

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAMPUS PONTA GROSSA

FERNANDO DOS SANTOS

THIAGO ELOIZIO ALMEIDA

**DESENVOLVIMENTO DE ESTAÇÃO AUTOMATIZADA PARA SECAGEM DE
MOLDES UTILIZADOS NA VULCANIZAÇÃO DE BORRACHA**

PONTA GROSSA - PR

2014

FERNANDO DOS SANTOS

THIAGO ELOIZIO ALMEIDA

**DESENVOLVIMENTO DE ESTAÇÃO AUTOMATIZADA PARA SECAGEM DE
MOLDES UTILIZADOS NA VULCANIZAÇÃO DE BORRACHA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do curso superior Tecnologia em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Fernanda Cristina Corrêa

PONTA GROSSA - PR

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
Diretoria de Graduação e Educação Profissional



TERMO DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE ESTAÇÃO AUTOMATIZADA PARA SECAGEM DE
MOLDES UTILIZADOS NA VULCANIZAÇÃO DE BORRACHA

por

FERNANDO DOS SANTOS

THIAGO ELOIZIO ALMEIDA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 17 de Fevereiro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof.^a Dr.^a Fernanda Cristina Corrêa
Prof.^a Orientadora

Prof.^o Msc. Frederic Conrad Jansen
Membro Titular

Prof.^a Msc. Marcella Scoczynski Ribeiro Martins
Membro Titular

Eu, Fernando, dedico à Hellen, que me
ensinou a amar.

AGRADECIMENTOS – Fernando dos Santos

A meus pais, por me darem a chance de que precisava para ser o que quisesse, com a única obrigação de ser feliz.

Aos Ramones, por me mostrarem que até mesmo alguém como eu pode ter uma banda, e conhecer o mundo.

À Cherry, por sua companhia distante, e confidencialidade confortadora.

À Jéssica Polon, pela lição de liberdade, por seu olhar e seu sorriso, e também por seus pensamentos.

À Chuck Palahniuk, pelo livro que me ensinou que sou ou único capaz de mudar minha própria vida, e que não tenho nada a perder fazendo isso.

À todos os meus professores e professoras, desde a pré-escola, até a graduação, pelo conhecimento sem o qual não seria quem sou hoje.

Agradecimentos – Thiago Almeida

Agradeço primeira pela oportunidade de viver, e que por mais difícil que seja as batalhas, eu seja capaz de vencê-las.

Agradeço aos ensinamentos inspiradores de Siddhartha Gautama, que tive oportunidade de estudar e encontrar toda a segurança necessária para continuar seguindo cada dia, vivenciando o agora.

Ao AC/DC, por ser uma das maiores fontes de energia possível desse planeta, cada trilha sonora para uma vida.

A minha futura mulher, Daniele, por ser meu porto seguro e me dar todo carinho, conforto e amor incondicional desse mundo.

A meus Pais. Não deve ter sido fácil criar alguém com uma mente tão insana e sem lógica como eu.

A minhas queridas irmãs, Talita e Ticyane. A primeira por ser a mais chata irmã, e por todas as memoráveis brigas que irmãos tem quando criança, mas ao virarem adultos, se tornam uma das partes mais importantes e seguras da vida. A segunda, por ser uma criança maravilhosa e me lembrar todo dia como é importante manter a luz, pureza e inocência dentro do coração para continuar seguindo o caminho correto na vida.

Não posso esquecer dos meus avôs, vó Antonia e vô Eloizio, e da vó Geza. Se cheguei ao final dessa caminhada, vocês foram parte importante dela.

Ao pessoal da Nova Acrópole, em especial a Tânia e ao meu mestre Cicero, por em cada aula me mostrarem a importância de nosso Legado: Não há nada superior à verdade!

A todos os professores que me guiaram e apoiaram nessa trajetória.

Porque como diria Oscar Wilde: "Tenho amigos para saber quem eu sou. Pois os vendo loucos e santos, bobos e sérios, crianças e velhos, nunca me esquecerei de que "normalidade" é uma ilusão imbecil e estéril".

Que eu nunca me sinta completo.

Que eu nunca esteja satisfeito.

Que eu nunca seja perfeito.

PALAHNIUK, Chuck, 1996

RESUMO

SANTOS, Fernando; ALMEIDA, Thiago Eloizio. **Desenvolvimento de estação automatizada para secagem de moldes utilizados na vulcanização de borracha.** 2014. 71 Páginas . Trabalho de Conclusão de Curso. (Tecnologia em Automação Industrial), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.

O processo produtivo industrial, de modo geral, sofre diversas perdas. Algumas delas, inerentes ao processo, muitas vezes são necessárias para garantir a qualidade do produto final. Outras de mais difícil detecção, e, muitas vezes sem ligação direta com o produto, acabam por ser absorvidas pelo fluxo de produção, ou camufladas por perdas mais impactantes que acabam decorrendo no mesmo estágio de produção. O escopo do presente estudo é a eliminação da causa de uma perda no processo, que de maneira não muito clara, mas ainda assim lógica, impacta negativamente na produtividade: A secagem de moldes utilizados no processo de vulcanização de borracha para produção de correias de perfil multi-V. Na ausência de um sistema específico, o processo de secagem era feito nas estações de vulcanização, de modo que a mesma deixava de produzir. Efetuando a cronometragem do tempo de máquina parada em função da secagem, observou-se a relevância desta perda somada ao tempo médio de parada de máquina mensal por estação de vulcanização. Desse modo, o estágio do processo impactado foi estudado, e mediante a definição da real necessidade, foi proposta uma solução, qual consiste no desenvolvimento de uma estação de secagem de moldes automatizada. O projeto foi elaborado conforme os recursos disponíveis na planta, e o vapor foi selecionado como meio de aquecimento do molde para secagem. Os custos foram levantados, apresentados e, definida a viabilidade do projeto, sua execução e testes foram documentados. Finalmente, o impacto no processo produtivo foi então avaliado e também registrado, concretizando o real benefício da implementação da solução proposta.

Palavras-chave: Melhoria do processo, produtividade, secagem automatizada.

ABSTRACT

SANTOS, Fernando; ALMEIDA, Thiago Eloizio. **Development of automatic drying station for moulds utilized in rubber vulcanization process.** 71 Pages. 2014. Graduation Assignment Paper. (Industrial Automation Technology), Federal University of Technology - Paraná. Ponta Grossa, 2014.

The industrial productive process, in a general way, has several losses. Some of them, inherent to the process, often are necessary to guarantee the final product's quality. Others more hardly detected, and, mostly of the times without direct link with the product, end up by being absorbed by the production flow, or camouflaged by more impacting losses, which happens to occur in the same stage of production. The scope of the present study is the elimination of a loss source in the process, which in a not so clear way, but still logic, impacts negatively in the productivity: the drying of molds utilized in the vulcanization process for V-ribbed belts. Without a specific system, the drying process was made in the vulcanization, so that the station was no longer producing. Counting the time of stopped machine for mold drying, was observed how relevant this loss was, summed to the average time of stopped machine in a month for each vulcanization station. Thereby, the impacted stage of the process was studied, and in front of the definition of the real need, was proposed a solution of the developing of an automatic mold drying station. The project was elaborated fitting to the available resources in the site, and the vapor was selected as a middle of heating the mould for drying. The costs were raised, showed, and, definite the viability of the project, its execution and tests were registered. Finally, the impact in the productive process was also registered, assuring the real benefit of the implementation of the proposed solution.

Key words: Process improvement, productivity, automatic drying.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Diagrama ilustrativo da estrutura básica do molde.....	25
Figura 2 - Conexões do molde.....	25
Figura 3 - Esquema hidráulico.	29
Figura 4 - Esquema hidráulico, fase entrada de vapor.	31
Figura 5 - Esquema hidráulico fase retenção de vapor.	32
Figura 6 - Esquema hidráulico, fase expansão de vapor.....	33
Figura 7 - Esquema hidráulico, fase resfriamento.	34
Figura 8 - Elementos de Grafcet.....	22
Figura 9 - Grafcet do comando de válvulas.	35
Figura 10 - Conectores Harting 16 pinos.	36
Figura 11 - Diagrama do conector 16 pinos para dados.....	36
Figura 12 - CLP LOGO!	38
Figura 13 - Primeira parte da sequência lógica de comando em Ladder.....	41
Figura 14 - Segunda parte da sequência lógica de comando em Ladder.....	41
Figura 15 - Terceira parte da sequência lógica de comando em Ladder.....	42
Figura 16 - Diagrama da alimentação elétrica do sistema.....	43
Figura 17 - Diagrama de ligação das entradas do CLP.	44
Figura 18 - Diagrama de ligações do CLP.....	44
Figura 19 - Diagrama de acionamento pneumático do comando de válvulas.....	45
Figura 20 - Bloco de válvulas e regulador de pressão com filtro.	45
Figura 21 - Modelo 3D da estrutura de estação de secagem, vista isométrica.	48
Figura 22 - Modelo 3D da estrutura da estação de secagem, vista frontal.....	49
Figura 23 - Modelo 3D da estrutura da estação de secagem, vista lateral direita.....	49
Figura 24 - Modelo 3D da estrutura da estação de secagem, vista lateral esquerda.....	50
Figura 25 - Gráfico do custo percentual dos componentes orçados.....	52
Figura 26 - Layout da estação no local de lavagem de moldes.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de valores para vapor saturado.	26
Tabela 2 - Componentes elétricos.	46
Tabela 3 - Componentes hidráulicos.	47
Tabela 4 - Componentes Pneumáticos.....	47
Tabela 5 - Componentes Estruturais.	48
Tabela 6 - Tempo de secagem.	54
Tabela 7 - Tempo de secagem, intervalo mensal.	54

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira De Normas Técnicas.
CLP	Controlador Lógico Programável.
GN	Gás Natural.
NR	Norma Regulamentadora.
FDB	Font Definition Block.
VAC	Volt Alternante Current.
VDC	Volt Direct Current.
N + PE	Neutro Com Condutor De Proteção.
TRI	Tempo De Retorno De Investimento.
MV	Multi-V.

LISTA DE ACRÔNIMOS

GRAFCET Graphe Fonctionnel De Commande, Étapes Transitions.

NEMA Nacional Electrical Manufacturers Association.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVO GERAL	18
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2	DESENVOLVIMENTO	20
2.1	A AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS	20
2.1.1	Automação do processo estudado	23
3	PROJETO	24
3.1	DISPONIBILIDADE DE RECURSOS	24
3.2	O Molde	25
3.3	O Aquecimento do Molde	26
3.3.1	Aquecimento por condução	27
3.4	Esquema Hidráulico	28
3.4.1	Esquema hidráulico durante entrada de vapor	30
3.5	PROGRAMA DE CONTROLE	34
3.5.1	Linguagem Ladder	35
3.5.2	Grafcet	21
3.6	ELABORAÇÃO DO PROGRAMA DE CONTROLE	37
3.6.1	Programa de controle definido	39
3.7	DIAGRAMAS	43
3.7.1	Diagrama elétrico	43
3.7.2	Diagrama de Comando Pneumático	45
3.8	COMPONENTES	46
3.8.1	Elétricos	46
3.8.2	Hidráulicos	47
3.8.3	Pneumáticos	47
3.8.4	Estruturais	48
3.9	PROJETO TRIDIMENSIONAL DA MONTAGEM	48
4	ORÇAMENTOS	51
5	CRONOMETRAGEM DOS TEMPOS	53
6	CÁLCULOS DE VIABILIDADE	55
7	IMPLEMENTAÇÃO	56
7.1	COMPRAS	56
7.1.1	Contratação de serviços terceiros	56
7.2	DEFINIÇÃO DE LAYOUT	56
7.3	TESTES DE MECÂNICA E PROGRAMAÇÃO	57

7.4	ACOMPANHAMENTO	58
7.5	INSTRUÇÃO DE OPERAÇÃO.....	58
8	ANÁLISE DE RESULTADOS	59
9	CONCLUSÃO	61
10	REFERÊNCIAS	62
11	ANEXO – Instrução de trabalho	64

1 INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas industriais baseados em controle de vapor data do século XIX, quando os setores industriais de produção têxtil na Europa tinham seu crescimento fomentado pela forma mecânica semi-automatizada de produção que se vinha desenvolvendo. O vapor, como uma forma simples e barata de transferência de energia e geração de movimento, tinha aspectos de sua natureza não completamente controláveis perante a tecnologia disponível. No que tange o controle de movimento, este era diretamente influenciado pela estabilidade da pressão no sistema, a qual estava diretamente relacionada a fatores tais como o operador da caldeira, fatores climáticos de temperatura, qualidade do material combustível e da água, dentre outros.

A otimização desta forma de controle ocorreu através da aplicação do regulador automático de velocidade de Watt, inventado por James Watt, em 1780 (AGUIERRE, 2007). A utilização do vapor como fonte de calor e transferência de energia também data dos primórdios do desenvolvimento industrial, por motivos bastante simples: É produzido a partir da mudança de estado da água. Além de que concentra grande quantidade de energia em função de sua massa e volume (MACINTYRE, 1996).

Sua larga utilização também deve-se ao fornecimento de médias temperaturas a pressões toleráveis, demandando baixo investimento em infraestrutura para contê-lo e conduzi-lo. Sua geração em ambientes industriais se dá em caldeiras, equipamento este quem tem suas primeiras versões datadas do século XVIII. A condução ocorre por tubulações isoladas termicamente, e seu controle e monitoramento atualmente contam com uma grande diversidade de recursos hidráulicos, pneumáticos e eletrônicos, tais como válvulas moduladoras, pressostatos e manômetros. Tal variedade de recursos dispensa o trabalho humano no que diz respeito ao controle do sistema, se não em seu projeto, implementação e manutenção. O vapor como solução no meio industrial moderno assume aspectos bastante ligados à necessidades específicas, como veremos neste trabalho.

