

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS CORNÉLIO PROCÓPIO
CURSO DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Heliton Macedo
Hudson Junior da Silva

**DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA
ENSAIOS DE VAZÃO ATRAVÉS DE RESERVATÓRIO EM DESNÍVEL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Cornélio Procópio, PR, Brasil
2016

Heliton Macedo
Hudson Junior da Silva

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA ENSAIOS DE VAZÃO ATRAVÉS DE RESERVATÓRIO EM DESNÍVEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial

Orientador: Wagner Endo

Cornélio Procópio, PR, Brasil

2016

Heliton Macedo
Hudson Junior da Silva

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA ENSAIOS DE VAZÃO ATRAVÉS DE RESERVATÓRIO EM DESNÍVEL

Trabalho de conclusão de curso apresentado às 21h do dia 07 de Julho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof.(a) Wagner Endo
Professor(a) Orientador(a)
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

Prof.(a) Emerson Ravazzi
Professor(a) Convidado(a)
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

Prof.(a) Rodrigo Rodrigues Sumar
Professor(a) Convidado(a)
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Cornélio Procópio, PR, Brasil
2016

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a todos que, diretamente ou indiretamente contribuíram para a nossa formação e sucesso na realização deste projeto, e um registro especial a:

Aos nossos familiares pelo apoio incondicional, dedicação e carinho no decorrer deste projeto e de nossas vidas;

Ao professor orientador Wagner Endo, pela dedicação e disponibilidade a nós dispensadas durante a realização deste trabalho;

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem o convite.

Ao colega de laboratório Gabriel Nassar pelo suporte e amizade que muito contribuiu para o nosso sucesso;

Aos demais amigos, pelas verdadeiras amizades que nos sustentaram ao longo de nossas vidas.

RESUMO

MACEDO, Heliton; SILVA, Hudson Junior da. Desenvolvimento de uma bancada didática para ensaios de vazão através de reservatório em desnível. 2016. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2016

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma bancada didática para ensaios de vazão através de reservatórios em desnível, iniciado através da necessidade que identificamos durante o curso de Tecnologia em Automação Industrial ligado ao trabalho de conclusão de curso, contendo a descrição dos materiais, componentes como sensores, atuadores, equipamentos de controle e métodos utilizados. Como as aulas didáticas têm sido essenciais para o aprendizado em sala de aula, buscou-se através de softwares, literaturas e por materiais e métodos disponibilizados no laboratório da faculdade o desenvolvimento da mesma. A conclusão deste trabalho tende a ser positiva, pois os acadêmicos visualizarão na prática os conhecimentos adquiridos em sala de aula.

Palavras-chave: Bancada Didática. Vazão. Sensores. Controle

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de blocos de um sistema de automação.....	14
Figura 2 – Arquitetura básica de um CLP	17
Figura 3 – Conversor de Potência Monofásico Série AFF.....	18
Figura 4 – Identificação da placa de controle do Conversor de Potência Monofásico Série AFF.....	20
Figura 5 – Variação da tensão na carga em função do sinal de controle.....	21
Figura 6 – Esquema de ligação do Conversor de Potência Monofásico Série AFF.....	21
Figura 7 – Identificação do modelo do Conversor de Potência Monofásico Série AFF	22
Figura 8 – Dimensões do Conversor de Potência Monofásico Série AFF.....	23
Figura 9 – Demonstração junção de um termopar.....	24
Figura 10 – F.E.M. x Temperatura Termopares.....	26
Figura 11 – Blocos de ligação termopares.....	31
Figura 12 – Termômetro Bimetálico.....	32
Figura 13 – Rele de Nível.....	34
Figura 14 – Eletrodos rele de nível	34
Figura 15 – Diagrama de Funcionamento rele de nível.....	35
Figura 16 – Diagrama de ligação rele de nível	35
Figura 17 – Dimensões rele de nível.....	36
Figura 18 – Válvula de entrada de água	37
Figura 19 - Identificação do modelo da válvula de entrada	38
Figura 20 – Dimensões válvula de entrada de água (Vista A).....	38
Figura 21 – Dimensões válvula de entrada de água (Vista B).....	39
Figura 22 – Aquecedor de Água 1000W.....	40
Figura 23 – Mini Disjuntor Termomagnético	41
Figura 24 – Construção Interna Mini Disjuntor Termomagnético	41
Figura 25 – Dimensões Mini Disjuntor Termomagnético	43
Figura 26 – Controlador NOVUS N2000.....	44
Figura 27 – Conexões Painel Traseiro Controlador NOVUS N2000	45
Figura 28 – Tipos de entrada controlador NOVUS N2000	48
Figura 29 – Bomba de combustível automotiva.....	49
Figura 30 - Fonte de Alimentação Eletrobomba	50
Figura 31 – Fonte, CPU, Módulos do CLP.....	51
Figura 32 – Ciclo de varredura de um CLP.....	52
Figura 33 - Placa de Acionamento (frente)	55
Figura 34 - Placa de Acionamento (verso).....	56
Figura 35 – Construção dos tanques em aço inox.....	58
Figura 36 – Tanque de número um (01)	59
Figura 37 – Tanque de número dois (02).....	60

Figura 38 – Tanque de número três (03)	60
Figura 39 – Bancada com os tanques em desnível	61
Figura 40 – Bancada com tanque em desnível e com o painel para instrumentação	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados Técnicos do Conversor de Potência Monofásico Série AFF	22
Tabela 2 – Coeficientes dos Termopares	25
Tabela 3 – Limite de erro do Termopar Tipo J – ANSI MC 96.1 - 1982, segundo a IPTS-68	27
Tabela 4 – Limites de erros para o Termopar Tipo J – IEC 584-2.....	27
Tabela 5 - Limite máximo de temperatura em função dos diâmetros dos fios - ANSI MC 96.1 - 1982	28
Tabela 6 – Resistência ôhmica dos termopares	28
Tabela 7 – Isolação utilizadas em termopares.....	30
Tabela 8 – Resistência ôhmica x bitola dos cabos compensados.....	30
Tabela 9 – Dados técnicos rele de nível	36
Tabela 10 – Dados técnicos Mini disjuntor termomagnético	42
Tabela 11 – Tabela de Identificação do Controlador Novus	47
Tabela 12 – Lista de componentes	63

LISTA DE ABREVIATURAS

RESIST.	Aquecedor de água
REF.3	Eletrodo de referência de nível tanque 3 (três)
N.ALT.3	Eletrodo de nível máximo tanque 3 (três)
N.BAI.3	Eletrodo de nível mínimo tanque 3 (três)
REF.2	Eletrodo de referência de nível tanque 2 (dois)
N.ALT.2	Eletrodo de nível máximo tanque 2 (dois)
N.BAI.2	Eletrodo de nível mínimo tanque 2 (dois)
REF.1	Eletrodo de referência de nível tanque 1 (um)
N.ALT.1	Eletrodo de nível máximo tanque 1 (um)
N.BAI.1	Eletrodo de nível mínimo tanque 1 (um)
BOMB +	Polo positivo da eletro bomba de combustível
BOMB -	Polo negativo da eletro bomba de combustível
GND.ALT.	Comum de alimentação 127V das válvulas altas
V1.ALT	Alimentação 127V da válvula 1 (um) alta
V2.ALT	Alimentação 127V da válvula 2 (dois) alta
V3.ALT	Alimentação 127V da válvula 3 (três) alta
GND.BAI.	Comum de alimentação 127V das válvulas altas
V1.BAI	Alimentação 127V da válvula 1 (um) baixa
V2.BAI	Alimentação 127V da válvula 2 (dois) baixa
V3.BAI	Alimentação 127V da válvula 3 (três) baixa
TM.1.+	Polo positivo termopar tipo J do tanque 1 (um)
TM.1.-	Polo negativo termopar tipo J do tanque 1 (um)
TM.2.+	Polo positivo termopar tipo J do tanque 2 (dois)
TM.2.-	Polo negativo termopar tipo J do tanque 2 (dois)
TM.3.+	Polo positivo termopar tipo J do tanque 3 (três)
TM.3.-	Polo negativo termopar tipo J do tanque 3 (três)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO GERAL.....	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	12
2 REVISÃO TEÓRICA	13
2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	13
2.2 CONTROLE DE NIVEL DE LIQUIDOS	15
2.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	16
3 DISPOSITIVOS DE CONTROLE	18
3.1 CONVERSOR DE POTÊNCIA MONOFÁSICO SÉRIE AFF	18
3.2 TERMOPAR TIPO J.....	23
3.3 TERMÔMETRO BIMETÁLICO INDUSTRIAL MULTIMETAL	32
3.4 RELE DE NIVEL DPS-2	33
3.5 VÁLVULA DE ENTRADA DE ÁGUA – RETA EVA-06	37
3.6 AQUECEDOR DE ÁGUA 1000W - 127V	39
3.7 MINI DISJUNTOR DZ47-63.....	40
3.8 CONTROLADOR NOVUS N2000	43
3.9 ELETROBOMBA	48
3.10 FONTE DE ALIMENTAÇÃO ELETROBOMBA	49
3.11 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL.....	50
3.12 PLACA DE ACIONAMENTO DAS VALVULAS E ELTROBOMBA.....	53
4 BANCADA DIDÁTICA	57
4.1 MONTAGEM DA BANCADA	57
4.2 COMPONENTES UTILIZADOS	63
4.3 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO.....	64
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
7 REFERÊNCIAS	70
ANEXO A (TANQUE 1)	72
ANEXO B (TANQUE 2)	73
ANEXO C (TANQUE 3)	74
ANEXO D (PLATAFORMA DE DESNIVEL)	75
ANEXO E (MDF E ESTRUTURA PAINEL)	76
ANEXO F (SUPORTE DO AQUECEDOR DE ÁGUA)	77

1 INTRODUÇÃO

Segundo Amorim (2006), bancadas didáticas são ferramentas indispensáveis ao ensino, levando em conta que os conceitos vistos apenas em sala de aula são muitas vezes insuficientes para o aprendizado, podendo validar modelos teóricos.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma bancada didática para ensaios de vazão através de reservatórios em desnível para auxiliar os acadêmicos dos cursos da Universidade a terem um melhor entendimento do conteúdo aplicado em sala de aula. A dificuldade para visualizar e entender os sistemas de controle é fator determinante para a elaboração deste trabalho, pois o grande problema encontrado na execução da matéria é que nem todos acadêmicos do curso trabalham diretamente com sistemas de controle industrial.

Os laboratórios das faculdades aproximam o aluno da ciência e tecnologia às ferramentas do profissional para que ele possa desenvolver suas habilidades para o atendimento das necessidades humanas. Além disso, esses laboratórios também podem servir como ferramenta para o treinamento da criatividade dos estudantes, permitindo a eles desenvolver inúmeras aplicações com as mesmas ferramentas e refletir este aprendizado ao mundo real. (PEKELMAN; MELLO, 2004).

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma bancada didática para ensaios de controle de nível e vazão através de reservatórios em desnível, incluindo o controle de temperatura podendo utilizar-se como dispositivo de controle um controlador programável.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Verificar as principais características de funcionamento dos componentes utilizados na automação do sistema.
- Montar e construir a plataforma didática para ensaios
- Desenvolver um sistema para controle de nível, temperatura e vazão.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A seguir no capítulo 2 é apresentado a fundamentação teórica utilizado como referência do nosso trabalho, contendo o básico sobre automação industrial, controle de nível de líquidos e uma breve descrição de um controlador lógico programável. No capítulo 3 contém os dispositivos de controle e supervisão que foram utilizados para controlar as variáveis do projeto. No Capítulo 4 são apresentadas as etapas do desenvolvimento do trabalho começando pela bancada didática bem como a instalação dos componentes e uma breve descrição do princípio de funcionamento, posteriormente no capítulo 5 são apresentados os resultados e discussões, no capítulo 6 as considerações finais, e concluindo no capítulo 7 as referências utilizadas para elaboração do trabalho.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação industrial visa à substituição do homem no controle das máquinas e processos por controles informatizados, aumentando a eficiência, qualidade, produtividade e diminuindo custos. A automação levou também ao surgimento de novas profissões, materiais e equipamentos. Os avanços tecnológicos proporcionados pela automação passam pelo desenvolvimento de matérias mais confiáveis e de maior qualidade como plásticos e aços especiais, além de operações por máquinas que seriam impossíveis por mão de obra direta (Alvaro Schmidt, 2008).

De acordo com a ABINEE (2000), a automação:

- Trata-se de um processo de evolução tecnológica irreversível;
- Valoriza o ser humano em sua liberação na execução de tarefas entediantes e repetitivas, ou mesmo situações de trabalho insalubres e de riscos;
- Aumenta a qualidade de vida de toda uma sociedade, promovendo seu conforto e maior integração;
- Enriquece pelo menor custo do produto (pela baixa manutenção, ou pela rapidez e precisão na execução de tarefas) ou pelo aumento de produtividade (num curto período de tempo);
- É uma questão de sobrevivência e forte apelo de marketing, dentro de um mercado altamente competitivo;
- Cria empregos diretos e indiretos, além de novos empregos relacionados com a manutenção, desenvolvimento e supervisão de sistemas;
- Busca a qualidade do produto e satisfação do cliente.

Uma das características da automação é a possibilidade de se avaliar um sistema antes de sua construção, através de modelos simulados por computador.

De acordo com SILVEIRA (1999) a automação é um conjunto de técnicas que desenvolvem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima a partir de informações recebidas do meio em que operam. Com base nos dados, o sistema calcula a ação corretiva mais apropriada, caracterizando um sistema em malha fechada ou realimentado, mantendo uma relação entre o valor da saída e da

entrada de referência do processo. Essa relação entrada/saída serve para corrigir eventuais valores indesejados na saída.

Para isso, um sistema automático deverá seguir algumas leis. Segundo JOVIC (1986) uma delas é que todo sistema dotado de retroação e controle implica na presença de três componentes básicos, controlador, atuador e sensor, cuja principal característica é a realimentação das informações requeridas para seu controle, conforme ilustra a malha de realimentação da figura 2.1.

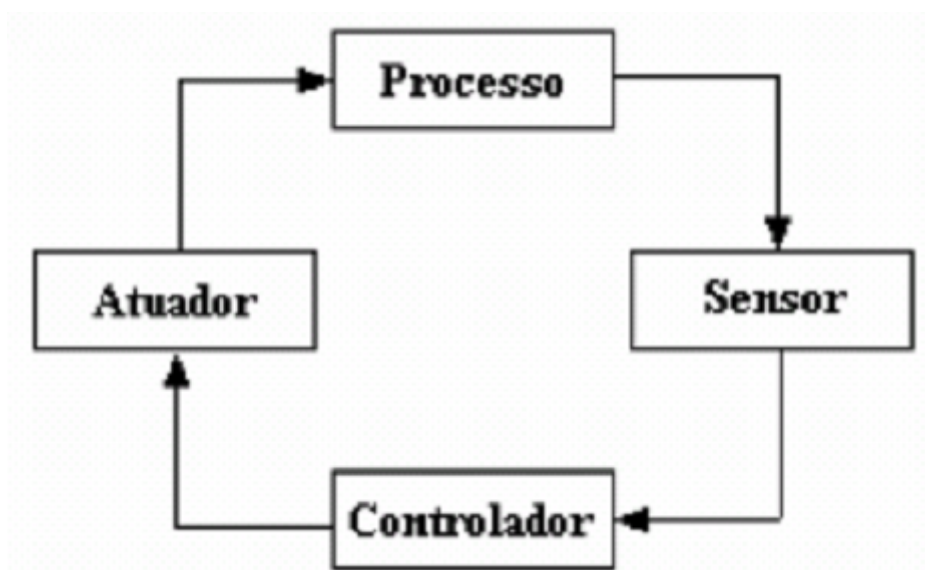


Figura 1 – Diagrama de blocos de um sistema de automação

Fonte: Jovic, 1986

Sensor é um dispositivo sensível a uma grandeza física como: temperatura, umidade, luz, pressão, entre outros. Por meio desta sensibilidade, os sensores enviam um sinal, para os equipamentos de medição e controle. Para KUO (1985), quando houver a necessidade de medir uma grandeza elétrica a partir de um fenômeno físico envolvendo grandezas que não sejam de natureza elétrica utiliza-se um transdutor, que responde a um fenômeno físico ou estímulo e converte sua magnitude em um sinal elétrico proporcional à amplitude desse estímulo.

Os atuadores são dispositivos que, quando acionados, executam uma ação física, definida pelo sistema controlador por meio de uma ação de controle. Podem ser magnéticos, hidráulicos, pneumáticos, elétricos ou de acionamento misto. Podem ser motores, cilindros pneumáticos, braços mecânicos, válvulas, bombas, ente outros.

