



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA EM UMA
INDÚSTRIA DE LAMINAÇÃO DE MADEIRA EM SANTARÉM - PARÁ**

Maysa Lopes Fernandes

Suzanne Alice Mota de Lima

SANTARÉM – PARÁ

2017

Maysa Lopes Fernandes
Suzanne Alice Mota de Lima

**IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA EM UMA
INDÚSTRIA DE LAMINAÇÃO DE MADEIRA EM SANTARÉM - PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC
apresentado ao Curso de Bacharelado
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia
da Universidade Federal do Oeste do
Pará - UFOPA como requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em Ciência
e Tecnologia.

Orientador:

Prof. MSc. Marcel Antonionni de Andrade
Romano

SANTARÉM – PARÁ
2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

F363i Fernandes, Maysa Lopes
 Instrumentação de sistema de controle de temperatura em uma indústria
 de laminação de madeira em Santarém – Pará. / Maysa Lopes Fernandes;
 Suzanne Alice Mota de Lima. – Santarém, Pa, 2017.
 62fls.: il.
 Inclui bibliografias.

Orientador Marcel Antonionni de Andrade Romano
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do
Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências, Programa de Ciência e
Tecnologia.

1. Madeira – Indústria – Santarém (PA). 2. Indústria – controle de temperatura.
3. Indústria Madeireira. 4. Madeira – Processos industriais. I. Lima, Suzanne Ali-
ce Mota de. II. Romano, Marcel Antonionni de Andrade, *orient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 338.456

TERMO DE APROVAÇÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi analisado pelos membros da Banca Examinadora, abaixo assinados:

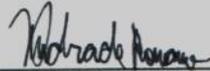
Maysa Lopes Fernandes

Suzanne Alice Mota de Lima

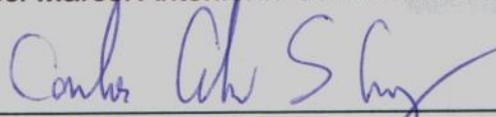
APROVADO EM: 15 / 05 / 2017

IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA EM UMA INDÚSTRIA DE LAMINAÇÃO DE MADEIRA EM SANTARÉM - PARÁ

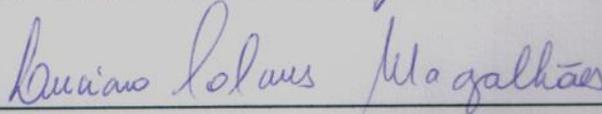
BANCA EXAMINADORA:



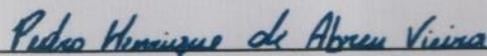
Prof. Msc. Marcel Antonioni de Andrade Romano



Prof. Dr. Carlos Célio Sousa da Cruz



Prof. Luciano Colares Magalhães



Prof. Pedro Henrique de Abreu Vieira

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Deus pela vida e por mais esta etapa vencida.

Agradecemos à nossa família pelo apoio, carinho e dedicação.

Agradecemos ao Eduardo pelo apoio na montagem hidráulica.

Agradecemos o apoio e colaboração do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI, que cedeu seu laboratório de Automação para realizarmos os testes dos componentes.

Agradecemos a indústria que nos propiciou esta oportunidade de aprendizado quando abriu suas portas para que executássemos o serviço de automação.

E também agradecemos ao nosso orientador que nos auxiliou na implementação deste projeto quando possuíamos um conhecimento mínimo fazendo com que o trabalho fosse concluído com êxito.

Maysa Lopes e Suzanne Lima

RESUMO

O setor industrial brasileiro vem crescendo desde o século XIX, contribuindo continuamente na economia do país. O ramo madeireiro é a segunda atividade mais importante da economia paraense. Para ganhar destaque, algumas empresas têm procurado agregar valor através da indústria de transformação ao se produzir laminados, aglomerados e produtos assemelhados. A automação é um processo crescente que vem contribuindo para o desenvolvimento econômico e tem sido vista como meio importante para a modernização do parque industrial, auxiliando na redução do tempo de produção, do risco de paradas, e mesmo impactos ao meio ambiente com o uso controlado de recursos naturais. Em Santarém-PA, uma empresa que trabalha com madeira laminada está investindo no controle de processos em busca dos benefícios mencionados. Objetiva-se nesse trabalho, o projeto, implementação, testes e comissionamento de controle de temperatura nos tanques destinados ao cozimento de madeira desta empresa, por meio da atuação automática de válvulas solenoides que visam regular o fluxo de vapor para os tanques, advindo de uma caldeira situada na mesma planta. O controle manual atualmente utilizado implica em perdas haja vista que é usual as válvulas ficarem mais tempo abertas que o necessário, também impõe dificuldades na obtenção da especificação de cor demandada pelos clientes.

Palavras-chave: Indústria. Automação. Implementação. Sistema de Controle.

ABSTRACT

The Brazilian industrial sector has been growing since the 19th century, continuously contributing to the country's economy. The timber industry is the second most important activity in the economy of Pará. To gain prominence, some companies have sought to add value through the manufacturing industry by producing laminates, cladding and the like. Automation is a growing process that has contributed to economic development and has been seen as an important means for the modernization of the industrial park, helping to reduce production time, the risk of downtime, and even impacts to the environment with controlled use Of natural resources. In Santarém-PA, a company that works with laminated wood is investing in process control in search of the mentioned benefits. The objective of this work is the design, implementation, testing and commissioning of temperature control in the tanks destined to the wood cooking of this company, through the automatic actuation of solenoid valves that aim to regulate the flow of steam to the tanks, coming from a Boiler located on the same floor. The manual control currently used implies losses since it is usual for the valves to be open longer than necessary, it also imposes difficulties in obtaining the color specification demanded by the customers.

Keywords: Industry. Automation. Implementation. Control system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Fluxograma das etapas do processo de laminação. (modificado).....	11
Figura 2:	Gráfico empregos gerados pela atividade madeireira na Amazônia Legal.	21
Figura 3:	Zonas madeireiras do Estado do Pará.	23
Figura 4:	Gráfico amostragem das empresas madeireiras por estado e por tipo de empresa no ano de 2009.....	24
Figura 5:	Diagrama simplificado de um sistema de controle com realimentação. (modificado).....	28
Figura 6:	Correlação entre Tensão e Temperatura dos tipos de termopar.....	29
Figura 7:	Principais peças a serem incluídas no arranjo hidráulico. Em ordem: Válvula solenoide, Filtro tipo Y e Válvula de esfera tripartida.....	37
Figura 8:	Montagem dos arranjos hidráulicos.....	40
Figura 9:	Arranjos hidráulicos prontos.	40
Figura 10:	Esquema de organização da caixa de comando.....	41
Figura 11:	Processo de corte e perfuração da caixa de comando.	42
Figura 12:	Tampa da caixa de comando sendo cortada e perfurada.	42
Figura 13:	Processo de montagem da fiação da caixa de comando.....	43
Figura 14:	Instalação da caixa de comando sendo iniciada.	43
Figura 15:	Caixa de comando instalada com cinco tanques em funcionamento.	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Itens adquiridos para o projeto - parte hidráulica:.....	50
Tabela 2: Estimativa de custo do Arranjo (parte hidráulica):.....	51
Tabela 3: Itens adquiridos para o projeto - parte elétrica:.....	51
Tabela 4: Estimativa de custo do painel (parte elétrica).	51
Tabela 5: Estimativa de custo do geral.....	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Justificativa	10
1.2	Objetivos	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos:	14
1.3	Metodologia.....	15
1.4	Estrutura do trabalho	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Indústria no Brasil	17
2.1.1	Indústria na Região Norte	18
2.2	Indústria madeireira na Amazônia	19
2.2.1	Indústria madeireira no Pará	20
2.2.2	Empregos gerados pela atividade madeireira no estado do Pará.....	20
2.3	As Zonas Madeireiras no Pará.....	21
2.4	A produção de madeira em Santarém.....	23
2.5	Tipos de empresas processadoras de madeira.	23
2.6	Automação Industrial	26
2.6	Estrutura de sistemas de controle	27
2.5.1	Elementos do sistema de controle.....	28
3	ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO	35
3.1	Instalação Hidráulica:.....	36
3.2	Instalação Elétrica:	38
3.3	Orçamento.....	38
3.4	Implementação do projeto e resultados	39
4	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
	ANEXOS	49
	ANEXO I.....	50
	ANEXO II.....	53
	ANEXO III.....	60
	ANEXO IV	61

1 INTRODUÇÃO

O setor industrial brasileiro vem crescendo e se aperfeiçoando desde o século XIX, contribuindo continuamente na economia do país, estando concentrado, em termos econômicos, sobretudo nos estados do Centro-Sul e nas regiões metropolitanas.

Como uma das últimas fronteiras de ocupação terrestre, a Amazônia atraiu a atenção do mundo com a riqueza de sua diversidade biológica, grupos indígenas, recursos minerais e matéria-prima [1]. Na última década, as atenções têm-se voltado não somente para a pecuária e conflitos de terra, mas também, de forma crescente, para as dinâmicas da exploração madeireira e seus papéis na economia da fronteira de ocupação. Porém o nível de desenvolvimento industrial e econômico desta região está entre os de menor expressão no cenário nacional.

Embora ainda seja uma atividade majoritariamente extrativista, na região, a exploração madeireira possui o potencial de catalisar diversas transformações na região. Trata-se de um dos ramos mais importantes da economia paraense, que vem empregando muitos trabalhadores na extração e transformação da madeira desde a década de 70. [2]

Até a década de 80, no entanto, a exploração madeireira em Santarém estava restrita a áreas fluviais e a espécies de alto valor comercial. Com exceção de poucos produtores de compensado no delta amazônico, a capacidade de processamento era limitada e os baixos níveis de extração seletiva resultavam em danos mínimos à floresta. [3]

Durante as duas últimas décadas, as mudanças na economia estimularam uma onda de investimentos na indústria madeireira, através da abertura de novas áreas para exploração, trazendo com isso alterações substanciais na forma de extrair, transportar e processar a madeira. Algumas empresas nesse contexto têm procurado agregar valor através da indústria de transformação, produzindo laminados, aglomerados e produtos assemelhados.

A automação é um processo crescente e tem sido vista como meio importante para a modernização do parque industrial, contribuindo para a redução do tempo de produção, do risco de paradas, e mesmo de impactos ao meio ambiente com o uso controlado e eficiente de recursos naturais. Considerando que o investimento é fator fundamental para assegurar o crescimento no longo prazo, pode-se dizer que

existem boas perspectivas para a economia regional, em função dos diversos projetos extrativistas previstos e em fase de implementação.

Em Santarém-PA, uma empresa que trabalha com madeira laminada está investindo no controle de processos em busca dos benefícios mencionados. O controle manual atualmente utilizado em um de seus procedimentos acarreta sucessivas perdas haja vista que é usual as válvulas reguladoras de fluxo de vapor ficarem mais tempo abertas que o necessário. A falta de controle também impõe dificuldades na obtenção da especificação de cor das lâminas demandada pelos clientes, que exige controle fino de temperatura e tempo de cozimento.

Torna-se desejável, assim, a implementação de um processo automatizado para melhor eficiência e controle desta empresa, sendo neste trabalho contemplado o projeto, implementação, testes e comissionamento de um sistema de controle de temperatura nos tanques destinados ao cozimento de madeira, por meio da atuação automática de válvulas solenoides que visam regular o fluxo de vapor para os tanques, produzido de uma caldeira situada na mesma planta.

1.1 Justificativa

Uma empresa madeireira que trabalha no processo de madeira em lâminas, mais conhecida como laminadora ou 'faqueadora' deseja a automação de seus processos para garantir a competitividade no mercado e movimento de produtividade. Ela está operando há 6 anos, com projeto e implantação datando em 2006.

Os proprietários são originários do Paraná onde começaram a trabalhar em 1974 com a madeira serrada, esfaqueadora, beneficiadora e compensados. Após a expansão da atividade no Brasil e o esgoamento da matéria prima no Centro-Oeste e Sul do país, adentraram na Amazônia, primeiramente no estado de Mato Grosso, buscando maior oferta de matéria-prima e beneficiando-se da mão de obra em abundância, bem como a promessa de asfaltamento da BR-163, que dava esperança de custos competitivos e um mercado promissor.

Logo após, na década de 90, vieram para o Pará, na Zona Oeste, mais precisamente na cidade de Rurópolis, onde montaram uma serraria. Após conhecer a região, Santarém mostrou-se um bom lugar para fixar residência e montar o

negócio, sendo assim optaram por mudar-se para a cidade, onde montaram uma filial da empresa existente em Mato Grosso.

A filial de Santarém – PA, conta hoje com a participação de setenta colaboradores, tendo em seu portfólio produtos de mais de quinze espécies madeiras da região, advindas de serrarias situadas em Santarém e Uruará. Geralmente, as madeiras adquiridas são refugos, ou seja, seriam descartadas, e recebem uma nobre destinação ao tornar-se matéria-prima para a empresa de laminados. O estoque de madeira é feito para um ano de produção, de acordo com o fornecimento das madeiras e dependendo da espécie desejada.

Atualmente, a empresa produz conforme a demanda dos clientes, geralmente indústrias produtoras de portas e de móveis em MDF e localizadas nos estados do Paraná e Santa Catarina, e concentra esforços na otimização do transporte da carga e com o planejamento da produção. Por este motivo o prazo de entrega depende de fatores como o tempo do processo produtivo, fechamento da carga e a logística para entrega, e pode variar entre 20 a 60 dias.

O processo de beneficiamento da madeira na empresa é composto por nove etapas, como mostra a figura 1:

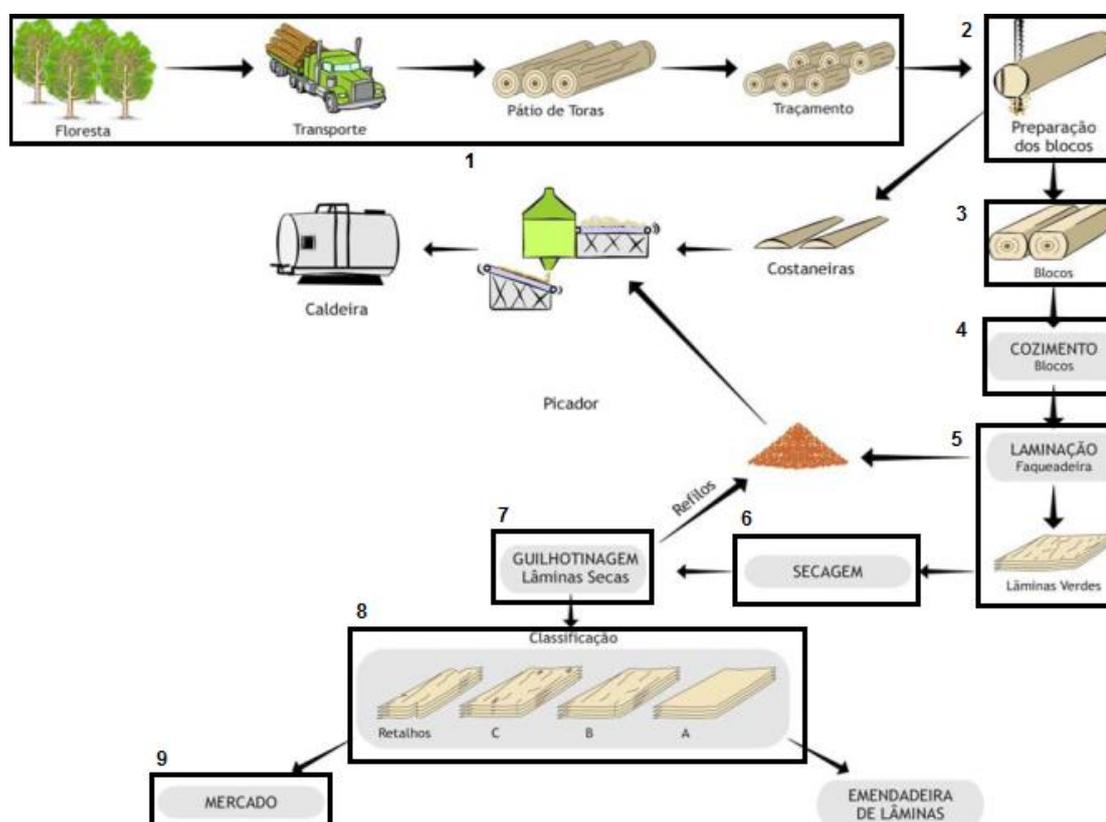


Figura 1: Fluxograma das etapas do processo de laminação. (modificado)

Fonte: IWAKIRI, 2014.

