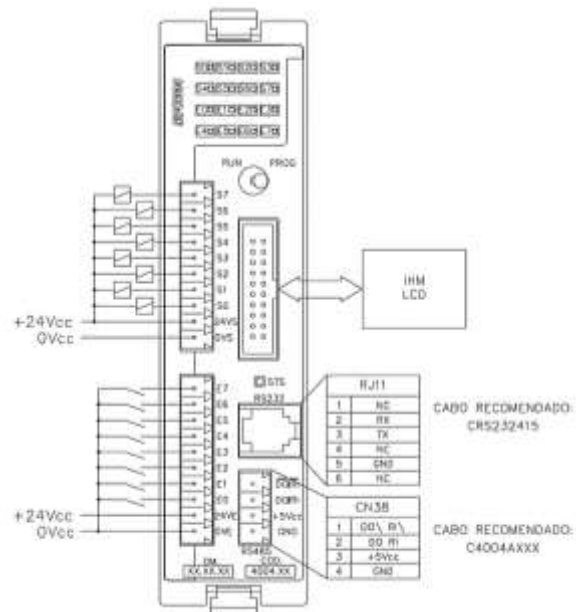
Figura 4: CLP.



Fonte: Do autor (2018).

O Módulo 1 CPU 4004.05r, possui 8 entradas digitais NPN e 8 saídas digitais NPN a transistor, entrada para IHM, interface de comunicação RS232 e RS 485, chave seletora para modo RUN ou PROG e leds para identificação dos I/O's (*Input/Output*), conforme diagrama ilustrado na Fig.4.

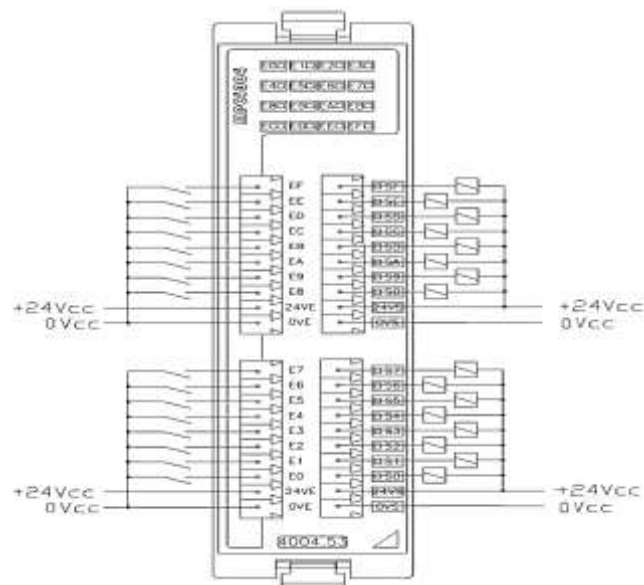
Figura 4: Módulo CPU 4004.05R.



Fonte: [10] Controlador Programável MPC4004 2001

O módulo 2, expansão digital 4004.53, possui 16 entradas digitais e 16 saídas digitais NPN a transistor, alimentação 24Vcc veja Fig.5, este módulo adicional supre as necessidades do projeto com uma boa reserva para futuras alterações.

Figura 5: Módulo de expansão digital tipo N.

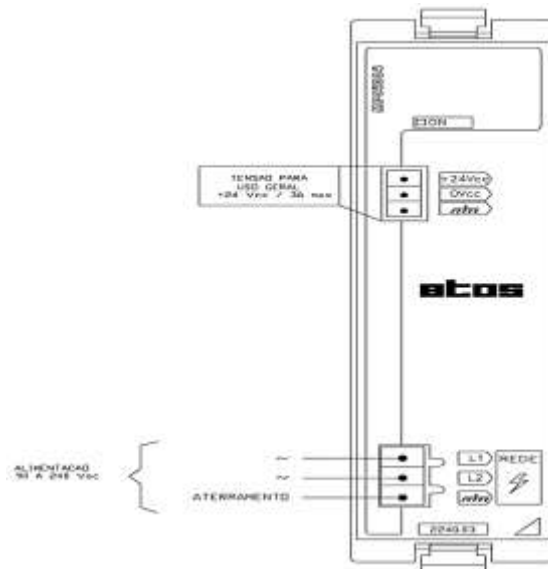


Fonte: [10] Controlador Programável MPC4004 2001

Módulo 3 reserva, para um possível módulo de controle de temperatura.