2.2 CONTROLE DE NÍVEL DE LÍQUIDOS

Controlar o nível de líquidos é fundamental em diversos processos, sejam em indústrias, residências, laboratórios, entre outros.

Segundo SCHMIDT (2008) em ambientes industriais, muitos processos necessitam que os níveis de líquidos sejam mantidos nos patamares desejados para o sucesso da produção. Pode ser importante também para o arrefecimento de equipamentos e máquinas, e para isso um controle automático é muito útil, permitindo a renovação por um líquido em menor temperatura, mantendo o resfriamento desejado. Clubes e residências podem contar também com um controle automático para a manutenção do nível de água de piscinas, caixas d'água e aquecedores. Se esse controle for eficiente pode reduzir possíveis problemas causados por falta de líquido nos sistemas, ocasionando falta de água nas torneiras, problemas em filtros de piscina, que necessitam do fluxo de líquido constante para o funcionamento correto. Outros setores podem se beneficiar de um controle de líquidos eficiente. Em fazendas onde existe a criação de animais, um sistema que mantenha a água dos alimentadores dos animais em um nível adequado pode ser importante. Além disso, em muitos casos a renovação da água é importante para a saúde e conforto dos animais.

De acordo com SCHMIDT (2008) a água parada por muito tempo pode acumular bactérias e insetos, podendo causar problemas nos animais, além de manter a água sempre em temperatura agradável, especialmente em bebedouros expostos ao sol. Em alguns casos, os valores de mercado desses animais são muito elevados, assim todo o cuidado é indispensável, compensando os custos de implantação do sistema. Alguns processos necessitam de um controle preciso do nível de líquidos, como em indústrias químicas e laboratórios. Nestes locais, muitos processos são feitos a partir da combinação de substâncias e a proporção deve ser exata, para o sucesso da reação. Dessa forma, um controle automático pode otimizar a produção, diminuir os riscos de erro de dosagem além de afastar trabalhadores de ambiente muitas vezes insalubres, como em processos que envolvam ácidos e substâncias tóxicas.

Essas e outras aplicações justificam um estudo sobre processos automatizados para controle de níveis de líquidos. Se esse controle for eficiente,

simples e de fácil manutenção, os benefícios são ainda maiores.

2.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O Controlador lógico programável (CLP), também conhecido pela sigla PLC do inglês Programmable Logic Controller, é um dispositivo desenvolvido para substituir os dispositivos a relê, que realizavam a lógica sequencial no controle das máquinas. Os CLP's foram introduzidos na década de 1960 e até meados da década de 1970, a tecnologia mais comum nos CLP's era a máquina de Estado Sequencial.

De acordo com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), o CLP “é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais”. Segundo a NEMA (National Electrical Manufacturers Association), “é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos”.

Com o desenvolvimento dos microprocessadores, os CLP's começaram a utilizá-los, melhorando a performance e aumentando as possibilidades de aplicação.

Na década de 1980, a divisão de hidráulica da General Motors pesquisou alternativas que tornassem o processo produtivo mais flexível, mas que pudesse ser programado mantido pelos engenheiros e técnicos da fábrica, além de suportar um ambiente hostil, com ruídos, poluição, poeira, vibrações e extremos de temperatura e umidade, características comuns em ambientes industriais. Com isso os CLP's ganharam muita vantagem, pois a mudança de um equipamento ou comando passou a ser feito por software, economizando tempo e dinheiro, evitando a troca de equipamentos físicos.

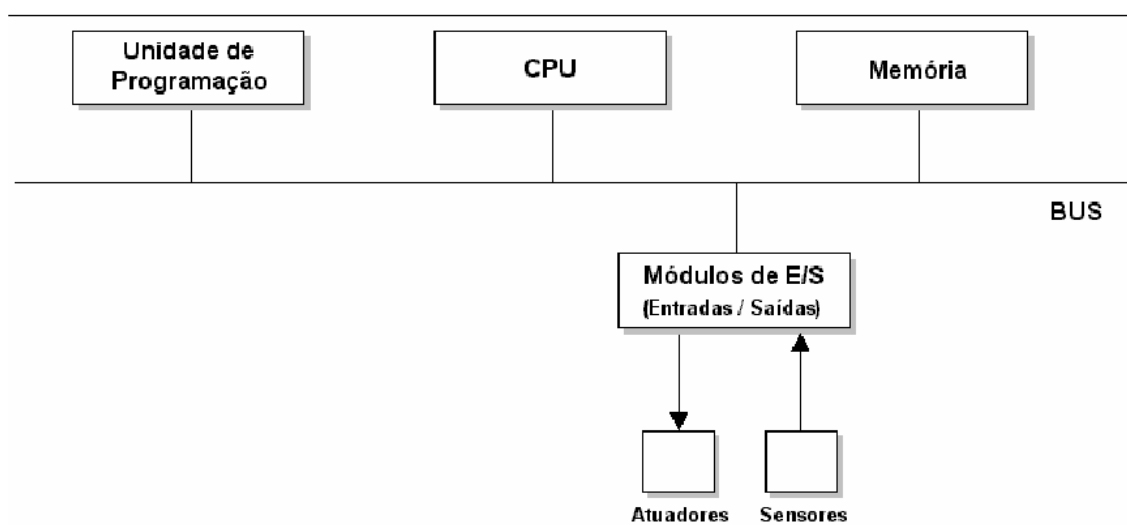


Figura 2 – Arquitetura básica de um CLP

Fonte: Maass, 2000

3 DISPOSITIVOS DE CONTROLE

Neste capítulo apresenta-se os componentes utilizados para o controle do processo e suas principais características e especificações.

3.1 CONVERSOR DE POTÊNCIA MONOFÁSICO SÉRIE AFF

Os conversores de potência LOTI, foram criados utilizando-se a tecnologia de disparo de tiristores por variação do ângulo de condução. Com essa tecnologia é possível variar a tensão sobre a carga tanto indutiva como resistiva, em um gradiente de 0 à 100%. Permitindo evitar a queima precoce das resistências por alta densidade de corrente quando úmidas, ou por fadiga mecânica.

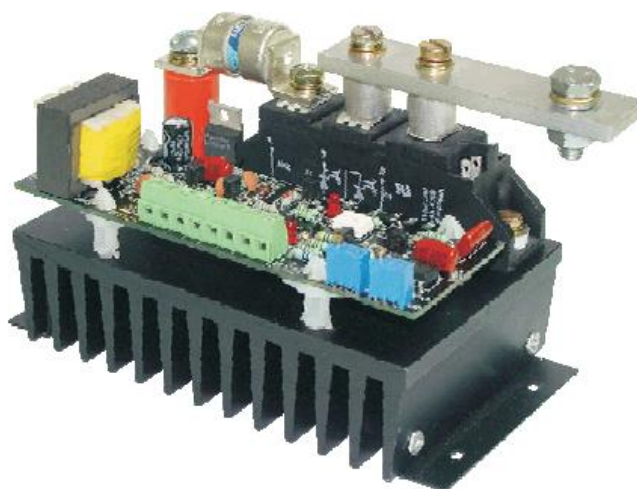


Figura 3 – Conversor de Potência Monofásico Série AFF

Fonte: Manual Conversor LOTI

Principais Características

- Sinal de entrada em tensão ou em corrente
- Circuito de saída isolado opticamente
- Saída protegida por fusível Ultrarrápido
- Circuito Snnuber

- Proteção térmica de sobre temperatura
- Circuito de Inibição externa
- Circuito eletrônico estabilizado termicamente
- Ajuste de Zero (pode-se subir o zero)
- Ajuste de Spam (pode-se abaixar o 100%)

Tensão de Carga

O MINI AFF, na versão 220Vca pode acionar cargas em 110Vca e 127Vca. Na versão 440Vca pode-se acionar cargas de 380Vca

Circuito de Potência

O configuração utilizada na parte de potência do MINI AFF, é o sistema Back to Back com dois tiristores ligados em antiparalelo, isso permite que seja utilizado tanto para cargas resistivas como cargas indutivas.

Sistema Ângulo de Fase

O sistema de disparo por ângulo de fase, executa por meio de cortes na senoide um controle da tensão da tensão de saída, variando-a proporcionalmente ao sinal de controle.

Dissipador de Calor

Quando uma corrente elétrica passa através de um Tiristor, é gerado um calor proveniente da fórmula:

$I \times V = W$, onde:

I = corrente que passa pelo Tiristor

V = Queda de tensão no Tiristor - 1,6 vca aprox.

W = potência dissipada em forma de calor

Com a necessidade de se dissipar esse calor para o meio ambiente é que foi desenvolvido o dissipador do MINI AFF.

Não tendo a necessidade de uma ventilação forçada, até uma temperatura ambiente de 50 °C com corrente máxima, desde que o dissipador esteja com suas aletas no sentido vertical e que haja um espaçamento entre as canaletas e

o dissipador de no mínimo 50 mm.

Para uma condição térmica ideal, deve-se prever uma ventilação forçada que garanta um fluxo de ar constante no painel através das aletas do dissipador.

Proteção

O MINI AFF, tem como proteção para curto-circuito um fusível de ação Ultrarrápida que garante a integridade do tiristor no caso de um curto-circuito na carga. Possui também um termostato de segurança que bloqueia o disparo dos tiristores caso a temperatura no dissipador ultrapasse o limite de segurança determinado pela LOTI.

Identificação da Placa de Controle

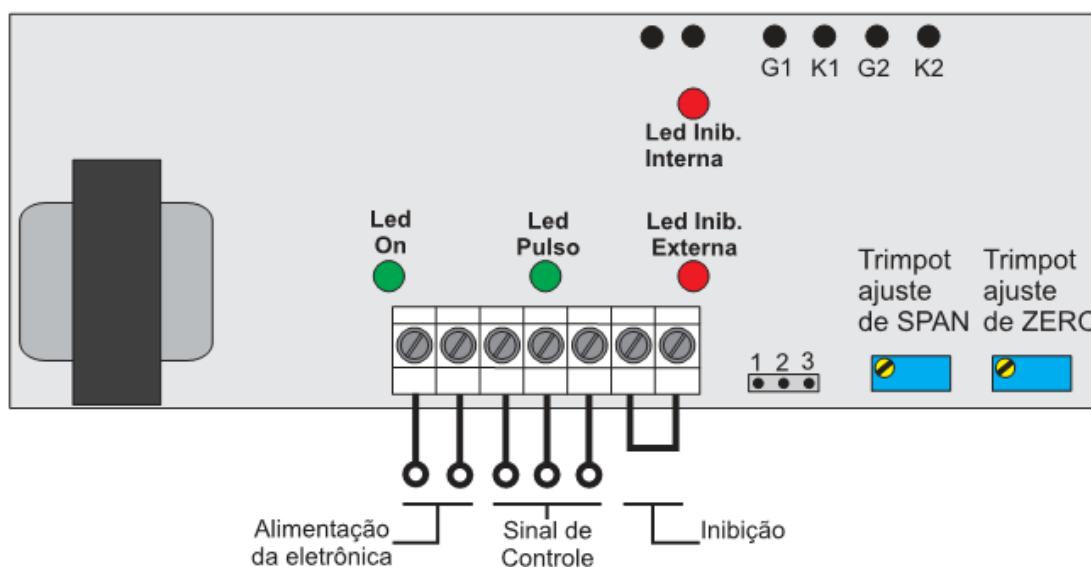


Figura 4 – Identificação da placa de controle do Conversor de Potência Monofásico Série AFF

Fonte: Manual Conversor LOTI

Identificação da Borneira

- 1 - Entrada Vca
- 2 - Entrada Vca
- 3 - Saída de referência (pot)
- 4 - Entrada sinal de controle(+), ou centro do potenciômetro
- 5 - Entrada sinal de controle(-), ou esquerda do potenciômetro

6e7- Inibição (NF de fábrica, para inibir, abrir o jump)

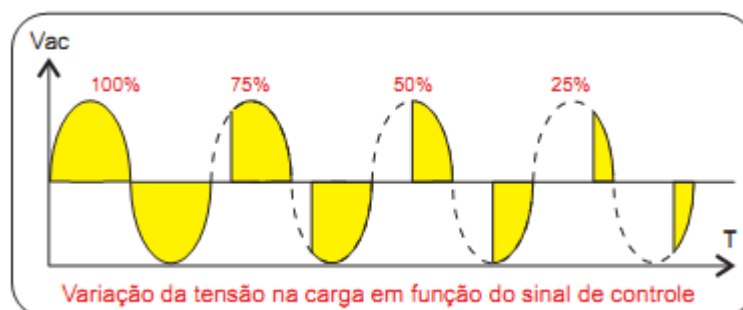


Figura 5 – Variação da tensão na carga em função do sinal de controle

Fonte: Manual Conversor LOTI

Esquema de Ligação

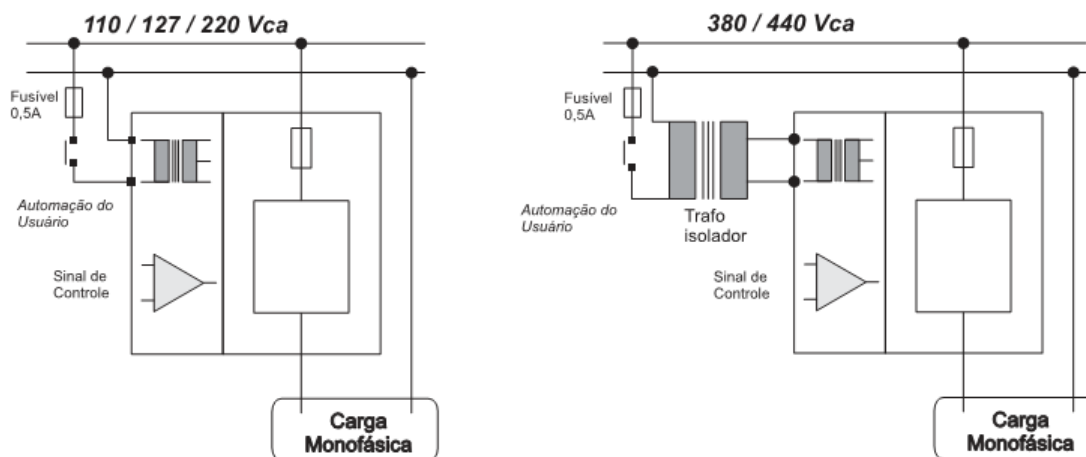


Figura 6 – Esquema de ligação do Conversor de Potência Monofásico Série AFF

Fonte: Manual Conversor LOTI

Dados Técnicos

Tabela 1 – Dados Técnicos do Conversor de Potência Monofásico Série AFF

Alimentação	Vca	110/127 ou 220
Frequência da rede	Hz	50/60
Consumo aprox.	VA	3,5
Tensão de isolação	Vca	2500 V rms durante 1 min.
Temperatura amb. Oper.	°c	0 a 60
Temperatura amb. Armaz	°c	0 a 70
Umidade relativa do ar	%	35 ... 85 (sem condensação)
Ajustes na placa eletrônica	Ajuste de Zero Ajuste de Span	Trimpot da direita Trimpot da esquerda
Sinalização	Alimentação Inibição interna Inibição externa Saída	Led verde Led vermelho Led vermelho Led verde