- 1) **Armazenamento das toras:** A matéria-prima é composta de madeiras selecionadas na floresta de acordo com a espécie, o diâmetro e a forma do fuste¹, advindas de madeiras da região. São normalmente madeiras brancas (freijo, tauari branco e bege, amapa claro e escuro, itaúba, sucupira, jatobá, cumarú, curupixá, goiabão, etc) que necessitam ser de boa qualidade, para que não haja nenhum defeito nas laminas e conseqüentemente nos móveis em que serão empregadas. As toras são armazenadas no pátio de toras, obedecendo os seguintes procedimentos: recebimento das toras, identificação/mensuração, classificação e armazenamento.
- 2) **Descascamento:** Tem por objetivo diminuir o tempo de aquecimento, haja vista que a casca funciona como um isolante térmico para a madeira. O descascamento depende do grau de adesão da casca no fuste, assim em algumas espécies acaba sendo necessário o procedimento após o cozimento. O mesmo é feito de forma manual pela empresa.
- 3) **Conversão das toras:** Nesta etapa temos a conversão destas em comprimentos menores por meio de corte em blocos. Os cortes são feitos na empresa por sistemas de motosserra e serras circulares de acordo com a discriminação: lâminas curtas ou compridas.
- 4) **Cozimento:** Visa o aumento da plasticidade da madeira tornando-a mais flexível, melhorando as condições de laminação por meio da diminuição do desgaste das facas, que também é influenciado por lâminas espessas, madeiras duras e nós. Também promove a mudança da coloração que ocorre de maneira gradativa para que o produto não perca as propriedades desejadas. Alguns fatores influenciam na produção das lâminas, são eles: o teor de umidade, a permeabilidade e o controle da temperatura de cozimento [4]. O cozimento pode variar de 24 horas a 384 horas, dependendo do tipo de madeira e da coloração empregada. A Empresa possui 16 tanques de cozimentos alimentados de vapor por uma Caldeira e por uma distribuição de água proveniente de um poço artesiano.

¹ Parte principal e mais visível do tronco de uma árvore.

- 5) **Laminação:** É feito após o cozimento dos blocos em lâminas de 5 mm pela faqueadeira ou tornos. Algumas madeiras necessitam ser cortadas assim que saem dos tanques de cozimento, outras carecem de resfriamento. A empresa conta atualmente com dois tornos e uma máquina esfaqueadora horizontal, sendo que os planos de cortes das lâminas são definidos em função do desenho designado pelo cliente que acompanha as tendências do mercado na produção de lâminas decorativas.
- 6) **Secagem de lâminas:** A secagem é o processo de retirada de água da madeira até o teor de umidade especificado, propiciando condições adequadas para a colagem das lâminas. Parâmetros importantes e que devem ser mantidos são: a uniformidade da umidade, ausência de ondulações e depressões, ausência de fendas e/ou rachaduras e uma superfície em boas condições de colagem [4]. A empresa trabalha com um secador contínuo de esteira funcionando a no máximo 100° C, pois caso a lenha esteja verde ou molhada a temperatura cai. O tempo da secagem varia de acordo com as condições da caldeira, do secador e da densidade da madeira em questão.
- 7) **Guilhotina:** Após um descanso para não comprometer a estrutura das lâminas, estas são guilhotinadas em sua maioria, com 12cm de largura e 2,15m de comprimento, variando conforme a sua empregabilidade.
- 8) **Controle de qualidade:** Os fatores que influenciam na qualidade das lâminas são: o caráter da tora, as condições de armazenamento, o aquecimento e as condições mecânicas, de ajuste e operacionais da esfaqueadora [4]. O descarte de lâminas defeituosas é feito por meio da inspeção visual. Sendo descartadas as lâminas que apresentam defeitos, variação na textura, desuniformidade da espessura e aspereza da superfície.
- 9) **Armazenamento/transporte:** Após a classificação as lâminas seguem para a embalagem e o empilhamento. O transporte é feito por via terrestre. Cada pilha tem aproximadamente 5m², e a capacidade dos caminhões de transporte são de 80m², assim espera-se fechar um caminhão para que as lâminas sigam para seus respectivos compradores dentro do prazo esperado.

As lâminas descartadas, bem como as aparas, serragens, cascas e as sobras de madeiras são aproveitadas como combustível da caldeira, promovendo economia e reduzindo os resíduos.

Vários dos processos citados que fazem parte da logística da empresa apresentam oportunidades de aprimoramento. Mas para este trabalho o foco será no quarto processo, referente ao aquecimento da madeira, de forte cunho empírico e com perspectivas de ganho econômico, haja vista que os registros de admissão de vapor para o tanque ficam abertos por muito mais tempo que o necessário ou até mesmo constantemente abertos. Isso afeta diretamente a autonomia da caldeira que trabalha em fluxo contínuo, 24 horas por dia e todos os dias do ano, operando a 2600 kg vapor/h e não consegue ser suficiente para alimentar todos processos plenamente devido principalmente aos desperdícios gerados.

Alguns desses problemas podem ser amenizados ou equacionados através da implementação do controle de temperatura por meio da atuação no fluxo de vapor, haja vista que o atual processo acarreta perdas frequentes de matéria prima, onde madeiras cozidas inadequadamente correm risco de serem perdidas, pelo não atendimento das especificações de cor e textura, ocasionando prejuízos financeiros diversos, bem como incrementos no tempo, redução da capacidade e dificuldades de planejamento da produção.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Implantar um sistema de controle semi-automático para monitorar a temperatura nos tanques destinados ao cozimento de madeira e regular o fluxo de vapor por meio de sensores térmicos e da atuação automática de válvulas solenóides.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Identificar possíveis aprimoramentos e melhorias;
- Desenvolver um esquema geral de funcionamento do sistema de controle;

- Planejar execução de instalações elétricas e hidráulicas;
- Especificar componentes e materiais;
- Orçar e estimar custos;
- Executar parte das instalações hidráulicas e instalações elétricas;
- Supervisionar a execução do projeto, inspecionando componentes como controladores, válvulas e sensores térmicos.
- Comissionar o sistema implementado.

1.3 Metodologia

Inicialmente foram realizadas visitas *in loco*, para conhecer a empresa, seus processos e suas necessidades. A partir da definição do foco e escopo do trabalho, foi feito um levantamento bibliográfico visando o entendimento de diversos conteúdos atitudinais da área de instalações elétricas, hidráulicas e sistemas de controle e automação necessários a execução do mesmo.

Como próxima etapa, foi elaborado um esboço do sistema, incluindo a especificação de componentes principais. Também foi elaborado um plano de execução.

Os componentes foram orçados, adquiridos e inspecionados para que se pudesse partir para a execução das instalações elétricas e hidráulicas, em um trabalho que envolveu montagem dos painéis elétricos, serviços de tornearia e montagem das tubulações hidráulicas, inclusive componentes como válvulas solenoide e registros.

Vale ressaltar que já havia por parte da empresa interesse prévio em um sistema semelhante ao proposto, haja vista que o mesmo já foi implantado na matriz, de modo que alguns componentes foram previamente especificados/adquiridos pelo pessoal da empresa. Ainda assim, neste trabalho procurou-se demonstrar as etapas para implementação do sistema completo, subsidiando uma eventual instalação de sistema semelhante no futuro.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está organizado da seguinte forma:

No Capítulo 1 é relatado o histórico da empresa, compreendendo seus processos e identificando suas necessidades, também constando a justificativa, os objetivos e a metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo realizado.

Já o Capítulo 2 denominado de Fundamentação Teórica, apresenta a descrição em resumo sobre a situação histórica da indústria no Brasil, dando enfoque ao desenvolvimento industrial na Região Norte e estabelecendo sua importância no Estado do Pará. Posteriormente, identifica-se a relevância do setor industrial madeireiro na Amazônia para a economia do Brasil e da região, seguidos do histórico e valia da automação para as atividades industriais.

O Capítulo 3 apresenta os resultados e a abordagem de uma solução através de propostas, elaboração de um projeto de engenharia, viabilidade econômica e implementação. Finalizando com os Resultados obtidos após a implementação do processo de automação.

Finalmente, o Capítulo 4 apresenta a Conclusão do trabalho seguida das Referências e Apêndice.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Indústria no Brasil

Desde a Colonização do Brasil à República, muitos foram os desafios que os governos que se sucediam enfrentaram, pois desde a extração do ouro à metalurgia, da tecelagem do algodão aos primeiros estaleiros, as tentativas de industrialização do Brasil Colônia representaram iniciativas isoladas, com exceção do mercado do açúcar que fez do país o maior produtor mundial ainda no século XVII. [5]

No período que o Brasil foi colônia de Portugal (1500 a 1822) a metrópole proibia a implantação de fábricas, pois os brasileiros movimentavam a economia portuguesa devido aos produtos manufaturados importados para a colônia. Após a chegada da família real (1808) e com o advento da “Abertura dos Portos às Nações Amigas”, o Brasil manteve sua dependência com mercado externo, porém, com os ingleses. [6]

Somente no fim do século XIX o desenvolvimento industrial no Brasil se iniciou. A exportação do café, com sua grande rentabilidade, possibilitou o financiamento de novos empreendimentos. Houve um significativo aumento nos estabelecimentos industriais brasileiros, principalmente em São Paulo e Rio de Janeiro. Fábricas de tecidos, calçados e outros produtos de fabricação mais simples foram construídas.

No período da “Era Vargas” (1930-1945) o desenvolvimento da indústria brasileira ganhou grande impulso. O então presidente Getúlio Vargas objetivou efetivar a industrialização no país, dando assim privilégios as indústrias nacionais, criando leis para regulamentar o mercado de trabalho, bem como medidas protecionistas e altos investimentos em infraestrutura na indústria nacional, para que o Brasil conquistasse independência econômica. O desenvolvimento industrial foi impulsionado, porém, se restringiu novamente aos grandes centros urbanos no Sudeste, provocando uma grande disparidade regional.

Durante este mesmo período, a indústria também se beneficiou com o final da Segunda Guerra Mundial (1939-45). Houve um surto de instalação de fábricas, pois os países europeus estavam com suas indústrias arrasadas, necessitando importar produtos industrializados de outros países, entre eles o Brasil. No ano que terminara o conflito, 1945, o setor industrial brasileiro cresceu em média 9,2% ao ano [5].

Matérias primas para a produção de manufatura pesada, como o aço ganharam investimentos com a criação da Companhia Siderúrgica Nacional e a construção da Usina de Volta Redonda no estado do Rio de Janeiro.

Anos depois a PETROBRÁS foi fundada, 1953, no retorno de Getúlio Vargas que possuía espírito nacionalista pregando o desenvolvimento industrial centralizado e uma limitação à entrada de capitais estrangeiros. Por conseguinte, iniciara o interesse das empresas multinacionais no mercado brasileiro. Com a chegada ao poder do então Presidente do Brasil, Juscelino Kubitschek, o país abriu a economia para o capital internacional, gerando grande crescimento industrial, com a instalação de grandes montadores de veículos, principalmente. Pela primeira vez, a produção agrícola ficara abaixo da produção industrial.

Nas décadas 70, 80 e 90, a industrialização do Brasil continuou a crescer, embora, em alguns momentos de crise econômica, ela tenha estagnado. O Brasil passou por uma boa base industrial, produzindo diversos produtos. Apesar de todo o avanço, a indústria nacional ainda é dependente em alguns setores, como o de informática, de tecnologia externa. [7]

Atualmente, de acordo com dados divulgados pelo censo IBGE (2016), a produção industrial brasileira cresceu apenas 1,1% em junho deste ano e 12 meses, o recuo na economia ficou em 9,8%.

2.1.1 Indústria na Região Norte

A região norte do Brasil está entre as de menor expressão no cenário nacional quando se trata de desenvolvimento industrial e econômico. A partir da década de 1960, deu-se início a incentivos fiscais e facilidades do Governo Federal com o objetivo de atrair indústrias para que as empresas se instalassem e promovessem o desenvolvimento econômico e social do Norte, possibilitando a ascensão no setor industrial. [8]

Diversos projetos foram aplicados na região, gerenciados pelo Governo Federal, porém o de maior destaque foi a criação do Parque Industrial instalado na cidade de Manaus, mais popularmente conhecido com Zona Franca de Manaus. Neste distrito industrial os impostos dos produtos comercializados não são pagos pelas indústrias, por essa razão diversas empresas migraram para a região. Os mais diversos ramos de atividades industriais se instalaram no local, como fábricas de

moto, bicicletas e a produção de eletroeletrônicos. Tais produtos são utilizados, na sua maioria, para suprir as necessidades de consumo nacional, somente uma pequena parcela é utilizada para exportação. Há, também, o parque industrial de Belém, que se destaca no setor alimentício, de bebidas e tecidos. [8]

Existe outra importante atividade industrial e econômica na região Norte: o extrativismo. Dentre as atividades extrativistas que mais se destacam economicamente na Região Amazônica estão a mineração, a agropecuária, bem como a exploração e processamento industrial da madeira.

O setor madeireiro impulsiona de forma direta a economia de dezenas de municípios da Amazônia. Em 2004, a indústria madeireira gerou aproximadamente 200 mil empregos, dos quais 66 mil empregos diretos (processamento e exploração florestal) e 137 mil empregos indiretos. [9]

Em Santarém, a indústria é responsável atualmente, segundo dados do censo IBGE (2013), por um PIB de 2,8% do valor total do Estado do Pará, ocupando a 7ª posição no ranking de cidades.

2.2 Indústria madeireira na Amazônia

O Brasil é aclamado como o país de maior diversidade biológica do planeta abrigando recursos florestais imensos. A Amazônia, que corresponde a um terço das florestas tropicais do mundo, possui um potencial econômico gigantesco. [10]

A indústria madeireira da região amazônica movimenta, em média, US\$ 2,5 bilhões (15% do PIB dos estados pioneiros) por ano, em função das mais de 3.100 espécies disponíveis, se utilizando de cerca de 350 comercialmente. Porém, apenas cerca de 30% garantem um percentual de 80% do mercado [1]. Desse total, dois terços são extraídos nos Estados do Pará e Rondônia. Mato Grosso destaca-se como o terceiro Estado produtor, enquanto o Maranhão e o Tocantins são os Estados com participação mais modesta. Atendendo principalmente o mercado interno com a maior parte da madeira retirada pertencente a árvores nativas. [11]

Há três séculos a exploração comercial desta riqueza vem se estendendo, e se intensificou no Norte com a vinda de madeireiros de outras partes do país no final da década de 60, devido à abertura de estradas, o custo de aquisição da madeira que era baixo e ao esgotamento dos recursos madeireiros das regiões Sul e Sudeste. Madeiras nobres eram retiradas em toras, restritamente de florestas de

várzea ao longo dos principais rios e exportadas para as metrópoles europeias. Até em meados do século XIX, a madeira não era reconhecida no comércio amazônico com importância, contribuindo escassamente para a renda das exportações. Produtos como cacau, castanha, borracha, sementes e raízes prevaleciam no mercado. [10]

A partir do momento que a exploração da madeira ganhou alta importância, no estado do Pará instalaram-se grandes serrarias, movidas à vapor, e também fábricas de laminados e compensados mantidas por investimentos de estrangeiros. [3]

2.2.1 Indústria madeireira no Pará

Dados do Censo IBGE (2013) mostram que (34%) da produção de madeira em tora na Região Norte do Brasil ocorre no estado do Pará, equivalente a uma renda bruta de R\$ 976.733,00, mais da metade (65,5%) do estado. Apesar de sua imensidão territorial (1,6 milhão de quilômetros quadrados, o equivalente a 18% do Brasil), o estado do Amazonas contribui com apenas 7,4% da produção regional.