Módulo 4 Fonte de alimentação 4004.40, entrada de 90 a 253Vac, saída 24Vcc, conforme diagrama da Fig.6.

Figura 6: Modulo fonte chaveada



Fonte: [10] Controlador Programável MPC4004 2001

Nesta proposta foi usado a IHM Atos Interactive 4004P98C, *display* com 2 linhas e 20 caracteres, 04 botões (tecla F) e 10 botões (teclas K) de uso Geral, 1 LED de status, 12 LEDs de sinalização de uso geral e 1 LED para indicar tecla LOCK ativa, conforme pode ser visto na Fig.7.

Figura 7: IHM Interactive Atos.



Fonte: Do Autor (2018).



Deste modo, usando os componentes disponíveis em estoque, tornamos o projeto muito mais viável, uma vez que reduz o custo, e tempo do processo de *retrofit*.

3.3 ITENS APROVEITADOS DO PAINEL ELÉTRICO

O painel da prensa já possuía dois controladores de temperatura da empresa Novus, sensor de temperatura tipo J, e resistências de 800 W tubular.

A temperatura da parte superior e inferior da prensa é monitorada por um controlador de temperatura para cada uma das partes, contando ainda com 6 resistências elétricas, num total de 12.

Para controlar a temperatura foi usado o controle *on/off*, em função das suas características simples e suficientes para nosso projeto.

Decidiu-se usar esses itens que já se encontravam instalados na prensa, por estarem em perfeito funcionamento e se enquadrarem no projeto, evitando assim perder tempo com processo de compra e instalação.

3.4 DESCRIÇÃO DO PROCESSO E INÍCIO DA PROGRAMAÇÃO

Após identificarmos todos os fios e cabos, iniciou a programação do CLP e IHM. Devido à pouca experiência com esse modelo de CLP e IHM, iniciamos com a leitura do manual do CLP e IHM, identificando suas particularidades como forma de endereçamento, além de ter em mãos a lista I/O. Tivemos uma descrição do processo pelo operador que possui conhecimento na fabricação deste tipo de peça, chegando-se então em uma lógica de funcionamento.

O processo inicia com o aquecimento das duas partes da matriz apresentada na Fig.6, a uma temperatura de 150 °C. Posteriormente, a bucha de metal com a matéria prima de borracha Fig.8 são inseridos na matriz, e após pressionar o botão bimanual de início de ciclo, a matriz é fechada pela ação hidráulica da prensa. Neste momento a prensa deve retirar o ar do interior da borracha, fazendo o processo de fechar e abrir a prensa na quantidade de vezes selecionada pelo operador. Este processo possui o nome de degreasagem (processo pelo qual retira-se o ar do interior da massa de borracha). Em seguida, a prensa fecha a matriz e aplica

uma pressão aproximada de 5 toneladas sobre o material, mantendo pressionado por um tempo definido pelo operador via IHM. Esta etapa possui o nome de vulcanização, e após esse período, a matriz se abre e a peça está pronta.

