

3

# BANCADA DIDÁTICA BASEADA EM CLP COMPACTLOGIX DA ROCKWELL PARA USO NAS DISCIPLINAS DE AUTOMAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL

## **Aldemir Maia da Silva**

Graduando em Engenharia de Petróleo e Gás pela Universidade Potiguar - E-mail: [aldemir\\_ams@hotmail.com](mailto:aldemir_ams@hotmail.com)

## **Gabriel de Albuquerque Santos**

Graduando em Engenharia de Petróleo e Gás pela Universidade Potiguar - E-mail: [gabrielalbuquerque.20@gmail.com](mailto:gabrielalbuquerque.20@gmail.com)

## **Hebert Wallyson da Silva Costa**

Graduando em Engenharia de Petróleo e Gás pela Universidade Potiguar - E-mail: [hebertwallyson@hotmail.com](mailto:hebertwallyson@hotmail.com)

## **Tássio Raí da Penha Praxedes Ferreira**

Graduando em Engenharia de Petróleo e Gás pela Universidade Potiguar - E-mail: [praxedes.rai@gmail.com](mailto:praxedes.rai@gmail.com)

## **Marcos Ferreira Lima**

Mestrado em Ciências de Engenharia Elétrica. Professor da Universidade Potiguar - E-mail: [marcoslima@petrobras.com.br](mailto:marcoslima@petrobras.com.br)

**ENVIO EM:** Agosto de 2015

**ACEITE EM:** Maio de 2016

**RESUMO:** O projeto desenvolvido pelo grupo no Laboratório de Automação e Instrumentação idealizou uma bancada didática de caráter interdisciplinar a ser usado em aulas práticas para alunos de Engenharias, para o controle de variáveis, baseada no Controlador Lógico Programável (CLP) CompactLogix da Rockwell. A bancada desenvolvida permitirá aos alunos abordar tópicos de instrumentação e controle industrial através da operação de instrumentos utilizados em aplicações industriais e de malhas de controle, a saber: temperatura, nível, pressão e vazão. Além disso, o módulo pode ser usado para o aprendizado na área de Redes Industriais e para o desenvolvimento de Software Supervisório. O uso de bancadas didáticas auxilia no processo de aprendizado e na evolução da educação técnica, estimulando a aquisição do conhecimento. Através das bancadas, os alunos podem experimentar a sensação de atuar sobre um processo real, mas em um ambiente distante deste e, embora seu principal uso seja como atividade didática complementar, acaba sendo uma experiência mais tangível e motivadora comparada, por exemplo, à realização de uma aula expositiva ou uma simulação. Assim, partindo dessa premissa é essencial que o engenheiro se familiarize com essa aproximação técnica, que é de fundamental importância para sua formação.

**Palavras-chave:** Bancada didática. CLP. Malhas de Controle. Instrumentação.

## **BENCH TEACHING BASED ON PLC COMPACTLOGIX OF ROCKWELL AUTOMATION FOR USE IN COURSES AND INDUSTRIAL INSTRUMENTATION**

**ABSTRACT:** The project developed by the group in Automation and Instrumentation Laboratory devised a didactic bench interdisciplinary character to be used in practical classes for Engineering students, for the control variables, based on Programmable Logic Controller (PLC) from Rockwell CompactLogix. The developed bench will allow students to address topics of instrumentation and industrial control over the instruments of operation used in industrial applications and control loops, namely, temperature, level, pressure and flow. Moreover, the module can be used for learning in Industrial Networks area and for the development of supervisory software. The use of teaching aids stands in the learning process and the development of technical education, encouraging the acquisition of knowledge. Through the stands, students can experience the feeling of working on a real process, but in a distant this and although its main use is as a complementary didactic activity environment, ends up being a more tangible and motivating experience compared, for example, the realization a lecture or a simulation. Thus, based on this premise it is essential that the engineer is familiar with this technical approach, which is of fundamental importance for their formation.

**Keywords:** Didactic bench. CLP. Control Loop. Instrumentation.

# 1 INTRODUÇÃO

De maneira a contribuir no processo de aprendizado e na melhoria da educação técnica, e instigar a aquisição do conhecimento através das bancadas didáticas, os alunos podem experimentar a sensação de atuar sobre um processo real, mas em um ambiente distante deste e, embora seu principal uso seja como atividade didática complementar, acaba sendo uma experiência mais tangível e motivadora comparada, por exemplo, à realização de uma aula expositiva ou uma simulação.

Plantas didáticas, assim como plantas pilotos, são plataformas tecnológicas e constituem alternativas práticas no ensino de controle de processos baseado nessa premissa, foram desenvolvidos os módulos didáticos baseado no controlador lógico programável CompactLogix da Rockwell, com tensão de alimentação de 12 e 24 Vcc que busca integrar o ensino na prática de disciplinas distintas dos cursos de Engenharias e áreas afins favorecendo a interdisciplinaridade e possibilitando o contato com situações mais próximas da realidade encontrada nas indústrias para aplicação dos conteúdos teóricos ministrados em sala de aula.