2.2.2 Empregos gerados pela atividade madeireira no estado do Pará

Segundo estudos do SFB & IMAZON (2010) a atividade madeireira no Estado gera cerca de 92.423 empregos diretos e indiretos nas atividades de exploração madeireira, transporte de madeira em tora e processamento. Isso corresponde a 45,3% dos empregos gerados na Amazônia Legal (aproximadamente 204 mil) pela indústria madeireira. Dos postos de trabalho indiretos, temos os segmentos de transporte de madeira processada, revenda de madeira processada, lojas de equipamentos e maquinário para o setor madeireiro, consultoria florestal², consultoria jurídica, e no beneficiamento da madeira processada para a fabricação de móveis em movelarias.

² Elaboração de planos de manejo florestal.

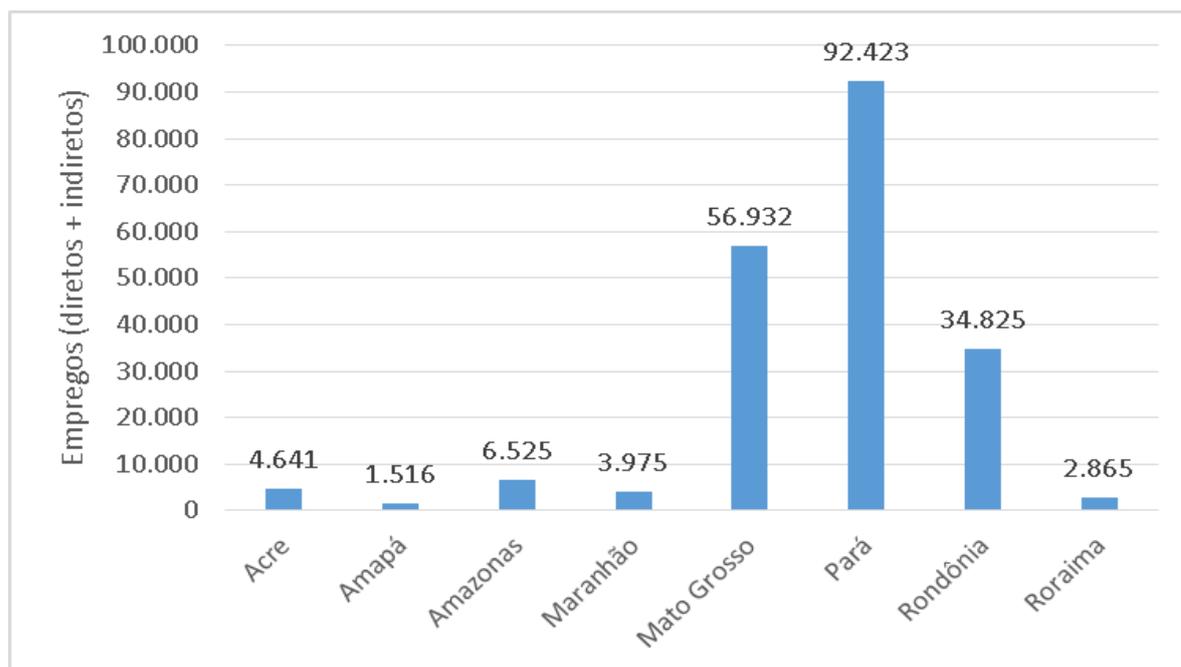


Figura 2: Gráfico empregos gerados pela atividade madeireira na Amazônia Legal.

Fonte: SFB & IMAZON, 2010.

2.3 As Zonas Madeireiras no Pará

Em 2013, a produção de madeira em tora no Pará atingiu 4,6 milhões de metros cúbicos, o que representou 55,3% do valor da renda bruta da produção da Amazônia Legal [11]. Mas essa produção está distribuída de forma desigual nas zonas madeireiras do Estado.

Existem cinco zonas madeireiras no Pará, de acordo com as tipologias florestais (floresta densa, aberta e de várzea), a idade da fronteira madeireira (velha, intermediária e nova), as condições de acesso e o tipo de transporte (fluvial ou terrestre).

A zona leste, é coberta por florestas densas de terra firme, com boas condições de acesso devido à existência de rodovias e estradas vicinais, é considerada uma velha fronteira. Seus polos madeireiros são Paragominas, Tailândia, Tomé-Açú Jacundá e Breu Branco. O desmatamento tem interferido na produção desta zona nos últimos tempos. A região alcança 48% da produção da madeira em tora do Estado.

A zona sul tem como cobertura vegetal original florestas abertas e é considerada uma velha fronteira madeireira. A cobertura florestal está bastante reduzida nas áreas privadas, especialmente nos municípios de Redenção e Rio

Maria, pois na década de 70 e 80 era uma zona importante de extração de mogno. Seus polos madeireiros são: Itupiranga, Marabá e Redenção, responsáveis por apenas 6% da produção madeireira do Estado.

A zona do estuário e baixo Amazonas é largamente coberta por florestas de várzea, considerada fronteira intermediária. Seus principais polos madeireiros são: Breves e Porto de Moz, responsáveis por 26% da produção de madeira em tora do Pará. Dando destaque para Breves.

As florestas densas de terra firme formam a vegetação típica da zona central, são consideradas fronteiras novas, pois, nessa região a atividade madeireira é mais recente, se deu início no final da década de 80. Seus polos madeireiros são Altamira, Santarém e Uruará. Responsáveis por 6% da madeira em tora do Estado. [12]

O Oeste do Pará é a mais nova zona madeireira, e é coberta por florestas abertas e bosques densos de terra firme. O aparecimento de madeiras na região se deu na década de 90 devido a promessa de asfaltamento da Rodovia Santarém-Cuiabá, a oferta de madeira e a existência de mogno (espécie de alto valor). Seus polos madeireiros são Novo Progresso e Itaituba. Esta é uma zona crescente e é responsável por 12% da produção madeireira do Estado.

Existe ainda a Zona Norte, porém devido à quase inexistência de estradas, a extensão de rios não navegáveis e ao relevo acidentado, dificulta a atividade madeireira nesta região, tornando-se assim quase inexistente com um valor de 2% sobre o Estado. [12]

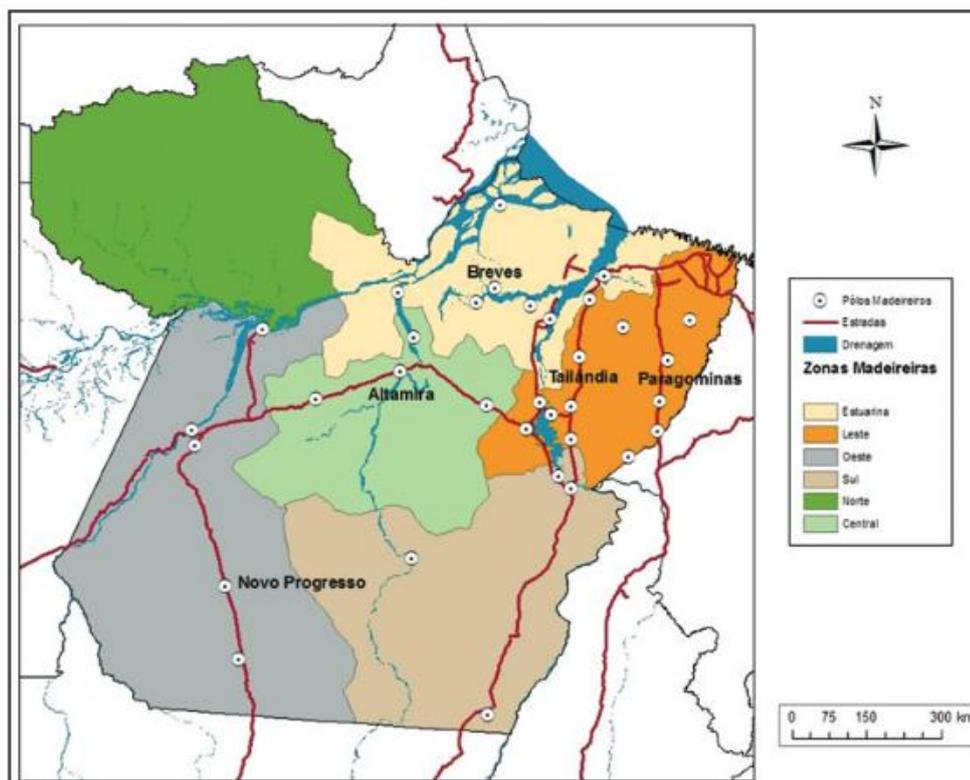


Figura 3: Zonas madeireiras do Estado do Pará.

Fonte: VERÍSSIMO *et al*, 2006.

2.4 A produção de madeira em Santarém

Foi no final dos anos de 1930 e início da década de 40 que a economia santarena começou a se estabilizar. A exportação da madeira foi muito extensa nesse período. Os trabalhadores passavam dias embarcando o produto, que, sem ser beneficiado, era levado para vários países da Europa, principalmente para a Inglaterra e a Alemanha. [13]

Atualmente, o extrativismo vegetal continua em alta. A extração madeireira tem sido muito intensa, aumentando consideravelmente de um ano para o outro.

2.5 Tipos de empresas processadoras de madeira.

O processamento da madeira nativa em toras após sua extração na floresta pode ser feito de várias formas para agregar valor ao produto final, sendo eles, semi-industrializados e industrializados. Assim, as empresas são divididas em: micro serrarias, serrarias, beneficiadoras, laminadoras ou faqueadoras e fábrica de painéis.

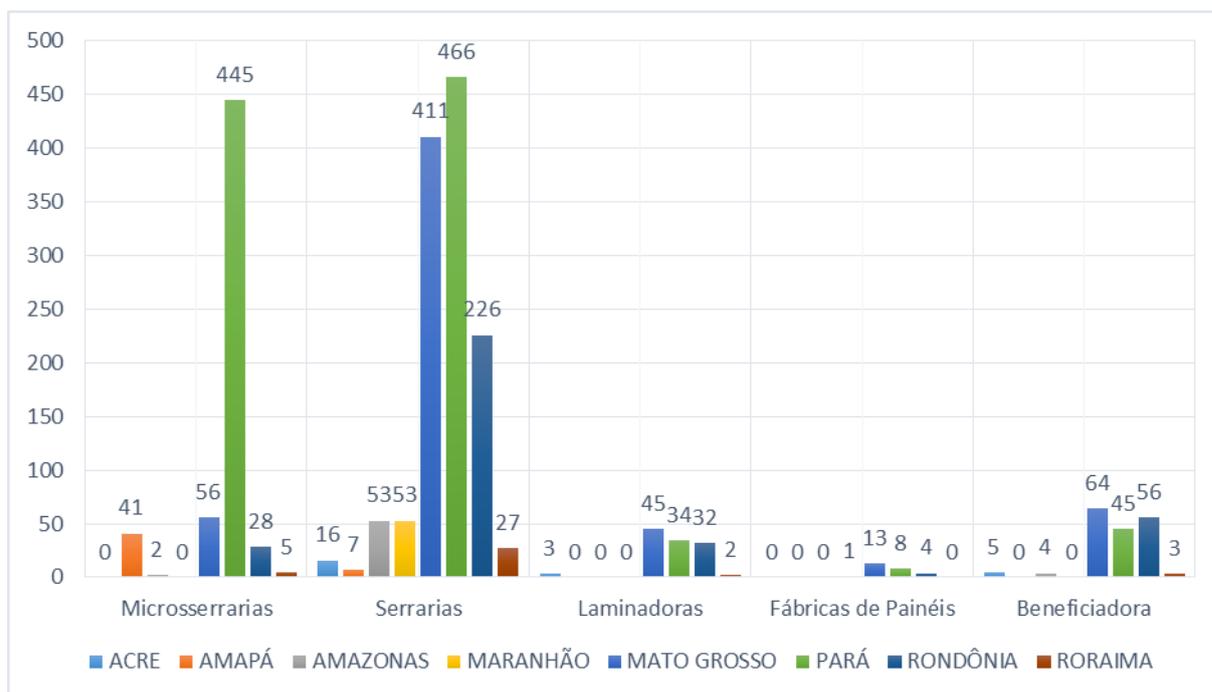


Figura 4: Gráfico amostragem das empresas madeireiras por estado e por tipo de empresa no ano de 2009.

Fonte: SFB & IMAZON, 2010.

Nos dados obtidos acima podemos verificar que em 2009, na Amazônia Legal existiam 2.180 empresas madeireiras em funcionamento. Aproximadamente 57,7% eram serrarias e 26,5% eram microserrarias. As beneficiadoras somaram 8%, as laminadoras/faqueadoras somaram 5,3% e as fábricas de painéis somaram pouco menos de 1%. Essas madeireiras extraíram em torno de 14,2 milhões de metros cúbicos de madeira em tora, que resultou na produção de 5,8 milhões de metros cúbicos de madeira processada. A maioria (72%) dessa produção era madeira serrada com baixo valor agregado (ripas, caibros, tábuas e similares). Outros 15% foram transformados em madeira beneficiada (pisos, esquadrias, madeira aparelhada, etc.); e o restante (13%), em madeira laminada e compensada.

Conhecendo essas empresas mais detalhadamente para entender a designação de cada uma, temos:

Microserrarias (ou pequena serraria): São empresas familiares que exploram as florestas de várzea, localizadas principalmente nos estados do Pará e Amapá. O desdobro da madeira em tora é feito de maneira rudimentar, através de

serras circulares, que funcionam com o uso de motores a diesel, serras Induspan³ ou serras-de-fita horizontais (também conhecidas como engenhos). Em geral, possuem baixo rendimento. [15]

Serrarias: São empresas de médio e grande porte que empregam geralmente mais de dez pessoas. Dado que o porte varia de acordo com a quantidade de serras-de-fita que ela possui. O processamento das toras ocorre por meio da utilização de serras deitadas, engenhos horizontais, serras circulares e em alguns casos serras tipo Induspan. Estes equipamentos permitem o processamento de quase todas as espécies comerciais, garantindo ao produto um melhor acabamento e uma melhor qualidade (madeira processada com dimensões mais precisas). Algumas serrarias realizam o beneficiamento de parte da madeira. Porém, a maior parte da produção comercializada (50% ou mais) trata-se da madeira serrada bruta. [16]

Fábricas de painéis: Essas empresas possuem uma grande relevância para a economia brasileira devido a geração de empregos no setor moveleiro e na construção civil. Executam o desdobramento da madeira em tora através de tornos ou faqueadoras. As lâminas de madeira são secas em estufas e submetidas à colagem e prensagem [16]. Os painéis de madeira dividem-se em três grupos: compensados, aglomerados e chapas de fibras comprimidas, onde se insere o MDF.

Beneficiadoras: São as empresas que fazem o beneficiamento da madeira serrada. Agregando maior valor aos seus produtos, é o exemplo de pisos, decks e forros. Utilizam no processo serras-de-fita e fazem uso de plainas⁴ para o beneficiamento da madeira serrada. A maior parte da produção (maior ou igual a 50%) é composta por madeira serrada beneficiada. [16]

Laminadoras: Essas empresas produzem lâminas (material produzido pela ação de corte através de uma faca específica) de madeira de 0,3mm a 6,35 mm [4] de espessura através do desdobro de toras com a utilização de tornos laminadores ou máquinas esfaqueadoras. Sua aplicação se dá em compensados, pisos, decks, vigas, pilares, painéis e revestimentos. Esta técnica possibilita o uso eficiente da matéria, visto que a demanda de madeira continua a aumentar em todo mundo e os recursos ficam cada vez mais escassos. Sua aplicação e conhecimento teve início

³ Desdobrador de madeira com motor.

⁴ Ferramenta elétrica (ou não) que realiza o nivelamento da madeira.

no século XIX e tem se popularizado mundialmente com destaque no mercado de pisos.

2.6 Automação Industrial

O século XVIII foi marcado pela invenção da máquina a vapor que impulsionou a economia mundial, período conhecido como Revolução Industrial.

A indústria tomou forma e cresceu no século seguinte com o surgimento de novas fontes de energia e o aço ganhando o lugar do ferro nas construções, impulsionando o desenvolvimento de grandes potências como os Estados Unidos da América e a Europa. Nestas circunstâncias, nos anos posteriores houve a criação de dispositivos mecânicos chamados relés, primeiramente para o melhoramento de um telégrafo (1832 por Joseph Henry) e em seguida passando a fazer parte de novas invenções como o telefone (1876 por Alexander Graham Bell) se estendendo e ganhando grande destaque nas fábricas. Esses acontecimentos e os que seguem caracterizam a II Revolução Industrial.

