



**APLICAÇÕES DE TÉCNICAS DE CONTROLE NO
MATLAB/SIMULINK® COM COMUNICAÇÃO VIA OPC EM UMA PLANTA
DIDÁTICA HART**

Juliana Dias Franzini – juliana_franzini@hotmail.com

Daniel Pinheiro Teixeira – daniell.pinheiro.eng@gmail.com

Marcos Carneiro Rodrigues – marcoscefetmg@gmail.com

Rafael Martins Preisser Marçal – faelmarcal@gmail.com

Marlon José do Carmo – marlonreiff@yahoo.com.br

CEFET-MG

Rua José Peres, 558 – Centro

36700-000 – Cataguases – Minas Gerais

***Resumo:** Com o mercado seguindo uma tendência cada dia mais competitiva, a busca por métodos de linhas de produção industriais otimizadas, padronizadas, seguindo normas de conformidade, torna-se imprescindível desenvolver sistemas de controle automáticos, de forma a garantir a confiabilidade do sistema. Em contrapartida às tendências industriais, as universidades encontram frequentemente certa dificuldade em conseguir proporcionar aos estudantes conhecimentos práticos, o que tem como consequência a divergência entre os conhecimentos necessários para atuação em setor industrial, e os conhecimentos obtidos durante o curso de graduação. Uma solução para a melhor preparação do discente para atuação no mercado de trabalho é a utilização de plantas modelo, tratando sistemas de controle comumente utilizados pelas indústrias. O presente artigo tem como propósito apresentar a comunicação de instrumentos de uma planta didática, através de padrão OPC, amplamente usado em ambiente industrial, componentes industriais e com programação através de software MATLAB/SIMULINK, muito utilizada no decorrer dos cursos de engenharia, sendo uma solução prática para sistemas de controle reais, de forma a complementar o ensino de automação e controle.*

***Palavras-chave:** Comunicação; Controle; MATLAB; OPC.*

1. INTRODUÇÃO

No decorrer dos anos, constatou-se grandes evoluções nos setores industriais, decorrente de um mercado competitivo. Tal mudança se torna importante devido à necessidade de produções em larga escala, cada vez mais padronizados, maior estabilidade dos sistemas de produção e normas de segurança rígidas. São pontos positivos dos sistemas de controle:

- Crescimento do nível de segurança, aplicando técnicas de sintonia em malhas industriais, evitando o aumento brusco de uma pressão, temperatura e volume, como já ocorridos em acidentes em tanques de usinas nucleares.
- Diminuição da necessidade de reprocessamento, a modo de evitar que os produtos passem repetidamente por unidades de processamento, com todos os custos envolvidos.
- Preservação das malhas industriais: controlados corretamente os equipamentos, opera em regiões em que não se deseja dessa forma a produção se mantém constante evitando paradas para manutenções

Este trabalho tem por objetivo a aplicação de técnicas de controle em ambiente *Matlab/Simulink* em uma planta didática *SMAR*, com tecnologia de rede *HART*, de forma a agregar conhecimentos práticos aos discentes, tornando-os capazes de solucionar problemas em relação à sintonia de controladores entre outros.

2. PLANTA DIDÁTICA SMAR

Desenvolvida para demonstrar um sistema industrial real, ela apenas utiliza em seu funcionamento a circulação de água em seus reservatórios, no tanque central é armazenada a água ou qualquer outro possível líquido utilizado no processo, que circulará pelos tanques e por fim retornará ao reservatório central. Ao longo das tubulações e nos tanques, existem ainda alguns transdutores que são responsáveis por mensurar grandezas como: vazão, nível e temperatura. Os equipamentos, posições e os caminhos físicos para o líquido estão representados na Figura 1 de acordo com simbologia ISA (*International Society of Automation*).