Diversos trabalhos científicos têm feito uso de plantas piloto ou didáticas. Os trabalhos de Gomes e Pinto (2008), Carvalho et al. (2009) e Barroso et al. (2010) demonstram exemplos de sua utilização no âmbito do ensino de controle de processos e Martin (2006), Oliveira (2008), Carvalho et al. (2010), Verly et al. (2010) e Thomas et al. (2010) aplicam sobre este tipo de equipamento metodologias da área de controle de processos como, modelagem, identificação e controle de sistemas.

Segundo Barbosa (apud THOMAS et al., 2010) os motivos para o desenvolvimento de uma bancada didática são:

- Proporcionar o contato de alunos com instrumentos encontrados na indústria, tais quais válvulas, sensores, transmissores, Controladores Lógicos Programáveis (CLP), além de outros, presentes no chão de fábrica;
- Interligar instrumentos a partir de uma rede objetivando controlar e supervisionar o processo através de uma Interface Homem-Máquina (IHM);
- Demonstrar os vários tipos de problemas de controle, os sistemas com dinâmica linear e, por fim, os sistemas variantes no tempo;
- Desenvolver algoritmos de controle estudados no meio acadêmico e testá-los num ambiente com características semelhantes ao industrial, não linearidades e atrasos de transporte, dentre outros.

O conhecimento e o domínio de novas tecnologias são pré-requisitos para formação profissional em qualquer área, a automação está relacionada a equipamentos que controlam processos ou plantas que são cada vez mais rápidos e eficientes, com o intuito de reduzir custos e aperfeiçoar significativamente os processos produtivos buscando a qualidade e minimização do tempo. A automação industrial é todo processo que realiza tarefas e atividades de forma autônoma ou que auxilia o homem em suas tarefas diárias por meio do desenvolvimento de equipamentos de controle de variáveis que possibilita a flexibilização e a comunicação homem/máquina, este elo estabeleceu dentro da indústria a integração, substituindo os esforços e as decisões humanas por dispositivos (mecânicos, elétricos, eletrônicos, pneumáticos, entre outros) e softwares que aperfeiçoaram a produção industrial.

## 2 OBJETIVO

Projetar e montar uma bancada didática de automação e instrumentação para o controle de variáveis, que seja capaz de auxiliar no aprendizado e formação para os

alunos de Engenharia da Escola de Engenharia e Ciências Exatas da Universidade Potiguar - UnP, proporcionando aos alunos uma visão mais ampla, assimilando a parte teórica vista em sala com a prática no laboratório.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no projeto foi fundamentada a partir da deficiência de bancadas de uso prático e didático nos laboratórios de Instrumentação e Automação Industrial da Universidade Potiguar – UnP, cientes dessa necessidade, o titular das disciplinas incentivou a equipe do projeto a construir uma bancada didática, aplicando os conhecimentos obtidos nas disciplinas de eletrotécnica industrial, eletrônica industrial, instrumentação industrial, controle de processos e automação industrial ministradas no curso de Engenharia de Petróleo e Gás da Universidade Potiguar – UnP.

#### 3.1 CONTROLES DE PROCESSOS

O termo controle de processos costuma ser utilizado para se referir a sistemas que têm por objetivo manter certas variáveis de uma planta entre os seus limites operacionais desejáveis.

Existem basicamente dois tipos de controle de processos: o manual e o automático. No controle manual uma pessoa necessita periodicamente verificar os processos industriais e ajustar os seus parâmetros, buscado atingir um valor desejado, já no controle automático, a medida e ajuste são realizados automaticamente em uma base contínua. O controle manual pode ser utilizado em aplicações que não são críticas, onde as chances de processos falharem forem poucos prováveis, onde as condições de processos acontecem de forma lenta e com baixos incrementos, e onde a mínima atenção do operador é requisitada ou então onde a forma de controle não é aplicável. Entretanto com a disponibilidade de controladores confiáveis e de baixo custo, muitos usuários optam por modo de controle automático.

Para facilitar o entendimento de alguns termos do vocabulário comum desta disciplina de instrumentação e automação industrial, definições sucintas são dadas a seguir:

- Processo – conjunto de atividades ou passos que objetivam atingir uma meta. Utilizado para criar, inventar, projetar, transformar, produzir, controlar, manter e usar produtos ou sistemas.
- Processos industriais – procedimentos envolvendo passos químicos ou mecânicos que fazem parte da manufatura de um ou vários itens, usados em grande escala.
- Variável de processo – qualquer grandeza ou condição de um processo que é passível de variação.
- Controle de processos – técnica de manter variáveis de um processo (como temperatura e pressão) em valores predeterminados a partir de um procedimento que calcula correções proporcionais a uma ou mais variáveis que são medidas em tempo real por um determinado equipamento.
- Automação – sistema automático de controle pelo qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem necessidade de interferência do homem.
- Variável controlada – variável sobre a qual o controle atua, no sentido de manter um determinado comportamento desejável no processo.
- Variável manipulada – qualquer variável do processo que causa uma variação rápida na variável controlada e que seja fácil de manipular.