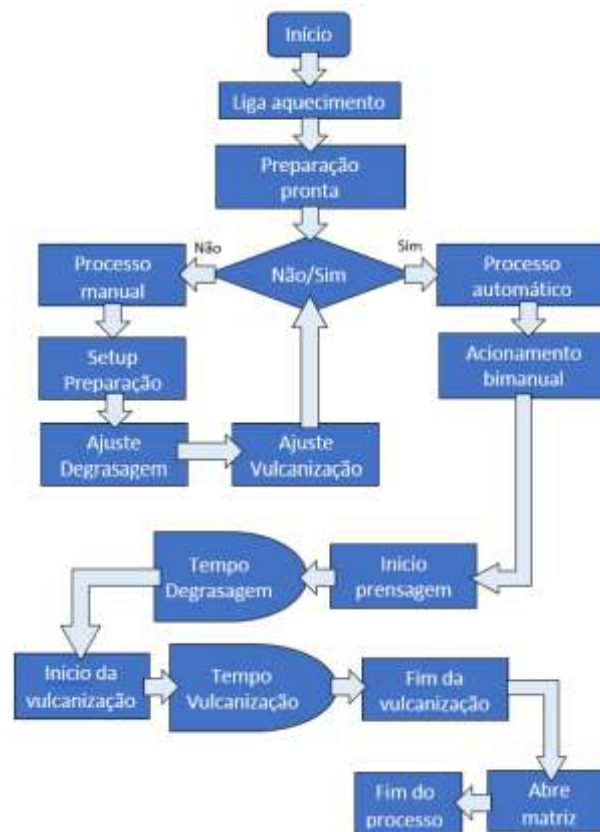
Figura 8: Parte superior e inferior da matriz.



Fonte: Do Autor (2018).

De posse da lista de componentes (I/O) e com a lógica de funcionamento, foi criado um fluxograma do processo, conforme Fig. 9, e iniciou-se a programação, que empregou 3 horas, e obteve-se um programa para teste.

Figura 9: Fluxograma do sistema



Fonte: Do Autor (2018).

Após a transferência do programa para o CLP e IHM que usa a linguagem Ladder (é uma linguagem de baixo nível utilizada para programar CLPs) e possui 178 linhas, foi dado início a instalação de todo o sistema elétrico, instalou-se o CLP e IHM, os componentes de segurança como Barreira de luz e relé de segurança para barreira de luz conforme Fig.10 e também o enclausuramento mecânico.

Figura 10: Relé de segurança para barreira de luz.



Fonte: Do autor (2018).

Botão bi manual e relé bi manual Fig.11 e botão de emergência para garantir a segurança do operador e atender a norma NR12.

Figura 11: Relé bi manual.



Fonte: Do autor (2018).

Com todo sistema elétrico instalado, iniciou o primeiro teste com a programação.

Após acompanhar o funcionamento e realizar alguns testes no modo manual, concluiu-se que o programa estava funcionando como previsto, e executando todos os movimentos manuais, como: sobe e desce do martelo. Foi testado neste momento o sistema de segurança, barreira de luz e botão de emergência e os mesmos funcionaram perfeitamente.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A observação do equipamento em fase de testes, após a programação e instalação dos componentes, permitiu verificar que, no modo automático, alguns itens deveriam ser alterados para garantir uma melhor performance do projeto. Foi constatado que o limite de fechamento da prensa não estava acontecendo permanentemente no mesmo ponto. Em função dos limites de cilindro alto, prensada e cilindro baixo, serem acionados por chaves fim de curso, não existia uma repetibilidade em relação a pressão sobre a peça, pois a chave fim de curso não aciona sempre no mesmo ponto. Essa diferença era de poucos milímetros, mas o suficiente para não deixar garantir repetibilidade.

Diante deste primeiro problema, foi efetuada a troca da chave fim de curso Fig. 12 que acionava quando a matriz fechava, por um pressostato, apresentado na Fig.13, garantindo assim uma melhor repetibilidade.

Figura 12: Chave fim de curso.



Fonte: Do autor (2018).

Figura 13: Pressostato.



Fonte: Do autor (2018).

Deste modo após a substituição, foi feito um novo teste, e desta vez o fechamento da matriz foi perfeito, uma vez que com o pressostato, o fechamento da matriz se faz por pressão, e não por posição usando a chave fim de curso.

Após estas correções e a verificação do perfeito funcionamento das lógicas de programação, iniciou-se a produção do primeiro lote de buchas, após algumas correções nos tempos de degasagem e vulcanização, saiu a primeiro lote de peças conforme pode ser observado na Fig.14.