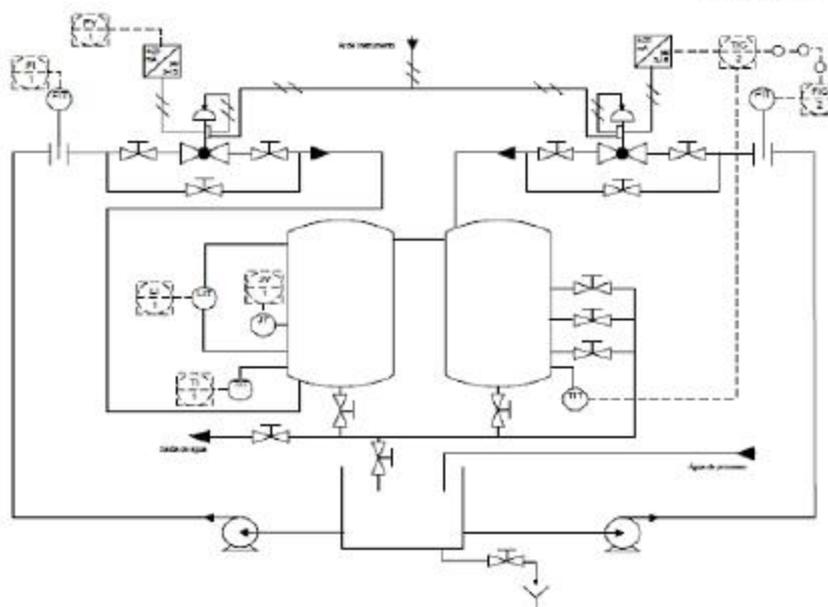


Figura 1 - Diagrama P&ID da planta didática *SMAR*.

2.1. O Sinal Hart

Há muitos anos, o padrão de comunicação utilizado pelos instrumentos de campo tem sido o sinal analógico de corrente (miliampère). Na maioria das aplicações, o sinal de corrente varia entre 4 a 20mA, sendo proporcional à variável de processo que está sendo representada.

O protocolo de comunicação *HART* possibilita a comunicação digital bidirecional em instrumentos inteligentes de campo sem interferir no sinal analógico de 4-20mA. O sinal analógico 4-20mA e o sinal digital *HART* podem ser transmitidos simultaneamente na mesma fiação e ao mesmo tempo. O protocolo consiste em adicionar um distúrbio senoidal à informação analógica de corrente, onde um sinal de 1,2kHz representa o nível lógico alto, enquanto 2,2kHz representa um sinal de nível lógico baixo. Através da Figura 2 pode-se analisar a forma com a qual são enviadas as informações com metodologia 4 -20mA + Hart.

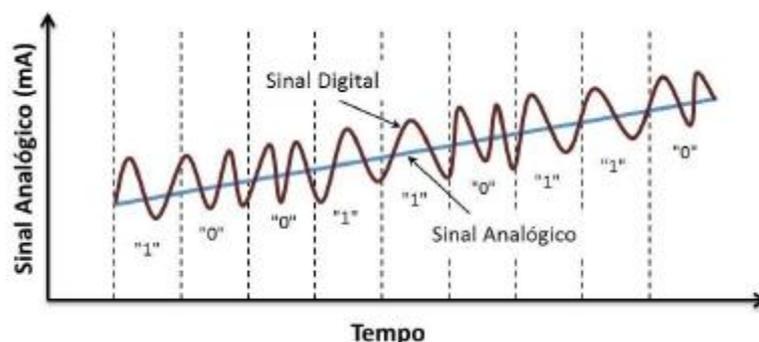


Figura 2 - Envio de sinal 4-20mA + *HART*



2.2. Instrumentação

A planta didática *SMAR* conta com um arrojado sistema de instrumentação, comumente utilizado em processos industriais para medir, transmitir, indicar e controlar grandezas características de sistemas físicos, ou químicos, em processos de produção para implementação da automação.

Os transdutores recebem sinais padronizados do protocolo digital *HART* e também recebem informações dos sensores de pressão diferencial ou de temperatura transformando em uma grandeza proporcional na faixa de 4-20 mA.

Os transmissores de pressão diferencial são três, um deles tem a responsabilidade de transmitir o sinal de nível do tanque de aquecimento, o segundo transmitir vazão do tanque de aquecimento e o terceiro e último responsável de transmitir vazão do tanque de mistura.

Os transmissores de temperatura são incumbidos pela transmissão do sinal de temperatura.