O problema enfrentado no processo produtivo estudado foi identificado através de seu impacto nos valores finais extraídos periodicamente dos resultados da produção. A solução baseada na utilização do vapor como agente de

transferência de energia para aquecimento foi desenvolvida e implementada a partir de uma ideia trabalhada em cima das necessidades e recursos disponíveis na empresa estudada.

A empresa em questão possui um processo produtivo no qual o material de entrada consiste em compostos de borracha, cordões fibrosos e compostos adesivos, e a saída são correias de perfil multi-V e correias dentadas. A transformação da matéria envolve extrusão, embobinamento e vulcanização.

Para o processo de vulcanização de borracha, são utilizados autoclaves ligados às estações de controle de vapor, os quais acumulam resíduos do material vulcanizado em seu interior. Para garantir a qualidade do produto, os autoclaves, também denominados moldes, são lavados em intervalos regulares. Após a lavagem, estes não podem ser armazenados molhados, ou mesmo úmidos, pois ficam sujeitos à ferrugem, de modo a comprometer a qualidade do produto final também.

A solução paliativa adotada desde o início da produção foi utilizar uma das estações de controle de vapor do processo produtivo para aquecer e secar o molde antes de armazená-lo. Tal solução impactava negativamente na produção, uma vez que a estação destinada à tarefa de secagem deixava de produzir.

Deste modo, a solução proposta para o problema foi o desenvolvimento de uma estação automatizada específica para a secagem de moldes, a qual operaria em paralelo ao processo produtivo, de modo a extrair do mesmo a demanda desta tarefa.

Assim, o projeto baseia-se numa estação de controle para vulcanização, com adaptações voltadas à simplificação de sua operação, e execução da tarefa em série. A viabilidade econômica do projeto também é contemplada neste estudo, para se avaliar o possível retorno financeiro advindo da implementação do mesmo.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e implementar uma estação de secagem de moldes para vulcanização, paralelamente ao processo produtivo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar o esquema hidráulico e pneumático, baseado nas estações já existentes, adaptando-os às necessidades do projeto.
- Elaborar lógica para controle do sistema.
- Determinar o controlador com melhor custo-benefício para o projeto.
- Elaborar, baseado na lógica hidráulica, o esquema elétrico de comando.
- Elaborar a lista de itens necessários e levantar orçamentos.
- Levantar orçamentos relativos aos serviços terceirizados utilizados na construção do equipamento.
- Projetar layout de estrutura física pra suportar o projeto;
- Programar CLP com a lógica elaborada.
- Testar a máquina em funcionamento.
- Protocolar o processo de secagem, com instrução de trabalho.
- Avaliar os benefícios do projeto implementado.

2 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção será abordada a base teórica estudada durante o planejamento e execução do projeto.

2.1 A AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS

O controle automatizado de processos como conhecemos hoje começou a consolidar suas diretrizes fundamentais em meados de 1970, quando a empresa General Motors, visando tornar sua linha de produção mais flexível, e reduzir os custos de setup, substituiu a lógica de contadores por um aparelho eletrônico cuja função de comando pudesse ser alterada somente em nível lógico, não necessitando de alterações de hardware, o qual precisava também ser confiável, e de custo menor que o painel de contadores. Desenvolveu-se então o CLP, Controlador Lógico Programável.

Segundo a Associação Nacional de Manufatura Eletrônica (NEMA – National Electrical Manufacturing Association) temos a seguinte definição de CLP: “Um controlador programável é um aparelho eletrônico digital que contém uma memória programável para armazenamento de instruções que são utilizadas para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, com o objetivo de controlar máquinas e processos.”

Os CLPs podem também ser definidos, segundo a norma ABNT, como um equipamento eletrônico-digital compatível com aplicações industriais. O termo em Inglês, PLC, significa Programmable Logic Controller.

Os CLPs viabilizaram a automação de processos no sentido de tornar esta prática acessível em níveis de controle mais complexos, onde a informação trabalhada, muitas vezes, demandava de mais memória, flexibilidade e precisão do que soluções relacionadas à eletrônica embarcada poderiam oferecer.

O Controlador, no entanto, depende de periféricos para coleta de informação, de modo que possa gerar a saída correta para o processo. Estes periféricos incluem, mas não limitam-se à sensores de diversas naturezas, contatos

de fim de curso, e links de comunicação com outros controladores. De modo geral, a informação é coletada dos sensores, processada no programa carregado no controlador, então enviada para as saídas na forma de comando para os atuadores. No ambiente industrial, mais frequentemente, a informação está relacionada a variáveis físico-químicas, como pressão, temperatura, vazão, nível, densidade, umidade, pH, dentre outras. Segundo SIGHIERI (1998), “Processo é uma operação onde varia pelo menos uma característica física ou química de determinado material.”.

2.1.1 Linguagem Ladder

A linguagem *Ladder*, do inglês, escada, foi a primeira linguagem de programação elaborada para os controladores lógicos. Sua característica visual e construtiva se assemelha à ilustração de componentes de comando como contadores e relés, devido principalmente ao fato de que no tempo de seu surgimento, os engenheiros programadores eram os mesmos que prestavam assistência técnica nos equipamentos de chão de fábrica, logo, a interface disposta dessa maneira se mostrava mais familiar e prática. (FRANCHI, 2008) O modo de operação é bastante simples: Uma determinada sequência lógica de entradas gera ou habilita uma determinada saída.

2.1.2 Grafcet

A técnica denominada Grafcet surgiu na França, em 1977, pela Associação Francesa para Cibernética Econômica e Técnica. Esta técnica é composta basicamente pela disposição gráfica representativa de eventos discretos e sequenciais. Sua modelagem é bastante dinâmica e pode-se aplicar a qualquer sistema sequencial discreto. (FRANCHI, 2008). Ainda segundo Franchi, podemos dividir em 5 etapas a modelagem de um processo que utiliza Grafcet:

- Especificação do processo;
- Divisão do processo em etapas;
- Descrição da parte sequencial em etapas;
- Desenho da parte combinacional de cada etapa;

- Implementação do processo;

A Figura 8 representa os elementos que compõe um Grafcet no qual seus elementos são descritos a seguir:

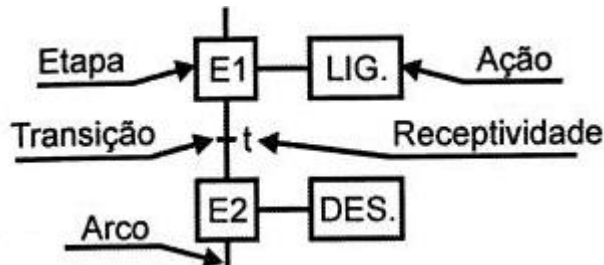


Figura 1 - Elementos de Grafcet.

Fonte: Franchi (2008)

- Etapa: É um elemento de memória do sistema, e denota um comportamento específico do sistema, de acordo com a evolução sequencial de entradas desde o início de seu funcionamento. A cada etapa, está relacionada uma ação. Comumente, a etapa é representada por um quadrado identificado por um número ou uma combinação alfanumérica em seu interior FRANCHI (2008).
- Ação: Evento recorrente na etapa, ativa enquanto a etapa estiver ativa ou for válida. Representada por um retângulo ligado por uma linha ao quadrado da etapa, cujo interior contém a ação descrita brevemente, ou mesmo somente referenciada.
- Transição: Representada por um traço horizontal entre cada etapa, define o evento que encerra uma etapa e inicia outra. Seu texto descreve o evento que a caracteriza, esta, denominada receptividade.
- Arco: Encerra a última etapa e faz o retorno do programa à etapa inicial.
- Receptividade: É a função lógica ligada a cada transição. Por exemplo, quando um estado lógico é verdadeiro, irá habilitar a ocorrência de uma transição válida. É geralmente associada a:
 - Informação de estado de outra etapa;
 - Variáveis internas de controle;
 - Variáveis lógicas geradas por sinais de entrada do sistema;
 - Resultado comparativo de contadores e/ou temporizadores.

2.1.3 Automação do processo estudado

A automação do processo constitui a prática de tomar tarefas relacionadas ao mesmo e tornar sua execução automática via componentes mecânicos e eletrônicos.

Os benefícios agregados ao processo são percebidos de maneira mais clara quando a execução de determinada tarefa é comparada entre um ser humano e o sistema automatizado: Linearidade, repetitividade, segurança, uniformidade e continuidade.

A automação do processo de secagem de moldes, no caso estudado, trouxe como principal benefício à simplificação da operação, sem que nenhuma tarefa de controle fosse deixada sob responsabilidade do operador.

O projeto tratado aqui decorre de uma necessidade de melhoria notada no processo produtivo: a secagem dos moldes utilizados no processo de vulcanização precisava de algum modo ser feita fora do processo produtivo.

Semanalmente, a parada parcial da linha de produção se estendia por dois turnos para que o sistema responsável pelo controle de vapor das vulcanizadoras fosse disponibilizado para secagem dos moldes, após lavados.

Desse modo propôs-se que:

- a) Os moldes fossem secos por um processo que possa correr paralelamente à produção.
- b) O sistema de secagem fosse independente do restante da infraestrutura, e principalmente, do fluxo do processo, para acontecer.
- c) O processo de secagem fosse de fácil execução, de modo a não necessitar de especialização de função, nem representar perigo ao operador.
- d) O projeto possa utilizar o mínimo possível de recursos humanos, físicos e financeiros da empresa durante seu projeto, execução e utilização.

3 PROJETO

O projeto da estação de secagem automatizada será abordado em três frentes:

- Projeto hidráulico;
- Projeto elétrico (incluindo programação);
- Projeto estrutural.

3.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS

A infraestrutura fabril disponibiliza os seguintes recursos para utilização:

- Ar comprimido a 25, 16, 12 e 8 bar.
- Vapor a 16 kgf/cm².
- Tubulação de retorno de vapor pressurizado, na planta denominada “Expansão”.
- Tubulação para retorno de vapor condensado do sistema para a caldeira.
- Tubulação de entrada e retorno de água resfriada.
- Energia elétrica em 3 fases, de 220 Volts cada.

A caldeira instalada na empresa é do tipo flamo tubular de categoria “A” (conforme NR 13), modelo “AR4N” da marca Aalborg. Tem capacidade para produzir 4.000 Kg/h de vapor de água saturada a uma pressão de trabalho de 20,0 Kgf/cm² (1,96 MPa). O seu principal combustível é o gás natural (GN), podendo também ser operada com óleo combustível. O consumo de vapor da planta gira em torno dos 1600 Kg/h.

Observou-se que havia uma diferença considerável entre a capacidade produtiva da caldeira da planta e a quantidade de vapor consumida no processo, mostrando-se este, um recurso com grande disponibilidade para utilização, sem gerar riscos ao processo produtivo.

Ao decidir-se pela utilização de vapor, iniciou-se o projeto hidráulico.

3.2 O MOLDE

Por meio da figura 1, pode-se observa a estrutura do molde a ser seco. As paredes do molde são compostas por camadas espaçadas entre si. A camada interna possui o perfil do molde, e a externa, mais espessa, possui em suas extremidades quatro conexões de fluxo bidirecional de engate rápido, como mostrado na figura 2, quais são utilizadas para preencher o espaço entre as paredes do molde com vapor saturado pressurizado, aquecendo-o.

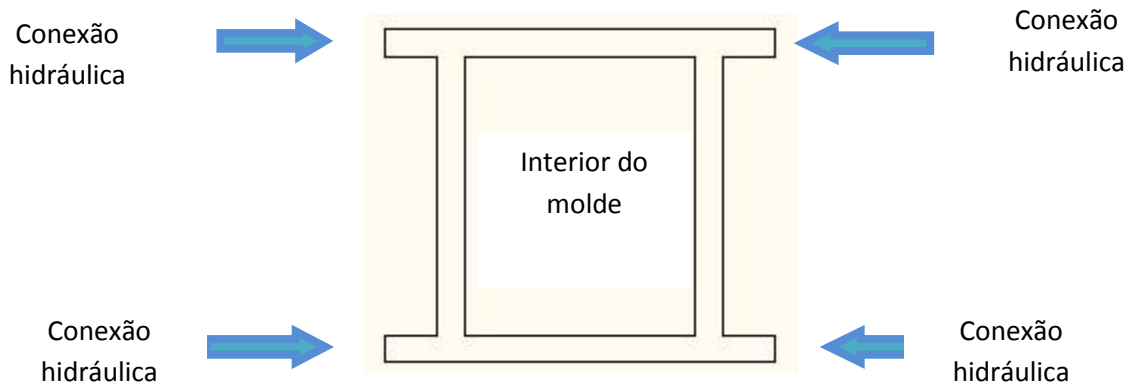


Figura 2- Diagrama ilustrativo da estrutura básica do molde.

Fonte: Autoria própria



Figura 3 - Conexões do molde.

Fonte: Autoria própria

O vapor saturado é a forma comumente conhecida de vapor. Há uma relação direta entre sua pressão e temperatura, como demonstra a Tabela1:

Tabela 1 - Tabela de valores para vapor saturado.

Pressão absoluta	Temperatura
Kgf/cm2	°C
4	142,9
5	151,1
6	158,1
7	164,2
8	169,6
9	174,5
10	179
11	183,2
12	187,1
13	190,7
14	194,1
15	197,4
16	200,4
18	206,1
20	211,4

Fonte: Macintyre (1996)

3.3 O AQUECIMENTO DO MOLDE

Fisicamente, define-se energia térmica como o micro movimento aleatório de partículas componentes de um meio, e calor como a energia transferida nesse meio a fim de que o mesmo atinja o equilíbrio (HOLMAN, 1983).

Segundo MACINTYRE (1996, p.490), o calor pode ser transferido basicamente por três meios:

- Condução: A transferência de calor se faz de molécula a molécula, sem que haja o transporte dessas mesmas moléculas.
- Convecção: Ocorre de maneira análoga à condução, porém, verifica-se simultaneamente o transporte de matéria, onde as moléculas tendem a

deslocar-se para a região do fluido onde a temperatura se iguale à sua própria.