- Valor desejado (setpoint) – sinal de entrada que estabelece o valor desejado da variável controlada. O setpoint e a variável controlada são expressos nas mesmas unidades.

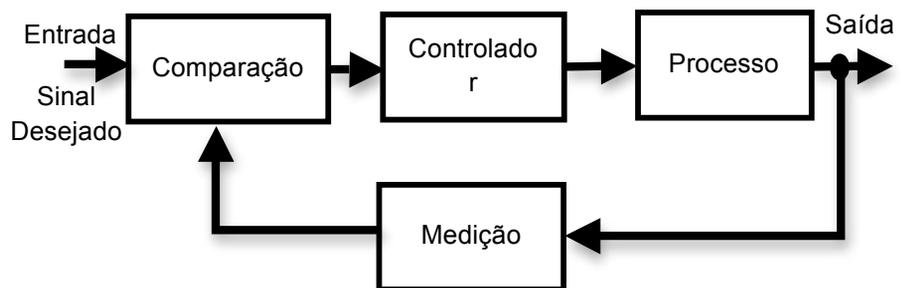
Exemplo: Sistema de aquecimento de água a vapor para uma temperatura de 75°C.

- Variável controlada: temperatura da água
- Variável manipulada: vazão do vapor
- Setpoint: 75°C

### 3.2 SISTEMAS DE CONTROLE

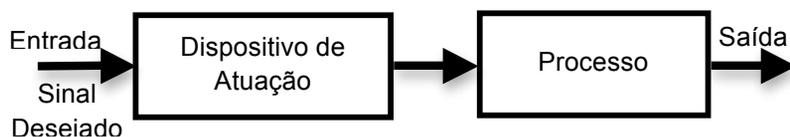
Os sistemas de controle podem ser de malha aberta ou malha fechada. Em um sistema de malha aberta, o sinal de saída não possui uma realimentação, ou seja, ele não é medido e nem comparado com um sinal de referência, conforme figura 1. Neste caso para o controle da variável desejada é necessário à intervenção humana. Esse tipo de sistema é mais simples e barato, mas não compensa as possíveis variações internas da planta, nem as perturbações externas inerentes a um processo. Em um sistema de malha fechada o sinal de saída é medido e comparado com um sinal de referência através de uma realimentação, conforme figura 2, diferença entre o sinal de referência e o sinal de saída é chamado sinal de erro. Com este sinal, o sistema tende a manter condições pré-estabelecidas, de modo que o erro seja minimizado e assim o sinal de saída permaneça em torno do desejado.

Figura 1 – Sistema de Controle em Malha Fechada



Fonte: OGATTA (2003)

Figura 1 – Sistema de Controle em Malha Aberta

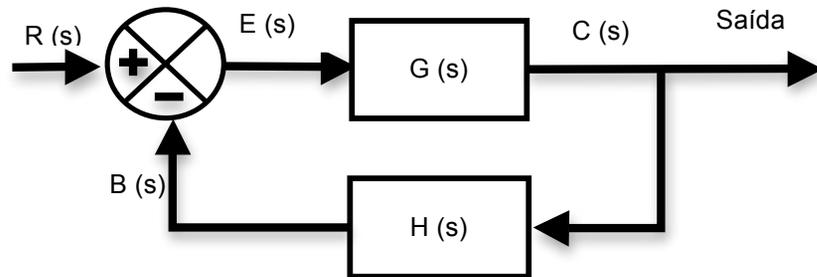


Fonte: OGATTA (2003)

Devido à grande quantidade de componentes que geralmente são utilizados em um sistema de controle, diagrama de blocos são utilizados para demonstrar as funções executadas por esse Sistema, de modo facilitar a sua compreensão e visualização. Como pode ser visto na figura 3, OGATA (2003) um diagrama de blocos, consiste em

blocos onde estão representadas as funções dos componentes que são conectados por setas, somadores e pontos de ramificação.

Figura 2 – Diagrama de Blocos



Fonte: OGATA, (2003)

### 3.3 CONTROLADORES PROGRAMÁVEIS

Controladores Lógicos Programáveis (CLP) são aparelhos digitais que usa memória programável para armazenar instruções que implementam funções como: lógica, sequenciamento, temporização, contagem e operações aritméticas, para controlar através de módulos de entrada e saída (digital e analógica) diversos tipos de máquinas e processos.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT o CLP é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais.

Dessa forma, os CLP's são equipamentos eletrônicos de controle que atuam a partir da filosofia na qual toda a lógica de acionamento pode ser desenvolvida através de software, que determina ao controlador a sequência de acionamento a ser desenvolvida. Este tipo de alteração lógica caracteriza um sistema flexível.