Os atuadores são os finalizadores da parte de controle recebendo sinais do controlador, tendo como capacidade de manipular uma variável através de uma conversão de energia fornecida por uma fonte independente. Então os atuadores da planta são:

- Bomba Hidráulica – Utilizadas para prover a circulação de água pelas tubulações e nos tanques;
- Válvula de controle tipo globo – Responsáveis pelo controle de vazão na planta;
- Resistência de Imersão – Responsáveis por aquecer a água do tanque.

3. A TECNOLOGIA OPC

O OPC (OLE (object linking and embedding) for Process control) é uma interface padronizada de comunicação que foi desenvolvida com o intuito de simplificar o acesso aos instrumentos de campo e minimizar problemas relacionados à inconsistência dos drives de equipamentos industriais de diferentes fabricantes. Dessa forma, os usuários podem utilizar os drives de um fabricante com supervisórios de outro, porque todos usam uma interface comum, o OPC. Esse por sua vez estabelece normas para desenvolvimento de sistemas com interfaces padronizadas para a interlocução dos dispositivos de campo (CPLs, Sensores, etc) com sistemas de monitoração, supervisão e gerenciamento (SCADA, PIMS, MES, ERP, etc.). O OPC tem como funções: buscar e apresentar os servidores OPC presentes, buscar e apresentar as TAGs de dados disponíveis nos servidores encontrados, gerenciar grupo de dados, ler e escrever dados, diagnosticar erros. As informações de time stamp e qualidade de dado, por exemplo, agregam valor para a comunicação OPC, uma vez que muitos sistemas de gerenciamento dependem destas informações para a tomada de decisão.

3.1 Malha de Controles

A habilidade dos controladores Proporcional Integral (PI) e Proporcional Integral Derivativo (PID) para compensar a maioria dos processos industriais práticos resultou na larga aceitação dos mesmos nas aplicações industriais (O'DWYER, 2006). A maioria dos controladores utilizados na indústria são do tipo PID, representando mais de 90% das malhas industriais em atividade (ASTRÖM, 2013).

A lógica da malha de controle se baseia nos seguintes procedimentos: o controlador recebe o sinal de processo enviado pelo transmissor, compara-o com SP ajustado pelo operador no controlador e fornece um sinal de saída de acordo com o algoritmo de controle determinado para o controlador.

A malha de controle utilizada aqui tem como entrada o Set Point (SP) e a Vari de Processo (PV), de outro lado a saída é dada pelo valor que vai para a Variável Manipulada (MV), no caso a abertura da válvula. A representação esquemática da malha de controle utilizada via *Simulink* em comunicação com os instrumentos reais da planta é exibida na Figura 3, onde a variável manipulada (MV) é a abertura da válvula e a variável de processo é o nível do tanque (PV).

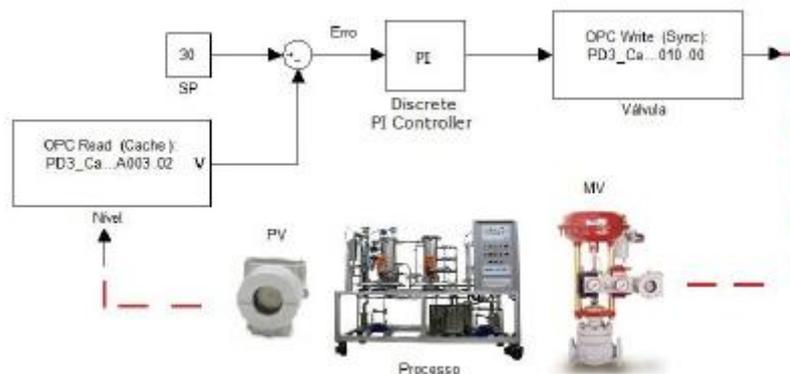


Figura 3 - Representação esquemática da malha de controle de nível em *Simulink* e sua comunicação com os instrumentos de campo

4.1 Modelo Matemático

O modelo matemático é uma equação matemática utilizada para responder a questões sobre o sistema, tais como a variação temporal e/ou espacial das variáveis deste, sem a realização de experimentações. Dessa forma, é possível realizar simulações do sistema, de forma segura e com baixo custo (COELHO *et al*, 2004).