- Radiação: Este fenômeno físico ocorre sem que exista qualquer ligação material, e sem que o meio intermediário se aqueça. O calor de determinado corpo transforma-se em radiação eletromagnética e propaga-se até que atinja outro corpo, e transforme-se novamente em calor.

O fenômeno ocorrente no aquecimento do molde é a condução.

3.3.1 Aquecimento por condução

Segundo KREITH (2001, p.3) a transferência de calor pode ser definida como a transmissão de energia de uma região a outra, resultante de uma diferença de temperatura entre elas.

A termodinâmica aplicada será simples: por condução, o vapor aquece o metal das paredes do molde, que por sua vez, aquecem a água residual da lavagem, a qual evapora.

O processo de aquecimento foi segmentado, com a finalidade de facilitar a segmentação do programa de controle:

1. O vapor preenche o espaço entre as paredes do molde, entrando pelas conexões.
2. O vapor permanece pressurizado por um determinado período de tempo, até que a água da parede interna do molde evapore completamente.
3. O vapor é liberado do interior das paredes do molde, também pelas conexões.
4. É liberada então a circulação de água fria entre as paredes do molde, para resfriamento do mesmo durante sua circulação.
5. É cessada a circulação de água após resfriamento.

É importante salientar que uma determinada quantidade de água permanece entre as paredes do molde após o término do processo. Foi avaliada a possibilidade de incluir um sistema de ar comprimido para forçar toda a água do interior do molde

para fora, mas a mesma foi descartada com a finalidade de redução de custos, uma vez que a presença de água no espaço entre as paredes não prejudica o processo produtivo nem os próprios moldes.

Desse modo, o controle para a entrada e saída de vapor, e também para a circulação de água, será feito por válvulas de esfera de passagem plena e controle por acionamento pneumático.

O controle das válvulas de esfera será intermediado por eletroválvulas, e estas, acionadas por CLP.

3.4 ESQUEMA HIDRÁULICO

A Figura 3 representa o esquema hidráulico de controle de fluídos da estação de secagem. As terminações numeradas de 1 a 5 são conexões com a infraestrutura de fornecimento e coleta dos fluídos, distribuídas da seguinte maneira:

1. Entrada de água fria: Canal por onde a água entrará durante a fase de resfriamento do molde. Ligada na rede de água pressurizada, proveniente de um resfriador.
2. Entrada de vapor a 16 Kgf/cm²: Canal de entrada de vapor proveniente da caldeira, liberado durante a fase de aquecimento do molde.
3. Retorno de água fria: Canal de saída de água, completando o circuito de resfriamento, onde retorna quente para o resfriador.
4. Saída de Condensado: Canal bloqueado por purgadores termodinâmicos, os quais permitem a passagem de condensado de vapor. Este canal é ligado diretamente à entrada de vapor através de um tubo dividido por um purgador termodinâmico, de modo a eliminar o vapor condensado da tubulação antes deste atingir a tubulação da estação.
5. Expansão de vapor: Via destinada à despressurização do vapor contido no molde após o período de secagem. A via de expansão é ligada à rede fabril, a qual possui sua terminação em um tanque destinado a conter o golpe da liberação brusca do vapor pressurizado.

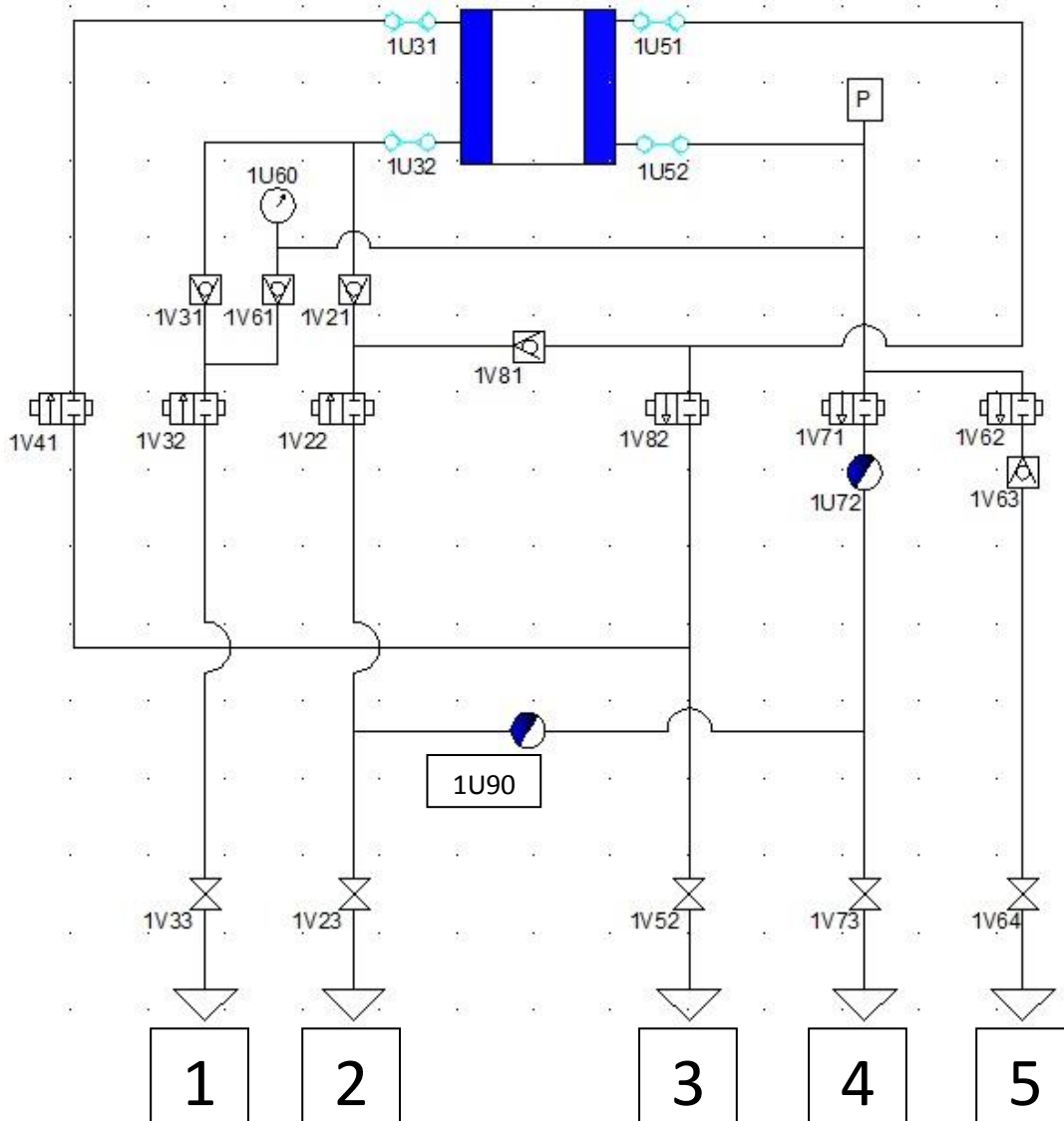


Figura 4 - Esquema hidráulico.

Fonte: Autoria própria

O sistema é interconectado por uma tubulação isolada de ½ polegada. Os componentes distribuídos no layout são os seguintes, de acordo com a Figura 3:

- Válvulas de esfera, acionamento manual, passagem plena ½ polegada: 1V33, 1V23, 1V52, 1V73, 1V64.
- Purgadores Termodinâmicos: 1U72, 1U90.
- Válvulas de esfera, acionamento pneumático, passagem plena ½ polegada: 1V41, 1V32, 1V22, 1V82, 1V71, 1V62.

- Válvulas de retenção em inox, ½ polegada: 1V31, 1V61, 1V21, 1V81, 1V63.
- Manômetro 63 mm range 0-16 Kgf: 1U60.
- Pressostato 0,2 - 8 bar: identificado pela letra P.
- Conexões hidráulicas de fluxo bidirecional com retenção: 1U31, 1U51, 1U32, 1U52.

A partir destas definições, podemos partir para a sequência de controle dos fluídos já estabelecendo a ordem dos acionamentos. Esta etapa pré-definirá o programa de controle a ser elaborado para o CLP.

3.4.1 Esquema hidráulico durante entrada de vapor

Seguindo os passos já definidos anteriormente, temos, primeiramente, a entrada de vapor, ilustrada na Figura 4.

Considerando-se todas as válvulas de acionamento manual abertas já no setup inicial por parte da operação, as seguintes válvulas comutam: 1V22 e 1V71. A primeira corresponde ao fluxo de vapor, a segunda, à liberação de condensado do sistema. A válvula 1V71, ligada em série com o purgador 1U72, permitem que se esgote o condensado de vapor assim que o mesmo se acumule em quantidade suficiente para acionar termodinamicamente a membrana do purgador. O vapor preencherá todo o espaço marcado em vermelho no diagrama. É importante notar que as válvulas de retenção, nesta etapa, impedem que o vapor entre em contato com as válvulas de liberação de água fria.

O purgador 1U90 tem a função de impedir que vapor condensado seja injetado no sistema. Esta fase tem início quando o operador pressiona o botão start, e tem duração de sete minutos.

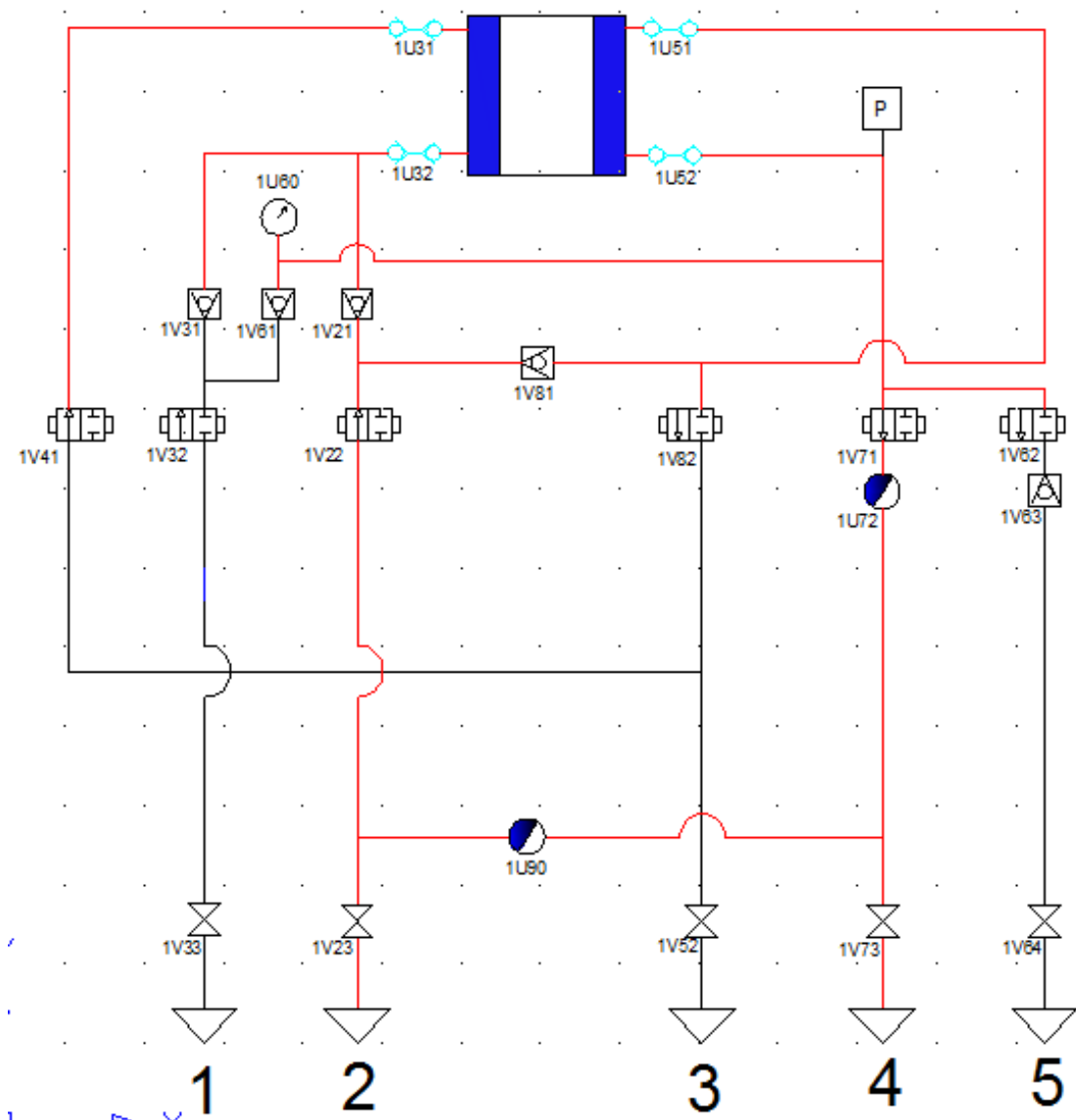


Figura 5 - Esquema hidráulico, fase entrada de vapor.

Fonte: Autoria própria

Um intertravamento lógico garantirá que haja um curto período de tempo onde o vapor permanecerá selado, até que a válvula de expansão de vapor se abra para depressurizar o sistema. Desta maneira, evita-se que em determinado momento exista um fluxo direto de vapor para a tubulação de expansão, como mostra a Figura 5.