Fonte: Manual Conversor LOTI

Identificação do Modelo do Conversor

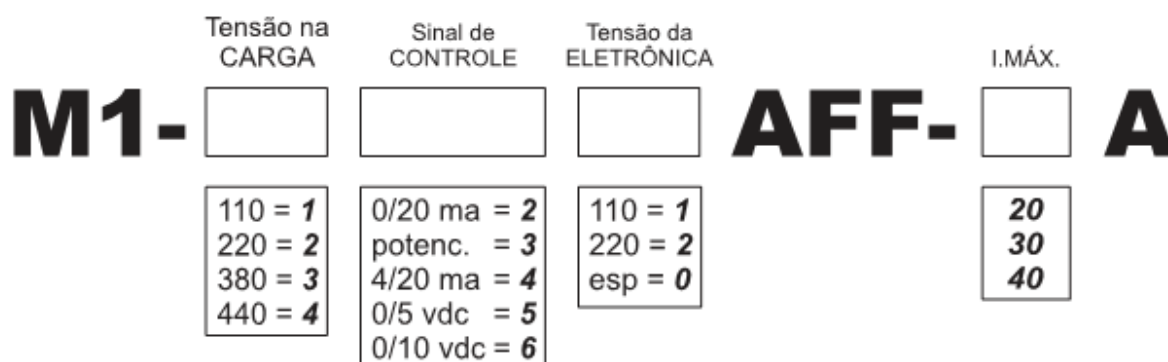
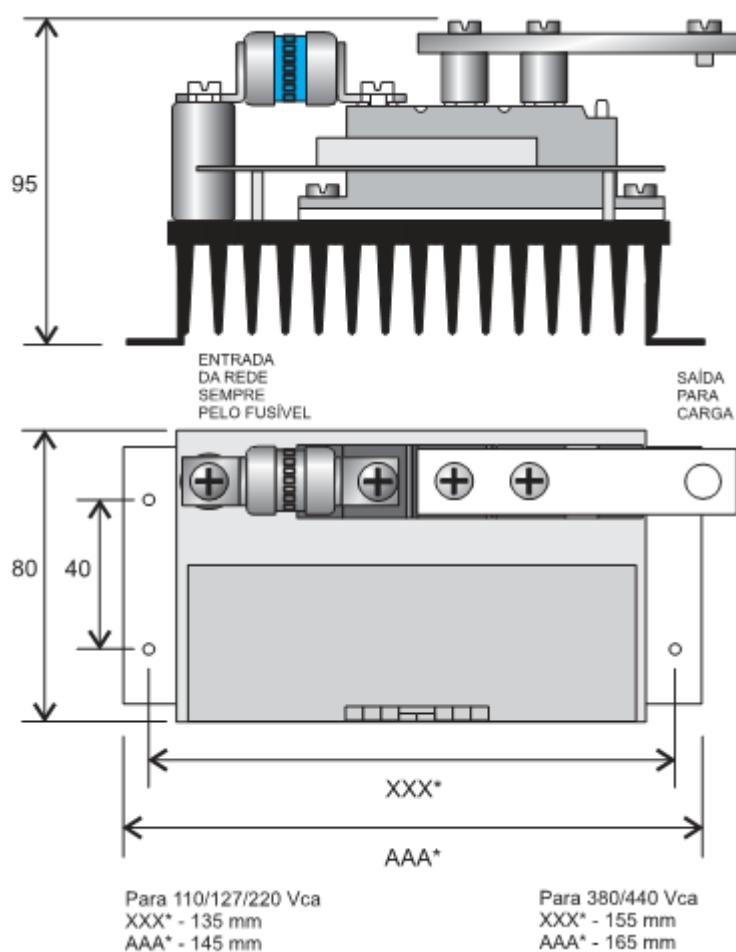


Figura 7 – Identificação do modelo do Conversor de Potência Monofásico Série AFF

Fonte: Manual Conversor LOTI

Dimensões (mm)



**Figura 8 – Dimensões do Conversor de Potência Monofásico
Série AFF**

Fonte: Manual Conversor LOTI

3.2 TERMOPAR TIPO J

Os Termopares são sensores de maior uso industrial para medição de temperatura. Eles cobrem uma faixa bastante extensa de temperatura que vai de - 200 a 2300°C aproximadamente, com uma boa precisão e repetibilidade aceitável, tudo isto a um custo que se comparado com outros tipos de sensores de temperatura são mais econômicos.

Princípio de Funcionamento

O aquecimento de dois metais diferentes com temperaturas diferentes em suas extremidades, gera o aparecimento de uma F.E.M. (da ordem de mV). Este princípio conhecido com efeito Seebeck propiciou a utilização de termopares para medição de temperatura.

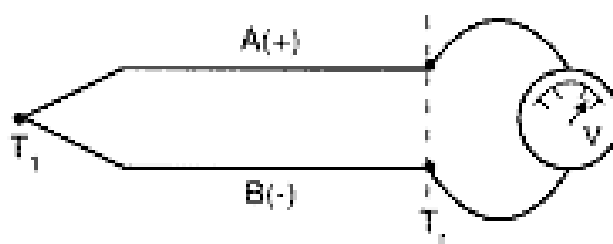


Figura 9 – Demonstração junção de um termopar

Fonte: T. J. Seebeck, 1821

Um termopar consiste de dois condutores metálicos de natureza distinta, na forma de metais puros ou ligas homogêneas. Os fios são soldados em um extremo ao qual se dá o nome de junção de medição; a outra extremidade, junção de referência é levada ao instrumento medidor por onde flui a corrente gerada.

Convencionou-se dizer que o metal A é positivo e B é negativo, pois a tensão e corrente geradas são na forma contínua (cc).

Com relação a F.E.M. x temperatura de um termopar não é linear, o instrumento indicador deve de algum modo linearizar o sinal gerado pelo sensor. No caso de alguns instrumentos analógicos (como registradores), a escala gráfica do instrumento não é linear acompanhando a curva do termopar; e em instrumentos digitais usa-se ou a tabela de correlação F.E.M. x temperatura, armazenada em memória ou uma equação matemática que descreve a curva do sensor. Esta equação é um polinômio, que a depender da precisão requerida pode alcançar uma ordem de até 9º grau.

A seguir equação matemática genérica de um termopar:

$$T = a_0 + a_1.X^1 + a_2.X^2 + a_3.X^3 + \dots + a_n.X^n$$

Onde: T: a temperatura

a: o coeficiente de cada termopar

X: a milivoltagem gerada

n: a ordem do polinômio

A Tabela abaixo lista os coeficientes de vários tipos de Termopares:

Tabela 2 – Coeficientes dos Termopares

	Tipo E	Tipo J	Tipo K	Tipo R	Tipo S	Tipo T
	Níquel-Cromo(+) Versus Cobre-Níquel(-)	Ferro(+) Versus Cobre-Níquel(-)	Níquel-Cromo(+) Versus Níquel-Alumínio(-)	Platina - 13% Ródio(+) Versus Platina(-)	Platina - 10% Ródio(+) Versus Platina(-)	Cobre (+) Versus Cobre-Níquel(-)
	-100°C a 1000°C ±0,5°C 9ª ordem	0°C a 760°C ±0,1°C 5ª ordem	0°C a 1370°C ±0,7°C 8ª ordem	0°C a 1000°C ±0,5°C 8ª ordem	0°C a 1750°C ±1°C 9ª ordem	-160°C a 400°C ±0,5°C 7ª ordem
a_0	0,104967248	-0,048868252	0,226584602	0,263632917	0,927763167	0,100860910
a_1	17189,45282	19873,14503	24152,10900	179075,491	169526,5150	25727,94369
a_2	-282639,0850	-218614,5353	67233,4248	-48840341,37	-31568363,94	-767345,8295
a_3	12695339,5	11569199,78	2210340,682	1,90002E + 10	8990730663	78025595,81
a_4	-448703084,6	-264917531,4	-860963914,9	-4,82704E + 12	-1,63565E + 12	-9247486589
a_5	1,10866E + 10	2018441314	4,83506E + 10	7,62091E + 14	1,88027E + 14	6,97688E + 11
a_6	-1,76807E + 11		-1,18452E + 12	-7,20026E + 16	-1,37241E + 16	-2,66192E + 13
a_7	1,71842E + 12		1,38690E + 13	3,71496E + 18	6,17501E + 17	3,94078E + 14
a_8	-9,19278E + 12		-6,33708E + 13	-8,03104E + 19	-1,56105E + 19	
a_9	2,06132E + 13				1,69535E + 20	

Fonte: Zulmar Gularte, 2006

A seguir temos as características do Termopar utilizado (tipo J):

Composição: Ferro (+) / Cobre - Níquel (-) o fio negativo cobre - níquel é conhecido comercialmente como constantan, com faixa de utilização: -40 a 750°C

Estes termopares são adequados par uso no vácuo, em atmosferas oxidantes, redutoras e inertes.

A taxa de oxidação do ferro é rápida acima de 540°C e o uso em tubos de

proteção é recomendado para dar uma maior vida útil em altas temperaturas. O termopar do tipo J não deve ser usado em atmosferas sulfurosas (contém enxofre) acima de 540°C.

O uso em temperaturas abaixo de 0°C não é recomendada, devido à rápida ferrugem e quebra do fio de ferro, o torna seu uso em temperaturas negativas menor que o tipo T.

Devido à dificuldade de obtenção de fios de ferro com alto teor de pureza, o termopar tipo J tem custo baixo e é um dos mais utilizados industrialmente.

Abaixo, um gráfico de variação F.E.M. x temperatura para os vários tipos de termopares existentes:

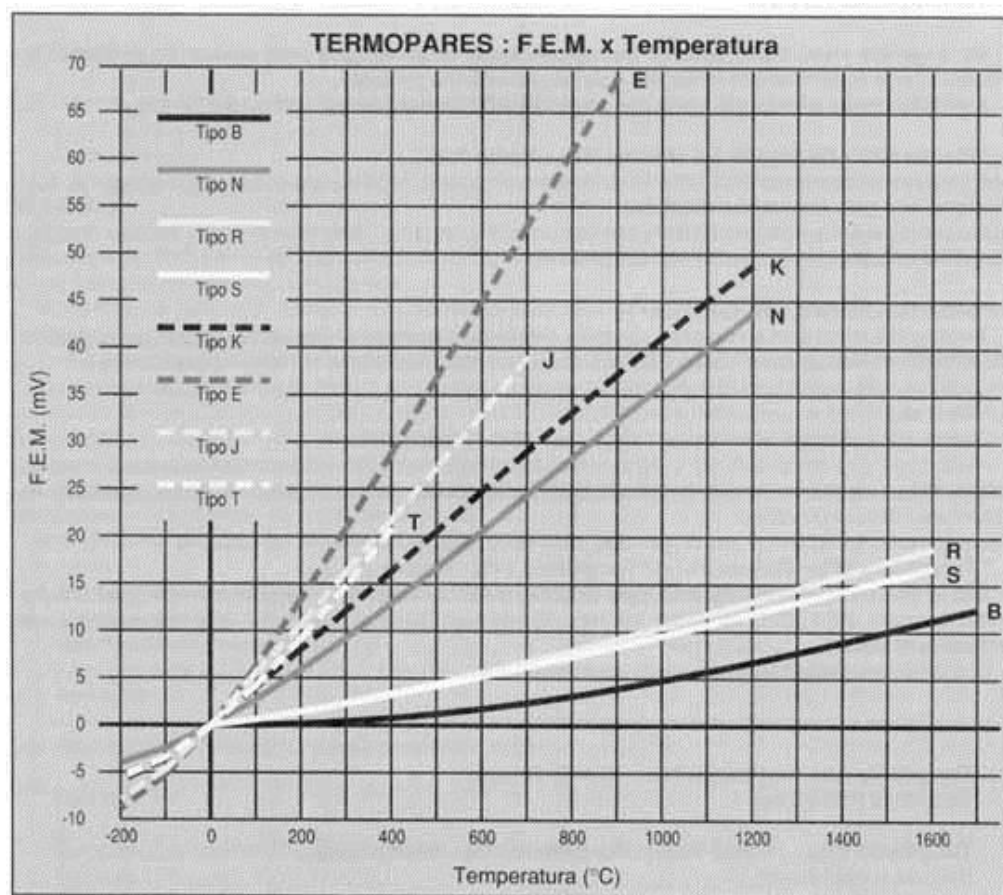


Figura 10 – F.E.M. x Temperatura Termopares

Fonte: T. J. Seebeck, 1821

Limite de Erros dos Termopares

Entende-se por erro de um termopar, o máximo desvio que este pode apresentar em relação a um padrão, que é adotado como padrão absoluto. Este erro pode ser expresso em Graus Celsius ou em porcentagem da temperatura medida, adotar sempre o que der maior.

Limite de erro do Termopar Tipo J, conforme recomendação da norma ANSI MC 96.1 - 1982, segundo a IPTS-68.

Tabela 3 – Limite de erro do Termopar Tipo J – ANSI MC 96.1 - 1982, segundo a IPTS-68

Tipo de Termopar	Faixa de Temperatura	Limites de Erro	
		Standard (Escolher o Maior)	Especial (Escolher o Maior)
J	0 a 750°C	±2,2°C ou ±0,75%	±1,1°C ou ±0,4%

Fonte: Zulmar Gularte, 2006

Limites de erros para o Termopar Tipo J segundo a norma IEC 584-2 (Revisão junho de 1989):

Tabela 4 – Limites de erros para o Termopar Tipo J – IEC 584-2

Tipos de Termopares	Classe 1 (Especial)	Classe 2 (Standard)	Classe 3 (Standard)
Tipo J			
Range	-40 a 375°C	-40 a 333°C	-
Tolerância	±1,5°C	±2,5°C	-
Range	375 a 750°C	333 a 750°C	-
Tolerância	±0,4%	±0,75%	-

Fonte: Zulmar Gularte, 2006

Relação Temperatura Máxima x Bitola do Fio

Os termopares tem limites máximos e mínimos de aplicação que são funções das características físicas e termoelétricas dos fios.

Os limites superiores dependem do diâmetro do fio utilizado na construção dos termopares.

Abaixo temos os limite máximo de temperatura em função dos diâmetros dos fios, segundo a ANSI MC 96.1 - 1982.

Tabela 5 - Limite máximo de temperatura em função dos diâmetros dos fios - ANSI MC 96.1 - 1982

Tipo de Termopar	Bitola 8 AWG (Ø 3,26mm)	Bitola 14 AWG (Ø 1,63mm)	Bitola 20 AWG (Ø 0,81mm)	Bitola 24 AWG (Ø 0,51mm)
J	760°C	590°C	480°C	370°C

Fonte: Zulmar Gularte, 2006

Este limite se aplica para termopar convencional em uso contínuo, com poço ou tubos de proteção com a extremidade fechada; portanto não sendo válida para os termopar isolamento mineral.

Relação Resistência Ôhmica x Bitola do Fio

A seguir a tabela de resistência ôhmica dos termopares em relação ao diâmetro do fio, segundo a ASTM - STP 470 B, em ôhms por metro a 20°C.

Tabela 6 – Resistência ôhmica dos termopares

BITOLA (AWG)	TIPO DE TERMOPAR TIPO J
8	0,07
14	0,29
16	0,46
20	1,17
24	-

Fonte: Zulmar Gularte, 2006

Fios e cabos de Extensão e Compensação

Na grande maioria das aplicações dos termopares de medição de temperatura, o processo industrial fica a grandes distâncias do instrumento receptor (indicação, registro ou controle). Apesar de tecnicamente podermos utilizar um termopar de comprimento tal que vá do processo ao instrumento, os grandes custos para este tipo de montagem inviabilizam-na totalmente

Poderíamos também usar para interligar o elemento sensor com o receptor, fios de cobre comuns, conduzindo a milivoltagem gerada pelo termopar até o instrumento. Mas como o termopar gera um sinal proporcional à diferença de temperatura entre as suas junções ($E_{gerada} = E_{temp.j.medição} - E_{temp.j.referência}$), e como normalmente a temperatura do instrumento não é a mesma da junção de referência do termopar; torna-se necessário que o instrumento seja ligado ao sensor através de fios que possuam uma curva similar àquela do termopar, a fim de compensar a diferença de temperatura existente entre a junção de referência e o instrumento e para que no instrumento possa ser efetuada corretamente a compensação da temperatura ambiente.

Portanto, fios e cabos de extensão e compensação (ou fios e cabos compensados), nada mais são que outros termopares, cuja função além de conduzir o sinal gerado pelo sensor, é a de compensar os gradientes de temperatura existentes entre a junção de referência (cabecote) do sensor e os bornes do instrumento, gerando um sinal proporcional de milivoltagem a este gradiente.

Isolação dos Fios e Cabos de Extensão e Compensação

A isolação usada nos fios e cabos de extensão e compensação, deve ser escolhida de tal maneira a resistir às condições do ambiente onde irá trabalhar, levando-se em consideração todas as variáveis tais como temperatura, solicitação mecânica, umidade, abrasão, presença de óleo e outros componentes. Devido a grande variedade de aplicações, os fios e cabos de extensão e compensação podem ser fornecidos com diversos tipos de isolações externa e interna.

A tabela a seguir indica os tipos de isolações comumente utilizadas:

Tabela 7 – Isolação utilizadas em termopares

Tipo de Isolação	Temperatura de Utilização	Resistência à Abrasão	Resistência à Umidade
Externa			
PVC	-20 a 80°C	Muito Boa	Excelente
Amianto	25 a 500°C	Boa	Regular
Fibra de Vidro	20 a 270°C	Boa	Boa
Silicone	-60 a 250°C	Boa	Muito Boa
Teflon	-100 a 260°C	Excelente	Excelente

Fonte: Zulmar Gularte, 2006

Resistência Ôhmica x Bitola dos Cabos Compensados

Apresentamos uma tabela indicativa da resistência ôhmica dos fios e cabos de extensão e compensação em relação aos seus diâmetros. Resistência nominal do loop (+) e (-), em /metro.