Esta flexibilidade faz com que os CLP's tenham algumas vantagens em relação aos sistemas convencionais, tais como:

- Ocupam menos espaço;
- Requerem menor potência elétrica;
- Podem ser reutilizados;
- São programáveis, permitindo alterar os parâmetros de controle;
- Têm maior confiabilidade;
- Sua manutenção é mais fácil;
- Oferecem maior flexibilidade;
- Permitem interface de comunicação com outros clps e computadores de controle;
- Permitem maior rapidez na elaboração do projeto do sistema.

### 3.4 CONTROLADORES AUTOMÁTICOS

Um controlador automático compara o valor do sinal de saída da planta, com o valor de referência ou desejado, ou seja, opera em malha fechada, e se houver um desvio entre estes valores, o controlador manipula a sua saída de forma a eliminar este desvio ou erro. Desta maneira a variável do processo é mantida no seu valor desejado compensando as perturbações externas e as possíveis não linearidades do sistema. A

variável manipulada pelo controlador pode ser a abertura de uma válvula, ou a rotação de uma bomba, a posição de uma haste, etc.

De acordo com OGATA (2003) os controladores automáticos industriais podem ser classificados de acordo com suas ações de controle:

- Controle ON-OFF ou 2 posições de controle
- Controladores proporcionais (P)
- Controladores Integrais (I)
- Controladores proporcional-integrais (PI)
- Controladores proporcional-derivativos (PD)
- Controladores proporcional-integral-derivativos (PID)

### 3.4.1 Controlador on-off

Em um sistema de controle de duas posições, o elemento atuante possui apenas duas posições fixas que são em muitos casos simplesmente “ligado” ou “desligado”. Esse tipo de controle é relativamente simples e barato, e por esta razão, é extremamente utilizado tanto em sistema de controle industriais como em sistema de controle domésticos (OGATA, 2003).

### 3.4.2 Controlador Proporcional (p)

O controlador proporcional (P) gera sua saída proporcionalmente ao erro  $e(t)$ . A seguir pode ser visto na equação 1 a relação entre o sinal de saída do controlador  $u(t)$  e o sinal de erro atuante  $e(t)$  no domínio do tempo e no domínio de Laplace respectivamente (OGATA, 2003).

$$U(t) = K_p \cdot e(t) \quad \frac{U(s)}{E(s)} = K_p \quad (1)$$

Onde  $K_p$  é denominado de ganho proporcional.

Para este caso, quanto maior o ganho, maior será a ação do controlador para um mesmo desvio ou erro na variável de processo.

### 3.4.3 Controlador Integral (I)

Em um controlador com ação de controle integral (I), o valor da saída do controlador  $u(t)$  é variado segundo a uma taxa proporcional ao sinal de erro atuante  $e(t)$ . A equação 2 de um controlador de ganho Integral pode ser visualizada abaixo no domínio do tempo e no domínio de Laplace respectivamente: (OGATA, 2003).

$$u(t) = K_i \cdot \int e(t) \cdot dt \quad \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s} \quad (2)$$

Onde  $K_i$  representa uma constante ajustável.

### 3.4.4 Controlador Proporcional-Integral (PI).

O controlador proporcional e integral (PI) gera a sua saída  $u(t)$  proporcionalmente ao erro  $e(t)$  e proporcionalmente à integral do erro  $e(t)$ . Na equação 3 observa-se a ação de um controle PI no domínio do tempo e no domínio de Laplace respectivamente (OGATA, 2003).

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_p \cdot \frac{1}{T_i} \int e(t) \cdot dt \quad \frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i \cdot s} \right) \quad (3)$$

Onde  $K_p$  representa o ganho proporcional e  $T_i$  é chamado tempo integral.

Tanto  $K_p$  como  $T_i$  são ajustáveis. O tempo integral ajusta a ação de controle integral, enquanto a mudança no valor de  $K_p$  afeta tanto a parte proporcional como a parte integral da ação de controle.

### 3.4.5 Controlador Proporcional-Derivativo (PD)

A ação de controle de um controlador proporcional derivativo (PD), gera a sua saída  $u(t)$ , proporcional ao erro  $e(t)$  e proporcionalmente a derivada do erro  $e(t)$ . Esta ação de controle é definida pela equação 4 no domínio do tempo e no domínio de Laplace respectivamente. (OGATA, 2003).

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt} \quad \frac{U(s)}{E(s)} = K_p (1 + T_d \cdot s) \quad (4)$$

Onde  $K_p$  representa o ganho proporcional e  $T_d$  é uma constante chamada tempo derivativo.

Tanto  $K_p$  como  $T_d$  são ajustáveis. A ação derivativa de controle é onde a magnitude de da saída do controlador é proporcional à taxa de variação do sinal de erro atuante.

### 3.4.6 Controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID)

A combinação da ação de controle proporcional (P), ação de controle integral (I) e ação de controle derivativa (D) é denominada ação de controle proporcional-integral-derivativa (PID).