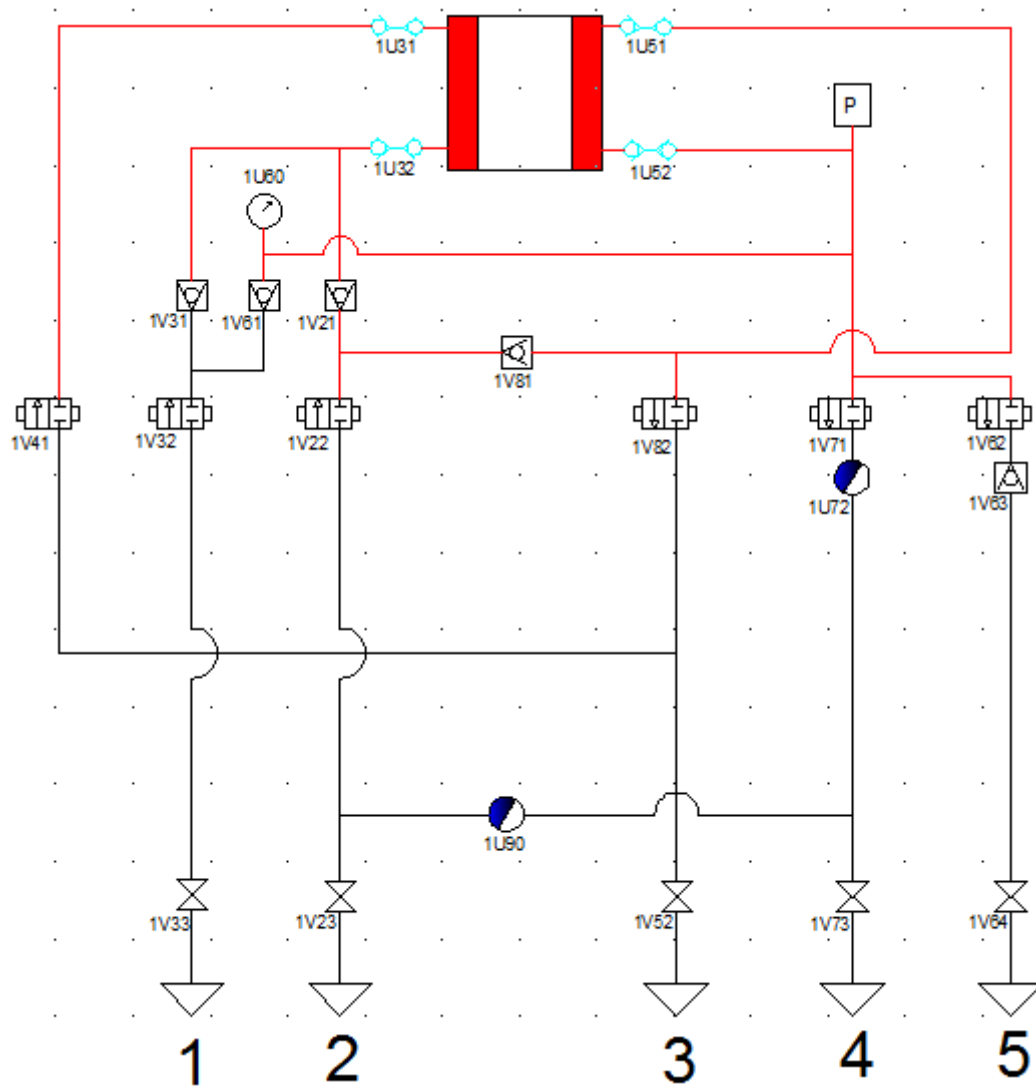


Figura 6 - Esquema hidráulico fase retenção de vapor.

Fonte: Autoria própria

O passo seguinte consiste no acionamento da válvula 1V62, liberando o vapor pressurizado para a rede de expansão, como mostra a Figura 6. Neste estágio, todo o vapor e também o condensado de vapor são expelidos até que a pressão do sistema se estabilize. O pressostato instalado garantirá que o próximo estágio só tenha início após a pressão ser estabilizada no valor pré-determinado e definido como seguro para operação.

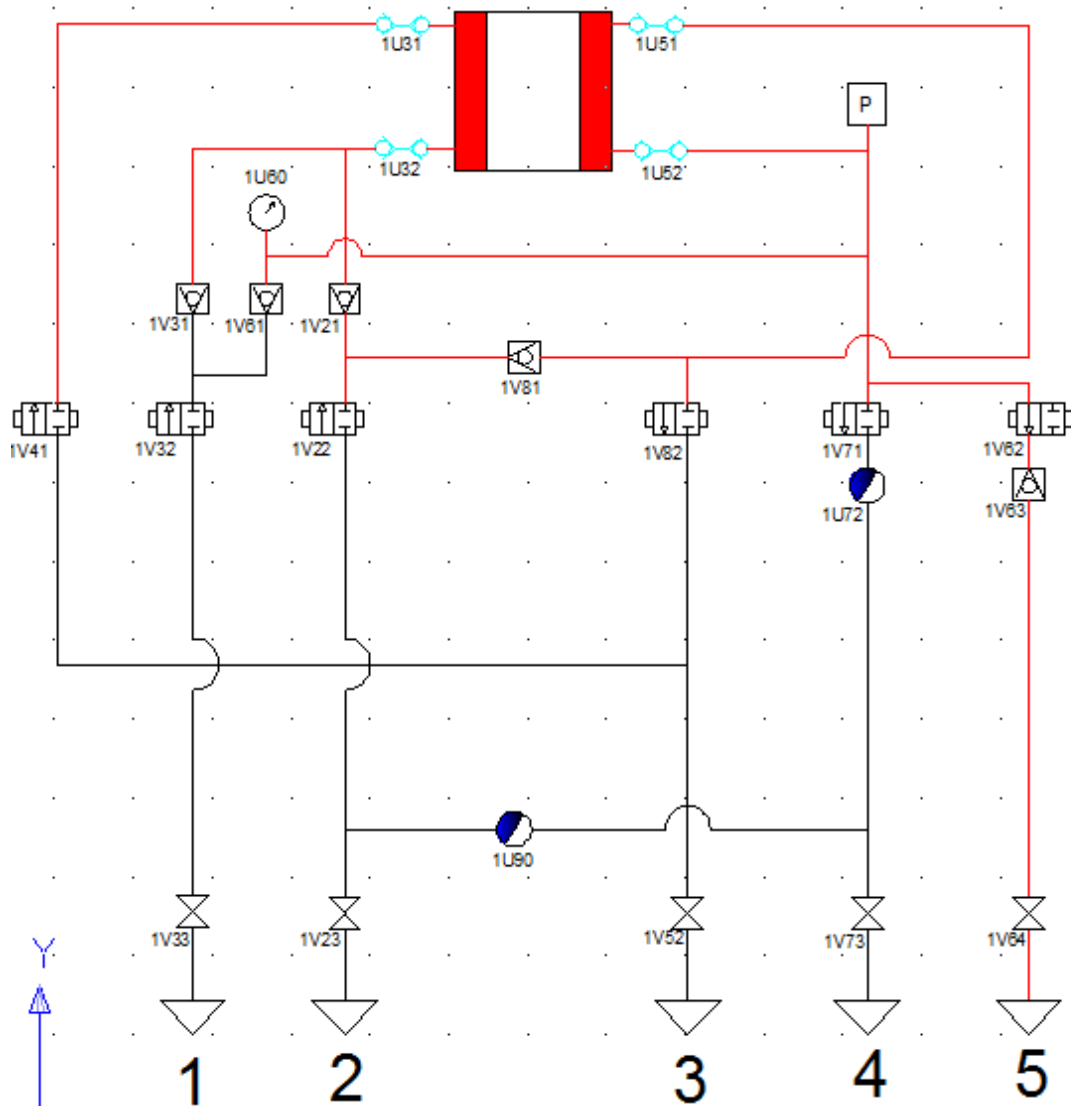


Figura 7 - Esquema hidráulico, fase expansão de vapor.

Fonte: Autoria própria.

Após o fechamento da válvula de expansão, as válvulas de entrada e saída de água, 1V32 e 1V82 respectivamente, são acionadas, dando vazão à água fria que circula pelo sistema, preenchendo o interior das paredes do molde, de modo a resfriá-lo, como mostra a Figura 7. A água vem diretamente do resfriador disposto próximo na planta, e retorna para o mesmo. Concluída a etapa de resfriamento, o molde pode ser retirado da estação para dar espaço ao próximo molde a ser seco.

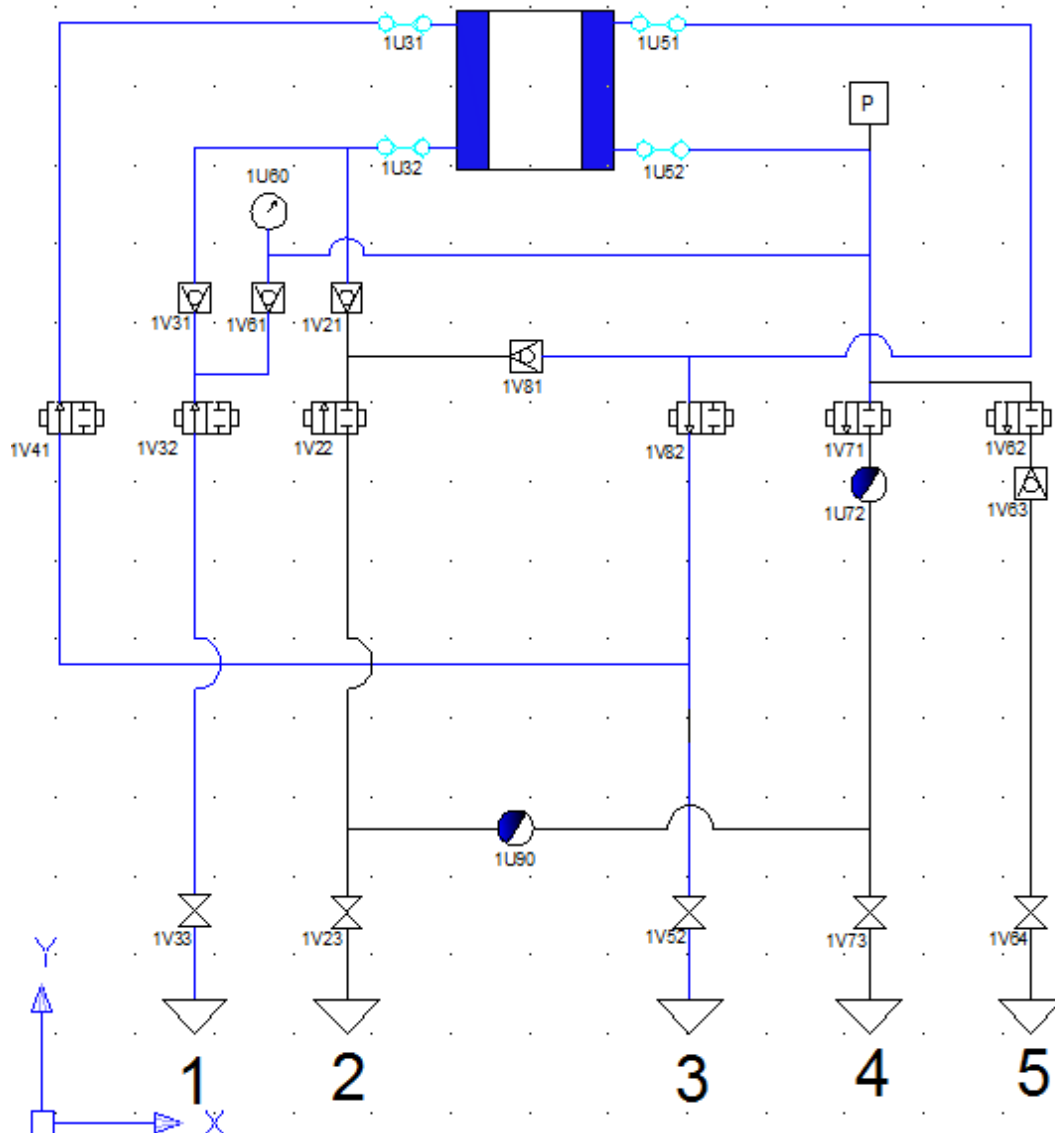


Figura 8 - Esquema hidráulico, fase resfriamento.

Fonte: Autoria própria.

3.5 PROGRAMA DE CONTROLE

Baseado na sequência de acionamentos, pode-se dar início à elaboração do programa de controle. A linguagem trabalhada será *Ladder*, por ser uma linguagem de simples aplicação e bastante versátil. Inicialmente os comandos serão ordenados na forma de *Grafcet*, para melhor organização das necessidades específicas de comando de cada estágio.