No início do século XX, com o conceito de indústria já consolidado, utilizava-se do controle manual de instrumentos como válvulas manuais, termômetros, manômetros, entre outros para controlar pressão, temperatura, vazão, etc, dos processos. Com o passar do tempo esse controle foi se tornando ineficiente, exigindo uma maior precisão, dando entrada a novos pensamentos de produção em escala com um maior controle e automação dos processos industriais, capaz de mudar o trabalho do homem de uma atuação física direta para um controle centralizado e de menor esforço. [18]

Surge então a primeira linha de montagem em 1908, barateando custos de produção e produzindo de maneira mais ágil. O responsável foi Henry Ford que revolucionou as fábricas do mundo todo com sua ideia e instigou a criação de novos conceitos dentro da indústria como a produção em massa. Esta criação impulsionou grandemente o desenvolvimento industrial revolucionando ideias e dando início à existência da Automação Industrial. Porém, as máquinas automatizadas por relés exigiam uma programação complexa, instalação de painéis, cabines com diversos dispositivos mecânicos e cabeamento, o que consumia muita energia e interconectividade.

Um empresa chamada *BedFord Association* dos Estados Unidos criou um dispositivo que substituiria os relés em 1968, o primeiro Controlador Lógico Programável, que deu mais eficiência e garantiu uma economia ao substituir todo o equipamento.

Nos dias atuais, ainda há uma mudança corrente nas estruturas fabris em busca de uma melhor produção e qualidade dos produtos oferecidos para garantir a competição entre concorrentes e as exigências do mercado.

A automação contribuiu para a modernização e para a melhoria de produtividade, pois além de reduzir o tempo de produção, reduz o risco de paradas por falhas em equipamentos e peças sem reposição, reduz os impactos ao meio ambiente com o uso controlado de recursos naturais poluindo cada vez menos, garante um melhor controle de qualidade e acabamento ao produto e torna a velocidade de trabalho alta e constante. [19]

Além de um melhor controle das variáveis do processo, pode-se fabricar produtos de maior qualidade do que um trabalho manual poderia proporcionar. Esse controle teve um avanço cronológico marcado primeiramente pelo controle manual, seguido do controle mecânico e hidráulico, controle pneumático, seguindo o controle elétrico, o controle eletrônico enfim chegando no que temos atualmente, o controle digital. [18]

2.6 Estrutura de sistemas de controle

Sistema de controle é um grupo de componentes que gerenciam o comportamento de um sistema e buscam produzir uma resposta desejada através de uma configuração e leitura de sinais emitidos.

Os sistemas automatizados podem ser empregados em simples máquinas, em um processo único ou em toda a indústria. A diferença segue pelo número de elementos monitorados e controlados e a complexidade da planta [20]. Elementos relevantes de um sistema de controle são:

O **processo** é toda operação a ser controlada que possui características, relativamente fixas, evoluindo progressivamente e de forma contínua, tendo em vista o alcance de resultados e objetivos particulares de cada sistema.

O **sistema** é a combinação de partes reunidas que objetivam um resultado, de modo a formarem um conjunto que abrangem características físicas, fenômenos abstratos e dinâmicos.

O **distúrbio** é um sinal que afeta o valor de saída do sistema, este pode ser externo ou interno, sendo que o distúrbio interno ocorre dentro do sistema e o externo é produzido fora e atua como um sinal de entrada no sistema.

Um sistema de controle como um dispositivo onde uma quantidade medida é utilizada para modificar o comportamento do sistema por meio de computação e atuação. [21]

Uma visão moderna do papel do controle interpreta a realimentação como uma ferramenta para gerenciamento de incertezas, sejam elas paramétricas, de condições de funcionamento, de limites práticos ou advindas de alteração de sinais externos (ruído, perturbação) não controlados.

Justamente esta visão, de sistemas de controle como uma maneira de conferir robustez frente a uma incerteza, explica o porquê de o controle realimentado estar disseminado por todas as tecnologias do mundo moderno. A figura a seguir mostra o diagrama padrão para controle por realimentação da saída.

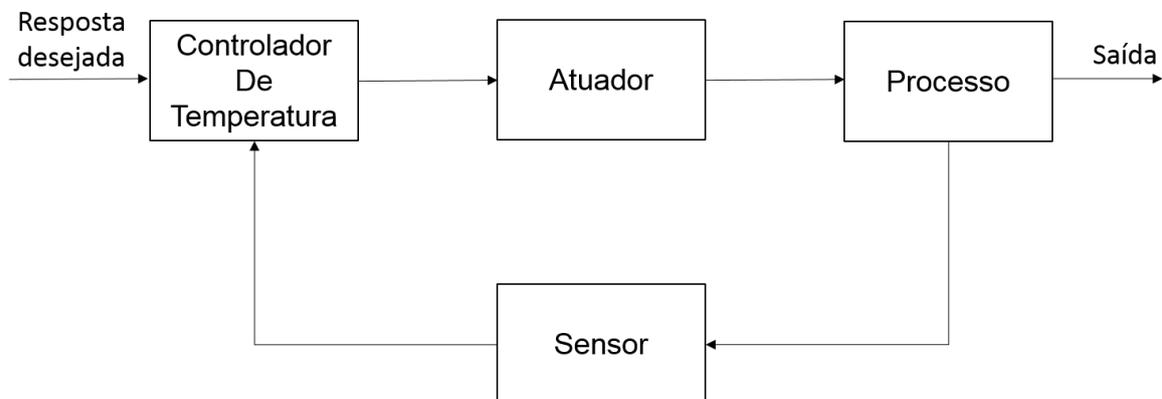


Figura 5: Diagrama simplificado de um sistema de controle com realimentação. (modificado)
Fonte: U.S. Department of Energy, 1992. (tradução)

2.5.1 Elementos do sistema de controle

A. Sensores

Os sensores são dispositivos sensíveis a alguma forma de energia que coletam sinais do processo e convertem informações de grandezas físicas como

pressão, temperatura, corrente, vazão, posição, velocidade, etc., na forma de sinais elétricos emitindo-os para um receptor. Existem inúmeros tipos de sensores e para o uso industrial podemos destacar os eletrostáticos, indutivos, térmicos, magnéticos, capacitivos, ópticos e de automação rodoviária. [22]

a) Sensor de temperatura:

O Sensor de temperatura tem a função de medir a grandeza física temperatura. Existe uma variedade de sensores de temperatura no mercado que atendem necessidade específicas de aplicação, dentre os quais se destacam os termistores, termopares, termorresistores, eletrônicos e pirômetros. [23]

Termopares:

O princípio explorado pelos termopares para a medição de temperatura é conhecido como efeito termoelétrico de *Seebeck*, que consiste na produção de diferença de potencial entre duas junções de condutores e/ou semicondutores de materiais com composições diferentes quando estas são submetidas a diferentes temperaturas [24]. O termopar é largamente empregado na indústria por oferecer baixo custo e uma abrangente faixa de temperaturas. Os termopares utilizam poucos pares de materiais em sua fabricação em relação a outros medidores para exibir o efeito termoelétrico. São eles: *Chromel/Alumel* (tipo K), *Ferro/Constantan* (tipo J), *Platina/Ródio* (tipos R, S e B), *Chromel/Constantan* (tipo E) e *Cobre/Constantan* (tipo T) [25]. Cada um desses pares apresenta características particulares da relação temperatura e tensão, que os torna aplicáveis nas mais diversas situações.

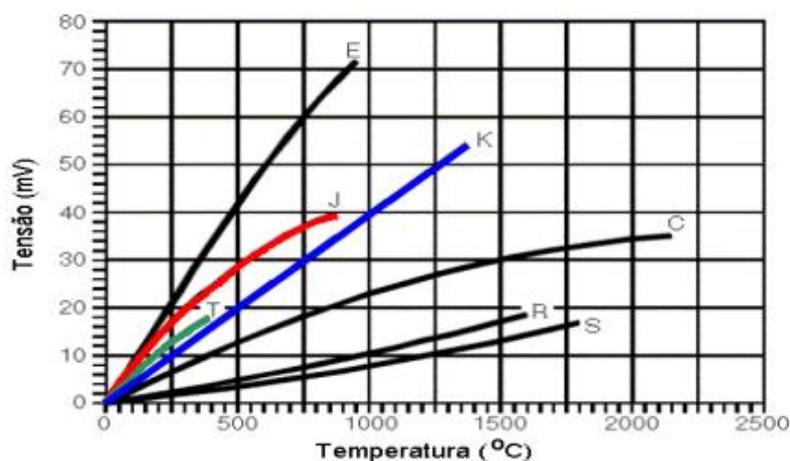


Figura 6: Correlação entre Tensão e Temperatura dos tipos de termopar.
Fonte: BALBINOT & BRUSAMARELLO, 2007.

Termorresistores:

São metais condutores como a platina, o cobre e o níquel que tem seu princípio de funcionamento baseado na variação da resistência elétrica desses metais com a temperatura. Também designados por *Resistance Temperature Detectors, RTD*.

Por propiciar refino, atingindo por consequência grandes níveis de pureza, a platina é o metal mais indicado para a construção destes sensores de temperatura [25]. Podendo ser do tipo: PT-25,5, PT- 100, PT-120, PT-130 e PT-500.

- **PT100:**

É um termômetro de resistência elétrica feito de platina que possui resistência de aproximadamente 100Ω a 0°C , o que justifica sua nomenclatura, PT-100. Possui valor de resistividade padrão, contidas em tabelas universais, não dependendo do fabricante. O PT100 também possui todos os seus parâmetros pré-definidos, o que traz confiabilidade ao produto, facilitando validações de técnicas e processos. A vertente desfavorável do PT-100 se deve ao seu relativo custo elevado em comparação com outros dispositivos.

B. Atuadores

O atuador é o dispositivo que será responsável pela realização de trabalho no processo ao qual está se aplicando a automação. Podendo ser do tipo magnético, hidráulico, pneumático, elétrico, ou de acionamento misto [20]. Como exemplo temos válvulas, cilindros, solenóides, bomba, motor, travas, etc.

- a) **Válvulas:**

São usadas em sistemas hidráulicos e pneumáticos para regular a vazão de um fluido. Geralmente empregadas em tubulações, entradas e saídas de vasos e tanques dentre outras aplicações.

Válvula de controle:

- a) As válvulas de controle regulam a vazão de fluidos em tubulações e máquinas, a partir de um o sinal recebido do controlador e atuam de

acordo com sua programação [26]. Elas possuem três tipos de controle, o manual, o automático e o controle remoto. Podem ser classificadas conforme o princípio físico de atuação, como: pneumáticas, elétricas, eletromagnéticas, hidráulicas e mecânicas. [27]

Válvula solenoide

Solenoide é uma bobina de fio que pode induzir um campo magnético em um núcleo ferromagnético presente em seu interior de forma controlada, provocando um movimento mecânico. A válvula solenoide é formada por um corpo de válvula e um pacote eletromagnético.

No pacote e de acordo com a passagem de corrente, a bobina de fio isolado assume posições de abertura e fechamento. No corpo da válvula, que pode conter um ou mais orifícios de passagem, entrada ou saída, é feita a regulagem da vazão de fluidos na tubulação por meio de uma haste acionada pela bobina. O que lhe emprega duas posições: aberta e fechada.

As válvulas solenoides estão classificadas de duas formas: Normalmente Fechada (NF) que se abre quando energizada e fecha quando sua corrente é cortada e Normalmente Aberta (NA), que se fecha quando energizada e se abre quando sua corrente é cortada. [26] As válvulas possuem ainda tipos de conexões que variam com sua empregabilidade. Seus principais fabricantes são Parker, ASCO, Danfoss e Jefferson, que as disponibilizam como:

- Válvulas de 2 vias: possuem uma conexão para entrada e uma para saída, abrindo ou fechando o orifício de passagem de fluido em função de um comando elétrico, disponíveis em duas versões: Normalmente fechada e Normalmente aberta.
- Válvulas de 3 vias: possuem três conexões e dois orifícios. Um dos orifícios estará sempre fechado enquanto um outro estiver aberto. Disponíveis nas versões: Normalmente fechada, Normalmente aberta e Universal que pode se comportar como um dos outros tipos (NF e NA) ou pode desviar o fluxo de acordo com a pressão de entrada.
- Válvula de 4 ou 5 vias: possuem duas ou três posições. Ao possuir três, uma se mantém estável e duas ficam instáveis, havendo uma bobina para

cada posição. Possuem cinco conexões: uma de pressão, duas de utilização e duas de exaustão.

Válvula Proporcional com acionamento elétrico

As válvulas proporcionais para uso industrial têm como princípio de funcionamento restringir ou liberar o fluxo de fluido por meio do acionamento elétrico.

Diferentemente das válvulas proporcionais manuais, as válvulas proporcionais utilizadas nas indústrias são acionadas por eletricidade, de forma a respeitar, de maneira precisa, as condições desejadas pelo controlador. Este acionamento elétrico ocorre devido a válvula solenoide que se encontra no eixo da válvula. Uma vez energizada a bobina, a corrente elétrica percorre gerando um campo magnético. [14]

As válvulas proporcionais exigem uso de um profissional especializado devido à complexidade de funcionamento e possuindo alto custo no mercado.

C. Controlador

O controlador digital através de instruções do programa inserido em sua memória é o elemento responsável pelo acionamento dos atuadores, subsequente a uma leitura dos dados recebidos dos sensores (medição da variável) e o ponto de ajuste.

Possui seis blocos funcionais: a medição, o ponto de ajuste, a comparação, a geração do sinal de saída, a atuação manual opcional, a fonte de alimentação e as escalas de indicação, [26] componentes básicos para seu funcionamento.

As inúmeras dificuldades de controle do processo fazem com que existam variados tipos de controladores comerciais e modos de controle.

a) Controlador de temperatura:

Um controlador de temperatura é um tipo especializado de controlador que recebe de entrada o sinal de um ou mais sensores de temperatura, possibilitando

atuação de um ou mais dispositivos que possibilitem a obtenção da especificação de temperatura, que pode ser um valor constante ou um perfil.

Processos possuem temperatura controlada normalmente possuem constantes de tempo lentas, de modo que é possível implementar com sucesso diferentes estratégias de controle, dependendo das características da planta. Destacam-se nesse contexto:

Controlador ON/OFF

O controlador ON-OFF possui um tipo de ação de controle mais simples e mais econômico. Entretanto, este tipo de ação possui limitações no que diz respeito ao comportamento dinâmico e em regime permanente do sistema em malha fechada. Suas aplicações restringem-se a sistemas onde não é necessária precisão nem um bom desempenho dinâmico. [29]

Controlador PID

Este tipo de controlador, considerado o mais preciso e estável, fornece uma ação de controle que possui componentes vinculados a três parâmetros matematicamente relacionados ao erro entre o valor de ajuste da grandeza a ser controlada e o seu valor atual, a saber: componente proporcional (P), componente integral (I) e componente derivativa (D).

Alguns desses componentes podem não estar presentes em uma situação específica, de modo que a ação de controle pode ser simplificada e nesse caso o controlador pode receber denominação diferenciada. As denominações usuais e suas respectivas ações são:

- Controlador Proporcional (P);
- Controlador Proporcional e Integral (PI);
- Controlador Proporcional e Derivativo (PD);
- Controlador Proporcional, Integral e Derivativo (PID);

A habilidade do controlador PID e suas derivações de controlar grande parte dos processos do tipo industrial de forma satisfatória pode representar um fator preponderante para explicar a sua grande aceitação nesse meio. Estimativas indicam que mais de 95% das malhas de controle na indústria utilizam o PID [30].

Fornecem também um desempenho robusto para inúmeras condições de operação. Além disso, são fáceis de implementar e de simples entendimento.

Ao longo dos anos, inúmeros métodos foram propostos para a sintonia de controladores PID, que é a abordagem para a escolha dos parâmetros de ajuste. Podem ser citadas abordagens clássicas, como a de Ziegler e Nichols (1942), Cohen e Coon (1953), controle via modelo interno (IMC), resposta em frequência, síntese direta, dentre muitas outras.

3 ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO

Após o estudo de caso e o levantamento dos dados iniciais com a empresa, apurou-se que para esta operar seus tanques de forma automatizada faz-se necessária a presença de:

Sensor: elemento transdutor que atenda as especificações de temperatura de vapor da caldeira, nesse caso de até no máximo 150° C. Termopares e termorresistores tem sua utilização possível nesse cenário.