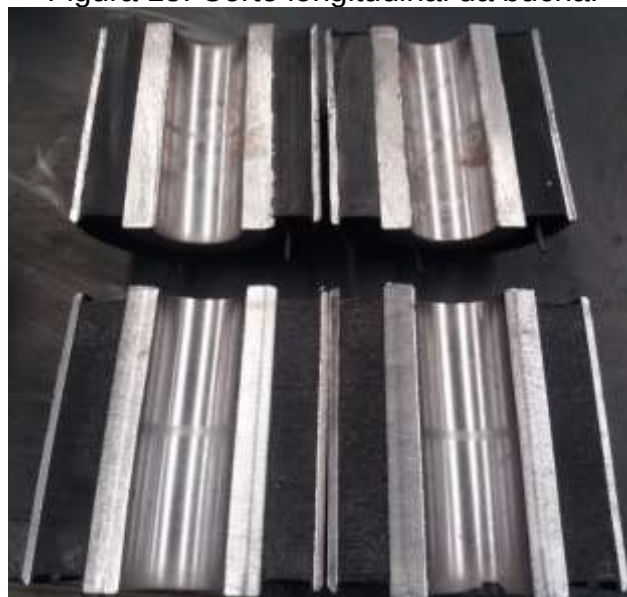
Figura 14: Primeiro Lote de peças.



Fonte: Do autor (2018).

Após a produção do primeiro lote de buchas, as mesmas foram cortadas conforme Fig.15, para análise das condições do produto. Na análise, verificou-se que as buchas se encontravam bem compactadas, e não possuíam formação de bolhas de ar, que seria um agravante para a resistência mecânica da peça

Figura 15: Corte longitudinal da bucha.





Fonte: Do autor (2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após todos os processos concluídos, observou-se que o *retrofit* da prensa foi a opção adequada para a empresa, uma vez que o custo não foi muito elevado, se comparado a compra de uma prensa nova, e por conseguirmos usar os principais componentes disponíveis em estoque, e como estes item não são peças de reservas para outras máquinas, sendo assim sem a necessidade de repor o estoque.

Foram feitos testes de tração e a bucha produzida pelo novo processo suportou o limite da prensa de 9 toneladas. A empresa agora está buscando qualificar o produto junto as entidades responsáveis, e desta forma, certificando a qualidade do produto.

Com o início da produção de buchas de borracha na empresa, foi possível produzir um volume que supre as necessidades diárias de produtividade. Assim a dependência de terceiros foi eliminada, bem como a necessidade de manter um estoque elevado de buchas, uma vez que agora pode-se gerenciar melhor a produção e produzir a quantidade necessária para atender a demanda da fábrica.

REFERÊNCIAS

- [1] CETNAROWSKI, Enrique; GRAMS, Cassiano A. **Retrofit em Máquinas Industriais**: estudo de caso. 2013. 61. f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba 2014.
- [2] Franchi, Claiton Moro. **Controladores Lógicos Programáveis** - Sistemas Discretos / Claiton Moro Franchi, Valter Luís Arlindo de Camargo. - 1. ed. - São Paulo: Érica, 2008. Franchi, Valter Luís Arlindo de Camargo. - 1. ed. - São Paulo: Érica, 2008.
- [3] Rosário, João Mauricio. **Automação Industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009.
- [4] SIQUEIRA, Desireê et al. **Automação, Controle e Supervisão de Um Tanque de Mistura e Homogeneização de Alto Desempenho com PLC e IHM**. 1. ed. Universidade Federal do ABC: [s.n.], [2015?]. 12 p.
- [5] Costa, H. M. et al. - **Aspectos históricos da vulcanização**:12/02/2003.



[6] SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Fabricação de matrizes para solado**. -São Paulo: SENAI-SP. 2014.

[7] CLAVELARIO, Renato Ferreira. **PROCESSAMENTO DE ELASTÔMEROS NA FABRICAÇÃO DE PNEUMÁTICOS**. -Rio de Janeiro: UEZO Centro Universitário da Zona Oeste. 2012.

[8] Goes, Alan Ribeiro Gomes. **Modernização da Proteção de Sistema Elétricos de Potência**. Rio de Janeiro. Abril de 2013.

[9] MORAES, Giovanni. **Normas regulamentadoras comentadas e ilustradas**. 8. ed. Rio de Janeiro: Livraria Virtual, 2014.

[10] Controlador Programável MPC4004 Ref. 3-0019.210 Manual Rev. 2.10 agosto/2001.