Esta ação combinada possui as vantagens de cada uma das três ações de controle individuais. A ação de controle PID gera a sua saída  $u(t)$  proporcional ao erro  $e(t)$ , proporcionalmente a integral do erro  $e(t)$  e proporcionalmente a derivada do erro  $e(t)$ . A equação 5 descreve um controlador com estas ações combinadas no domínio do tempo e no domínio de Laplace respectivamente (OGATA, 2003).

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_p \cdot \frac{1}{T_i} \int e(t) \cdot dt + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (5)$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + T_d \cdot s \right)$$

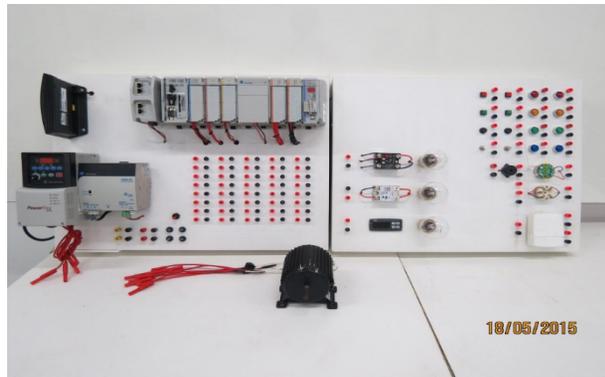
Onde  $K_p$  representa o ganho proporcional,  $T_i$  o tempo integral e  $T_d$  o tempo derivativo.

## 4 BANCADA DIDÁTICA

Para Giordani, Jurach e Rodrigues (2003), bancadas didáticas são ferramentas de auxílio para a realização de experimentos que possibilita ao operador montar diversos sistemas variando seus parâmetros, ao familiarizar com os componentes e ao mesmo tempo verificar na prática a teoria vista em aula. Com subsídios teóricos citados na metodologia e os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia de Petróleo e Gás pela equipe do estudo, foi definida como principais características da

bancada desenvolvida o controle de variáveis com seus respectivos sistemas supervi-sórios, conforme Figura 4.

**Figura 3 – Bancada didática baseada CLP Compactlogix da Rockwell**



Fonte: Autor

## 4.1 CONTROLE DE VARIÁVEIS

A utilização de instrumentos para controle automático de processo nos permite incrementar e controlar a qualidade do produto, aumentar a produção e rendimento, obter e fornecer dados seguros da matéria-prima e da quantidade produzida, além de ter em mãos dados relativos à economia dos processos.

Geralmente, existem várias condições internas e externas que afetam o desempenho de um processo. Estas condições são denominadas de variáveis de processo são elas: temperatura, pressão, nível, vazão, volume, etc. O processo pode ser controlado medindo-se a variável que representa o estado desejado e ajustando automaticamente as demais, de maneira a se conseguir um valor desejado para a variável controlada. As condições ambientes devem sempre ser incluídas na relação de variáveis do processo.

Os dispositivos que processam ou realizam as medições são chamados: Sensores, transdutores, transmissores, indicadores, monitores, gravadores, coletores de dados e sistemas de aquisição de dados.

## 4.2 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

Supervisório ou software de supervisão é um programa computacional que permite a comunicação entre um computador e uma rede de automação, trazendo ferramentas padronizadas para a construção de interfaces entre o operador e o processo. Sua função básica é permitir a visualização e a operação do processo de forma centralizada.

## 4.3 SISTEMA SCADA

O supervisório mais conhecido é o SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), que pode receber, também orientações do Sistema de Gestão da Produção para determinar as operações de produção. Conseqüentemente deve dialogar com os sistemas localizados hierarquicamente acima e abaixo dele, proporcionando também recursos e um ambiente para a criação de aplicações de controle e para a definição de funções de rede de protocolos específicos.

O sistema SCADA melhora a eficiência do processo de monitoração e de controle, disponibilizando em tempo útil o estado atual do sistema por meio de um conjunto

de previsões gráficas e de relatórios, de modo a permitir a tomada de decisões operacionais apropriadas, quer automaticamente, que por iniciativa do próprio operador.

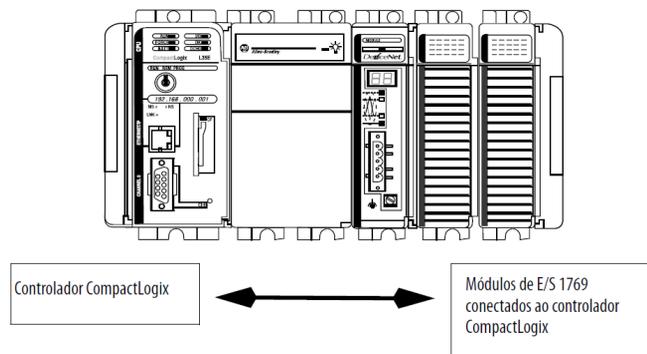
## 4.4 COMPONENTES DA BANCADA DIDÁTICA

### 4.4.1 Controlador Lógico Programável

O controlador CompactLogix, parte da família Logix de controladores, oferece um sistema pequeno, poderoso, de custo otimizado que consiste do seguinte:

- Software de programação RSLogix™ 5000
- Portas de comunicação integradas para redes EtherNet/IP (apenas para 1769-L32E e 1769-L35E) e ControlNet (apenas para 1769-L32C e 1769-L35CR)
- Um módulo de interface de comunicação A 1769-SDN, que oferece controle de E/S e configuração de dispositivos por DeviceNet.
- Uma porta serial incorporada em todos os controladores CompactLogix.
- Módulos E/S que oferecem um sistema de E/S compacto, montado em painel ou em trilho DIN. Conforme figura 4.