Atuador: uma válvula de controle capaz de controlar a vazão de vapor de forma automática. Poderiam ser utilizadas válvulas solenoides ou válvulas proporcionais.

Controlador: o controlador utilizado seria capaz de receber os dados do sensor e convertê-lo em forma de comando de acionamento da válvula. Encaixa-se nesse critério um controlador ON-OFF ou PID.

Um esquema de funcionamento possível é mostrado na Figura 5. Nesse cenário, poder-se-ia efetuar:

- I. Implantação de um sistema elétrico para a regulagem de vapor da etapa de aquecimento que faça uso de um arranjo composto de controladores de temperatura, válvulas solenóides do tipo normalmente fechada e sensores termopar.
- II. Implantação de um sistema elétrico para regulagem de vapor da etapa de aquecimento que faça uso de um arranjo composto por controladores de temperatura, válvulas solenoides do tipo normalmente fechada e sensores PT100.

Alternativas que envolvam o uso de controladores PID e atuadores proporcionais foram descartadas por restrições orçamentárias por parte da empresa parceira, haja vista que as mesmas impactariam significativamente nos custos finais do projeto, conforme levantamento orçamentário preliminar. Assim, optou-se por um controlador ON-OFF associado a válvula solenoide.

Após análise das duas possibilidades, constata-se que os dois sensores térmicos exerceriam com excelência a função de registrar e enviar a temperatura para os controladores acionarem as válvulas dos tanques de cozimento. Os sensores do tipo termopar apresentam a vantagem de baixo custo, enquanto

sensores do tipo PT100 trariam leituras mais exatas em função de sua maior linearidade.

Outro ponto avaliado foi o tipo das válvulas solenoides: Normalmente Fechadas ou Abertas. A Normalmente Fechada seria a mais recomendada no caso de uma falha no sistema, pois esta impediria a passagem do fluxo no momento em que não houvesse controle por energização, devido a este tipo de válvula permanecer fechada quando houver o corte de corrente elétrica e se abrirem quando energizadas. Nas válvulas Normalmente Abertas ocorre o oposto, elas se mantêm fechadas quando energizadas e se abrem quando desenergizadas.

No entanto, o sistema foi implantado conforme sugerido na segunda alternativa, devido ao fato da empresa já possuir intenção prévia de implementar o sistema de controle e ter especificado, orçado e definido as válvulas e sensores, antes do início desse trabalho e, conseqüentemente, do eventual apoio técnico proporcionado por este que poderia impactar positivamente no custo, confiabilidade e outras melhorias de natureza técnica.

3.1 Instalação Hidráulica:

A instalação hidráulica já estava operante na empresa, sendo assim a mesma sofreu modestas alterações visando a adição da eletroválvula, bem como alguns pequenos reparos emergenciais, de modo a se minimizar a indisponibilidade da planta e o acréscimo de custos.

A instalação hidráulica da empresa é composta de água fria e vapor. O fornecimento de água potável, oriunda de poço artesiano e, é feito por meio de mangueiras de silicone. A água é armazenada em um reservatório de 1000l localizado na planta da empresa, que abastece a caldeira e os tanques.

A alimentação de vapor é feita a partir de uma caldeira que opera em fluxo contínuo, tendo como características principais: Fabricante: Mernak; Nº de série: 2918; Ano de fabricação: 1998; PMTA: 10 kgf/cm²; PT: 8,5; PT HIDRO: 15 kgf/cm²; Capacidade de produção: 5000 kg.vapor/h. O vapor produzido é distribuído para o processo de aquecimento nos tanques e para a máquina secadora.

A execução de serviços de instalações hidráulicas de água fria e vapor deve atender as seguintes normas práticas complementares: NBR 5626 – Instalações

Prediais de Água Fria; NBR 6493 – Emprego de cores para identificação de tubulações. As mesmas indicam que as tubulações de água fria devem ser projetadas e executadas tendo em vista as particularidades do material escolhido e também devem ser identificadas em cores.

As adequações das instalações hidráulicas no que concerne à identificação em cores e outras alterações alheias à implementação do sistema de controle fogem ao escopo desse trabalho e foram recomendadas ao proprietário. O dimensionamento deve ser feito seguindo considerações de pressão de trabalho e pressão máxima, vazão desejada, o comprimento da rede e suas derivações, a queda de pressão máxima admissível ao longo da rede, dentre outros aspectos.

A tubulação existente é composta de canos de aço galvanizado de $\frac{3}{4}$ ", e também de conectores como cotovelos e *nipples*. Propõe-se o acréscimo à instalação existente um arranjo hidráulico composto de uma válvula solenoide, válvulas manuais de esfera tripartida, conectores (*nipples*, tê, joelhos, cotovelos) um filtro e uma tubulação de aço galvanizado de $\frac{3}{4}$ " com um *by pass*⁵.

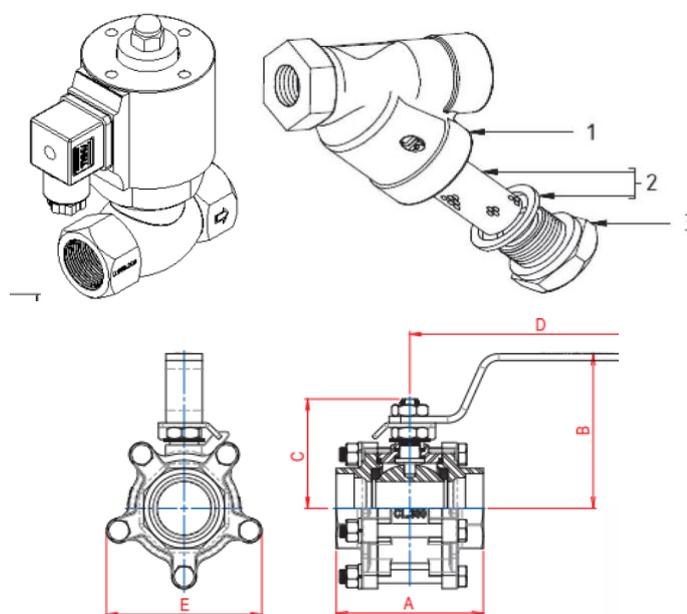


Figura 7: Principais peças a serem incluídas no arranjo hidráulico. Em ordem: Válvula solenoide, Filtro tipo Y e Válvula de esfera tripartida.

Fonte: Manual dos fornecedores, THERMOVAL, 2016.

⁵ caminho alternativo, contornar, desviar, passagem secundária

3.2 Instalação Elétrica:

A empresa recebe alimentação elétrica proveniente da rede da concessionária local, em tensão de 220V/380V e conta com um grupo gerador capaz de alimentar parte das cargas no caso de uma eventual interrupção de fornecimento.

A instalação elétrica a ser feita na empresa deve prover condições necessárias para o funcionamento de um sistema de controle composto por controladores, sensores de temperatura e válvulas solenoides. Para tanto, o projeto e execução de serviços de instalações elétricas deve atender a seguinte norma prática complementar: NBR5410 – Instalações elétricas de baixa tensão.

Parte da instalação elétrica proposta se localiza junto aos tanques que se encontram parcialmente enterrados, demandando acesso físico ao interior do assoalho para a correta execução. Como eventualmente não seria possível que os tanques adjacentes fossem retirados de operação e por representar um ambiente insalubre, a empresa se responsabilizou por executar parte da instalação, sob supervisão da equipe de projeto.

O arranjo elétrico proposto é composto de um conjunto de controladores reunidos em uma caixa de comando, disjuntores, válvula solenoide e sensor de temperatura, bem como fiação elétrica de 3 cores de 2,5mm.

A planta elétrica do ligamento da caixa de comando aos tanques e o diagrama unifilar de funcionamento da caixa de comando seguem nos anexos III e IV respectivamente.

3.3 Orçamento

A partir dos valores obtidos por meio do levantamento de custo detalhado do projeto, quantidade de materiais e serviços envolvidos (Anexo I), através destes preços médios, chegou-se a uma estimativa de custo geral.

O orçamento dos materiais que poderiam ser adquiridos na cidade (fios, caixa, lâmpadas, chaves e demais componentes elétricos, bem como componentes hidráulicos como: conexões, tubos, veda rosca e etc.) foram feitos por meio de três fornecedores locais homologados e indicados pela empresa. Alguns materiais de difícil aquisição no mercado local e/ou de aquisição onerosa foram adquiridos por

meio de fornecedores externos e ficaram a cargo do proprietário. Nessa lista incluem-se os filtros, válvulas solenoide, sensores e válvulas de retenção.

3.4 Implementação do projeto e resultados

O trabalho teve início com o estudo de caso e visitas *in loco*, no mês de Maio de 2016, para que fossem verificadas as possibilidades de melhorias nos processos existentes por meio de um trabalho acadêmico em parceria com a empresa. Na ocasião, houve grande interesse nesta parceria para a implementação de um sistema de controle para os tanques, cuja implantação já havia sido iniciada na indústria.

Definido o escopo, foi feito o levantamento de materiais necessários para a implementação do projeto e elaboração do esquema de instalação e planta baixa com o esquema elétrico. Tal etapa durou cerca de trinta dias, quando foi apresentado o projeto de instalação dos dezesseis tanques para a empresa.

As possibilidades de implementação foram apresentadas e foi elaborado um orçamento de custo de materiais, por meio de um levantamento de preços. Foi levado em consideração os materiais que a empresa já havia escolhido para utilizar e os seus fornecedores de confiança.

A empresa realizou a aquisição de alguns componentes de fornecedores externos, em um processo que decorreu cerca de sessenta dias, em função de fatores como a localização geográfica (região Sul), prazo de fornecimento e transporte terrestre. Com isso a montagem do arranjo Hidráulico se iniciou por volta do mês de Julho de 2016.

As barras de aço galvanizado foram cortadas e rosqueadas em uma tornearia da cidade nas especificações demandadas no projeto. Alguns materiais foram adquiridos de fornecedores locais, porém em quantidade insuficiente, de modo que foi necessária uma reposição de estoque para a entrega de todo o pedido.

Os dezesseis arranjos necessários foram montados manualmente com todas suas conexões, barras, válvulas, filtros e chaves. Para tanto foi necessário buscar auxílio para aplicar as finalizações que exigiam força, de modo que as conexões fossem devidamente torquadas, em virtude da ausência de ferramentas disponíveis.

O processo de montagem dos arranjos durou aproximadamente quarenta dias, sendo finalizado no mês de Agosto de 2016. A estrutura, escolha dos elementos, quantidade de conexões e tamanhos de barras, haviam sido determinados pela empresa, para se assemelhar a um sistema existente localizado na sede da mesma, no Mato Grosso.



Figura 8: Montagem dos arranjos hidráulicos.
Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 9: Arranjos hidráulicos prontos.
Fonte: Arquivo pessoal.

A instalação *in loco* do arranjo Hidráulico ficou a cargo da empresa, pois esta faria a substituição de parte da tubulação, que por possuir muitos anos de serviço continuado encontrava em estágio avançado de degradação, com diversos vazamentos. Também estava programada pela empresa a realização de reparos nos tanques, como soldas, com o objetivo de tapar furos, pintura e substituição de algumas poucas unidades, bem como a perfuração na área lateral para inclusão do sensor de temperatura (PT100).

Esses serviços foram realizados conforme as possibilidades e planejamento da empresa, haja vista que em alguns há a necessidade de parada parcial ou mesmo total da produção, com conseqüente diminuição da capacidade de atendimento de pedidos de fornecimento.

Com a disponibilidade de todo material necessário, foram realizados os testes em bancada para verificação do funcionamento de cada dispositivo. Para isso contamos com o apoio do Laboratório de Automação do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), que gentilmente forneceu o espaço para a realização dos testes necessários.

No mês de Agosto de 2016, após os testes individuais, foram realizados os testes do conjunto e seguindo as instruções dos fornecedores, um controlador foi programado e suas ligações realizadas. Tal sistema mostrou perfeito funcionamento, realizando satisfatoriamente as tarefas de medir a temperatura do ambiente e controlar o acionamento da eletroválvula quando necessário.

Após os testes em bancadas, partiu-se para a montagem da caixa de comando. O layout usado foi escolhido de forma a otimizar o espaço, posicionado-se quatro linhas e quatro colunas de controladores e logo acima de cada um uma lâmpada sinalizadora que indicará quando a eletroválvula estiver energizada. Os cortes e perfurações da caixa foram realizados no Laboratório de Sinais e Sistemas do Instituto de Engenharia e Geociências (IEG) da Universidade Federal do Oeste do Pará com ajuda do monitor e de professores da área.

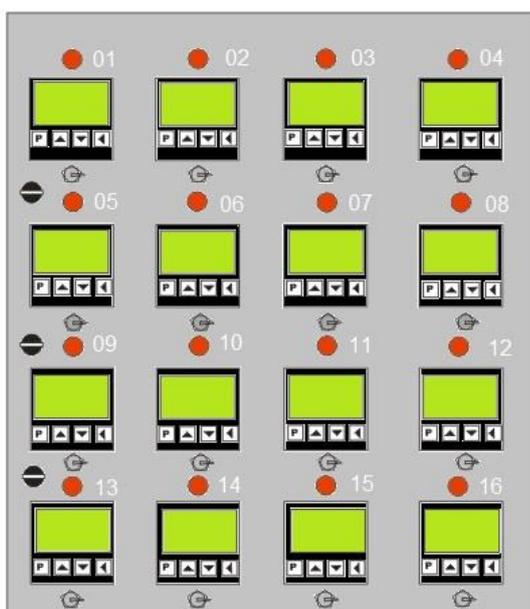


Figura 10: Esquema de organização da caixa de comando.



Figura 11: Processo de corte e perfuração da caixa de comando.
Fonte: Arquivo pessoal.

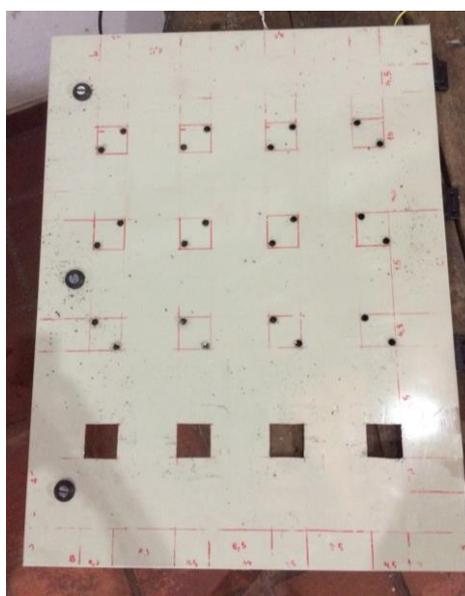


Figura 12: Tampa da caixa de comando sendo cortada e perfurada.
Fonte: Arquivo pessoal.

Quando finalizada a montagem da caixa percebeu-se a necessidade de uma chave ON-OFF mecânica para cada controlador, para ampliar a funcionalidade da caixa de comando em situações em que não seria necessário o controle de todos os tanques. Tal funcionalidade foi demandada posteriormente pela empresa e foi implementada com sucesso por meio da instalação das chaves.

As ligações na caixa de comando foram feitas de modo que a eletroválvula fosse acionada por meio do controlador, após o retorno do sensor de temperatura. A lâmpada sinalizadora foi ligada à eletroválvula para indicar quando esta estivesse energizada. A fiação de todos os controladores foi ligada a um disjuntor de 20A.



Figura 13: Processo de montagem da fiação da caixa de comando.
Fonte: Arquivo pessoal.

Verificou-se por meio de teste de energização se as ligações e disjuntor estavam funcionando perfeitamente e, após constatado o funcionamento a caixa de comando foi entregue, no mês de Setembro de 2017. A empresa ficou responsável pela instalação de todo arranjo elétrico, supervisionada em algumas etapas para garantir o cumprimento do projeto. A entrada em operação dos controladores têm acompanhado os demais serviços e, no último levantamento foi apontado que já existem 8 tanques operantes com instalação hidráulica e elétrica concluídas.



Figura 14: Instalação da caixa de comando sendo iniciada.
Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 15: Caixa de comando instalada com cinco tanques em funcionamento.
Fonte: Arquivo pessoal.