3.5.1

A Figura 9 mostra a sequência de eventos definidos como base para o programa de controle, no formato Grafcet:

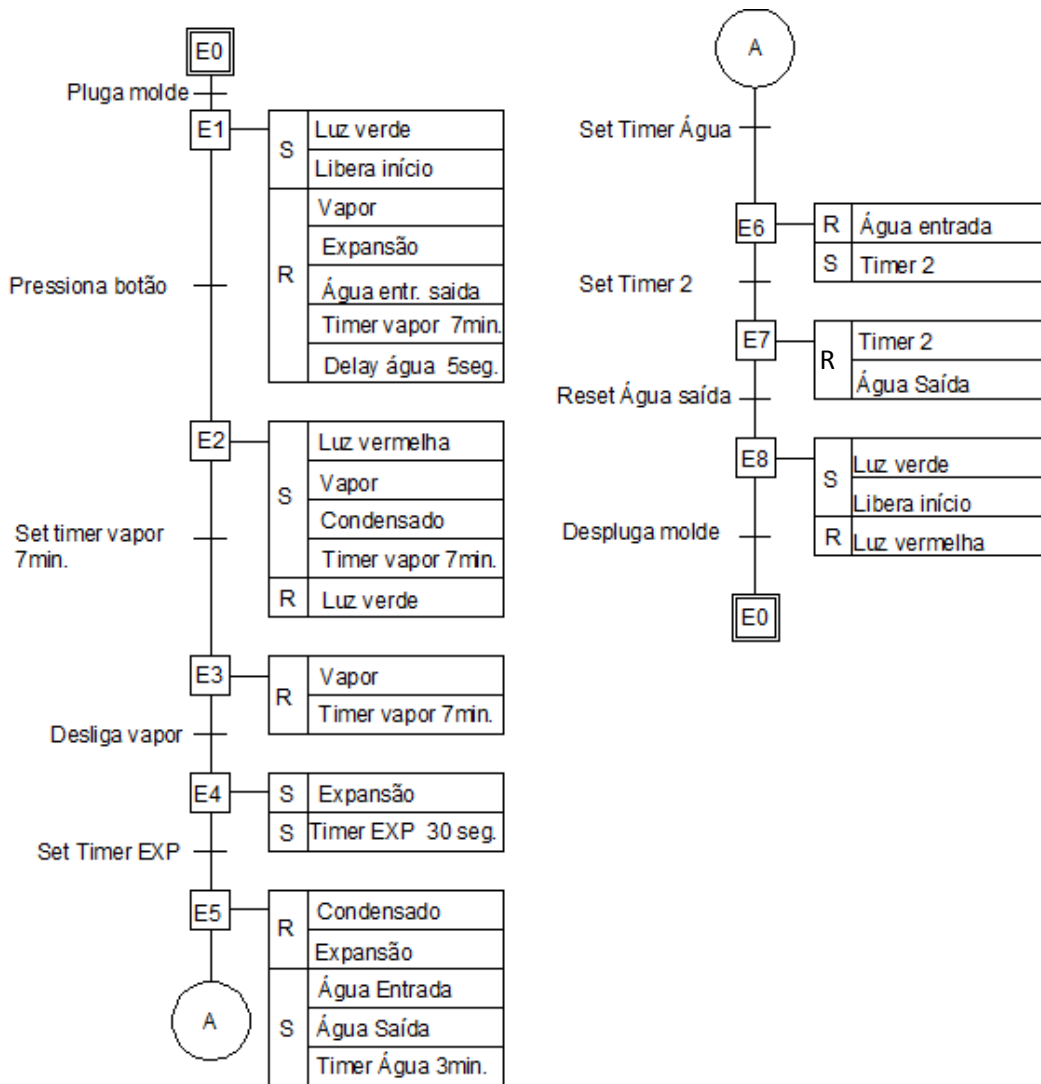


Figura 10 - Grafcet do comando de válvulas.

Fonte: Autoria própria.

Cada estágio terá uma pequena lógica associada a si:

- Estágio E0: Estação energizada, aguardando confirmação da existência de um molde a ser seco. A presença do molde será confirmada pela conexão de um canal de dados físico entre a estação e o molde. Os moldes já possuem um conector de 16 pinos, modelo Harting, ilustrado na

Figura 10, com o seguinte esquema de conexão entre os pinos, mostrado na Figura 11.



Figura 11 - Conectores Harting 16 pinos.

Fonte: HARTING Inc. of N. America

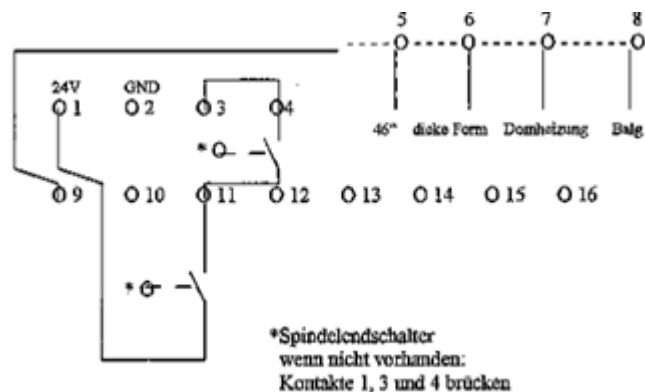


Figura 12 - Diagrama do conector 16 pinos para dados.

Fonte: Continental Produtos Automotivos

- Evento “pluga molde”: dá início ao estágio E1.
- Estágio E1: A luz verde da torre sinalizadora é acesa, e a memória que indica estação pronta para operação é acionada. Todos os timers e estados de válvulas retornam ao estado inicial.
- Evento “Pressiona botão”: dá início ao estágio E2
- Estágio E2: A luz verde da torre sinalizadora é apagada e a vermelha é acesa, indicando equipamento em operação. As válvulas de vapor e condensado são abertas e a contagem do tempo de circulação de vapor é iniciada.
- Evento “Set timer vapor 7 min.”: dá início ao estágio E3.

- Estágio E3: Ao atingir o valor de tempo preestabelecido, a válvula de vapor é fechada, e o timer relativo à sua abertura é resetado.
- Evento “Desliga vapor”: dá início ao estágio E4.
- Estágio E4: A válvula de expansão de vapor é acionada para despressurizar o sistema. Seu timer inicia a contagem do intervalo de abertura.
- Evento “Set timer EXP”: Dá início ao estágio E5.
- Estágio E5: Fecha as válvulas de saída de condensado e expansão de vapor, abre as válvulas de entrada e saída de água, dando início à fase de resfriamento do molde. O temporizador relacionado a esta fase também é iniciado.
- Evento “Set timer água”: Dá início ao estágio E6.
- Estágio E6: Fecha a válvula entrada de água e inicia um segundo timer para água, denominado “timer 2” para que exista um atraso entre o fechamento da entrada e saída de água.
- Evento “set timer 2”: dá início ao evento E7.
- Estágio E7: Reset do timer 2 e fechamento da válvula saída de água.
- Evento “reset de água saída”: dá início ao evento E8.
- Estágio E8: A luz vermelha de sinalização se apaga, indicando fim do processo, a luz verde se acende e a memória de liberação de início é setada, colocando a estação em condição inicial novamente para início de operação.
- Evento “despluga molde”: Retorna ao estado inicial E0.

O ciclo pode ser reiniciado também sem desplugar o molde. Neste caso, é necessário somente apertar o botão start novamente, continuando a partir do estágio E2.

3.6 ELABORAÇÃO DO PROGRAMA DE CONTROLE

O CLP escolhido para controlar o sistema de acionamento de válvulas foi o modelo LOGO!, mostrado na Figura 12, da fabricante SIEMENS. Devido à

quantidade de saídas necessárias, duas expansões foram adicionadas. Cada uma delas acrescenta duas saídas digitais, totalizando 8. A escolha se deu devido ao valor de aquisição do controlador, além da fácil programação e versatilidade. O modelo tem alimentação 24V, sendo necessária também uma fonte estabilizada. O software utilizado para programação foi o LOGO Soft Comfort 7.0. Este software oferece duas opções de linguagem para programação: Ladder e diagrama de blocos (FDB).



Figura 13 - CLP LOGO!

Fonte: Siemens

A partir da sequência elaborada no Grafset, o programa foi desenvolvido de modo a garantir todos os intertravamentos necessários à sequência de operação e também à situação de parada de emergência.

As entradas e saídas do CLP ficaram dispostas da seguinte forma:

- I1 – Botão de parada de emergência.
- I2- Conector 16 pinos para identificação de molde.
- I3- Push-button com função START.
- I4 – Pressostato.

As saídas foram dispostas da seguinte maneira:

- Q1 – Esta saída foi utilizada como memória, responsável pela confirmação das condições necessárias para início do processo.
- Q2 – Válvula 1V22.

- Q3 – Luz verde da torre de sinalização.
- Q4 - Válvula 1V71.
- Q5 – Luz vermelha da torre de sinalização.
- Q6 – Válvula 1V62, quando acionada pelo sistema da emergência.
- Q7 – Válvula 1V62 acionamento.
- Q8 – Válvulas 1V82/ 1V41

3.6.1 Programa de controle definido

A Figura 13 mostra a primeira parte do programa de controle da estação de secagem, tendo sequência com as Figuras 14 e 15. Os pontos descritos “A” e “B” servem para demarcar os pontos onde o programa foi segmentado, para que fosse visualizável no formato determinado para trabalhos acadêmicos. Os timers e memórias estão identificados, bem como as saídas e entradas.

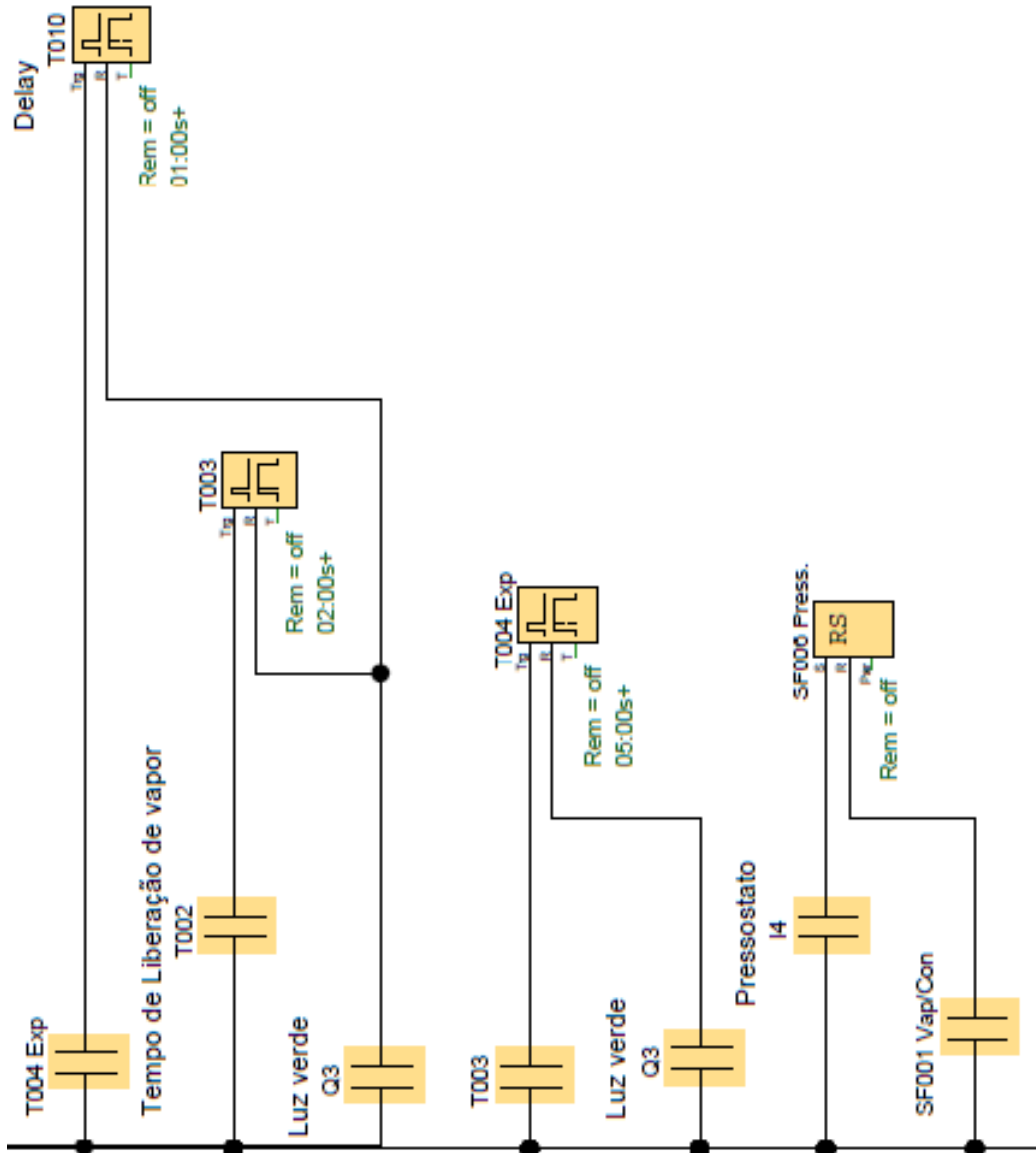


Figura 14 - Primeira parte da sequência lógica de comando em Ladder.

Fonte: Autoria própria.

Figura 15 - Segunda parte da sequência lógica de comando em Ladder.

Fonte: Autoria própria.

A

3.7 DIAGRAMAS

Os seguintes subtópicos contêm os diagramas de comando elétrico e pneumático da estação.

3.7.1 Diagrama elétrico

A Figura 16 mostra o circuito de alimentação da fonte retificadora que alimenta o sistema. A alimentação da fonte é feita com 220V a uma fase, em corrente alternada. A fonte retifica a tensão e estabiliza em 24V contínuos, com um limite de corrente de 1,3 A.

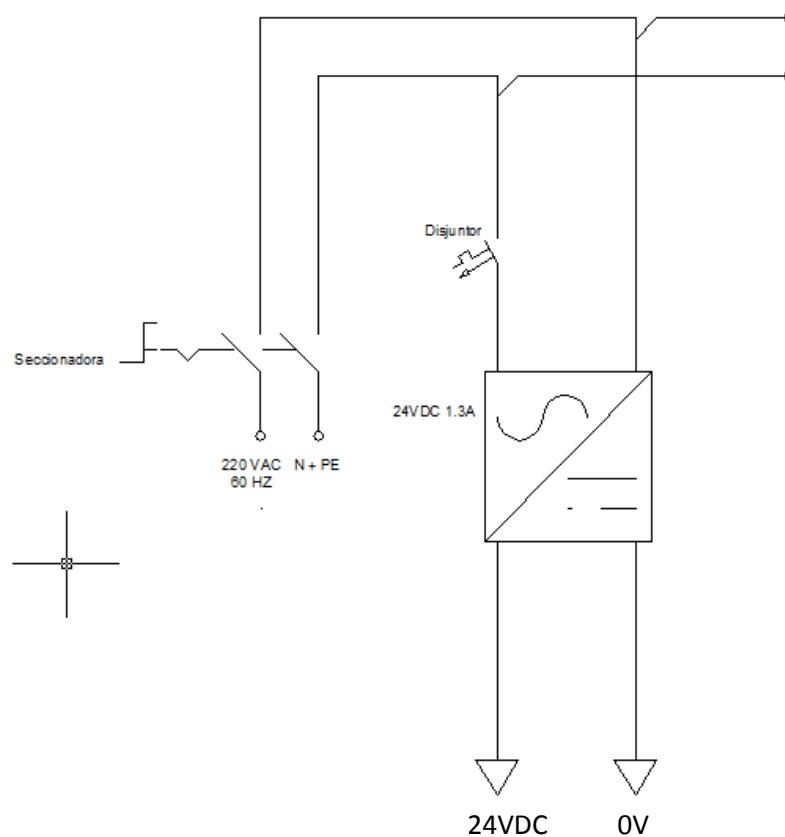


Figura 17 - Diagrama da alimentação elétrica do sistema.