Figura 4 - Controlador CompactLogix e módulos de E/S 1769



Fonte: Rockwell Automation

### 4.4.2 Inversor de Frequência

O inversor de frequência tem como principal função alterar a frequência da rede que alimenta o motor, fazendo com que o motor siga frequências diferentes das fornecidas pela rede, que é sempre constante. Desta forma podemos facilmente alterar a velocidade de rotação do motor de modo muito eficiente.

O uso de inversores de frequência é responsável por uma série de vantagens, dependendo dos modelos oferecidos pelos fabricantes, são unidas a capacidade de variar a velocidade com controles especiais já implantados no equipamento. Esses controles proporcionam além da total flexibilidade de controle de velocidade sem grande perda de torque do motor, aceleração suave através de programação, frenagem direta no motor sem a necessidade de freios mecânicos além de diversas formas de controles preferenciais e controles externos que podem ser até por meio de redes de comunicação.

Além destas vantagens, os inversores ainda possuem excelente custo-benefício, pois proporcionam economia de energia elétrica, maior durabilidade de engrenagens, polias e outras transmissões mecânicas por acelerar suavemente a velocidade.

## Powerflex 40

- Controle de Velocidade no nível da máquina;
- Fornece flexibilidade, economia de espaço e facilidade de uso;
- Saída analógica de 0 a 10V ou 4 a 20mA (10 bits) para realimentação ou como referência para outros inversores;
- Temporizador, contador e funções lógicas podem reduzir o custo de projeto de hardware, simplificando os esquemas de controle;
- Dois canais de entrada analógica, inclusive recursos de PID;
- Montagem em borda estão disponíveis para reduzir as dimensões do gabinete;
- Software de programação, monitoração e controle: DriveExplorer™ e o Drive-Tools™SP.

## PowerFlex 40 - Inversor de Frequência “CA”

- Monofásico (240V): 0,25 a 3Hp;
- Tensão 200 a 240V: 0,25 a 10Hp;
- Tensão 400 a 480V: 0,5 a 15Hp;
- Tensão 500 a 600V: 1 a 15Hp;
- Temperatura ambiente (50oC com espaço mínimo entre os inversores): IP20/ Aberto = 50oC, IP30/NEMA = 40oC, Borda = 50oC;
- Filtros EMC: interno (monofásico), externo (trifásico);
- Frequência portadora: 2 a 16khz;
- Capacidade de sobrecarga: 150% durante 60s, 200% durante 3s;
- Desempenho de controle: volts por hertz, compensação de escorregamento, vetor sem sensor, processo PID;
- Recursos: proteção contra sobrecarga, regulação em rampa, partida com motor em movimento, Steplogic;
- Padrão de comunicação: RS485 integrado com Modbus RTU/DSI;
- Opções de comunicação: DeviceNet, Ethernet/IP, ControlNet, LonWorks, Profibus DP, BACnet, Bluetooth (todas com uso somente de kit de comunicação DSI externo);
- Certificações UL, cUL, CE, C-Tick. Conforme figura 5.

Figura 5 - Inversor CA de frequência ajustável PowerFlex 40



Fonte: Rockwell Automation

### 4.4.3 Fonte de Alimentação

Fonte de alimentação em modo chaveado 1606 atende à maioria das especificações de aplicações monofásicas e trifásicas. Essas unidades são projetadas e fabricadas para aceitar amplas gamas de tensões de entrada, CA e CC, e são testadas para atender a padrões globais de segurança. Conforme figura 6.

**Figura 6 – Fonte de alimentação chaveada CA/CC**



Fonte: Rockwell Automation

#### **4.4.4 Roteador Wireless**

O D-Link Cloud Router N150, permite criar uma rede sem fio, o roteador utiliza a tecnologia Wireless N, que oferece maior velocidade e cobertura em relação ao padrão 802.11g/b. Ele oferece o recurso NAT (Network Address Translation), possibilitando que múltiplos usuários se conectem a Internet. O Roteador Wireless N DIR-900L também possui 4 portas Ethernet 10/100BASE-TX, pode alcançar velocidades de até 150Mbps na rede sem fio. Possui a função WDS, que permite você ter mais de um DIR-900L criando uma única rede com uma área de cobertura estendida. Conforme figura 7.