Tabela 8 – Resistência ôhmica x bitola dos cabos compensados

Resistência ôhmica dos cabos de extensão e compensação							
Bitola (AWG)	Diâmetro (mm)	TX	JX	EX	KX	SX/RX	BX
24	0,51	2,46	2,97	5,75	4,73	0,32	0,17
20	0,81	1,01	1,22	2,36	1,94	0,13	0,068
18	1,02	0,62	0,74	1,44	1,18	0,082	0,042
16	1,29	0,39	0,47	0,91	0,75	0,051	0,026
14	1,63	0,26	0,31	0,6	0,49	0,034	0,017

Fonte: Zulmar Gularte, 2006

Blocos de Ligação

A função do bloco de ligação é a de interligar o termopar ao fio ou cabo de extensão ou compensação, e prendê-los no cabeçote.

A base é feita de cerâmica isolante e os contatos (que podem ser 2,3,4 ou 6) são feitos de latão níquelado ou cobre.

Existem diversos tamanhos e formatos, que são estabelecidos pelo tipo do termopar e cabeçotes utilizados.

Na figura abaixo tem-se vários tipos e tamanhos de blocos de ligação:

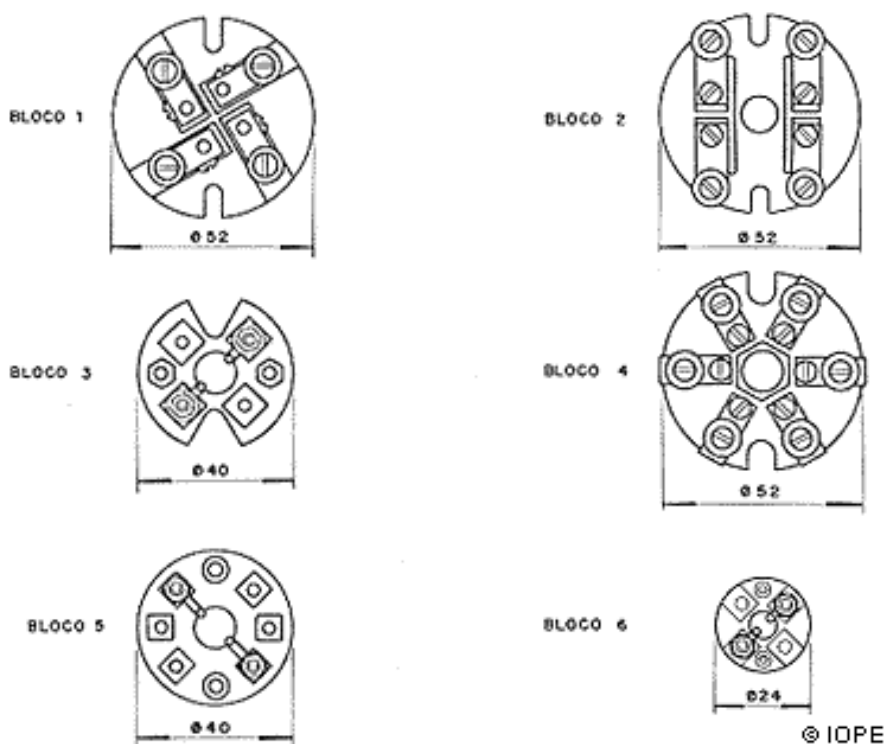


Figura 11 – Blocos de ligação termopares

Fonte: Zulmar Gularte, 2006

3.3 TERMÔMETRO BIMETÁLICO INDUSTRIAL MULTIMETAL

O Termômetro Bimetálico Industrial é construído com bimetálico helicoidal composto de dois metais laminados com diferentes coeficientes de dilatação térmica, caixa de aço carbono e erro máximo de $\pm 2\%$, possui grande aplicação industrial devido à variedade de tamanhos e escalas. São indicados para utilização em processos e equipamentos diversos, como fornos industriais, caldeiras e outros. Têm excelente precisão, e são fabricados com caixa em aço carbono e metais não ferrosos, além de possuir ótima resistência no manuseio e baixo custo.



Figura 12 – Termômetro Bimetálico
Fonte: Catálogo Multimedição, 2014

Descrição Técnica do Termômetro Bimetálico Industrial:

- Caixa em Aço Carbono com acabamento Epoxi preto;
- Anel em Aço Carbono com acabamento Epoxi preto cromado
- Sensor Bimetal
- Soquete em Latão
- Mostrador em Alumínio com fundo branco e inscrições em preto
- Ponteiro em Alumínio preto balanceado
- Visor: Vidro laminado plano
- Classe de exatidão / Erro máximo: Opcional $\pm 2\%$ do total do p.e.

Especificações Termômetro Bimetálico Industrial Multimetal

- Posição da haste: Reto ou Angular
- Diâmetro do Mostrador: 50, 63, 80, 100, 114, 150, 200 mm
- Conexão: 1/4", 3/8", 1/2", 3/4", 1/2", 1" etc.
- Diâmetro da Haste: 3/8"
- Comprimento da Haste: 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500 ou 600mm

Faixas de medição do Termômetro Bimetálico Industrial Multimetal

- Temperatura de 0 a 100°C

3.4 RELE DE NIVEL DPS-2

Descrição

Os relé de nível eletrônico tipo DPS-2 foi desenvolvido para controle e/ou supervisão automática do nível de líquidos condutores de corrente elétrica, comandando solenoides, contadores de moto bombas ou simplesmente alarmes luminosos e/ou sonoros. Montados em caixas plásticas de ABS, são aparelhos compactos, apresentando alta resistência à choques, vibrações e alta imunidade à ruídos elétricos, além de possuírem um sistema de fácil fixação em trilho DIN ou por parafusos.



Figura 13 – Relé de Nível

Fonte: Manual DIGIMEC, 2012

Funcionamento

Um circuito eletrônico compara a corrente que circula entre dois eletrodos conectados ao aparelho, com um valor selecionado no frontal, através de um potenciômetro. Quando o líquido condutor cobrir ou descobrir os 2 eletrodos condutores, com relação ao eletrodo de referência (Er), o relé de saída será energizado ou desenergizado.

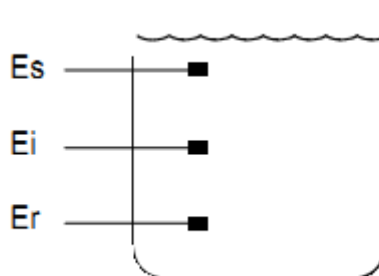


Figura 14 – Eletrodos rele de nível

Fonte: Manual DIGIMEC, 2012

Exemplos de Aplicações

Exemplo A: Usando o eletrodo de referência Er e o eletrodo superior Es, o relé de saída estará desenergizado enquanto o líquido cobrir os dois eletrodos e energizado na situação contrária.

Exemplo B: Se utilizarmos também o eletrodo inferior Ei, o relé permanecerá desenergizado enquanto o líquido estiver cobrindo o eletrodo superior Es, e assim ficará até que o líquido descubra o eletrodo inferior Ei. Esses aparelhos são utilizados para controle de nível em caixas d'água.

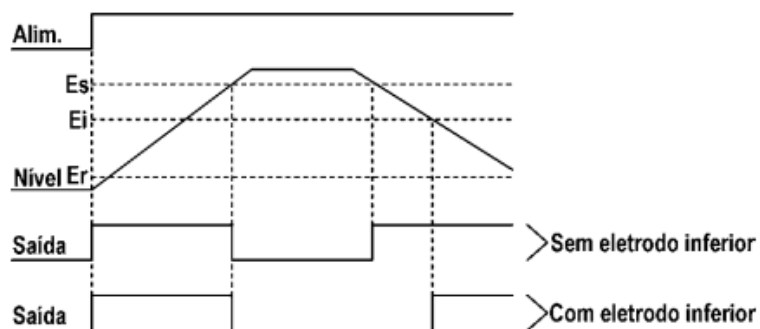


Figura 15 – Diagrama de Funcionamento relé de nível

Fonte: Manual DIGIMEC, 2012

Diagramas de Ligação

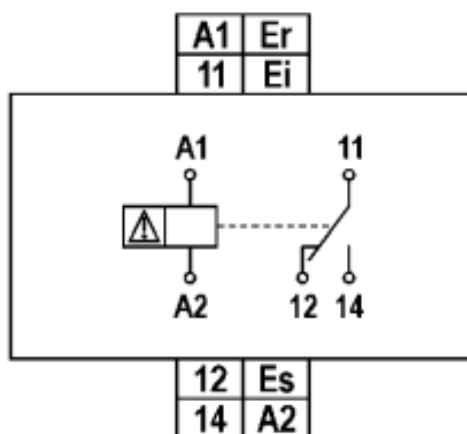


Figura 16 – Diagrama de ligação relé de nível

Fonte: Manual DIGIMEC, 2012

Dados Técnicos

Tabela 9 – Dados técnicos rele de nível

Alimentação (-15% +10%)	12 ou 24 Vcc / 24, 110, 220, 380 ou 440 Vca (especificar)
Frequência da rede	DPS-2: 50 / 60 Hz MPS-2: 50 ou 60 Hz (especificar)
Ajuste da sensibilidade	3 K Ω a 50 K Ω
Consumo	3 VA
Contatos de saída	5 A. máx. em 250 Vca - carga resistiva
Temperatura ambiente	0 a +50°C
Tensão nos eletrodos	24 Vca

Fonte: Manual DIGIMEC, 2012

Dimensões (mm)

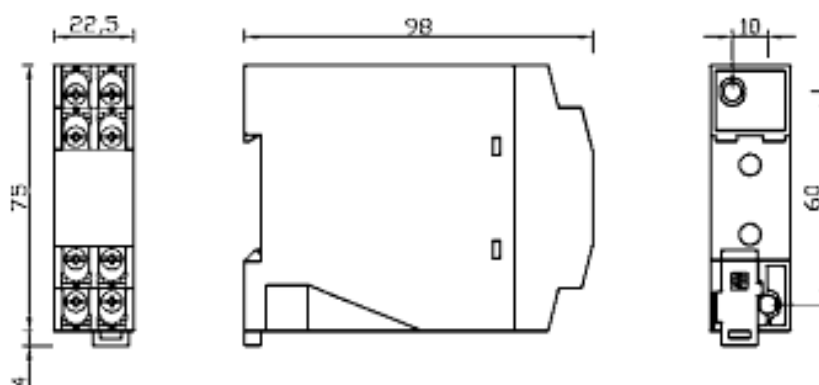


Figura 17 – Dimensões rele de nível

Fonte: Manual DIGIMEC, 2012

3.5 VÁLVULA DE ENTRADA DE ÁGUA – RETA EVA-06



Figura 18 – Válvula de entrada de água

Fonte: Emicol Eletro Eletrônica S.A., 2009

Descrição

- Corpo: termoplástico
- Filtro: plástico (removível)
- Partes metálicas: aço zincado
- Membrana: borracha (padrão) e silicone (atóxica)
- Terminais: latão
- Pressão de Operação:
- De 0,2 à 8 kgf/cm²
- À 0,2kgf/cm², vazão mínima= 7 l/min;
- À 8 kgf/cm²; vazão máxima= 40 l/min;
- Opcional - Regulador de vazão (5l/min., 6,5 l/min., 8 l/min., 12 l/min., 20 l/min.)
- Temperatura Máxima do Líquido: 60°C
- Rigidez Dielétrica: 1.500Vca - 1 min
- Saída de Água com disposição geométrica em relação à entrada: reta
- Número de Entradas/Saídas: 1 entrada / 1 saída

- Vida Útil 50.000 operações
- Tipo de Terminal (alimentação):
- Padrão reto, Faston 6,3mm x 0,8mm
- Tensão Bobina: 127Vca / 60Hz (bobina amarela)
- Entrada de Água: Rosca 3/4" x 11,5 – NHT

Identificação Modelo da Válvula

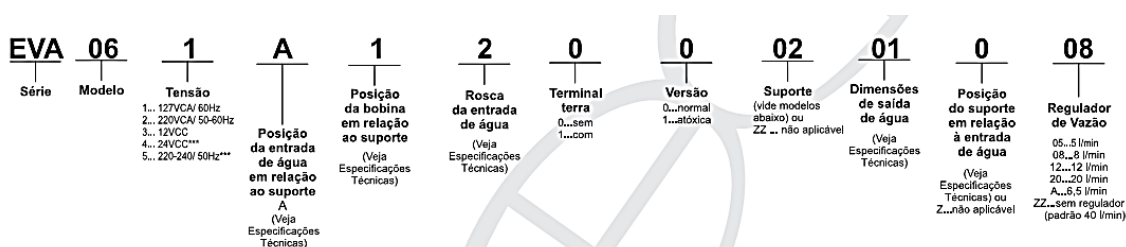


Figura 19 - Identificação do modelo da válvula de entrada

Fonte: Emicol Eletro Eletrônica S.A., 2009

Dimensões (mm)

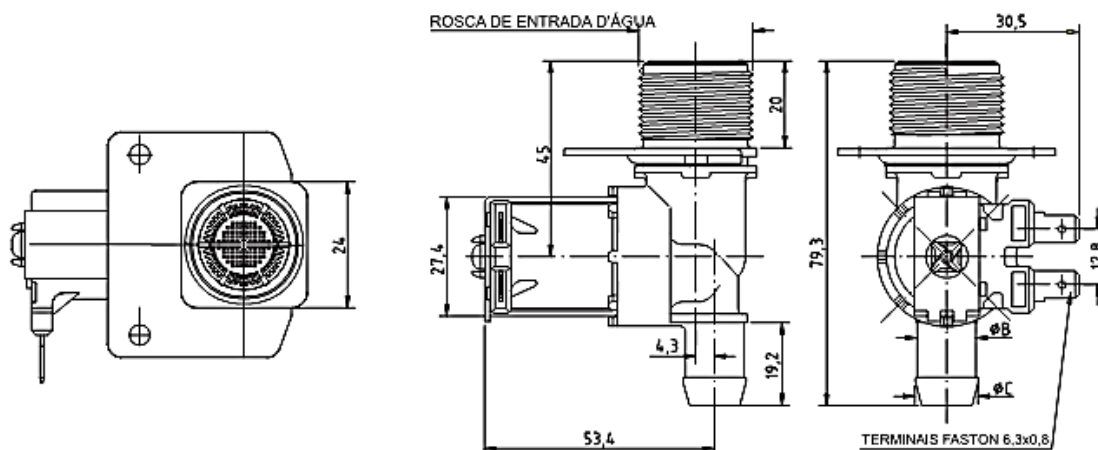


Figura 20 – Dimensões válvula de entrada de água (Vista A)

Fonte: Emicol Eletro Eletrônica S.A., 2009

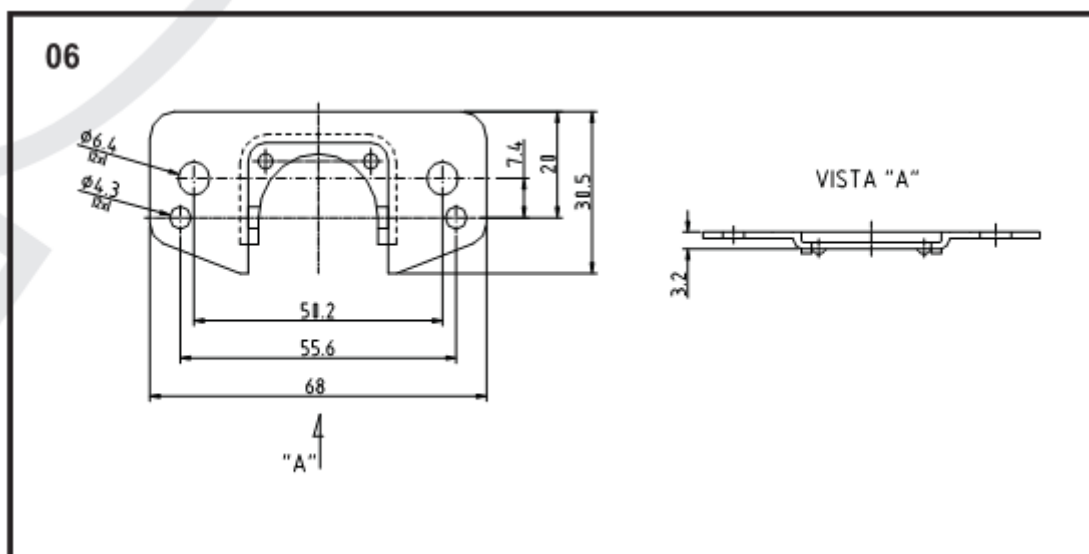


Figura 21 – Dimensões válvula de entrada de água (Vista B)

Fonte: Emicol Eletro Eletrônica S.A., 2009

3.6 AQUECEDOR DE ÁGUA 1000W - 127V

Descrição do Produto

- Dimensões da Peça: 28 cm.
- Quantidade Inner: 25.
- Dimensões Inner: 33,2 x 33,2 x 16,5 cm.
- Quantidade Master: 50.
- Dimensões Master: 34,7 x 34,7 x 34,7 cm.
- Material: Tubo de ferro, PP, Pó de magnésio, Cobre.
- Cor: Cabo amarelo.
- Fabricante: Western.
- 1000 W.
- 127 V – 60 Hz.