Fonte: Autoria própria

A Figura 17 ilustra o diagrama de ligação das entradas do CLP, todos alimentados pela tensão estabilizada da fonte.

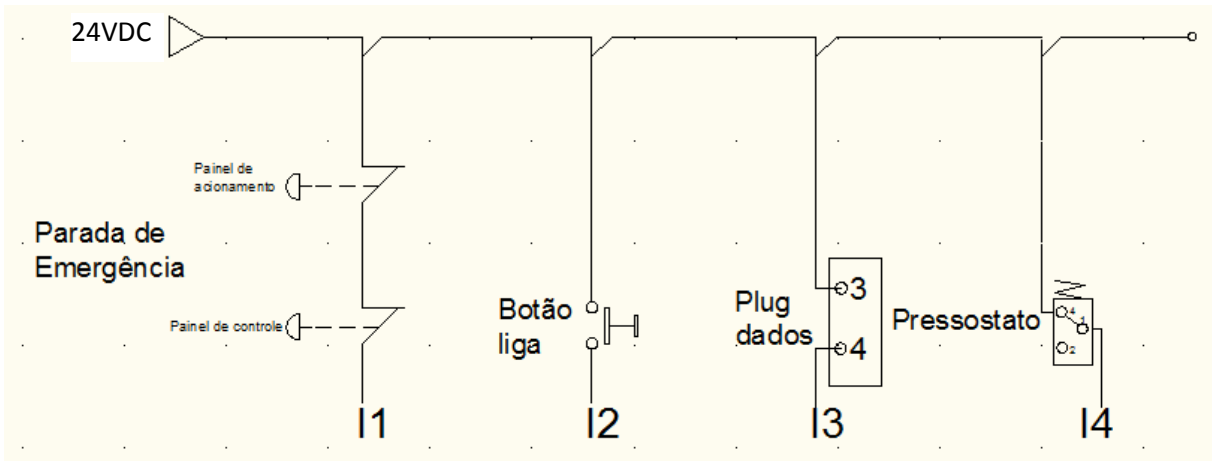


Figura 18 - Diagrama de ligação das entradas do CLP.

Fonte: Autoria própria.

A Figura 18 mostra o esquema de ligação das entradas e saídas do CLP. Todos os blocos são alimentados com 24Vdc, tensão essa também a das saídas Q1 a Q8.

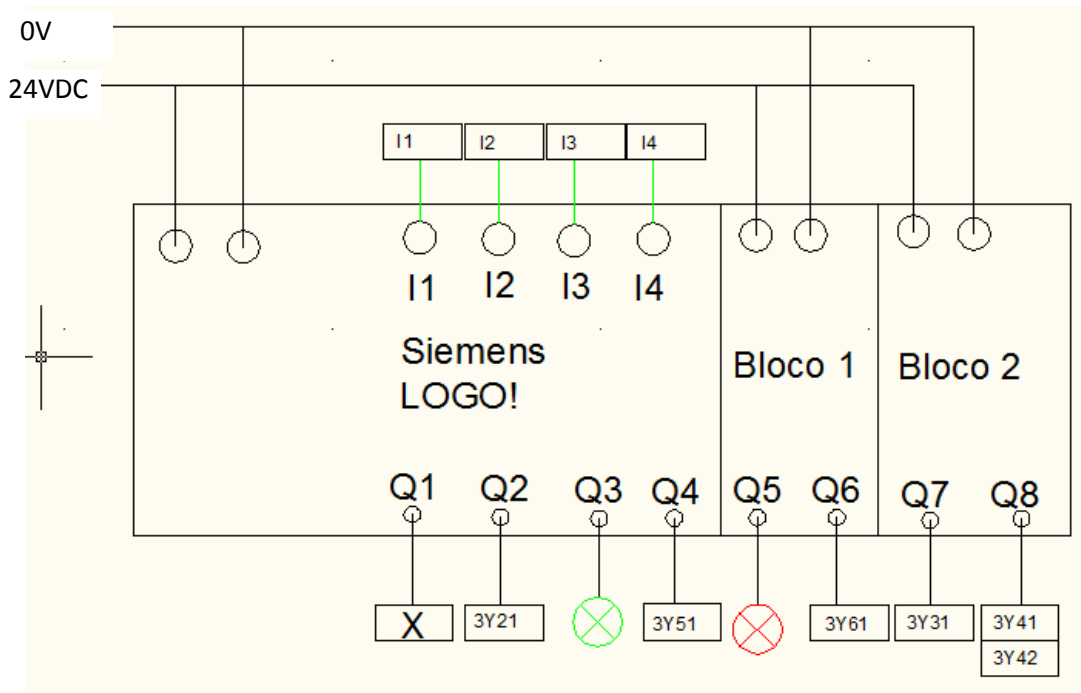


Figura 19 - Diagrama de ligações do CLP.

Fonte: Autoria própria.

3.7.2 Diagrama de Comando Pneumático

A Figura 19 mostra o diagrama de comando do acionamento pneumático das válvulas de esfera.

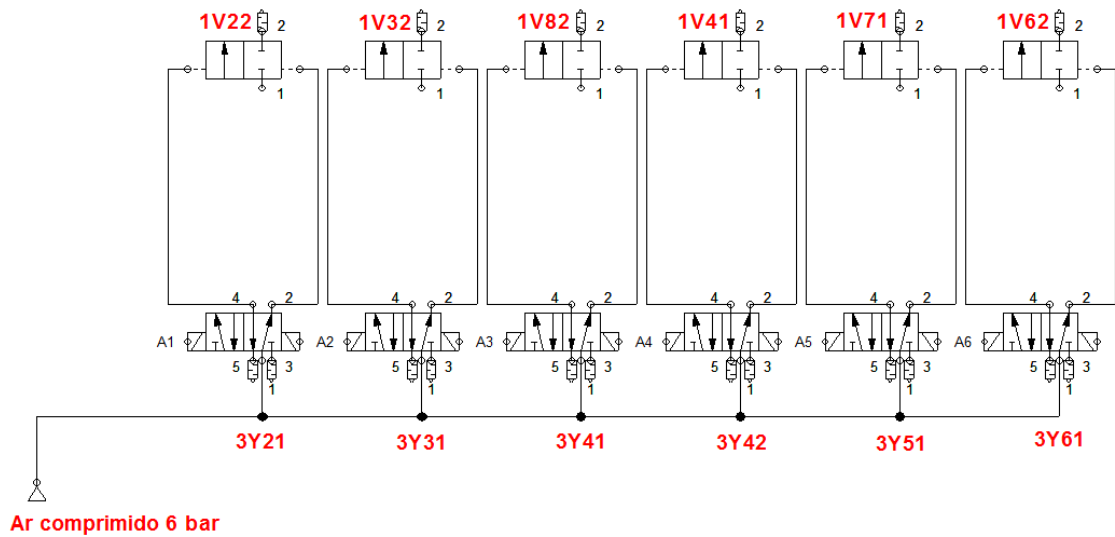


Figura 20 - Diagrama de acionamento pneumático do comando de válvulas.

Fonte: Autoria própria.

A Figura 20 mostra o quadro de comando pneumático.

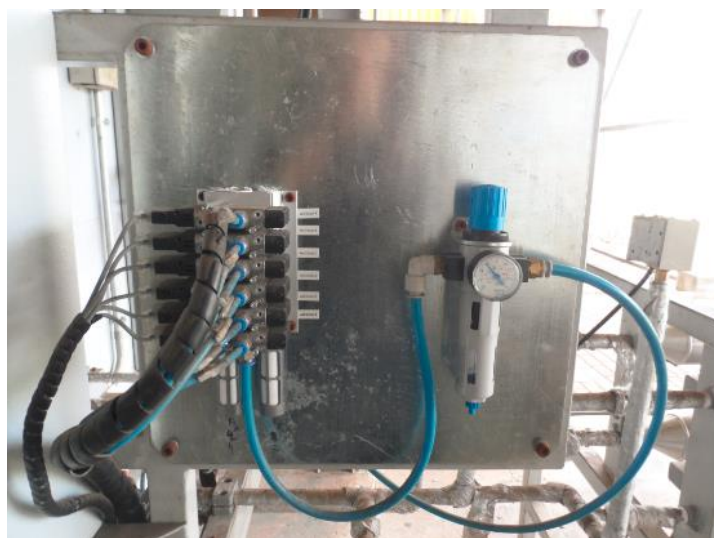


Figura 21 - Bloco de válvulas e regulador de pressão com filtro.

Fonte: Autoria própria.

3.8 COMPONENTES

Com o controle hidráulico e o programa lógico definidos, os componentes da estação podem ser agora especificados. Estes podem ser divididos em 4 grandes grupos, no intuito de facilitar a organização e associação de cada um à sua função no projeto: elétricos, hidráulicos, pneumáticos e estruturais.

3.8.1 Elétricos

Grupo correspondente a todos os componentes de comando/acionamento, conexão, e controle selecionados para compor a estação. O controlador lógico selecionado foi o modelo "LOGO!" da fabricante Siemens, por demonstrar o melhor custo-benefício em relação à implementação e manutenção. Temos deste modo a seguinte lista:

Tabela 2 - Componentes elétricos.

Armário para painel elétrico
Botão parada de emergência cogumelo
Botão de contato normal aberto sem retenção.
Canaleta aberta 30x30x2000
Chave seccionadora alimentação principal
CLP Logo!
Coluna Luminosa Verde/Vermelho
Conector SAK 2,5mm
Disjuntor 1x2A
Expansão digital para CLP Logo!
Fonte 24V Siemens
Prensa Cabo PG11
Prensa cabo PG13
Cabos para sinal e alimentação
Tomada para dados de 16 pinos molde/estação
Trilho para bornes
Cabo de programação para CLP Logo!
Licença LOGO SoftComfort

Fonte: Autoria própria.

3.8.2 Hidráulicos

Grupo correspondente aos componentes de atuação no controle e monitoramento do fluxo de vapor e água da estação de secagem. Seguem-se os componentes:

Tabela 3 - Componentes hidráulicos.

Manômetro 63 mm Vertical
Pressostato KPI 0,2 - 8 bar
Purgador Termodinâmico
Tubo sifão trombeta
Válvula de Retenção Inox disco 1/2"
Válvula esfera tripartida 1/2"
Válvula esfera tripartida 1/2" com acionamento
Engates com retenção para vapor.

Fonte: Autoria própria.

3.8.3 Pneumáticos

Os seguintes componentes fazem o controle de acionamento pneumático bem como regulagem da pressão de ar aplicado no comando das válvulas de esfera.

Tabela 4 - Componentes Pneumáticos

Base Manifold para válvulas
Conectores com cabo comando 24v
Conexão rápida reta 1/8 6mm
Conexão rápida reta 3/8 10mm
Filtro Regulador de pressão.
Fixação de parede
Mangueira Azul
Silenciador para base de válvulas
Suporte para base de válvulas
Válvula solenoide para comando 5/2 vias

Fonte: Autoria própria.

3.8.4 Estruturais

Este grupo de componentes corresponde aos demais itens quais se mostraram necessários para a composição da estrutura física da estação. Estão incluídas as tubulações necessárias para trazer alimentação elétrica ao painel.

Tabela 5 - Componentes Estruturais.

Montagem da estação e isolamento térmico
Montagem da tubulação
Base para estação em concreto
Montagem da tubulação secundária
Montagem elétrica alimentação e comando

Fonte: Autoria própria.

3.9 PROJETO TRIDIMENSIONAL DA MONTAGEM

O Cavalete qual sustenta toda a estrutura foi encomendado a uma empresa especializada em montagem de máquinas, seguindo projeto tridimensional, conforme Figuras 21, 22, 23 e 24. Todo o projeto foi elaborado no software SolidWorks, disponibilizado pela empresa.

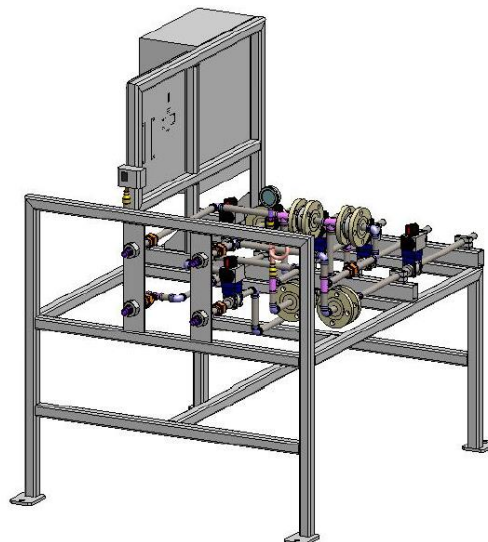


Figura 1 - Modelo 3D da estrutura de estação de secagem, vista isométrica.

Fonte: EDEA Brasil.

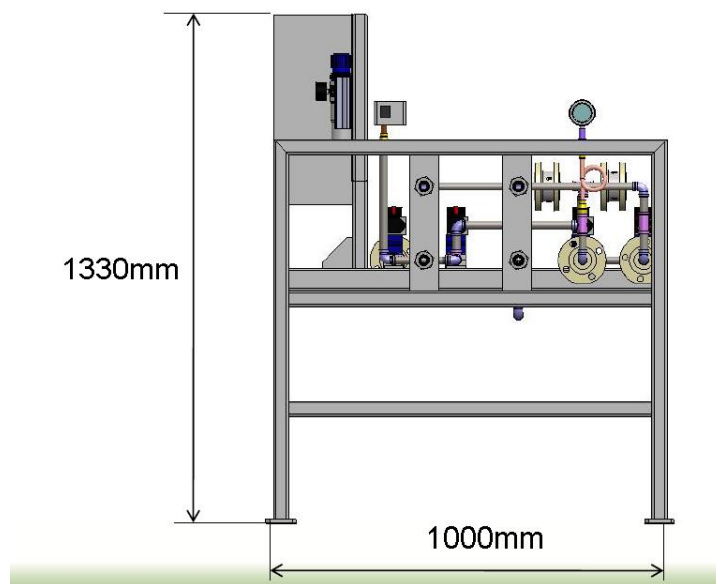


Figura 23 - Modelo 3D da estrutura da estação de secagem, vista frontal.