Um fato relevante da montagem é que nos primeiros testes *in loco* foram constatadas imprecisões nas leituras de temperatura, ocasionadas possivelmente por inserção de resistências imprevistas de contato na fiação dos sensores. No projeto havia a previsão da utilização de cabos manga sem emendas, enquanto na execução da empresa foi utilizado cabo PP e borneira. As leituras se estabilizaram após um reaperto geral.

Os controladores foram configurados, de acordo com instruções do manual do fabricante, ajustando-se as temperaturas desejadas pela indústria. Este ajuste necessita de um operador familiarizado com a tecnologia.

4 CONCLUSÃO

Foram instalados os arranjos hidráulicos em todos os dezesseis tanques, porém o sistema de controle está operante em apenas oito tanques, pois este trabalho ensejou melhorias na planta como, troca de tanques, reparos na encanação e benfeitorias em outros processos, ocasionando o atraso da instalação da parte elétrica em todos os tanques até esta apresentação.

A estrutura do arranjo, a escolha dos elementos, quantidade de conexões e tamanhos de barras, foram determinados inteiramente pelos proprietários pois na Sede localizada no Mato Grosso a empresa já possui este tipo de sistema de controle, assim, foi tendencioso a repetição do esquema nesta filial. Apenas executamos as especificações determinadas pela empresa.

Otimizações posteriores à execução do projeto permitem concluir que o filtro utilizado não é o adequado para o tipo de válvula solenoide usada e sua retirada do arranjo hidráulico reduziria a quantidade de conexões e o tamanho das barras do *by pass*, ocasionando redução de gastos no orçamento.

Foi verificado que o sistema de controle implementado nos oito tanques até o presente momento está funcionando perfeitamente conforme especificado. O sistema em operação evita perdas de vapor e traz mais qualidade, confiabilidade e repetitividade ao processo de cozimento de madeira. Também traz facilidades para realização e registro das medidas de temperatura em relação ao processo anteriormente utilizado.

A automação pode ser incluída e inovada em todos os âmbitos do campo industrial, sua aplicação é ampla e como percebemos com este projeto pode ser projetada de acordo com a particularidades da empresa.

Este projeto exigiu pesquisa e estudo para seu comissionamento e implementação, e vem desempenhando funcionamento satisfatório.

Para trabalhos futuros ficam a averiguação das economias obtidas e possíveis falhas, implementação de sistemas de controle em outros processos da planta, dimensionamento da caldeira, dentre outras possibilidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MEIRELLES FILHO, João Carlos. **O Livro de Ouro da Amazônia: Mitos e verdades sobre a Região mais cobiçada do planeta.** 4 ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.
- [2] FERREIRA, Célio Armando P. **Análise econômica do setor madeireiro no Estado do Pará.** Pesquisa Nº 168 Maio/98, p. 1-5. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1998.
- [3] ANSELNI, Renato Vanderlei. **Amazônia. Uma abordagem multidisciplinar.** 2 ed. São Paulo: Ícone, 2006.
- [4] IWAKIRI, Setsuo. **Painéis de madeira reconstituída.** Curitiba: FUPEF, 2005
- [5] IEL - INSTITUTO EUVALDO LODI. Instituto Euvaldo Lodi: **30 anos de parceria universidade-indústria, 1969-1999 – 2ª edição.** Brasília: IEL, 2002.
- [6] FURTADO, Celso. **Formação Econômica do Brasil.** 33 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2004.
- [7] LOUREIRO, Felipe Pereira. **As origens da indústria no Brasil.** São Paulo: LCTE, 2008.
- [8] IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA E ECONOMIA APLICADA. **Brasil em desenvolvimento 2010 - Estado, planejamento e políticas públicas.** Vol 2. Brasília: IPEA, 2010.
- [9] SBF - SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO; IMAZON - INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados.** Belém: IMAZON, 2010.
- [10] BARROS, Ana Cristina; VERÍSSIMO, Adalberto. **A expansão da atividade madeireira na Amazônia.** Belém: IMAZON, 1996.
- [11] IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2013.** V 28. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.
- [12] VERÍSSIMO, Adalberto; *et al.* Zoneamento de Áreas para Manejo Florestal no Pará. **Revista O Estado da Amazônia - IMAZON.** N 8. Belém: IMAZON, 2006.
- [13] AMAZONAS, Tânia Mara; *et al.* **Impactos da atividade madeireira no município de Santarém.** 114p. Santarém: Tiagão, 1995.
- [14] SOLVETRONIC. **Como funciona uma válvula proporcional hidráulica?.** Disponível em: < <http://www.solvetric.com.br> > Acesso em 06 de Jun. 2017.
- [15] LENTINI, Marco; *et al.* **Fatos Florestais da Amazônia 2005.** Belém: IMAZON, 2005.

- [16] SFB - SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Produção Florestal**, 2016. Disponível no link: <<http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/producao?print=1&tmpl=component>> Acesso em: 06 de Ago. 2016.
- [17] ROSARIO, João Maurício; **Princípios de mecatrônica**. 1 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- [18] GONÇALVES, Marcelo Giglio; **Monitoramento e Controle de Processos. Programa de Qualificação de Operadores**. Brasília: PETROBRÁS/SENAI, 2003.
- [19] BAYER, Fernando Mariano; ECKHARDT, Moacir; MACHADO, Renato. **Automação de Sistemas**. 4 ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2011.
- [20] SILVA, Marcelo Eurípedes da; **Curso de Automação Industrial**. Piracicaba: Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba, 2008. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?q=http://www.netsoft.inf.br/aulas/4_ECI_Introducao_a_Informatica/6_Apostila_Automacao_Industrial.pdf&sa=U&ved=0ahUKEwiYt5-9nb_OAhUDrB4KHbO8D6wQFggRMAI&usg=AFQjCNHXiZbQmUINnf5rQOKnIK5WTUpiCQ>. Acesso em 10 de Ago. 2016.
- [21] CAMPOS, Mario Cesar M. Massa De & Herbert C. G. Teixeira. **Controles típicos de equipamentos e processos industriais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2006.
- [22] THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro U. B. **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Érica, 2007.
- [23] BAKER, Bonnie C. **Thermistors in Single Supply Temperature Sensing Circuits Microchip Technology Inc.**, 1999. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00685b.pdf>>. Acesso em 12 de Ago. 2016.
- [24] CHILDS, P. R. N.; GREENWOOD, J. R.; LONG, C. A. **Review of temperature measurement**; accepted for publication 10 May 2000. *Review Of Scientific Instruments/ Review Article*, Volume 71, Number 8, 2000. Brighton, United Kingdom: Thermo-Fluid Mechanics Research Centre, University of Sussex. Disponível em: <http://physweb.bgu.ac.il/COURSES/ExperiMethods/additional_reading/cryogenics/temperature_measurements.pdf>. Acesso em 12 de Ago. 2016.
- [25] BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELLO, Valner João. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas – Vol. 2**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2007.
- [26] RIBEIRO, Marco Antônio. **Instrumentação**. Salvador: 2007.
- [27] BORTONI, Edson C. **Instrumentação Industrial**. DON/IEE/EFEI, 2002.
- [28] DATTA, Aniruddha; HO, Ming-Tzu; BHATTACHARYYA, Shankar P. **Advances In Industrial Control: Structure and Synthesis of PID Controllers**. London: Springer, 2000.

- [29] BAZANELLA, Alexandre Sanfelice; DA SILVA JÚNOR, João Manoel Gomes. **Ajuste de Controladores PID: Ação Liga-desliga (ON-OFF)**. Rio Grande do Sul: UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.
- [30] ASTROM, K. J. e HAGGLUND, T. **Advanced pid control. Instrument Society of America**: Research Triangle Park, NC 27709, 2006
- [31] *U.S. Department of Energy - Doe fundamentals handbook - instrumentation and control*. Volume 2. Washington: *Departament of Energy United States of America*, 1992.
- [32] VERÍSSIMO, Adalberto; LIMA, Eirivelthon; LENTINI, Marco. **Pólos Madeireiros do Estado do Pará**. Belém: IMAZON, 2002.
- [33] WEBFRIO, **Termistores, ptc, ntc y pt100**. 2015. Disponível em: <http://www.webfrio.com/wp/termistors-ptc-ntc-y-pt100>. Acesso em 28 de Nov. 2016.
- [34] OGATA, Katsuhiko; **Engenharia de Controle Moderno**; Tradutora: Heloísa Coimbra de Souza. 5ª Ed. – São Paulo: Person Prentice Hall, 2010.
- [35] ALUTAL. **Termorresistências**. Disponível em: <<http://www.alutal.com.br/industria-br/produto/termorresistencia-pt100-serie-trs> > Acesso em 12 de Ago. 2016.
- [36] INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA – IFSC. **Eletrohidráulica e Eletropneumática Industrial**. Santa Catarina: IFSC, 2009.
- [37] SAMPAIO, F. M. **Orçamento e custo da construção**. Brasília: Hemus, 1989.
- [38] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626 - Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- [39] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6493 - Emprego de cores para identificação de tubulações**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- [40] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ANEXOS

ANEXO I - ORÇAMENTO:**Tabela 1:** Itens adquiridos para o projeto - parte hidráulica:

Item	Rede	Fabricante	Modelo	Custo unit
Válvula de esfera tripartida	primária	MGA	S1000 3/4" WCB AC/HC	R\$ 42,50
Conexão tê	primária+secundária	HIDROCONEX	3/4"	R\$ 6,15
Conexão nipple	primária	HIDROCONEX	rosca dupla 3/4"	R\$ 3,90
Válvula de esfera tripartida	primária	MGA	S1000 3/4" WCB AC/HC	R\$ 42,50
Conexão nipple	primária	HIDROCONEX	rosca dupla 3/4"	R\$ 3,90
União cônica galvanizada	primária	HIDROCONEX	3/4"	R\$ 8,90
Conexão nipple	primária	HIDROCONEX	rosca dupla 3/4"	R\$ 3,90
Filtro Y	primária	FF INTERNATIONAL	YM-130 3/4" NPT	R\$ 128,00
Conexão nipple	primária	HIDROCONEX	rosca dupla 3/4"	R\$ 3,90
União cônica galvanizada	primária	HIDROCONEX	3/4"	R\$ 8,90
Conexão nipple	primária	HIDROCONEX	rosca dupla 3/4"	R\$ 3,90
Válvula Solenóide	primária	THERMOVAL	2 vias, NF, 3/4", 220V	R\$ 433,60
Conexão nipple	primária	HIDROCONEX	rosca dupla 3/4"	R\$ 3,90
União cônica galvanizada	primária	HIDROCONEX	3/4"	R\$ 8,90
Conexão nipple	primária	HIDROCONEX	rosca dupla 3/4"	R\$ 3,90
Válvula de esfera tripartida	primária	MGA	S1000 3/4" WCB AC/HC	R\$ 42,50
Conexão nipple	primária	HIDROCONEX	rosca dupla 3/4"	R\$ 3,90
Conexão tê	primária	HIDROCONEX	3/4"	R\$ 6,15
Tubo de aço galvanizado	secundária		3/4" vara 2m	R\$ 16,20
Conexão cotovelo	secundária	HIDROCONEX	90, 3/4"	R\$ 4,90
Tubo de 3/4 - 50 cm	secundária			R\$ 27,00
Válvula de esfera tripartida	secundária	MGA	S1000 3/4" WCB AC/HC	R\$ 42,50
Conexão nipple	secundária	HIDROCONEX	rosca dupla 3/4"	R\$ 3,90
União cônica galvanizada	secundária	HIDROCONEX	3/4"	R\$ 8,90
Conexão nipple	secundária	HIDROCONEX	rosca dupla 3/4"	R\$ 3,90
Conexão cotovelo	secundária	HIDROCONEX	90, 3/4"	R\$ 4,90
Tubo de 3/4 - 30 cm	secundária			R\$ 16,20
Conexão tê	primária+secundária	HIDROCONEX	3/4"	R\$ 6,15
Conexão nipple	primária	HIDROCONEX	rosca dupla 3/4"	R\$ 3,90
Válvula de esfera tripartida	primária	MGA	S1000 3/4" WCB AC/HC	R\$ 42,50
Veda rosca	primária+secundária	NOVA	18x25mm	R\$ 1,13

Item	Rede	Fabricante	Modelo	Custo unit
Mão-de-obra de rosqueamento	secundária			R\$ 18,75
Mão-de-obra de montagem	secundária			R\$ 2.498,67
TOTAL				R\$ 3.458,79

Tabela 2: Estimativa de custo do Arranjo (parte hidráulica):

Item	Descrição	Custo Total
1	Material	R\$ 941,38
2	Mão-de-Obra	R\$ 2.517,42
TOTAL		R\$ 3.458,79

Tabela 3: Itens adquiridos para o projeto - parte elétrica:

Descrição	Fabricante	Modelo	Qtde	Custo Unit.	Custo Total
Controlador de temperatura	NOVUS	N1030	16	R\$ 150,00	R\$ 2.400,00
Quadro SOB	STEELBOX	800x600	1	R\$ 387,00	R\$ 387,00
Sinaleiro LED	STECK	220v, Verm	16	R\$ 8,70	R\$ 139,20
Interruptor Chave	MG BIP	CS-301-D, 6A	16	R\$ 17,20	R\$ 275,20
Terminal tipo pino isolado	INTELLI	TPP-1,5-8	100	R\$ 0,20	R\$ 20,00
Terminal tipo pino isolado	INTELLI	TPP-2,5-8	100	R\$ 0,25	R\$ 25,00
Carretel Cabo 750V	FLEXSIL	2,5mm	300	R\$ 0,95	R\$ 285,00
Carretel Cabo 750V	FLEXSIL	1,5mm	100	R\$ 0,65	R\$ 65,00
Cabo PP 500V	SILFLEX	3x1,50mm	300	R\$ 2,60	R\$ 780,00
Tubo Eletrodutos	AMANCO	roscado, 1x3m	2	R\$ 14,06	R\$ 28,12
Tubo Eletrodutos	AMANCO	roscado, 3/4"x3m	18	R\$ 8,90	R\$ 160,20
Caixa de passagem	AMANCO		20	R\$ 4,20	R\$ 84,00
Curva eletr 90	AMANCO	roscada, 3/4"	15	R\$ 2,40	R\$ 36,00
termoresistor PT100	ELECTRON	STFE-PT100 1/2" cabeçote	16	R\$ 165,00	R\$ 2.640,00
Canaleta	CANAPLAST	30x30mm	1	R\$ 12,70	R\$ 12,70
Canaleta	CANAPLAST	50x50mm	1	R\$ 26,40	R\$ 26,40
trilhodin	GOMES	1m	2	R\$ 10,40	R\$ 20,80
Disjuntor monofásico 110V	ALUMBRA	20A	1	R\$ 22,00	R\$ 22,00
Mão-de-obra de instalação	eletrotécnico + auxiliar		1	R\$ 1.908,50	R\$ 1.908,50
TOTAL					R\$ 15.04,62

Tabela 4: Estimativa de custo do painel (parte elétrica).

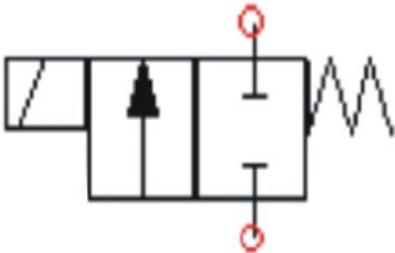
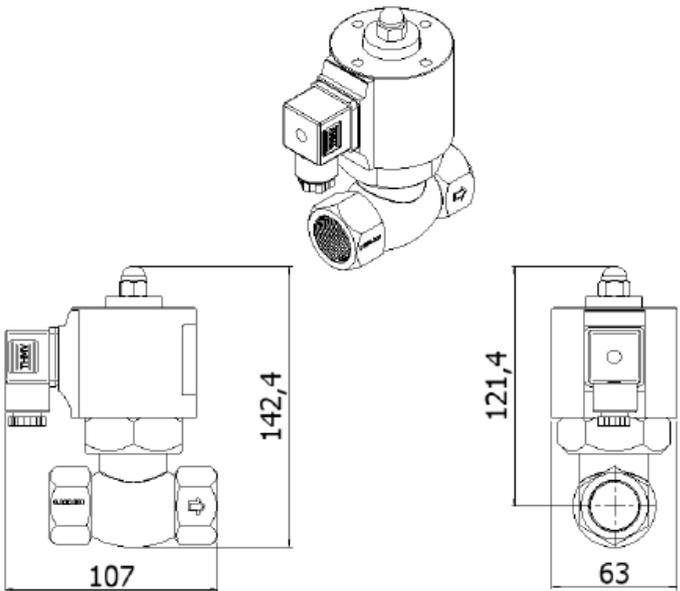
Item	Descrição	Custo Total
1	Material	R\$ 7.406,62
2	Mão-de-Obra	R\$ 1.908,50
TOTAL		R\$ 15.040,62

Tabela 5: Estimativa de custo do geral.