Figura 22 – Aquecedor de Agua 1000W
Fonte: Western, 2009

Certificado e Autorização para uso do Selo de Identificação da Conformidade Inmetro.

CERTIFICADO Nº ME6380/2015

*OCP Nº 0060

3.7 MINI DISJUNTOR DZ47-63

Descrição

O mini disjuntor termomagnético JNG modelo DZ47-63 da JNG permite a proteção contra sobreaquecimento da instalação elétrica causados por sobrecarga e também contra curto circuitos em instalações industriais, comerciais e residenciais, além de proporcionar maior segurança na atuação em curto circuito em relação a

maioria dos disjuntores existentes no mercado, devido a sua capacidade de interrupção de curto circuito de 4,5kA.



Figura 23 – Mini Disjuntor Termomagnético
Fonte: Catálogo JNG, 2014



Figura 24 – Construção Interna Mini Disjuntor Termomagnético
Fonte: Catálogo JNG, 2014

DADOS TÉCNICOS

Tabela 10 – Dados técnicos Mini disjuntor termomagnético

Correntes Nominais (In)	6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A e 63A							
Número de Polos	1P, 2P ou 3P							
Tensão Nominal	230Vca (1P), 400Vca (2P e 3P)							
Capacidade de Interrupção Nom. (Ics=Icn)	4,5kA							
Montagem	Trilho Din 35mm							
Frequência Nominal	50 / 60 Hz							
Curva de Atuação	C							
Durabilidade Elétrica/Mecânica	6000/20000 operações							
Temperatura Ambiente Operação	-5° C a + 40° C							
Grau de Proteção	IP20							
Posição de Montagem e Conexão de Fase	Sem restrição							
Conexão	Borne com Parafuso							
Fenda dos Parafusos dos Bornes	Dupla: Normal e Tipo Philips							
Torque de Aperto Mínimo dos Parafusos dos Bornes	3Nm							
Material do Invólucro	Termoplástico com Resistencia ao Fogo (Auto Extinguível)							
Seções dos Cabos Recomendadas para Instalação por In								
6A	10A	16A	20A	25A	32A	40A	50A	63A
1 mm ² a 2,5 mm ²	2,5 mm ² a 4 mm ²	2,5 mm ² a 6 mm ²	4 mm ² a 10 mm ²	6 mm ² a 10 mm ²	10 mm ² a 25 mm ²			

Fonte: Catálogo JNG, 2014

Dimensões (mm)

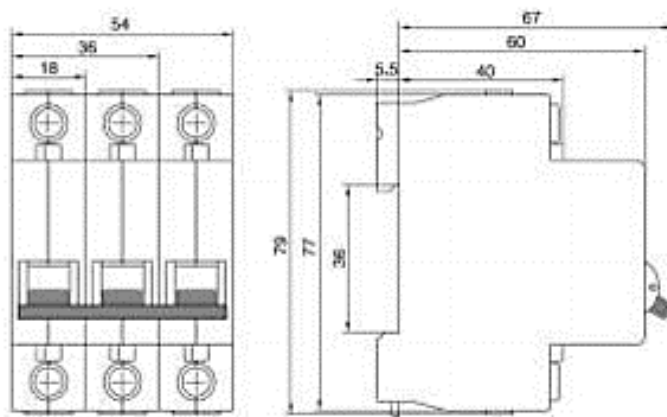


Figura 25 – Dimensões Mini Disjuntor Termomagnético

Fonte: Catálogo JNG, 2014

3.8 CONTROLADOR NOVUS N2000

Controlador de características universais, aceita em um único modelo a maioria dos sensores e sinais utilizados na indústria e proporciona todos os tipos de saída necessários à atuação nos diversos processos.

A configuração pode ser realizada diretamente no controlador ou via interface USB. O software NConfig (gratuito) é a ferramenta de gerenciamento de configuração. Conectado à USB de um computador Windows, o controlador é reconhecido como uma porta de comunicação serial (COM) operando com protocolo Modbus RTU.

Através da interface USB, mesmo desconectado da alimentação, a configuração realizada em um equipamento pode ser salva em arquivo e repetida em outros equipamentos que requeiram a mesma configuração.



Figura 26 – Controlador NOVUS N2000

Fonte: Catálogo NOVUS, 2012

Suas principais características são:

- Entrada universal multi-sensor, sem alteração de hardware;
- Saídas de controle do tipo relé, 4-20 mA e pulso, todas disponíveis;
- Auto-sintonia dos parâmetros PID;
- Função Automático/Manual com transferência “bumpless”;
- Quatro saídas de alarme na versão básica, com funções de mínimo, máximo, diferencial (desvio), sensor aberto e evento;
- Temporização para quatro alarmes;
- Retransmissão de PV ou SP em 0-20 mA ou 4-20 mA;
- Entrada para setpoint remoto;
- Entrada digital com 5 funções;
- Soft-start programável;
- Rampas e patamares com 7 programas de 7 segmentos, concatenáveis;
- Comunicação serial RS-485, protocolo MODBUS RTU;
- Senha para proteção do teclado;
- Alimentação bivolt;

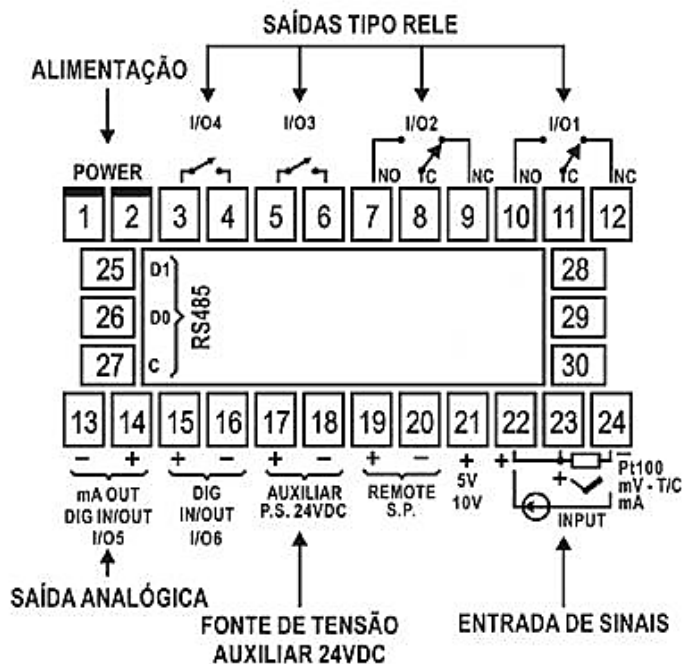


Figura 27 – Conexões Painel Traseiro Controlador NOVUS N2000

Fonte: Catálogo NOVUS, 2012

Especificações:

- Dimensões: 48 x 96 x 92 mm (1/8 DIN). Peso Aproximado: 250 g
- Recorte no painel: 45 x 93 mm (+0,5 -0,0 mm)
- Alimentação: 100 a 240 Vca/cc ($\pm 10\%$), 50/60 Hz
- Opcional 24 V: 12 a 24 Vcc / 24 Vca (-10% / +20%)
- Consumo máximo: 9 VA

Condições ambientais:

- Temperatura de Operação: 5 a 50 °C
- Umidade Relativa: Máxima: 80 % até 30 °C
- Para temperaturas maiores que 30 °C, diminuir 3 % por °C
- Uso interno; Categoria de instalação II, Grau de poluição 2; altitude < 2000 m

Entrada:

- Tipos: Ver Tabela 1

- Resolução Interna: 32767 níveis
- Resolução do Display: 12000 níveis (de -1999 até 9999)
- Taxa de leitura da entrada: 10 por segundo

Precisão:

- Termopares J, K e T: 0,25 % do span ± 1 °C
- Termopares E, N, R, S e B: 0,25 % do span ± 3 °C
- Pt100: 0,2 % do span
- 4-20 mA, 0-50 mV, 0-5 Vcc: 0,2 % do span

Impedância de entrada:

- 0-50 mV, Pt100 e termopares: >10 M Ω
- 0-5 V: >1 M Ω
- 4-20 mA: 15 Ω (+2 Vcc @ 20 mA)
- Medição do Pt100: Tipo 3 fios, com compensação de comprimento do cabo, ($\alpha=0,00385$), corrente de excitação de 0,170 mA
- Todos os tipos de entrada calibrados de fábrica conforme norma NBR 12771/99, RTD's NBR 13773/97;

Digital Input:

- I/O5 e I/O6: Contato Seco ou NPN coletor aberto
- Saída Analógica: I/O5: 0-20 mA ou 4-20 mA, 550 Ω max.
- 1500 níveis, isolada, para controle ou retransmissão de PV e SP

Control Output:

- 2 Relés SPDT (I/O1 e I/O2): 3 A / 240 Vca, uso geral
- 2 Relés SPST-NA (I/O3 e I/O4): 1,5 A / 250 Vca, uso geral
- Pulso de tensão para SSR (I/O5): 10 V max / 20 mA
- Pulso de tensão para SSR (I/O6): 5 V max / 20 mA
- Entrada SP Remoto: Corrente de 4-20 mA

- Fonte de Tensão Auxiliar: 24 Vcc, $\pm 10\%$; 25 mA
- Painel Frontal: IP65, policarbonato UL94 V-2
- Gabinete: IP30, ABS+PC UL94 V-0
- Compatibilidade eletromagnética: EN 61326-1:1997 e EN 61326-1/A1:1998
- Emissão: CISPR11/EN55011
- Imunidade: EN61000-4-2, EN61000-4-3, EN61000-4-4, EN61000-4-5, EN61000-4-6, EN61000-4-8 e EN61000-4-11
- Segurança: EN61010-1:1993 e EN61010-1/A2:1995 (UL file E300526)
- Interface USB: 2.0, classe CDC (porta serial virtual), protocolo MODBUS
- RTU.
- Conexões próprias para terminais tipo garfo de 6,3 MM;
- Ciclo programável de PWM de 0.5 até 100 segundos;
- Inicia Operação após 3 segundos de ligada a alimentação;
- Certificações: CE / UL (FILE: E300526)

Identificação:

Tabela 11 – Tabela de Identificação do Controlador Novus

N2000	485	24V
A	B	C

Fonte: Catálogo NOVUS, 2012

- A: Modelo: N2000;
- B: Comunicação Digital:
 - blank (versão básica, sem comunicação serial);
 - 485 (versão com serial RS485, Modbus protocol);
- C: Alimentação:
 - blank (versão básica, 100 a 240 Vca/cc);
 - 24V (versão com alimentação de 12 a 24 Vcc /24 Vca).

TIPO	CÓDIGO	CARACTERÍSTICA / FAIXA DE MEDIÇÃO
J	tc J	Faixa: -110 a 950 °C (-166 a 1742 °F)
K	tc P	Faixa: -150 a 1370 °C (-238 a 2498 °F)
T	tc t	Faixa: -160 a 400 °C (-256 a 752 °F)
N	tc n	Faixa: -270 a 1300 °C (-454 a 2372 °F)
R	tc r	Faixa: -50 a 1760 °C (-58 a 3200 °F)
S	tc S	Faixa: -50 a 1760 °C (-58 a 3200 °F)
B	tc b	Faixa: 400 a 1800 °C (752 a 3272 °F)
E	tc E	Faixa: -90 a 730 °C (-130 a 1346 °F)
Pt100	Pt	Faixa: -200 a 850 °C (-328 a 1562 °F)
0-50 mV	LQ50	Sinal Analógico Linear Indicação programável de -1999 a 9999
4-20 mA	L420	
0-5 Vcc	LQ5	
0-10 Vcc	LQ 10	
4-20 mA	59rt	Com extração de raiz quadrada Indicação programável de -1999 a 9999
4-20 mA NÃO LINEAR	Ln J	Sinal Analógico não-Linear Faixa de indicação de acordo com o sensor associado.
	Ln P	
	Ln t	
	Ln n	
	Ln r	
	Ln S	
	Ln b	
	Ln E	
	LnPt	

Figura 28 – Tipos de entrada controlador NOVUS N2000

Fonte: Catálogo NOVUS, 2012

3.9 ELETROBOMBA

No projeto foi utilizado uma sucata de bomba de combustível automotiva, como trata-se de um produto que já não está mais sendo utilizado por não atender as especificações descritas pelo fabricante não iremos listar todas as suas características, porem permanece em funcionamento atendendo as necessidades do nosso projeto. Sua função é retornar a água para o primeiro reservatório, para poder

iniciar um novo processo, esta bomba pode ser montada dentro ou fora do tanque.



Figura 29 – Bomba de combustível automotiva

Fonte: Autoria Própria, 2016

Esta bomba de combustível é composta basicamente de um motor elétrico, uma bomba de engrenagens ou roletes, uma válvula de segurança para altas pressões e outra de retenção, que mantém os tubos de envio de combustível pressurizados quando a eletrobomba estiver desligada, porém este recuso não irá funcionar pois a linha de retorno da bancada é despressurizada.

3.10 FONTE DE ALIMENTAÇÃO ELETROBOMBA

A eletrobomba utilizada trata-se de uma sucata de bomba de combustível automotiva, cuja função é retornar a água do terceiro tanque para o primeiro, a eletrobomba trabalha com uma tensão de 12 volts e corrente mínima de 2 ampères para acionamento, em testes verificamos que a corrente necessária em funcionamento com liquido chega a 3 ampères, com isso foi necessário uma fonte de alimentação externa pois verificamos que o CLP fornece 1,5 Ampères, com a necessidade de uma corrente maior utilizamos uma fonte de alimentação externa onde optamos por utilizar uma fonte de computador que tratar-se de uma fonte chaveada onde tem maior eficiência e tem um custo baixo pelo seu rendimento podendo chegar até 15 ampères. Esta fonte possui várias combinação de saída de tensão e corrente como não iremos utilizar todas, estas serão isoladas.

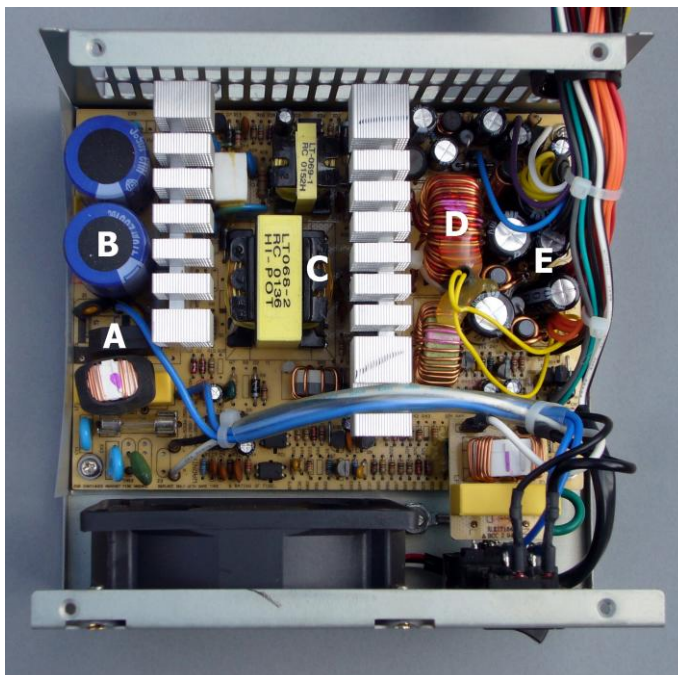


Figura 30 - Fonte de Alimentação Eletrobomba
Fonte: Autoria Própria, 2016

3.11 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Definição

Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais.

Segundo a NEMA (National Electrical Manufacturers Association), é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

Um CLP é o controlador indicado para lidar com sistemas caracterizados por eventos discretos, ou seja, com processos em que as variáveis assumem valores zero ou um (ou variáveis ditas digitais, ou seja, que só assumem valores dentro de um conjunto finito). Podem ainda lidar com variáveis analógicas definidas

por intervalos de valores de corrente ou tensão elétrica. As entradas e/ou saídas digitais são os elementos discretos, as entradas e/ou saídas analógicas são os elementos variáveis entre valores conhecidos de tensão ou corrente.