Fonte: EDEA Brasil.

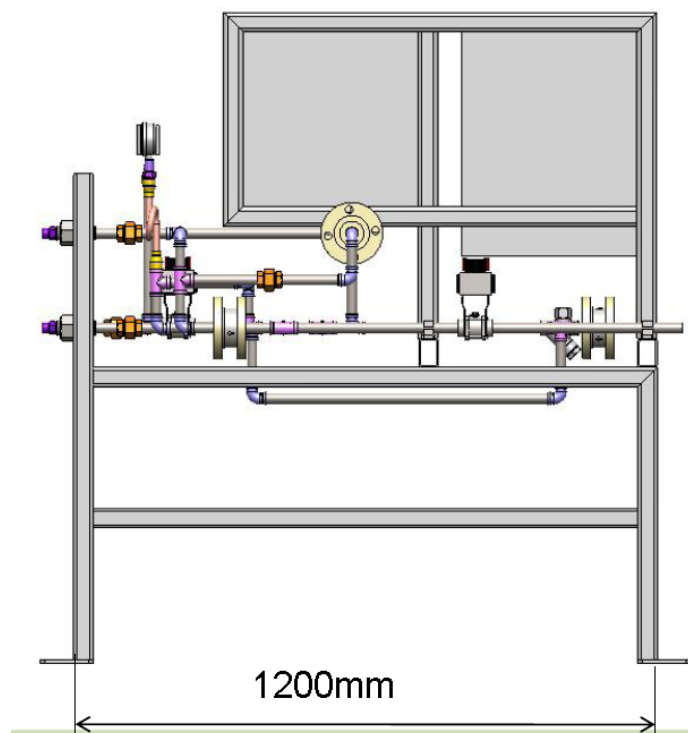


Figura 24 - Modelo 3D da estrutura da estação de secagem, vista lateral direita.

Fonte: EDEA Brasil.

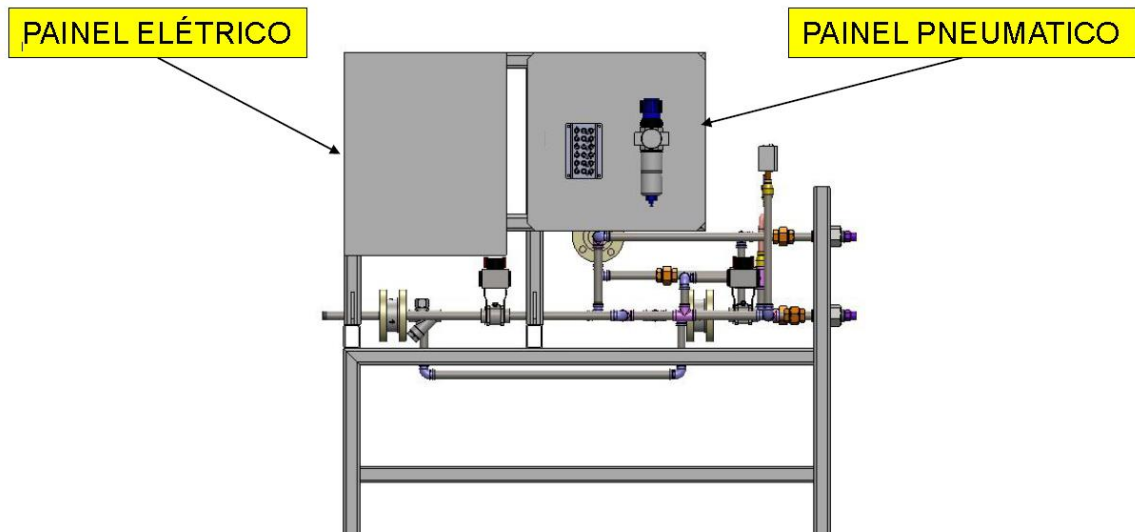


Figura 25 - Modelo 3D da estrutura da estação de secagem, vista lateral esquerda.

Fonte: EDEA Brasil.

4 ORÇAMENTOS

De suma importância no tocante ao argumento para requisição de verba para implementação perante a gerência fabril, o levantamento dos preços seguiu o protocolo padrão, considerando três orçamentos dos mesmos componentes, de diferentes fornecedores.

Porém, nem sempre o preço foi fator decisivo para a escolha de determinado componente. Na prática, a confiabilidade do fornecedor pesa na escolha. Esta escolha provém da experiência observada no funcionamento de componentes de determinado fabricante em chão de fábrica durante o fluxo do processo.

O contato com o fornecedor e também a coleta de informações a respeito dos produtos, se deu em grande maioria por telefone e correio eletrônico, bem como visita a paginas de internet. Recursos estes disponibilizados pela empresa.

Nos casos onde o layout da empresa era fator relevante para o valor a ser orçado, um representante da empresa fornecedora de material ou prestadora de serviço, foi requisitado a comparecer pessoalmente à empresa, a fim de coletar de maneira precisa as informações necessárias. Pode-se tomar como exemplo o conjunto de tubulações de água, ar e vapor quais alimentam a estação, e derivam da linha principal que alimenta o processo.

O valor final, resultante da soma dos valores dos componentes e serviços orçados, constitui o valor chave para o cálculo de viabilidade de implementação do projeto.

Os valores levantados, atribuídos aos componentes em função da sua aplicação como na listagem, possuem, em relação ao custo total, o seguinte percentual, mostrado na Figura 25.

Custo percentual dos componentes orçados

■ Hidráulicos ■ Elétricos ■ Pneumáticos ■ Estruturais ■ Outros

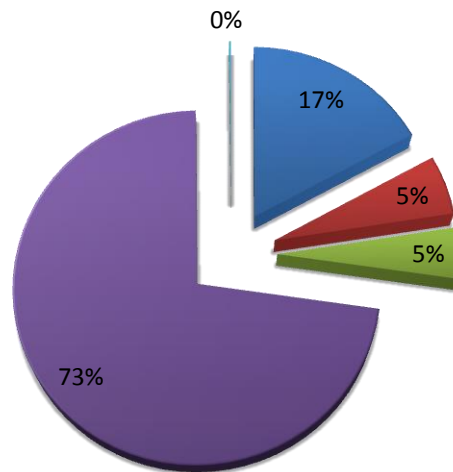


Figura 26 - Gráfico do custo percentual dos componentes orçados.

Fonte: Autoria própria.

Nota-se que três quartos do valor total do projeto vêm da estrutura para alimentação e fixação da estação de secagem. A decorrência destes valores se justifica perante a necessidade de grande quantidade de mão de obra mecânica requisitada na instalação das tubulações de vapor, retorno de condensado, água fria e expansão de vapor pressurizado.

5 CRONOMETRAGEM DOS TEMPOS

Com a finalidade de determinar com exatidão a perda gerada no processo pela utilização das estações de vulcanização para secagem de moldes, o procedimento de cronometragem do tempo necessário para que o *set up* e a secagem fossem concluídos foi definido.

Para melhor compreendê-lo, se faz necessário desmembrar o processo em passos, da seguinte maneira:

- a) Inicialmente o molde chega à linha após a lavagem.
- b) Com o molde posicionado, tem início o *set up* da estação, com a retirada do molde qual estava produzindo. Neste passo, a cronometragem é iniciada, pois se entende que teve início a parada de produção.
- c) O molde da produção é desconectado da estação. O número de conexões hidráulicas varia de 4 a 6, dependendo do modelo de correia em produção. Existe uma conexão de dados padrão, feita por meio de uma tomada encapsulada de 16 pinos, qual tem, durante o processo, a função de identificar o modelo de molde.
- d) As conexões são feitas ao molde a ser seco, de modo que somente as conexões hidráulicas correspondentes a vapor, água fria, expansão, e condensado são ligadas. A conexão de dados também é feita.
- e) Um programa de vulcanização é carregado na estação, então iniciado. O programa consiste na liberação de vapor por determinado período de tempo, onde o molde é aquecido de maneira a fazer com que a água de suas ranhuras internas evapore. Na sequência, o resfriamento é feito pela circulação de água fria.
- f) O molde então é desconectado da estação, a qual fica inoperante no aguardo do próximo molde. Ao final da desconexão, a cronometragem é interrompida, pois se entende que a estação está novamente disponível para produção.

É importante observar, neste ponto, que nos modelos de moldes de 6 conexões, duas delas ficam abertas, de modo que se faz necessário a adaptação de tampões para manter a estrutura lacrada, assim contendo o vapor. Este tempo extra

foi definido no processo de cronometragem como “troca de plugs”, e foi incluído no tempo de secagem.

Foram desconsiderados tempos de limpeza, quando esta se fez necessária, entre a retirada de um molde e colocação de outro, bem como demais pequenos imprevistos, com a finalidade de tomar valores baseados num cenário sem outras interferências. Os seguintes resultados foram obtidos:

Tabela 6 - Tempo de secagem.

Tempo necessário para processo de secagem, uma estação (min)	
Sem troca de plugs	Com troca de plugs
26	36

Fonte: Autoria própria.

Todos os moldes envolvidos no processo produtivo são lavados semanalmente, totalizando na data da cronometragem, 25 unidades.

Dimensionando os valores para um intervalo de um mês:

Tabela 7 - Tempo de secagem, intervalo mensal.

Tempo total semanal (min)		Tempo total mensal (min)	
Sem troca de plugs	Com troca de plugs	Sem troca de plugs	Com troca de plugs
650	900	2600	3600

Fonte: Autoria própria.

6 CÁLCULOS DE VIABILIDADE

Com os números em mãos, pode-se dar início ao embasamento matemático qual demonstra que o projeto é economicamente viável, e em quanto tempo o valor investido retornará. Este passo é vital para se conseguir recursos para execução do projeto, uma vez que a empresa ativa necessita de vantagens sobre seus concorrentes para manter-se no mercado. Vantagens estas que podem vir de diversas iniciativas, sendo a redução de custos de produção, uma vantagem interna.

A política de investimentos da empresa tem como critérios básicos o tempo de retorno e a taxa de retorno. Internamente, ambos são calculados modelando-se um cenário econômico mais detalhado e dinâmico. Em números temos os seguintes valores:

Tempo de retorno: Menor que 3 anos.

Taxa de retorno: Maior que 20%.

A taxa de retorno é um valor baseado na depreciação da máquina, tempo previsto de operação, taxa de risco de investimentos no país e valor investido. Estes valores são calculados internamente pelos responsáveis por gerenciar os investimentos. A taxa de retorno obtida foi 197%, e o tempo de retorno de investimento, 7 meses, mostrando que o projeto é viável.

Com todos os valores em mãos, e o orçamento aprovado, pode-se dar início ao processo de implementação.

7 IMPLEMENTAÇÃO

Implementar um projeto demanda controle sobre os recursos disponíveis, disciplina no cumprimento do cronograma, os seguintes sub tópicos descreverão a maneira como todos esses fatores foram gerenciados em função do resultado final.

7.1 COMPRAS

Uma vez liberados os recursos financeiros, a fase de compras tem início. Todas as compras são realizadas sistematicamente através de software específico para tal ação. Depois de requisitada a compra de material ou contratação de serviços, estas são submetidas a uma cadeia de aprovação, cujo número de integrantes varia de acordo com o valor e natureza da mercadoria ou serviço.

7.1.1 Contratação de serviços terceiros

Os seguintes serviços foram terceirizados:

- Montagem estrutural da estação, englobando conexões hidráulicas e fabricação do cavalete que suporta toda a estrutura.
- Montagem da rede de vapor/água/expansão/condensado.
- Montagem de infraestrutura elétrica.
- Construção de base em alvenaria para fixação da estação.
- Montagem da tubulação para conexão da estação às pontas de vapor no local definido para operação.

7.2 DEFINIÇÃO DE LAYOUT

A máquina foi alocada de modo a ficar próximo do local de operação, figura 26, pois a mesma tem de ser ligada e desligada a cada dia de operação. Um espaço de 4 metros foi mantido entre a base da máquina e as mangueiras para conexão ao

molde, visando aproveitar melhor o espaço disponível no local e também garantir segurança do operador no caso de falhas mecânicas.

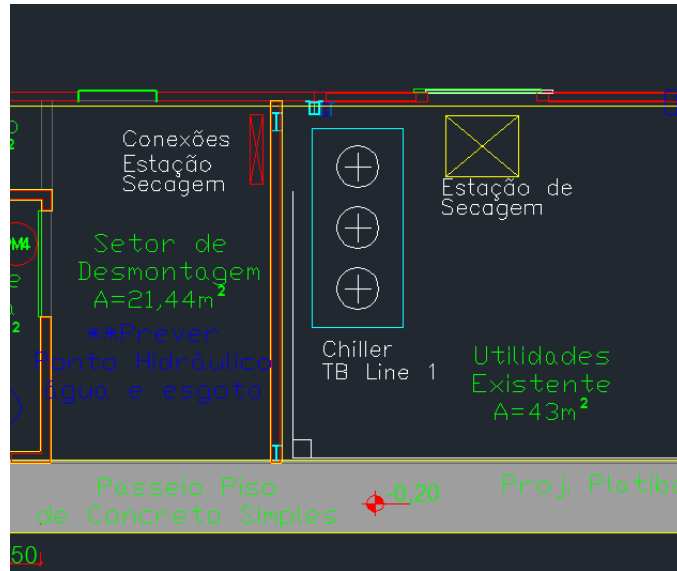


Figura 27 - Layout da estação no local de lavagem de moldes.