Item	Descrição	Quantidade	Custo Unit.	Custo Total
1	ELÉTRICA	1	R\$ 15.040,62	R\$ 15.040,62
2	HIDRÁULICA	16	R\$ 3.458,79	R\$ 17.579,42
TOTAL				R\$ 26.894,54

ANEXO II

A. Manual do fornecedor, Válvula Solenoide 2 vias, NF:

THERMOVAL INFORMAÇÕES TÉCNICAS		Revisão: 00
		Emissão: 9/8/2016
Válvula: VS-52.111.73.06.01.120-50.13.35.45		Código: 14681
 		
Operação:	2 Vias Normalmente Fechada Servo Operada	
Conexão:	Rosca Fêmea 3/4" BSP (ISO 228/1) - Entrada. Rosca Fêmea 3/4" BSP (ISO 228/1) - Saída.	
Orifício:	Ø 17,0 mm - (Kv 5,28) Fator de Fluxo.	
Material:	Corpo - Latão (ASTM B16). Embolo/Pólo - Aço Inoxidável (AISI 430 Fr). Mola - Aço Inoxidável (AISI 302). Fio - Cobre Esmaltado Classe H 180°C (IEC 60317-8).	
Vedação:	Vedação - Teflon (PTFE)	
Bobina:	Voltagem: 220/240 V 50/60 Hz Potência: 20 W Tipo de Conector: Conexão elétrica DIN 43650A	
Aplicação:	Vapor (180.C)	
Pressão (PSI):	Mín. 15 / Máx. 150	
Peso:		
Garantia:	Um Ano (Defeito de Fabricação)	
 <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px;">REV.00</div>		

B. Manual do fornecedor, Filtro tipo Y, modelo Y-110:



ACESSÓRIOS

A SF International reserva-se o direito de alterar o desenho e ou especificações de seus produtos sem aviso prévio.



FILTRO TIPO Y

Os filtros Y-110 da SF International oferecem proteção de equipamentos ao retirar partículas metálicas e outras partículas estranhas e indesejáveis presentes nas tubulações. Atende os mais diversos tipos de plantas industriais na proteção de bombas, válvulas de controle, sistemas de refrigeração e de drenagem. Podem ser fornecidos nos mais variados graus de filtragem. Também podem opcionalmente ser fornecidos com bujão para limpeza. Podem ser fornecidos com as conexões roscadas BSPT (BS 21) ou NPT (ANSI-B1.20.1). Flanges adaptadas conforme ANSI-B16.5, classes 150# e 300#.



CARACTERÍSTICAS

Modelo	Y-110	
Diâmetros	1/4" a 2"	
Conexões	Roscado	
Material do Corpo	Ferro Nodular GGG 40.3	
PMO (Pressão Máx. Operação)	Vapor	17,6 Kgf/cm ²
PMO (Pressão Máx. Operação)	Água	28,1 Kgf/cm ²
TMO (Temp. Máx. Operação)	Vapor	218° C
TMO (Temp. Máx. Operação)	Água	30° C
Opcionais	Flange Adaptada	
	Dreno de Limpeza	

MODELOS DISPONÍVEIS



Y-110: Ferro Nodular GGG 40.3

COMO PEDIR

Especificar

- Modelo
- Diâmetro e tipo de conexão
- Opcional, se necessário

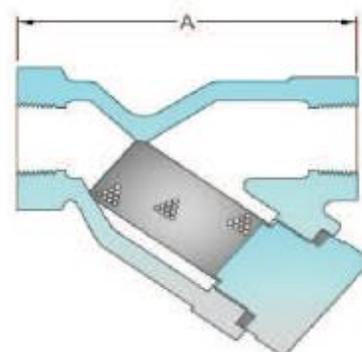
Exemplo: 1 Filtro Y SF International modelo Y-110, para vapor saturado, com corpo 2" e rosca BSPT.

MALHAS OPCIONAS

Tipos	MALHAS				
	Malha	Abertura da Malha		Área Aberta	
Perfurações	300	0,049	49		31,70%
		200	0,077	77	33,60%
		100	0,154	154	36,00%
		80	0,187	187	36,00%
		60	0,250	250	34,00%
Tipos	CHAPAS PERFURADAS				
	Diâmetro das Perfurações		Distância entre centro de furos (mm)	Área Aberta	
Perfurações	mm	Micra			
	0,5	500	1,0	20,00%	
	0,8	800	1,6	23,00%	
	1,2	1200	2,2	27,00%	
	1,6	1600	3,0	26,00%	
	2	2000	3,0	40,00%	
3,2	3200	5,0	36,00%		

DIMENSÕES E PESOS (mm e Kg)

DN	ABERTURA	A	PESO
1/4"	0,5	82	0,77
3/8"	0,5	82	0,77
1/2"	0,8	82	0,77
3/4"	0,8	100	0,77
1"	0,8	115	0,77
1.1/4"	0,8	140	1,20
1.1/2"	0,8	155	1,20
2"	0,8	195	1,20

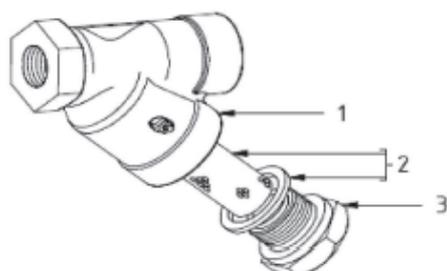




ACESSÓRIOS



FILTRO
TIPO Y



REPAROS E MATERIAIS

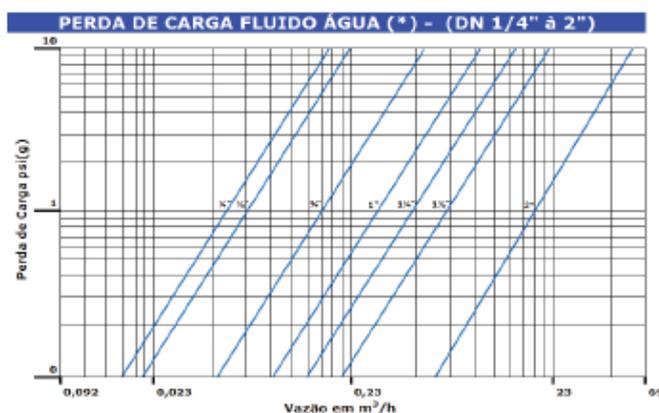
ITEM	DESCRIÇÃO	Material
1	Corpo	Ferro Nodular GGG 40.3
2	Tela/Junta	Aço Inox 304/Inox Grafite
3	Tampa	Aço Carbono

COMO SOLICITAR REPAROS (CÓDIGOS)

		Y-110					
DESCRIÇÃO	ITEM	1/4" a 1/2"	3/4"	1"	1.1/4"	1.1/2"	2"
Tela/Junta 0,8mm	2	24319	24328	24337	18248	17560	17924

Para outras aberturas de tela, consultar SF International

CAPACIDADES



(*) Para outros fluidos, favor consultar

EXEMPLO: Para determinar a perda de carga (ΔP) através de um filtro de $\phi 1.1/2"$ com vazão de $0,23 \text{ m}^3/\text{h}$, entre com o valor em m^3/h na coluna de vazão e desloque verticalmete até encontrar a curva correspondente a bitola desejada, no caso $\phi 1.1/2"$ e desça horizontalmente até encontrar o valor ΔP correspondente que no caso é 0,03 PSI.

NOTAS DE INSTALAÇÃO

Os filtros devem ser instalados preferencialmente com a tampa no plano horizontal em vapor para permitir o contínuo escoamento do fluido, reduzir a perda de carga e reduzir dos riscos de golpes de ariete.

DESCARTE DO PRODUTO

Este produto é totalmente reciclável. Não é prejudicial ao meio ambiente se for descartado com as precauções adequadas.

SEGURANÇA

Para informações sobre segurança, instalação e manutenção, ver instruções que acompanha o produto (MI-0260-42).

C. Válvula de esfera tripartida, modelo S1000:



VEIT S1000 - Válvula de Esfera Tripartida Série 1000

Normas de Referência

Construção

BSI BS EN ISO 17292
ASME B 16.34

Testes

API 598

Conexões

ROSCA BSP - ISO 228
ROSCA NPT - ANSI/ASME B 1.20.1
SOLDA SW - ASME B 16.11
SOLDA BW - ASME B 16.25

Materiais

Corpo e Tampas

ASTM A216 - WCB
ASTM A351 - CF8
ASTM A351 - CF8M

Esfera

ASTM A351 - CF8
ASTM A351 - CF8M
ASTM A217 - CA15
IC416
ASTM B16 - C360

Vedações

PTE COMP L

Haste

ASTM A304
ASTM A304L
ASTM A316
ASTM A316L
ASTM A1020
ASTM A1010
ASTM A118
Outros materiais sob consulta



MAGME MERAMENTE ILUSTRATIVA

Especificações Técnicas

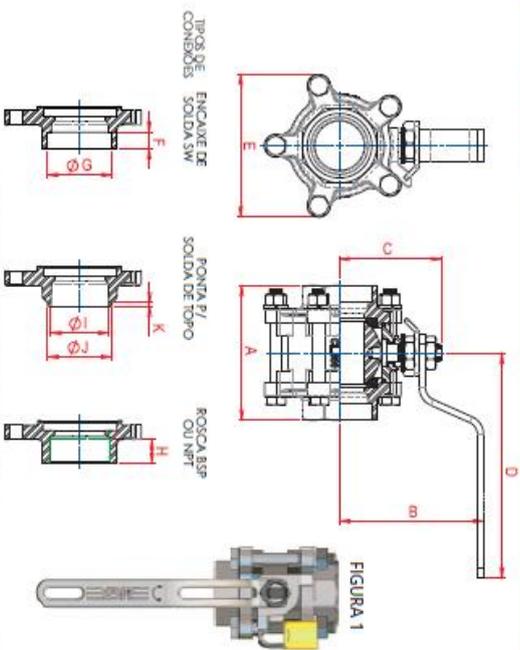
Estrutura tubular desenvolvida com maior número de parafusos, proporcionando maior segurança a vazamentos externos aumentando a robustez da válvula.

Dotada de guias de apoio para alojamento dos parafusos, o que proporciona maior resistência, eliminando empenamento das tampas.

Válvula tripartida com exclusivo sistema de vedações enclausuradas que aumenta a resistência das sedes de vedação, melhorando o desempenho da válvula.

Treva para cadeado (figura 1).

Dados Técnicos



TAMANHO	VALVULA DE ESFERA TRIPARTIDA												N.º DE ENCLAUSSURAMENTO	N.º DE ENCLAUSSURAMENTO		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L				
1/2"	100	140	54,0	44,0	39,5	133,0	44,5	9,5	22,0	14,0	15,8	21,8	3,0	4	0,548	9,8
3/4"	100	140	54,0	44,0	39,5	133,0	44,5	9,5	22,0	14,0	20,0	27,1	2,0	4	0,548	9,8
1"	25	20,5	70,0	78,2	55,4	165,0	57,0	12,5	34,1	15,0	26,4	33,8	2,0	4	0,620	18,7
1 1/4"	40	31,7	93,7	102,0	72,5	172,0	93,0	12,5	40,0	18,0	41,0	48,7	2,0	5	2,155	72,0
2"	50	39,0	108,7	109,0	77,0	182,0	105,0	15,0	51,4	20,0	52,5	61,4	3,0	5	2,385	107,0
2 1/2"	65	50,4	128,4	128,0	86,0	205,0	125,0	16,0	74,1	25,0	62,7	81,4	3,0	6	2,710	138,0
3"	80	62,0	148,0	148,0	100,0	225,0	145,0	16,0	97,0	30,0	85,0	104,0	3,0	6	3,035	170,0
4"	100	76,0	178,0	154,4	128,7	250,0	172,0	19,0	115,5	34,0	105,5	135,3	3,0	8	3,410	205,0

TAMANHO	VALVULA DE ESFERA TRIPARTIDA												N.º DE ENCLAUSSURAMENTO	N.º DE ENCLAUSSURAMENTO		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L				
1/2"	100	140	54,0	44,0	39,5	133,0	44,5	9,5	22,0	14,0	15,8	21,8	3,0	4	0,548	9,8
3/4"	100	140	54,0	44,0	39,5	133,0	44,5	9,5	22,0	14,0	20,0	27,1	2,0	4	0,548	9,8
1"	25	20,5	70,0	78,2	55,4	165,0	57,0	12,5	34,1	15,0	26,4	33,8	2,0	4	0,620	18,7
1 1/4"	40	31,7	93,7	102,0	72,5	172,0	93,0	12,5	40,0	18,0	41,0	48,7	2,0	5	2,155	72,0
2"	50	39,0	108,7	109,0	77,0	182,0	105,0	15,0	51,4	20,0	52,5	61,4	3,0	5	2,385	107,0
2 1/2"	65	50,4	128,4	128,0	86,0	205,0	125,0	16,0	74,1	25,0	62,7	81,4	3,0	6	2,710	138,0
3"	80	62,0	148,0	148,0	100,0	225,0	145,0	16,0	97,0	30,0	85,0	104,0	3,0	6	3,035	170,0
4"	100	76,0	178,0	154,4	128,7	250,0	172,0	19,0	115,5	34,0	105,5	135,3	3,0	8	3,410	205,0

Atenção: o comprimento (L) da haste corresponde a um determinado tamanho. Verificar as dimensões de acordo com o desenho de cada tamanho.
*Dados técnicos dependentes com o tamanho da haste.
**Medidas sob consulta. As variáveis de "P" em configuração "N", "T" e "R" e a variável de "P" em configuração "T" estão disponíveis somente com acionamento por tela.

D. Manual do fornecedor, Sensor de temperatura PT 100:


(FI-M0305-01)
Edição 2-Rev.1

Sensor de Temperatura PT100

Descrição do Produto

O Sensor de Temperatura PT100 é composto por 3 fios detectores de temperatura em platina, para serem usados com o controlador SX-UNI.

Conexões

Comprimento	Ranges de Temperatura	Classe de Pressão do Sensor
150	— 100°C — +350°C	PN40
250	— 100°C — +350°C	PN40
750	— 100°C — +350°C	PN40

Composição

Item	Especificação	Material
1	Tampa	Liga de Alumínio e Epoxi Revestido
2	Haste	Aço Inox 316 AISI
3	Bucim	Aço Inox 316 AISI

Dados Técnicos

Classe de Proteção IP66
 Conduite 20mm ISO
 Temperatura Ambiente Limite - 30°C - + 80°C

Dimensões (aproximadas em milímetros)

Compr.	A	Ø		D	E	F	G	BSP
		B	C					H
X	250	6	82	42	74	44	87	¼

Onde X corresponde a: 150, 300, 500 e 750.
 Outros tamanhos sob consulta.