**Figura 7 – Roteador Wireless**



Fonte: D-Link

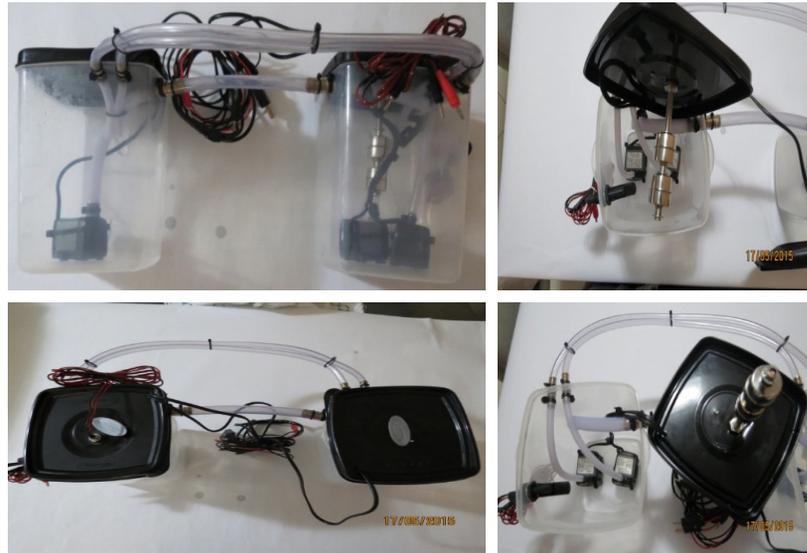
#### **4.4.5 Controle de Nível**

Nível é uma das variáveis mais comuns e mais amplamente utilizadas em aplicações industriais.

Sistemas de nível de líquidos têm destaque em diversos ramos da atividade industrial, dentre eles o da petroquímica, nuclear e de celulose. Neste contexto, um dos controles com maior importância nas unidades industriais é o dos níveis. Estes controles são responsáveis pelos “balanços de massa” das Plantas. Isto é, para manter um nível de um tanque ou vaso constante é necessário que a vazão mássica de entrada seja igual à de saída.

O Sistema de Controle de Níveis de Líquidos, embora simples em sua constituição, está agregando muito ao ensino nas aulas sobre técnicas de controle multivariável, ajudando no entendimento de alunos, na didática e desempenho de docentes. Conforme figura 8.

Figura 8 – Tanques Didáticos para controle de nível



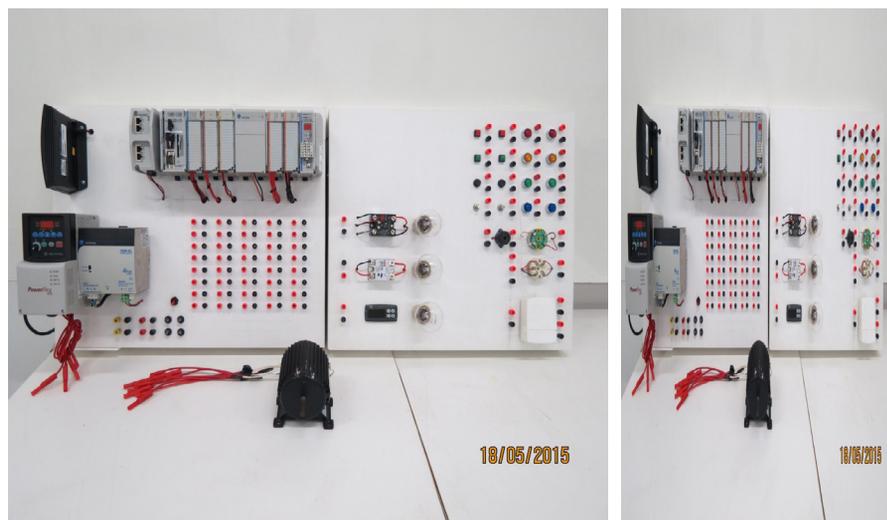
Fonte: Autor

#### 4.4.6 Controle Temperatura

A temperatura é uma das principais variáveis de processo. Sua medição e controle são de fundamental importância numa vasta gama de aplicações, que abrange desde processos físicos e químicos até a proteção de equipamento. Segundo a física clássica, a temperatura quantifica calor, que é uma forma de energia associada à atividade molecular de uma substância. Quanto maior a agitação molecular, maior a quantidade de calor e maior será a temperatura da substância.

A temperatura é medida por uma termoresistência PT-100 conectada a um transmissor de temperatura com alimentação de 24Vcc, que envia um sinal padronizado, 4 a 20mA, para o controlador programável. A temperatura é fornecida por lâmpadas de aquecimento de 200W/220V, sendo que o seu acionamento é feito em tensão variável por controle de potência a qual recebe um sinal de controle do CLP. O controlador programável, a resistência elétrica, o acionamento da resistência, o sensor PT-100, o transmissor de temperatura e a aquisição de dados foram adicionados à planta didática, conforme figura 9.