Fonte: Autoria própria.

7.3 TESTES DE MECÂNICA E PROGRAMAÇÃO

Os primeiros testes foram feitos ao concluir a ligação da tubulação de vapor, condensado, água e expansão, também o ar comprimido e energia elétrica.

Os testes relacionados à programação consistiram em testar individualmente o acionamento de todas as válvulas pneumáticas e verificar a pilotagem das válvulas de esfera respectivas. Também foram testados os sinais do botão que inicia o programa, dos botões cogumelo de parada de emergência e do pressostato. A conexão da tomada de dados foi testada em diversos moldes. Nenhum problema foi constatado

Os testes mecânicos consistiram em fluir por toda a tubulação vapor pressurizado a 16Kgf, em seguida, água a 20°C. Foram verificados vazamentos

resultantes da expansão térmica dos metais das válvulas. O processo de reaperto das mesmas resolveu este problema.

7.4 ACOMPANHAMENTO

Após todos os testes de start-up, a estação teve seu funcionamento acompanhado por todo um turno, para a detecção de falhas e possíveis melhorias.

Nesta etapa, verificou-se a necessidade de aumentar o tempo de liberação de vapor para alguns moldes, para que secagem fosse completa. Estabeleceu-se então o tempo padrão de secagem de 7 minutos.

7.5 INSTRUÇÃO DE OPERAÇÃO

Para assegurar um procedimento padrão, e também para que a máquina correspondesse a todas as exigências do padrão adotado para operação de máquinas na fábrica, uma instrução de trabalho foi elaborada, seguindo as normas internas para elaboração deste tipo de documento. O operador foi então treinado para seguir o procedimento elaborado. A instrução de trabalho pode ser verificada nos anexos.

8 ANÁLISE DE RESULTADOS

Houve o acompanhamento dos números diretamente relacionados à produção, isolando os dias de sexta feira, pois esse é o dia nos quais as estações da produção davam lugar aos moldes a serem secos.

Os turnos de trabalho foram também especificados, uma vez que a secagem de moldes era realizada no horário das 8:30 às 16:30, impactando somente nos turnos B e C.

Os horários dos turnos de trabalho são os seguintes:

- Turno A: 22h00min – 05h00min
- Turno B: 05h00min – 13h40min
- Turno C: 13h40min – 22h00min

O programa de vulcanização Multi-V dura entre 35 e 45 minutos, sendo que cada tubo vulcanizado dá origem, em média, a 28 correias.

Dividindo o tempo de parada mensal pelo tempo de ciclo, qual consideraremos 45 minutos, e então multiplicando pelo número de correias por tubo, temos o número de correias adicionais produzidas mensalmente:

$$3600/45 \times 28 = 2240$$

A produção mensal média em 2012, ano da implementação do projeto, foi de 125000 correias mensalmente.

Logo, a produção adicional representou um aumento de 1,792% na produtividade média mensal do ano citado.

Em resumo, os benefícios da implementação do processo de secagem podem ser enumerados:

- Eliminação da parada de máquina em função da secagem de moldes.
- Padronização do processo de secagem.
- Redução de custos em um processo que afeta diretamente qualidade do produto final.

- Geração de um emprego direto.
- Possibilidade de secar moldes de acordo com a necessidade do processo, com uma maior disponibilidade de tempo.

Ainda é válido citar um fator economicamente positivo para a empresa, em relação à lavagem de moldes: A lavagem feita anteriormente à implementação de processo era um serviço terceirizado, por uma empresa de serviços gerais, serviço este prestado por 4 funcionários, sendo que atualmente o trabalho é executado por um único funcionário contratado diretamente pela empresa.

9 CONCLUSÃO

Com pouco espaço para desenvolvimento de soluções em automação dentro da indústria de manufatura de produtos em grande escala, a oportunidade para tal provém da necessidade específica do processo, diante de uma perda inerente a seu próprio sistema funcional.

O desenvolvimento da estação de secagem de moldes automatizada se deu por conta de fatores que limitavam o processo de produção de correias Multi-v, desse modo justificando-se viável financeira e tecnicamente naquele ambiente.

Após o estudo de sua necessidade, e confirmação por números sólidos da perda no processo em função da secagem de moldes, houve a liberação de recursos para que o projeto tivesse início. O projeto foi moldado conforme a necessidade de uma máquina versátil, compacta, de fácil set up e operação, e que também utilizasse de maneira otimizada os recursos disponíveis na fábrica.

Após a conclusão do projeto, sua implementação se deu de modo a não fugir dos gastos planejados inicialmente. Concluída, a máquina foi testada e posta em operação.

Seus resultados foram extremamente positivos em relação a custos e benefícios do processo produtivo, mostrando-se um investimento com bom retorno, além de uma solução prática e versátil para um problema de longa data, qual tendia a um quadro de piora, visto que as linhas de produção tendem a se ampliar para atender a demanda do mercado, e mais moldes fossem inseridos no processo.

10 REFERÊNCIAS

1. AGUIERRE, Luis Antonio. **Enciclopédia de Automática, Controle e Automação**. São Paulo: Blucher, 2007.
2. ALVES, José Luiz Loureiro. **Instrumentação, controle e automação de processos**. Rio de Janeiro: LTC, 2005
3. DEL TORO, Vincent. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
4. DURDEN, Tyler. **Project Mayhem**. California: Paper Street Soap Company, 1999.
5. FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de Camargo; **Controladores Lógicos Programáveis – Sistemas Discretos**. São Paulo, Editora Érica Ltda. 2008.
6. HARTING LTDA. Industrial Connectors Han. Disponível em: <https://b2b.harting.com/ebusiness/en/industrial-connectors-han/100382> > Acessado em 18/12/13.
7. KREITH, Frank; BOHN, Mark S. **Princípios de Transferência de Calor**. São Paulo, Pioneira Thomson Learning Ltda. 2003.
8. LINSINGEN, Irlan Von. **Fundamentos de Sistemas Hidráulicos**. Santa Catarina: Editora de UFSC, 2001.
9. MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas**. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
10. NEMA. Programmable Logic Controllers (PLC). Part 1: General Information. Disponível em: <http://www.nema.org/Standards/Pages/Programmable-Controllers-Part-1-General-Information.aspx> >Acessado em 18/12/13.
11. SIGHIERI, Luciano. **Controle Automático de Processos Industriais 2ª Ed.** São Paulo, Blucher, 1998.

ANEXOS

11 ANEXO – INSTRUÇÃO DE TRABALHO.

1 – **OBJETIVO:** LIGAR E OPERAR E DESLIGAR A ESTAÇÃO DE SECAGEM DE MOLDES.

2 - **LOCAL DE APLICAÇÃO:** ÁREA DE LAVAGEM DE MOLDES.

3 - **RESPONSÁVEL:** OPERADOR .

4 - **DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES:**

4.1 - Ligando a ESTAÇÃO

- Abrir válvula de drenagem de condensado de vapor, localizada atrás da estação.

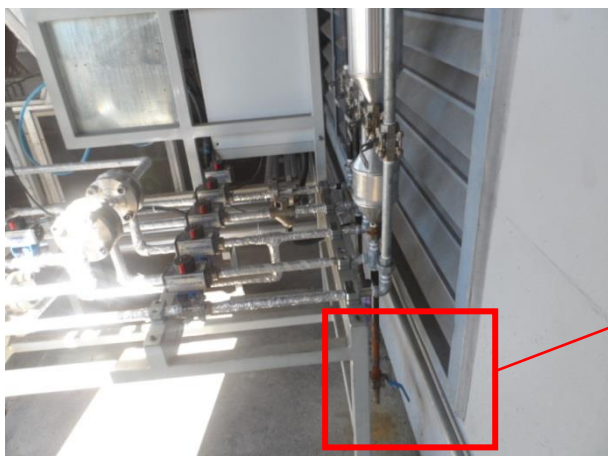


Figura 1 – Localização da válvula;



Figura 2 – Válvula de drenagem.

- Na sequência, deve-se abrir cuidadosamente a válvula de vapor, para que o condensado da linha se esgote, conforme figuras 3 e 4.



Figura 3 – Válvula de vapor aberta;



Figura 4 – Drenagem do condensado

- Aguardar a drenagem do condensado. Assim que o dreno começar a expelir vapor, figura 5, deve-se fechar a válvula de vapor imediatamente, figura 6.



Figura 5 – Início da saída de vapor.



Figura 6 – Válvula de vapor fechada.

- Após fechar a válvula de vapor, deve-se fechar a válvula de drenagem.



Fig. 7 – Válvula de drenagem fechada.

- Terminando a drenagem do condensado, deve-se abrir todas as válvulas, figura 9.



Fig. 8 – Válvulas fechadas.



Fig. 9 – Válvulas abertas.

OBS.: CASO NOTAR ALGUM VAZAMENTO NA ESTRUTURA DE VÁLVULAS E TUBULAÇÕES NESTE PONTO, DEVE-SE FECHAR TODAS AS VÁLVULAS E COMUNICAR A MANUTENÇÃO IMEDIATAMENTE!

A seguir, deve-se ligar a chave geral, localizada no painel da estação, figura 10.



Fig. 10 – Chave geral do painel.

4.2 Operando a estação de secagem

➤ Após o ligar a estação e drenar o condensado, a estação estará pronta para operação. A torre luminosa indicará quando é seguro iniciar o processo de secagem, acendendo a luz verde.



Fig. 11 – Torre luminosa.

- Para iniciar a secagem, são necessárias as seguintes operações: Posicionar o molde em frente às saídas, próximo ao batente fixo no piso, conforme mostrados nas figuras 12 e 13.



Fig. 12 – Espaço destinado ao molde.



Fig. 13 – Molde posicionado.

- Conectar os quatro engates rápidos ao molde, sendo os dois engates da direita ligados às conexões superiores do molde, e os dois engates da esquerda, às conexões inferiores, ver figuras 14 e 15. **Importante: encaixar os engates até travar na ranhura, para evitar vazamentos de água e vapor!**



Fig. 14 – Conexão dos engates ao molde.

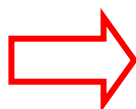


Fig. 15 – Molde conectado ao engate.

- Em seguida, deve-se conectar a tomada de dados ao molde, figuras 16 e 17.



Fig. 16 – Conexão da tomada de dados.



Fig. 17 – Tomada conectada.

- Cumpridas estas etapas, a coluna luminosa apagará a luz vermelha e acenderá a verde, indicando que é seguro iniciar o processo de secagem.

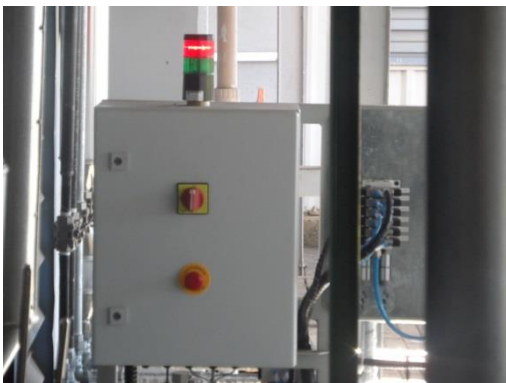


Fig. 18 – Torre luminosa vermelha.



Fig. 19 – Torre luminosa verde.

- Com a luz verde acesa, basta pressionar o botão verde no painel localizado ao lado das saídas que se conectam ao molde, figuras 20 e 21.

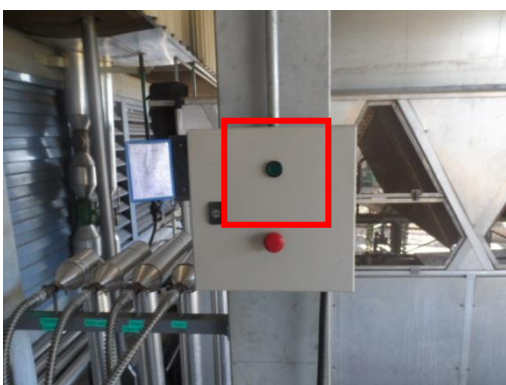


Fig. 20 – Botão de acionamento para início.



Fig. 21 – Iniciando o processo de secagem.

- Aguardar até a finalização do processo de secagem e resfriamento do molde. O processo tem duração total de 7 minutos.



Fig. 22 – Molde secando.

IMPORTANTE: O PRIMEIRO MOLDE DO DIA DEVE SER SECO DUAS VEZES, PARA QUE O VAPOR CIRCULE POR TODA A TUBULAÇÃO.

- Ao término do ciclo, a lâmpada verde se acenderá, indicando que é seguro remover o molde. A remoção segue a ordem contrária da instalação: **deve-se remover primeiro a tomada de dados**, depois os engates rápidos.

4.3 - Observações:

- A estação foi projetada para secar somente as paredes do molde. Caso seja deixado excesso de água no fundo do molde, este permanecerá após o processo de secagem, e deverá ser seco com um pano. É necessário secar o fundo do molde antes de montá-lo, para evitar tal acúmulo, ver figura 23.



Fig. 23 – Acúmulo de água no fundo do molde.

- As bordas do molde não são resfriadas com a circulação de água, portanto, é necessário a utilização de mangotes de segurança para secar o fundo do molde, se necessário.



Fig. 24 – Borda do molde se mantém aquecida após resfriamento.

Ao pressionar o botão de parada de emergência, o processo é interrompido imediatamente e a válvula de expansão é acionada, liberando a pressão do sistema!

4.4 - Desligamento

- Ao finalizar a secagem dos moldes, desligar a Chave geral, figura 25



Fig. 25 – Chave geral do painel.

- Fecham-se todas as válvulas de entrada de vapor e ar comprimido, figura 9.
- Esgota-se o vapor acumulado na estação, abrindo a válvula de drenagem. A válvula deve ser aberta com cuidado e parcialmente, até a abertura total, ver figura 26



Fig. 26 – Válvula de drenagem.

- Após a liberação da pressão, fecha-se a válvula de drenagem.