Os CLP's estão muito difundidos nas áreas de controle de processos ou de automação industrial. No primeiro caso a aplicação se dá nas indústrias do tipo contínuo, produtoras de líquidos, materiais gasosos e outros produtos, no outro caso a aplicação se dá nas áreas relacionadas com a produção em linhas de montagem, por exemplo na indústria do automóvel.

Num sistema típico, toda a informação dos sensores é concentrada no controlador (CLP) que de acordo com o programa em memória define o estado dos pontos de saída conectados a atuadores.

Os CLPs tem capacidade de comunicação de dados via canais seriais. Com isto podem ser supervisionados por computadores formando sistemas de controle integrados. Softwares de supervisão controlam redes de Controladores Lógicos Programáveis.

Os canais de comunicação nos CLP's permitem conectar à interface de operação (IHM), computadores, outros CLP's e até mesmo com unidades de entradas e saídas remotas. Cada fabricante estabelece um protocolo para fazer com seus equipamentos troquem informações entre si. Os protocolos mais comuns são Modbus (Modicon - Schneider Eletric), EtherCAT (Beckhoff), Profibus (Siemens), Unitelway (Telemecanique - Schneider Eletric) e DeviceNet (Allen Bradley), entre muitos outros.

Redes de campo abertas como PROFIBUS-DP são de uso muito comum com CLPs permitindo aplicações complexas na indústria automobilística, siderúrgica, de papel e celulose, e outras.



Figura 31 – Fonte, CPU, Módulos do CLP

Fonte: Aatoria Própria, 2016

Princípio de Funcionamento

O Controlador Programável, como todo sistema microprocessado, tem seu princípio de funcionamento baseado nos seguintes passos:

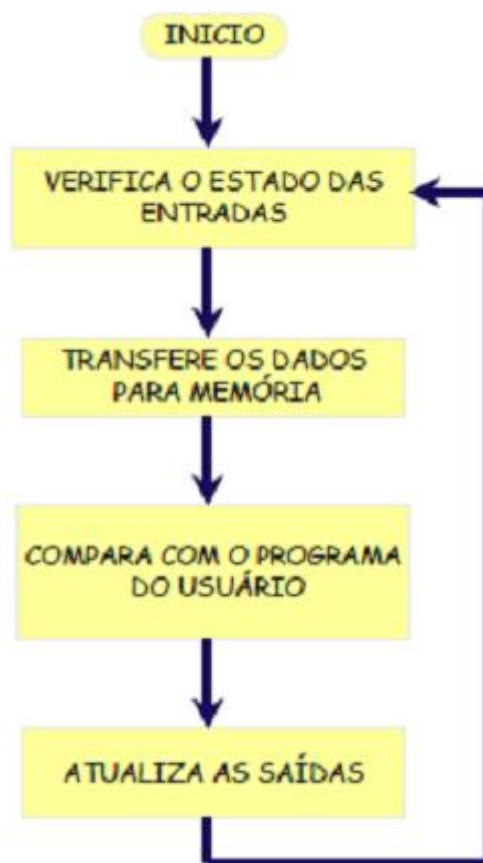


Figura 32 – Ciclo de varredura de um CLP

Fonte: Neto, J. T. C. Controladores

Lógicos Programáveis 2011

- Inicialização:

No momento em que é ligado o CLP executa uma série de operações pré-programadas, gravadas em seu Programa Monitor:

- Verifica o funcionamento eletrônico da C.P.U., memórias e circuitos auxiliares;
- Verifica a configuração interna e compara com os circuitos instalados;
- Verifica o estado das chaves principais (RUN/STOP, PROG, etc.);

- Desativa todas as saídas;
- Verifica a existência de um programa de usuário;
- Emite um aviso de erro caso algum dos itens acima falhe.

- Verificar estado das entradas:

O CLP lê o estado de cada uma das entradas, verificando se alguma foi acionada. O processo de leitura recebe o nome de Ciclo de Varredura (Scan) e normalmente é de alguns microssegundos (scan time).

- Transferir os dados para memória:

Após o Ciclo de Varredura, o CLP armazena os resultados obtidos em uma região de memória chamada de Memória Imagem das Entradas e Saídas. Ela recebe este nome por ser um espelho do estado das entradas e saídas. Esta memória será consultada pelo CLP no decorrer do processamento do programa do usuário.

- Comparar com o programa do usuário:

O CLP ao executar o programa do usuário, após consultar a Memória Imagem das Entradas, atualiza o estado da Memória Imagem das Saídas, de acordo com as instruções definidas pelo usuário em seu programa.

- Atualizar as saídas:

O CLP escreve o valor contido na Memória das Saídas, atualizando as interfaces ou módulos de saída. Inicia - se então, um novo ciclo de varredura.

3.12 PLACA DE ACIONAMENTO DAS VALVULAS E ELTROBOMBA

Para a ativação das válvulas e da bomba de retorno tomamos a decisão de construir uma placa de acionamento, que tem como uma de suas funções evitar possíveis curtos-circuitos nos bornes ou sobrecarga nas saídas digitais do CLP podendo causar danos aos componentes internos do equipamento.

Primeiramente para a fabricação da placa necessitávamos definir quantos

instrumentos seriam acionados o consumo e tensão de cada um para cálculo de quantidade e potência dos componentes a serem utilizados, e os instrumentos são:

- 06 válvulas solenóides 127VCA / 60Hz
- 01 eletrobomba de combustível 12VDC 3A (obs: leitura foi efetuada no momento do teste, pois o equipamento é reaproveitamento de sucata).

O processo de construção da placa inicia-se pelo estudo do esquema elétrico e o layout ou arranjo dos componentes na placa de fenolite, a utilização do software Dip Trace para auxiliar e facilitar o trabalho na hora da locação dos componentes foi essencial, pois com o esquema elétrico definido temos a necessidade de fazer um protótipo com as trilhas e ilhas com qualidade, não há outra opção do que usar uma ferramenta CAD, para gerar o arquivo da placa de circuito impresso, para em seguida passar o layout para a placa de fenolite usando alguns métodos conhecidos, como por exemplo, a transferência térmica.

Durante o estudo do circuito elétrico percebemos que o tamanho da placa tornaria parte processo difícil de executar e perante a situação decidiu-se dividir a placa em duas partes.

No entanto o processo de fabricação da placa se deu da seguinte forma:

1° Optou-se por conter nas placas a quantidade de 9 (nove) circuitos a relé, sendo que utilizamos 6 (seis) para comando das válvulas e 3 (três) ficariam sobressalentes para trabalhos futuros e 1 (um) circuito com tensão de 12VDC para alimentação da eletrobomba de combustível, e dessa forma elaboramos o projeto elétrico das placas.

2° Foi transferido o projeto elétrico para o software Dip Trace, neste software utilizamos a biblioteca de componentes para montarmos o circuito e conseqüentemente gerar um arquivo para imprimir o negativo do circuito elétrico, onde obtivemos o melhor aproveitamento do espaço e distribuição dos componentes nas placas.

3° Com o negativo do circuito elétrico impresso em papel fotográfico conseguimos transferir para as placas de fenolite apenas o circuito desejado utilizando o processo de transferência térmica deixando pronta para a corrosão.

4° Para corroer o cobre das placas onde não está impresso colocamos as placas dentro de um recipiente de plástico e cobrimos completamente com percloroeto de ferro, o processo de corrosão demorou aproximadamente 20 minutos e

depois de corroidas limpamos com thinner e algodão para remover a tinta da impressão.

5° Com as placas impressas conseguimos obter os pontos de furação dos componentes, assim facilitando o posicionamento correto para a furação, depois de perfurados os pontos iniciamos a etapa de soldagem dos componentes finalizando o processo de construção das placas.

Segue abaixo a lista de componentes utilizados para a montagem da placa:

- 02 placas de fenolite de 10 cm x 14 cm;
- 09 led 3mm vermelho
- 09 resistor 3.3K
- 09 relé 24VDC MOD. HJR-3FF-S-Z 4
- 09 diodos N 4001
- 23 conector borne 2 vias

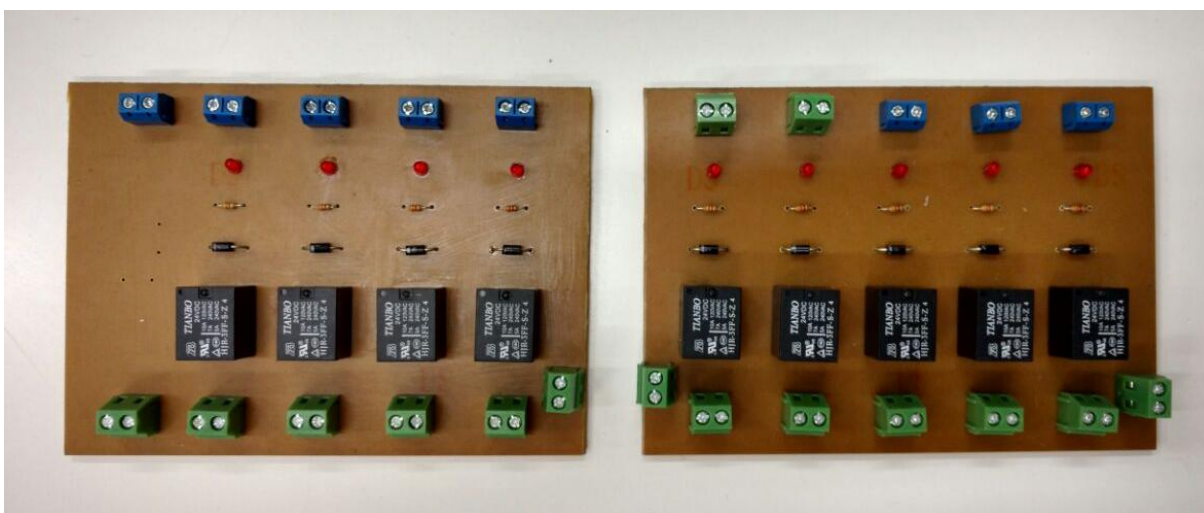


Figura 33 - Placa de Acionamento (frente)

Fonte: Autoria Própria, 2016

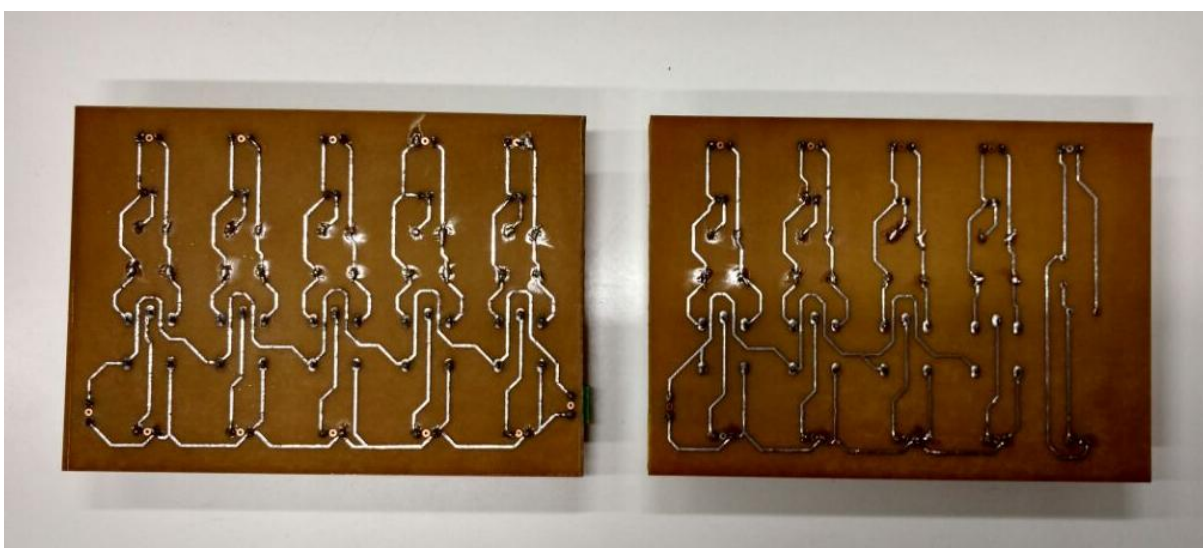


Figura 34 - Placa de Acionamento (verso)

Fonte: Autoria Própria, 2016

4 BANCADA DIDÁTICA

Apresentam-se as principais etapas do desenvolvimento da bancada didática, tais como escolha de materiais, projeto e montagem.

4.1 MONTAGEM DA BANCADA

Nesta seção são apresentados alguns passos da montagem e desenvolvimento da bancada de ensaios. Em cada etapa, procurou-se desenvolver a planta didática com base nos conhecimentos teóricos adquiridos durante o curso de Tecnologia em Automação Industrial, possibilitando uma fácil compreensão de um sistema de controle de nível, temperatura e vazão utilizando um controlador programável.

Primeiramente para se executar a fabricação dos tanques da bancada didática foram estudadas as dimensões ideais dos tanques para que se pudesse instalar os instrumentos de controle e supervisão dos processos a serem estudados, de forma que esses componentes possuíssem espaço e locação apropriados para sua instalação facilitando sua visualização, possíveis manutenções e alterações dos mesmos.

Para que se tenha a possibilidade de alterar o componente de manipulação e fazer os experimentos utilizando a água ou algum outro produto que possua como parte de suas características a corrosão, optou-se pela utilização do aço inox para maior durabilidade.

A composição da microestrutura do aço inoxidável austenítico 304 que foi utilizado na fabricação dos tanques é basicamente de ligas não-magnéticas de ferro-cromo-níquel contendo tipicamente 8% de níquel, com baixo teor de carbono, com adição de elementos de liga como o molibdênio e a redução do teor do carbono que melhoram sua resistência à corrosão, com esta característica suas propriedades mecânicas colaboram para uma boa soldabilidade e uma ótima conformidade no momento da dobra, que foram dois fatores essenciais para a construção dos tanques.

No entanto o tamanho considerado ideal dos tanques para a realização dos experimentos e instalação dos instrumentos foi de 27 cm³, com dimensões de 30 cm de largura, 30 cm de comprimento e 30 cm de altura, podendo conter no máximo 27 litros de líquido.

Esta bancada possui três tanques com dimensões iguais, porém existem diferenças na forma de construção dos mesmos.

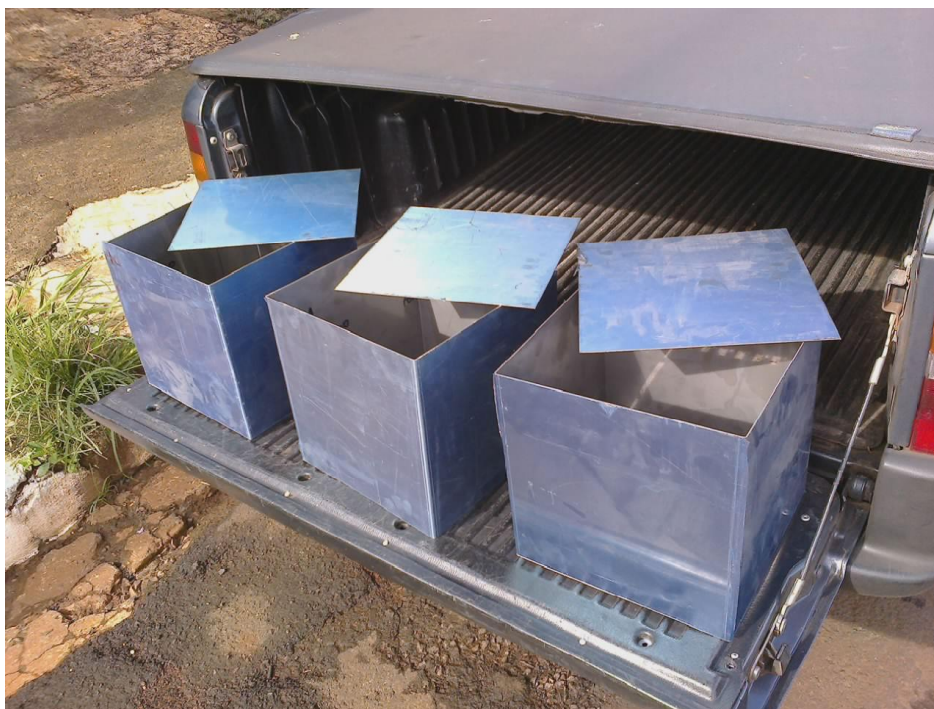


Figura 35 – Construção dos tanques em aço inox

Fonte: Autoria Própria, 2016

O tanque n° um (anexo A), que está posicionado na bancada no ponto mais alto dos desníveis, contém em seu formato uma entrada para termopar tipo J com rosca de $\frac{1}{2}$ NPT, três saídas com espigão de $\frac{3}{8}$ " para esvaziamento onde estão instaladas três válvulas solenoides que controlarão a vazão do tanque quando necessário, possui uma entrada para o retorno do líquido do tanque n° três e um suporte para ajuste dos condutores que indicam posição do nível do líquido para o relé de nível.