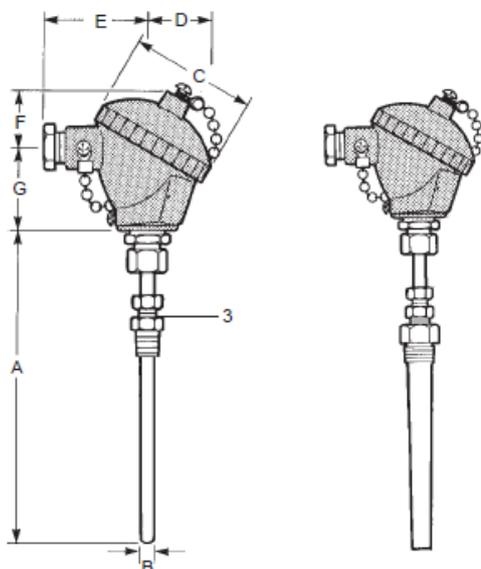
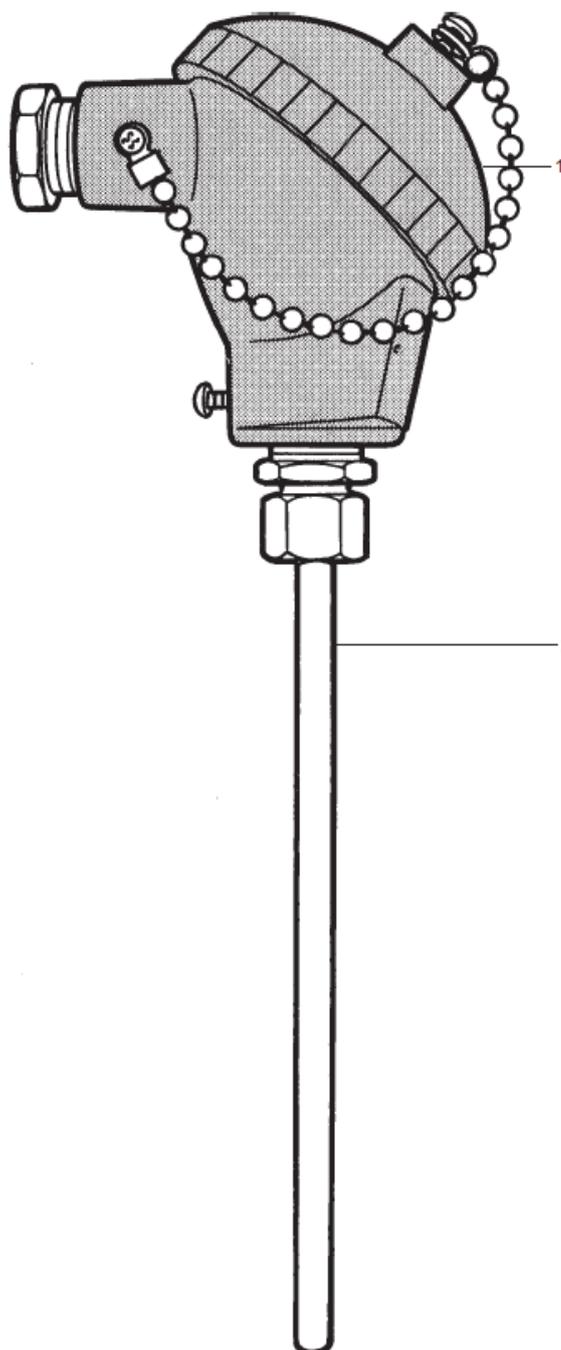
Como Especificar

1 - Sensor de Temperatura PT100, comprimento de 150mm com Bucim de ¼" BSPT .

Acessórios

Tubo de Proteção em Aço Inox para o Sensor PT100.

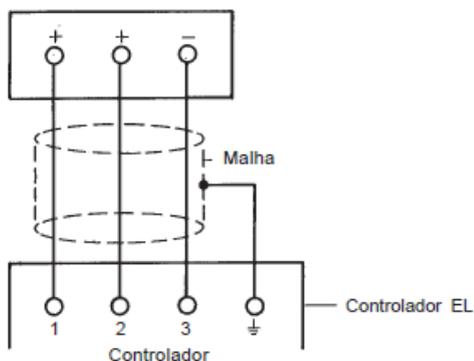
*Opcionalmente o sensor PT100 pode ser fornecido com cabeçote de saída de 4-20 mA.



Sensor de Temperatura PT100

Diagrama de Ligações

Sensor PT 100



Detalhes do Tubo de Proteção

Descrição

Pode-se requerer o tubo de proteção do sensor com alimentação de 150mm e 250mm para o Tubo.

Composição

Tubo de Proteção Aço Inox AISI316

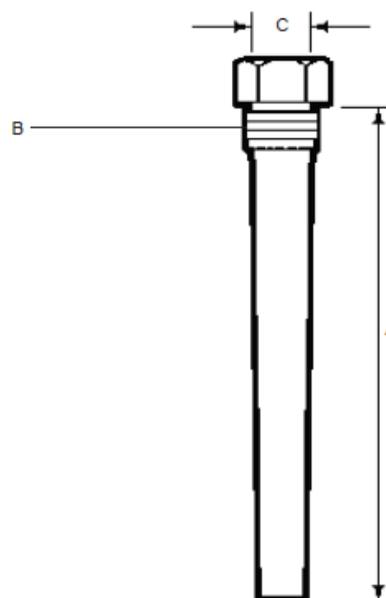
Dados Técnicos

Classe de pressão PN40.

Dimensões (aproximadas em milímetros)

Compr.	A	BSP	
		B	C
X	X	½	¼
		½	¼

Onde X corresponde a: 150, 300, 500 e 750.
Outros tamanhos sob consulta.



ASSISTÊNCIA AO CLIENTE

A Spirax Sarco está preparada para dar assistência ao cliente, utilize nossos serviços:

- Assistência Técnica
- Engenharia de Aplicação
- Projetos Externos
- Treinamento



Ligue! 0800-110123 (grátis)

E. Manual do fornecedor, Controlador de Temperatura NOVUS N1030:



Controlador de Temperatura N1030

O N1030 é um controlador de temperatura com ação PID de alto desempenho em um alojamento compacto, com apenas 35 mm de profundidade.

Sua construção compacta e o prático conector destacável facilitam sua instalação em painéis de pouca profundidade, otimizando espaço e reduzindo custos. Possui duas saídas sempre disponíveis que podem ser configuradas tanto como controle ou como alarmes.



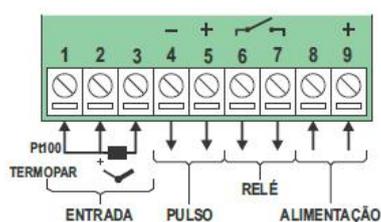
35 mm de profundidade

Configuração simples e amigável

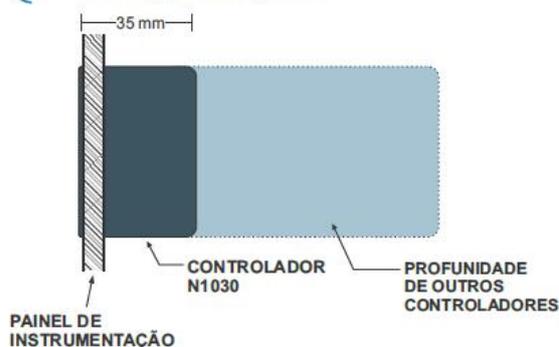
Características

- Controle PID e ON/OFF
- Sintonia automática dos parâmetros do PID
- Duas saídas independentes disponíveis
- Saídas relé com corrente de 3A
- Versões com 2 relés ou 1 pulso e 1 relé
- Seis funções de alarme
- Função Bloqueio Inicial de Alarme
- Histerese de alarme ajustável
- Aceita termopares J, K, T e termoresistência Pt100
- Indicação em °C e °F
- Indicação de décimos de grau
- Limites configuráveis para Setpoint
- Proteção da configuração por senha de acesso
- Possibilidade de resgate da calibração original de fábrica
- Duplo display de 4 dígitos nas cores vermelho e verde
- Painel frontal em PC (UI94)
- Caixa traseira em ABS+PC (UL94 V2)
- Grau de proteção de IP65 para frontal
- Ambiente de operação de 0° a 60 °C e 0 a 80% UR
- Dimensões: 48 x 48 x 35 mm
- Duas opções de alimentação elétrica: 100 a 240 Vca/Vcc ou 12 a 24 Vcc/24 Vca
- Bloco de conexões removível

Conexões elétricas



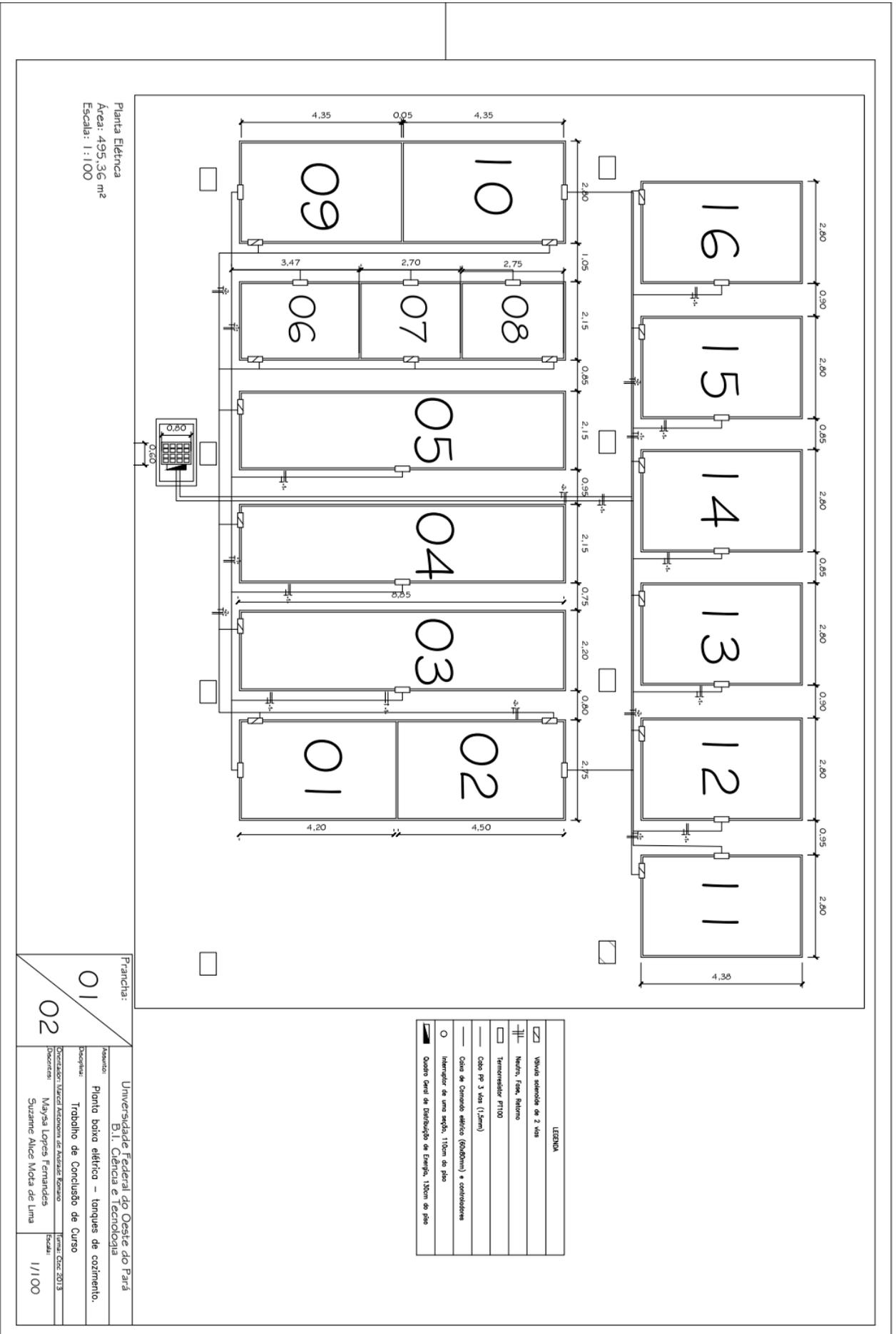
Montagem do painel



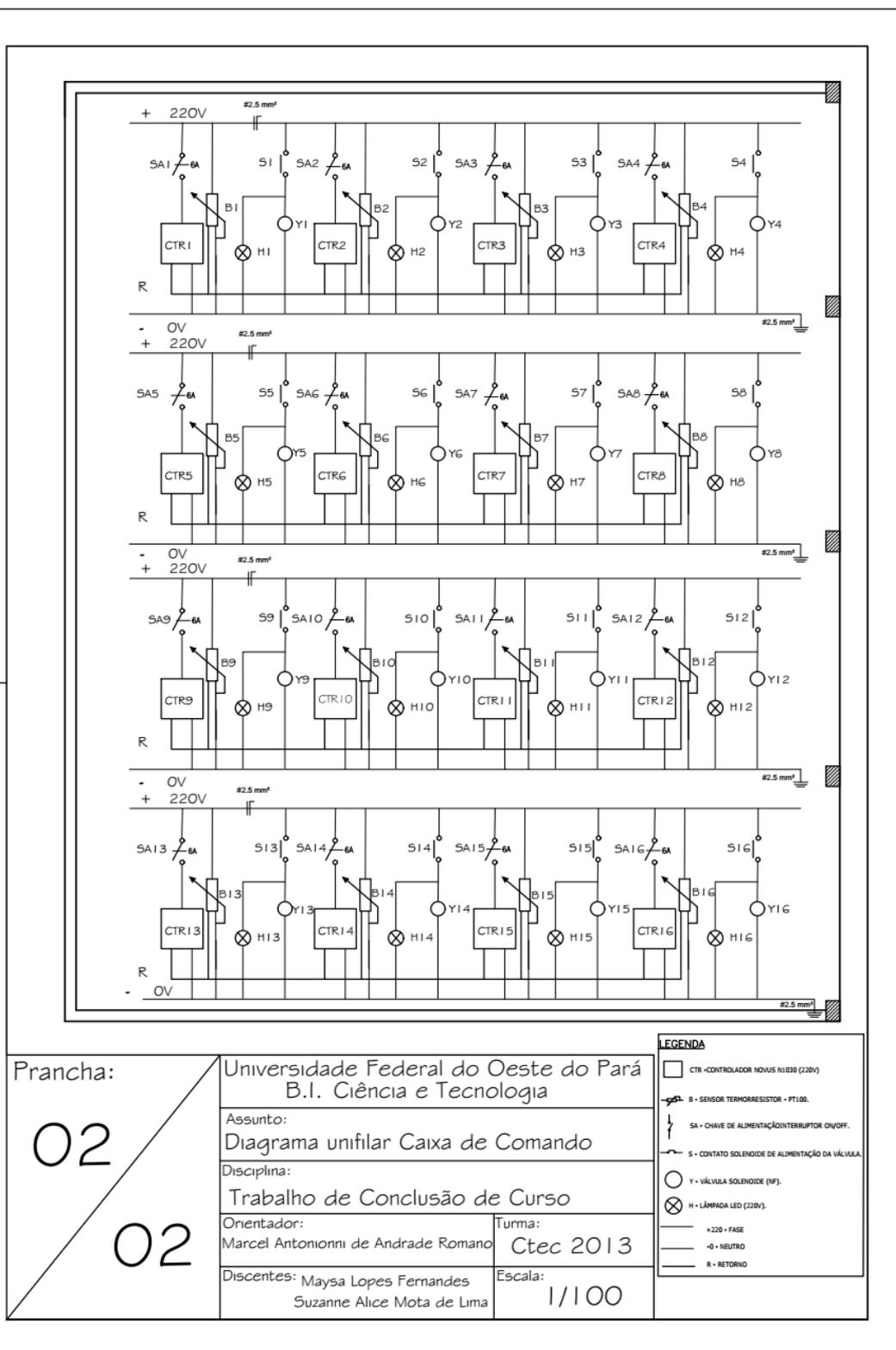
NOVUS Produtos Eletrônicos
 Telefone: 51 3323-3600 | E-mail: info@novus.com.br
www.novus.com.br

NOVUS
 Medimos, Controlamos, Registramos

ANEXO III



ANEXO IV



Prancha:

02

02

Universidade Federal do Oeste do Pará
B.I. Ciência e Tecnologia

Assunto:
Diagrama unifilar Caixa de Comando

Disciplina:
Trabalho de Conclusão de Curso

Orientador:
Marcel Antonioni de Andrade Romano

Turma:
Ctec 2013

Discentes: Maysa Lopes Fernandes
Suzanne Alice Mota de Lima

Escala:
1/100

LEGENDA

- CTR-CONTROLADOR NOVOUS N1030 (220V)
- ⊗ B - SENSOR TERMORRESISTOR - PT100.
- ⌋ SA - CHAVE DE ALIMENTAÇÃO/INTERRUPTOR ON/OFF.
- ⌋ S - CONTATO SOLENOIDE DE ALIMENTAÇÃO DA VÁLVULA.
- Y - VÁLVULA SOLENOIDE (NF).
- ⊗ H - LÂMPADA LED (220V).
- +220 - FASE
- -0 - NEUTRO
- R - RETORNO