Figura 9 – Planta didática controle variável temperatura



Fonte: Autor

A principal contribuição deste projeto foi o desenvolvimento da bancada didática que será utilizada nas disciplinas de Instrumentação Industrial, Automação Industrial e outras afins, como objeto educacional e interação interdisciplinar curriculares dos cursos de Engenharias da Universidade Potiguar - UnP, permitindo a realização de atividades práticas acadêmicas deste curso. A bancada foi desenvolvida e confeccionada utilizando-se a infraestrutura laboratorial de Instrumentação e Automação Industrial da Unidade Nascimento de Castro, com supervisão do Professor Marcos Ferreira Lima, que proporcionou aos graduandos em Engenharia de Petróleo e Gás colocarem em prática os conhecimentos adquiridos durante o curso em epigrafe.

## 5 CONCLUSÃO

No contexto acadêmico alunos e professores de modo direto estão vinculados a diferentes formas de conhecimento, o aprendizado é de fundamental importância, a atividade prática como ferramenta é essencial para despertar a curiosidade e interesse nas pessoas adquirem novas habilidades ou conhecimentos a fim de melhorar seu desempenho.

O uso de bancadas didáticas auxilia no processo de aprendizado e na evolução da educação técnica, estimulando a aquisição do conhecimento, permitindo que o aluno em formação se familiarize com práticas relativas aos assuntos literários vistos em sala de aula e nos laboratórios, que é de fundamental importância o que possibilita a criação de ambientes e situações controladas, permitindo, simultaneamente com a fundamentação teórica o desenvolvimento de soluções para problemas reais existentes na indústria.

A partir dos resultados demonstrados ao longo do desenvolvimento do projeto da bancada didática, pode-se concluir que o grupo atingiu o objetivo de confeccionar a bancada baseada no CLP CompactLogix da Rockwell, com o intuito de melhorar e aperfeiçoar a forma de aprendizado dos acadêmicos da Universidade Potiguar – UnP – Campos Nascimento de Castro, o que irá fomentar nos alunos dos cursos de engenharias o interesse no desenvolvimento de novos experimentos acadêmicos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - **Controladores Lógicos Programáveis**. Disponível em: <<http://www.abntdigital.com.br>>, acesso em 16 de mai. 2015.

BARROSO, H.; Euzébio, T.; BARROS, P. Desenvolvimento de atividades experimentais em uma planta didática. In: **XVIII Congresso Brasileiro de Automática – CBA**. Bonito-MS, Brasil: [s.n.], 2010.

CARVALHO, A. S.; SOUSA, A. L. de; FRANCISCO, L. do E. S. Identificação e controle fuzzy de uma planta didática de nível. In: **VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT**. Resende (RJ), Brasil: [s.n.], 2010.  
Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

D-LINK - Disponível em: <<http://us.dlink.com/products/connect/wireless-n150-cloud-router/>>. Acesso em 16 de mai. 2015

GOMES, F. J.; PINTO, D. P. Educação em engenharia de controle e automação: Proposta de um laboratório integrado com ambiência industrial. In: **XVII Congresso Brasileiro de Automática – CBA**. Juiz de Fora (MG), Brasil: [s.n.], 2008.

MARTIN, P. A. **Modelagem e Controle de um Trocadores de Calor Feixe Tubular**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. Tradução de Paulo A. Maya. 4. ed., São Paulo: Prentice Hall, 2003.

OLIVEIRA, E. M. **Implementação de Técnicas de Controle Avançado a uma Planta Piloto de Controle de Vazão e Temperatura de Ar**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

ROCKWELL AUTOMATION - Disponível em: <[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um011\\_pt-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um011_pt-p.pdf) ->. Acesso em 16 de mai. 2015

\_\_\_\_\_. Disponível em: <[http://search.rockwellautomation.com/search?client=literature&filter=0&ie=UTF-8&oe=UTF-8&output=xml\\_no\\_dtd&proxystylesheet=literature&site=literature&getfields=\\*&lang=en&hl=en&q=inmeta:xproductcategory=Power%2520Supplies&num=20](http://search.rockwellautomation.com/search?client=literature&filter=0&ie=UTF-8&oe=UTF-8&output=xml_no_dtd&proxystylesheet=literature&site=literature&getfields=*&lang=en&hl=en&q=inmeta:xproductcategory=Power%2520Supplies&num=20)>. Acesso em 16 de mai. 2015

RODRIGUES, M. J.; JURACH, P. J.; GIORDANI, R. E. **Bancada Didática de Pneumática**. CEFET. Rio Grande do Sul, 2003.

ROSÁRIO, João Mauricio. **Automação industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009. P. 17 – 32.

VALDIERO, A. C.; BORTOLAIA, L. A.; RASIA, L. A. Desenvolvimento de uma bancada didática para ensaio de pórticos como objeto educacional na engenharia. **XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, 2011, Blumenau: ABENGE, 2011.

VERLY, A.; RICCO, R. A.; SANTOS, F. G. dos; MAZZINI, H. M. Controle aplicado em tempo real a uma planta de temperatura: Resultados experimentais. In: **9th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications – INDUSCON**. São Paulo (SP), Brasil: IEEE, 2010. p. 1 – 6.