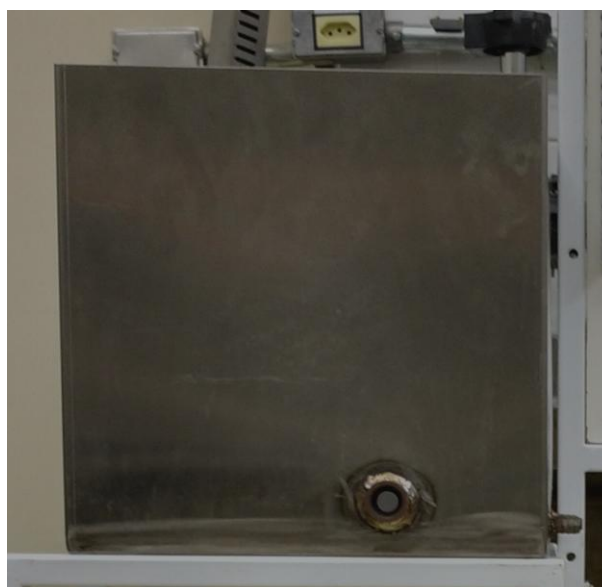


Figura 36 – Tanque de número um (01)

Fonte: Autoria Própria, 2016

O tanque n° dois (anexo B) está posicionado na bancada didática no desnível intermediário, contendo duas entradas com rosca $\frac{1}{2}$ NPT sendo uma para termopar tipo J e outra para um termômetro indicador, três saídas com espigão de $\frac{3}{8}$ " para esvaziamento onde estão instaladas três válvulas solenoides que controlarão a vazão do tanque quando necessário, três entradas com espigão de $\frac{3}{8}$ " para o líquido resultante do esvaziamento do tanque n° um, um suporte com ajuste de altura para instalação da resistência e um suporte para ajuste dos condutores que indicam posição do nível do líquido para o relé de nível.



Figura 37 – Tanque de número dois (02)

Fonte: Aatoria Própria, 2016

O tanque n° três (anexo C), que está posicionado na bancada no ponto mais baixo dos desníveis, contém uma entrada para termopar tipo J com rosca de $\frac{1}{2}$ NPT, uma saída com espigão de $\frac{3}{8}$ " para esvaziamento onde está instalada uma eletrobomba que controla o retorno do líquido para o tanque n° um, possui três entradas com espigão de $\frac{3}{8}$ " para o líquido resultante do esvaziamento do tanque n° dois e um suporte para ajuste dos condutores que indicam posição do nível do líquido para o relé de nível.



Figura 38 – Tanque de número três (03)

Fonte: Aatoria Própria, 2016

Para a fabricação da estrutura metálica onde se posicionam os tanques de armazenamento do líquido e o painel de componentes de comando foi utilizado duas barras de 6 metros de metalon com dimensões 30mm X 20mm e 1,5mm de espessura. As medidas da base dos tanques encontra-se no anexo D e do painel de componentes de comando encontra-se no anexo E serão demonstradas logo a seguir para melhor entendimento e estudo dos desníveis.



Figura 39 – Bancada com os tanques em desnível

Fonte: Autoria Própria, 2016

Aproximando-se da finalização da montagem, a figura a seguir mostra a bancada com os 3 tanques e com o local do painel de controle a serem instalados os controladores.



Figura 40 – Bancada com tanque em desnível e com o painel para instrumentação

Fonte: Autoria Própria, 2016

4.2 COMPONENTES UTILIZADOS

Os componentes utilizados na plataforma didática são:

Tabela 12 – Lista de componentes

LISTA DE COMPONENTES			
Qtd	Item	cód.	Fabricante
1	POWER SUPPLY DUAL VOLTAGE - 24VDC/5A	AL-1533	Altus
1	CPU Base	PO6307	Altus
1	CPU 1M FLASH DISP USB WEB PROF	PO3247	Altus
1	ETH INT BASE	PO6402	Altus
1	MODBUS TCP ETHERNET INTERFACE	PO7094	Altus
1	PROF INT BASE	PO6400	Altus
1	PROFIBUS-DP INTERFACE	PO4053	Altus
2	DIGITAL BASE	PO6000	Altus
1	24 VDC 16 DI SINKING OPTO MODULE	PO1000	Altus
1	DRY CONTACT 16 DO RELAY MODULE	PO2022	Altus
2	ANALOG BASE	PO6001	Altus
1	8 UNIV. AI BARRIER ISOLATED MOD	PO1212	Altus
1	4 UNIVERSAL AO ISOLATED MODULE	PO2132	Altus
1	PATCH CORD U/UTP CAT.5e - 2,5m - AZUL (ETHERNET)	T568A	FURUKAWA
1	CABLE (PICCOLO/LAPTOP)	RJ45-CFDB9	Altus
1	CHAVE DE OPERAÇÃO - LARANJA	ZBWW	WEIDMULLER
1	CONVERSOR DE POTÊNCIA MONOFÁSICO - SÉRIE AFF	M1262	LOTI
3	TERMOPAR TIPO J	-	COMPOSUL
1	TERMÔMETRO (0 A 100°C)	-	MULTIMEDIÇÃO
3	RELÉS DE NÍVEL	DPS-2	DIGIMEC
6	VÁLVULA DE ENTRADA DE ÁGUA - RETA (127VCA/60HZ)	EVA06	EMICOL
1	AQUECEDOR DE ÁGUA 1000W - 127V	4500/127	WESTERN/ETILUX
1	MINIDISJUNTOR (C16)	DZ47-63	JNG
1	CONTROLADOR UNIVERSAL	N2000	NOVUS
1	FONTE DE COMPUTADOR ATX	PS-5251-6LF	HP
1	BOMBA DE COMBUSTIVEL AUTOMITIVA	-	-

Fonte: Autorial Própria, 2016

4.3 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Os processos que poderão ser desenvolvidos nesta bancada didática são os mais variáveis possíveis, as simulações terão opções de escolha de componentes a serem utilizados como a quantidade de válvulas para ter uma vazão maior ou menor de um tanque para outro, podendo selecionar também como referência de início do processo qualquer um dos tanques, assim dando condições de simulação de inúmeros processos.

A seguir uma descrição dos instrumentos contidos em cada um dos tanques:

Tanque n°1: o tanque n°1 está localizado no ponto mais alto da plataforma de desnível e possui disponível no painel de controle um relé de nível eletrônico tipo DPS-2, onde se pode ajustar o nível máximo e mínimo no próprio tanque, um termopar do tipo J para supervisão de temperatura do líquido, na parte superior contém uma entrada para o líquido que retorna do tanque n°3 e na lateral possui três pontos de vazão por gravidade para líquido, contendo uma válvula em cada saída onde liberam o líquido para o tanque n°2.

Tanque n°2: o tanque n°2 está no nível intermediário da plataforma de desnível e possui disponível no painel de controle um relé de nível eletrônico tipo DPS-2, onde se pode ajustar o nível máximo e mínimo no próprio tanque, um termopar do tipo J para supervisão de temperatura do líquido, um termômetro bimetalico indicador para observação da temperatura visualmente sem a necessidade de instrumentos para auxiliar na medição, na parte superior contém três entradas de líquido com uma válvula em cada para controle do líquido que vem do tanque n°1, na lateral possui três pontos de vazão por gravidade para líquido, contendo uma válvula em cada saída onde liberam o líquido para o tanque n°3, possui um aquecedor de água de 1000W\127V com suporte de ajuste de altura (anexo F) e para controle deste aquecedor temos disponível um conversor de potência monofásico e um controlador Novus N2000 no painel de controle.

Tanque n°3: o tanque n°3 está localizado no ponto mais baixo da plataforma de desnível e possui disponível no painel de controle um relé de nível eletrônico tipo DPS-2, onde se pode ajustar o nível máximo e mínimo no próprio tanque, um termopar do tipo J para supervisão de temperatura do líquido, na parte

superior contém três entradas para o líquido que vem do tanque nº2 e na lateral possui um ponto de vazão onde está instalada uma bomba 12V para fazer o retorno do líquido para o tanque nº1.

Um exemplo de simulação de um processo a ser executado seria iniciar com o líquido na temperatura ambiente no tanque nº1 e com o nível máximo, fazendo com que o relé de nível reconheça o nível indicado pelo eletrodo, após dado o início do processo observa-se a temperatura do líquido para referência e fazemos a contagem de 10 segundos para abertura da válvula nº1, fazemos a contagem de 5 segundos e abrimos a válvula nº2 e após 5 segundos abrimos a válvula nº3, quando o relé de nível do tanque nº2 indicar através do eletrodo que o líquido alcançou o limite máximo fechamos as válvulas nº1, nº2 e nº3, caso não aconteça do líquido alcançar o limite máximo no tanque nº2, desligamos as válvulas quando o eletrodo de nível mínimo do tanque nº1 indicar que o tanque está vazio.

Com o tanque nº 2 cheio e o líquido na temperatura ambiente começamos o processo de aquecimento do líquido através do aquecedor até que alcance a temperatura de 50°C que será controlada com auxílio do termopar tipo J, onde enviará a leitura para o controlador N2000 ou CLP que identificará o momento de desligamento do aquecedor, teremos também um termômetro indicador para acompanhamento da evolução do processo, com o líquido na temperatura desejada e com o aquecedor desligado iniciamos o próximo passo que seria mudar o líquido para o tanque nº3, para isso estipulamos um tempo após o término do aquecimento para abrimos a válvula nº4, depois de 5 segundos abrimos a válvula nº5 e por último após 5 segundos abrimos a válvula nº6 e mantemos as válvulas abertas até que o eletrodo do tanque nº3 indique posição de nível máximo ou até que o eletrodo do tanque nº2 indique nível mínimo.

Agora com o tanque nº3 cheio e com líquido na temperatura de 50°, fazemos a observação através do termopar tipo J de qual o tempo necessário para o líquido voltar à temperatura de referência do início do processo do tanque nº1, quando a temperatura for igual, liga-se a bomba para fazer o retorno do líquido para o tanque nº1 e desliga-se a bomba quando o eletrodo do tanque nº1 indique nível máximo ou o eletrodo do tanque nº3 indique posição de nível mínimo e assim se encerra a simulação do processo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No início do projeto da bancada didática existiram algumas decisões que tivemos que tomar em relação a componentes que seriam utilizados no trabalho e algumas delas eram essenciais para o funcionamento ideal do sistema. Uma das decisões estava relacionada a qual tipo de sensor de nível seria adequado para o controle do nível do líquido nos tanques de aço inoxidável, sabíamos que a utilização de sensores indutivos não seria viável pois reagem a proximidade de objetos metálicos e há princípio tínhamos disponível para testes um sensor capacitivo que são semelhantes aos de proximidade indutivos, no entanto o princípio de funcionamento se baseia na mudança de capacitância da placa detectora localizada na região da face sensível, com testes feitos utilizando o sensor capacitivo e o tanque de aço inox comprovamos que não seria possível utilizar o sensor capacitivo pois ao tocar o metal o sensor alterava seu estado reconhecendo a presença do objeto, mesmo variando a sensibilidade de leitura do sensor não foi possível evitar o reconhecimento do metal do tanque, assim não sendo capaz de efetuar a leitura do nível do líquido depois da parede do tanque, porém para continuarmos com a hipótese de usarmos o sensor capacitivo fizemos outro teste utilizando outro tipo de reservatório, desta vez colocamos o líquido dentro de um balde plástico e com um certo ajuste na sensibilidade do sensor conseguimos fazer com que o sensor reconhecesse somente o líquido dentro do recipiente, porém para fazermos tanques com outro material (neste caso uma opção seria usarmos o acrílico), teríamos outros problemas dos quais não existiria se construíssemos os tanques de aço inox, pois com tanques de acrílico o local para instalarmos os termopares, saídas para as válvulas solenóides o custo de cada tanque seria inviável, neste momento decidimos descartar a opção de utilizarmos o sensor capacitivo.

A opção para substituição do sensor capacitivo foi a utilização de relés de nível que possibilitam a supervisão automática do nível de líquidos condutores de corrente elétrica, possuem como princípio de funcionamento o reconhecimento da corrente elétrica que circula entre seus eletrodos, desta forma colocamos os condutores na parte interna dos tanques e na altura máxima e mínima em que desejamos que o nível do líquido seja identificado, quando o líquido condutor cobrir ou descobrir os 2 eletrodos condutores, com relação ao eletrodo de referência (E_r), o

relé de saída será energizado ou desenergizado, com a instalação destes relés solucionamos o problema da supervisão dos níveis do líquido não importando o tipo de material que foram construídos os tanques.

No projeto inicial da bancada os tanques teriam apenas uma válvula solenóide que faria a liberação do líquido de um tanque para outro, analisando a quantidade de recursos dos instrumentos de controle que seriam instalados como o CLP e as possibilidades de experimentos que poderiam ser executados com apenas uma válvula em cada tanque decidimos alterar a forma de construção dos tanques e acrescentar mais duas saídas para válvulas solenóides para que os recursos disponíveis nos componentes a disposição fossem melhor aproveitados, assim totalizando três válvulas para liberação do líquido do primeiro tanque para o segundo e três válvulas do segundo tanque para o terceiro, possibilitando mais opções de variação dos testes de controle de vazão.

Contudo para que pudéssemos acionar as válvulas com segurança e protegendo as saídas do CLP contra possíveis curto circuitos e para que não trabalhássemos com tensão em seus bornes, optamos pela construção de uma placa de relés intermediando o controle do CLP e as válvulas solenóides, deixando também circuitos sobressalentes nesta placa de relés para posteriormente se adicionar componentes controlados pelo CLP se necessários.

Outro ponto em que tivemos que executar ensaios para definirmos a melhor funcionalidade da bancada foi a questão do retorno do líquido do terceiro tanque para o primeiro, tínhamos duas opções a primeira era utilizarmos uma bomba de combustível 12 volts e a outra era utilizar uma bomba 127 volts de máquina de lavar roupas, durante o teste da bomba 127 volts percebemos que o volume de vazão de líquido era muito elevado chegando a 21 L/min. fazendo com que o retorno fosse muito rápido além de existir a possibilidade de respingar fora do tanque e nos componentes eletrônicos por causa da pressão no sistema, outro fator é que não conseguimos controlar ou variar a vazão da bomba; já no teste da bomba de combustível 12 volts o volume de vazão do líquido é menor chegando em média 3.5 L/min. que diminui a possibilidade de respingar nos componentes além de existir a possibilidade de se criar um controlador de tensão para variar o volume de líquido que irá retornar para o primeiro tanque, neste caso optamos pela sua utilização porém nos testes nos deparamos com outro problema pois o CLP fornece uma

tensão de 12 volts e uma corrente de 1,5 ampères, e nos testes constatamos que a bomba de combustível chega a consumir até 3 ampères em pleno funcionamento, com a necessidade de uma corrente maior optamos por colocar uma fonte de alimentação externa para a bomba de combustível onde optamos por utilizar uma fonte de computador que tem um excelente desempenho e confiabilidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na construção da bancada didática encontramos algumas dificuldades tanto na construção quanto em relação a componentes iríamos utilizar, sendo necessário estudar e selecionar diferentes componentes para que a mesma atende-se aos objetivos que estipulamos no início do projeto. A bancada foi construída com um formato que possibilitara aos acadêmicos uma fácil visualização tanto do processo a ser executado como dos componentes utilizados, com disponibilidade de diversos trabalhos futuros podendo ser implementado mais de uma forma de controle e supervisão podendo ser criada mais de uma rotina para simulação, oferecendo maior interação com processos industriais.

7 REFERÊNCIAS

PEKELMAN, H.; MELLO Jr. A.G;. A importância dos laboratórios no ensino de Engenharia Mecânica. Disponível em:

<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2004/artigos/01_219.pdf>. Acesso em: Maio 2016.

Controlador Lógico Programável, O CLP. Disponível em:

<http://www.digel.com.br/novosite/index.php?option=com_content&view=article&catid=42&id=64&Itemid=69>. Acesso em: Abril 2016.

Controladores Lógicos Programáveis. Disponível em:

< <http://www.dca.ufrn.br/~joaoteixeira/ApostilaCLPFinal.pdf>> .Acesso em: Abril 2016.

Como funciona um CLP. Disponível em: < <http://saladaautomacao.com.br/> >. Acesso em: Abril 2016.

Maitelli, A. L.; Apostila de Controladores Lógicos Programáveis, Apostila do curso de CLP do Departamento de Engenharia de Computação e Automação da UFRN.

ABINEE, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. A automação gera desemprego? n.11. p. 10-15. São Paulo: 2000.

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

JOVIC, F. Process control systems: Principles of design and operation. Gulf publishing company. Houston, Texas: 1986.

OGATA, K. Engenharia de controle moderno. Pretice-Hall do Brasil. Rio de Janeiro: 1993.

FRANCINI, Claiton M.; CAMARGO, Valter L. A de **Controladores Lógicos Programáveis**. 1ªed. São Paulo: Érica, 2008.

Apostila MP4, **Apostila do Módulo de Treinamento MP4**. São Leopoldo/RS: Altus: Referencia 6808-001.0; Rev.: E 08/2009.

Altus

Disponível em <http://www.altus.com.br>

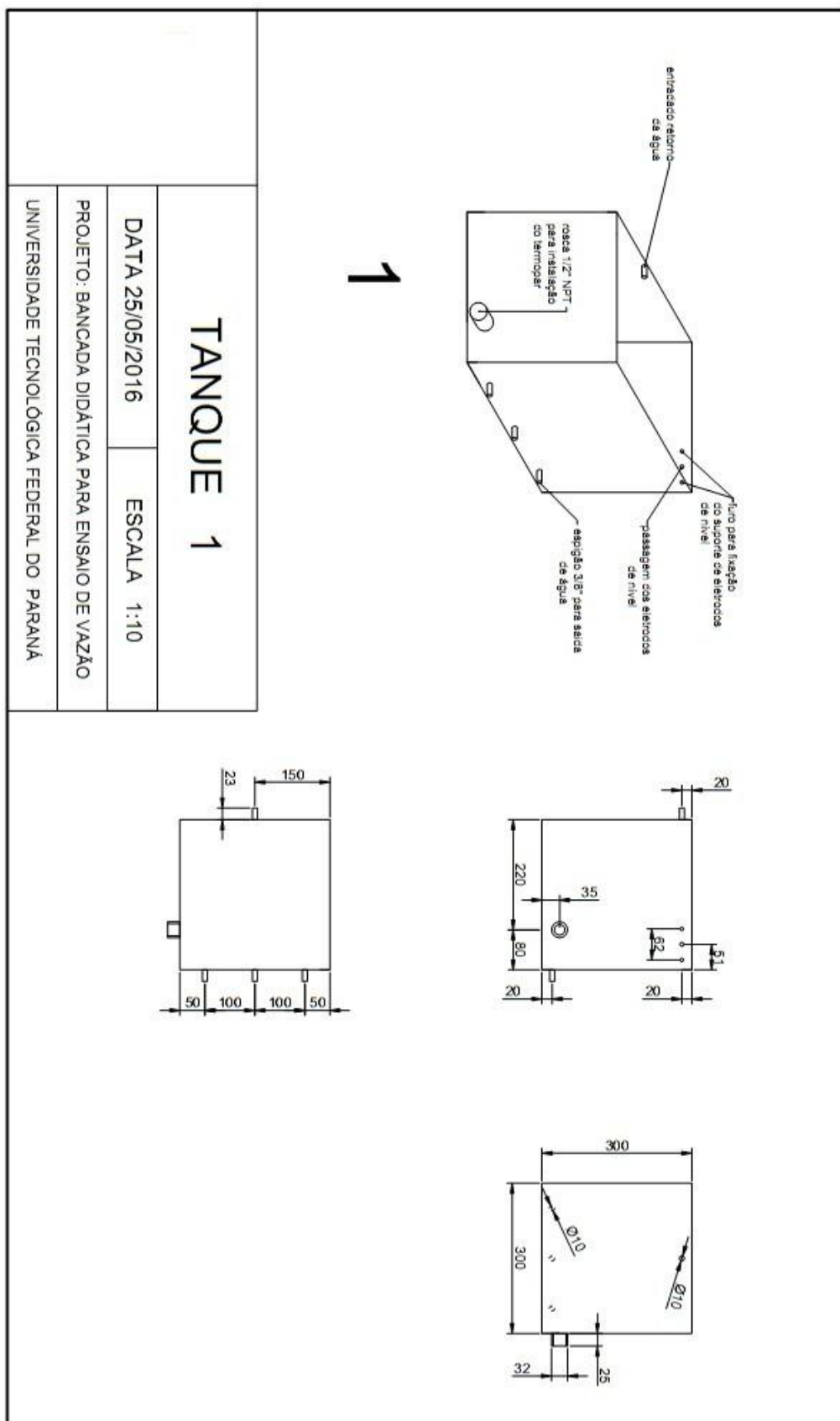
Acesso em: Maio 2016.

CONEXEL

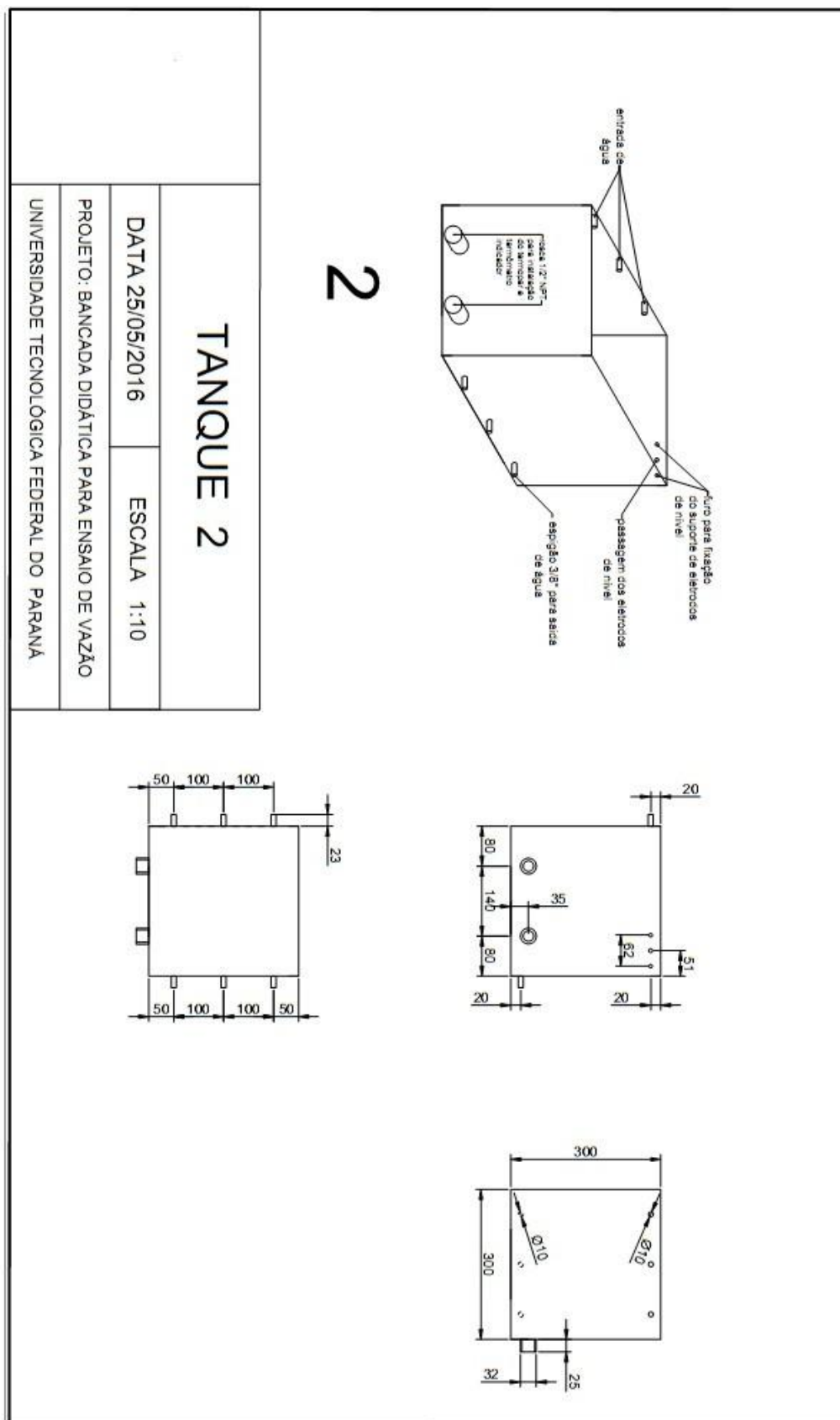
Disponível em <HTTP://www.conexel.com.br>

Acesso em: Maio 2016.

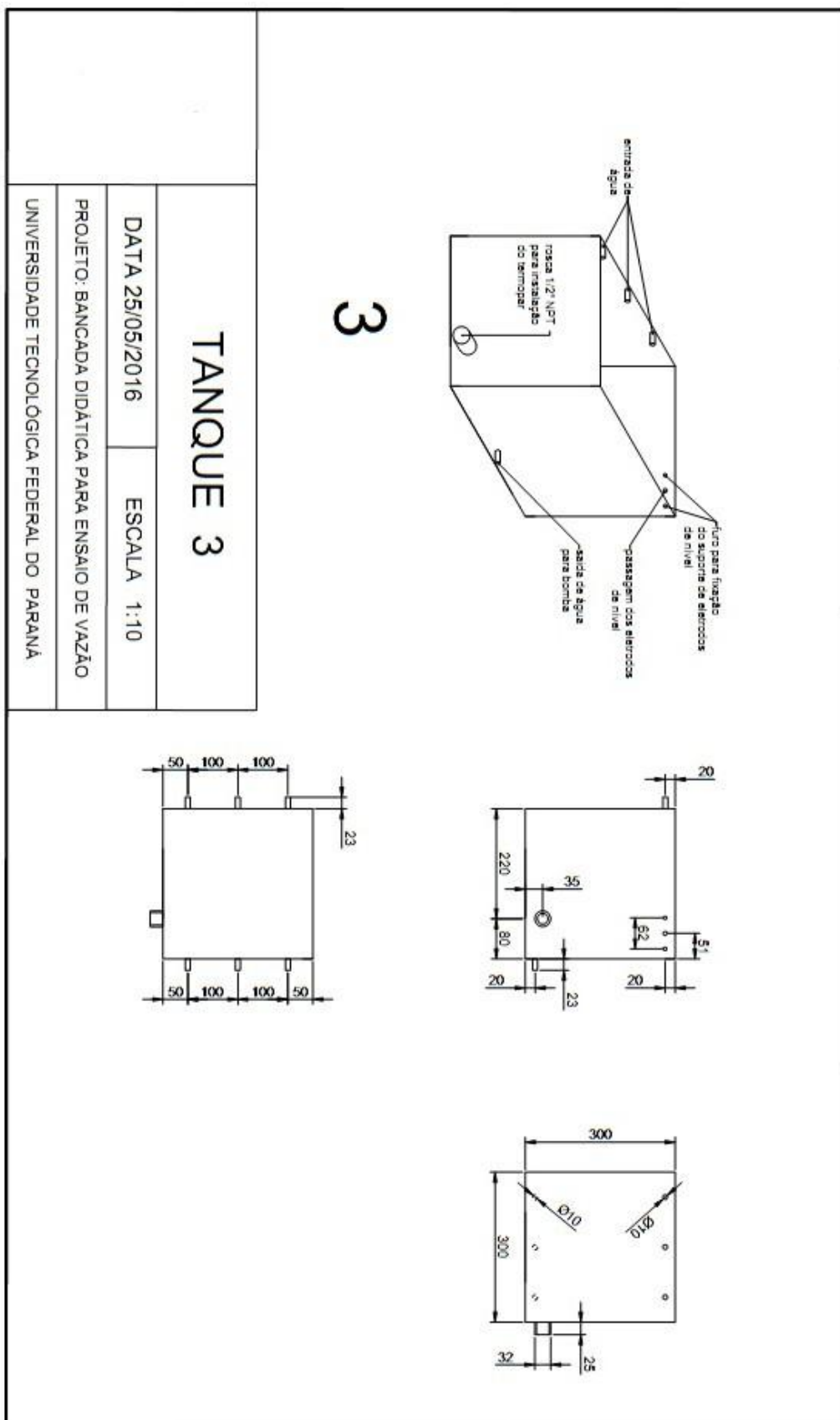
ANEXO A (TANQUE 1)



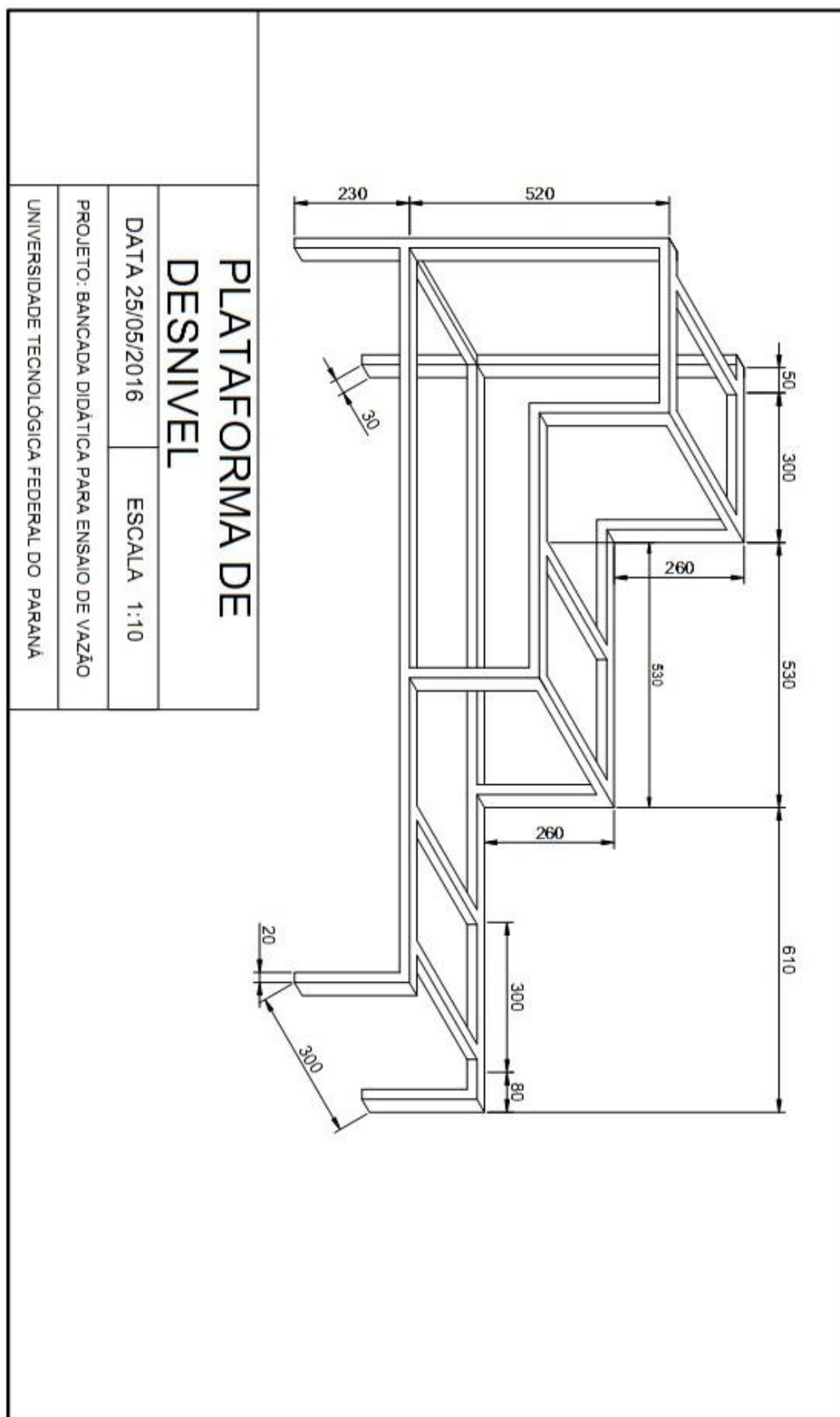
ANEXO B (TANQUE 2)



ANEXO C (TANQUE 3)



ANEXO D (PLATAFORMA DE DESNIVEL)



ANEXO F (SUPORTE DO AQUECEDOR DE ÁGUA)