Com um bom modelo matemático é possível analisar e prever o comportamento de um sistema, sob diversas condições de operação, e ajustar o desempenho do mesmo, caso ele não se mostre satisfatório. Um modelo matemático geralmente não reproduz exatamente o comportamento do sistema original, pois o levantamento e a formulação matemática de todos os fenômenos que afetam tal comportamento é uma tarefa demasiadamente complexa. São considerados bons modelos, aqueles que descrevem os fenômenos de interesse de um determinado sistema com uma considerável exatidão (RODRIGUES, 1996).

Identifica-se um modelo matemático, utilizando três tipos de abordagem (AGUIRRE, 2000):

- Caixa Branca: É também conhecida como modelagem pela física do processo, e consiste de uma análise físico-matemática de um processo, sendo necessário que se conheça bem o sistema, assim como as leis físicas que regem o seu comportamento dinâmico. É possível determinar modelos que descrevam a dinâmica interna do sistema e também a relação entrada-saída. Porém, essa abordagem pode se tornar muito

complicada, quando o sistema a ser modelado é muito complexo e grande.

- Caixa Preta: É também conhecida como identificação de sistemas, e consiste em se obter um modelo matemático de um sistema, baseando-se em medidas de entradas, saídas e/ou estados do sistema. Essa abordagem deve ser utilizada quando se deseja saber os parâmetros da equação matemática que rege determinado sistema ou quando se há a necessidade de se usar uma cópia do sistema. É possível determinar modelos que descrevam as relações de causa e efeito entre as variáveis de entrada e de saída e deduzir propriedades dinâmicas e estatísticas do sistema.
- Caixa Cinza: consiste na união das abordagens caixa branca e caixa preta. As técnicas dessa abordagem utilizam informações auxiliares que não estão incluídas no conjunto de dados utilizados durante a identificação. O tipo de informações auxiliares e a forma como são utilizadas podem variar dependendo do tipo de aplicação. Assim, a abordagem pode ser “cinza escuro” ou “cinza claro”.

O trabalho tem por objetivo o controle de nível do tanque de aquecimento com base na modelagem caixa branca, tendo método de aproximação por tentativa e erro.

4.2 Sistema do nível do tanque

O controle do nível no tanque de aquecimento da planta didática *HART*, foi desdobrado uma aplicação utilizando o software *MATLAB/SIMULINK* que ao longo da interface OPC, se comunica com o CLP da planta para indentificar o valor utilizado do nível e escrever o valor de abertura da válvula.

Nessa planta didática, utiliza-se para medir a altura do nível o transmissor de pressão diferencial. Nesse tipo de medição utiliza-se a pressão exercida pela altura líquida, para indiretamente obter se o nível, como mostra abaixo o teorema de *Stevin*. Este tipo de medição é usado quando a densidade do líquido é conhecida e não varia substancialmente no processo (CASSIOLATO,2011).

Com base na equação de *Stevin*, pode se perceber que à medida que a altura da coluna da água sobe, aumenta a pressão no fundo do reservatório e aumenta conseqüentemente a vazão de saída do fluido. Esse é o fator fundamental que faz com que o nível estabilize em malha aberta após um degrau no tanque, ou seja, após iniciar o processo de enchimento em um curto intervalo de tempo. Na planta didática, a abertura da válvula de saída do tanque é feita manualmente, sem precisão da posição. É importante lembrar que o ponto de equilíbrio do nível quando atinge o repouso depende da abertura das válvulas de saída e de entrada, pois o nível só irá estabilizar quando igualar o volume de água que entra com o que sai, seguindo a Lei da Conservação da Massa. Através de um breve desenvolvimento fisico-matemático, observa-se a relação entre a vazão de entrada e vazão de saída do tanque descrita pela seguinte função de transferência:

$$\frac{Q_o}{Q_i}(s) = \frac{1}{\tau s + 1}$$

Onde:

Q_o = Vazão de saída

Q_i = Vazão de entrada

τ = Constante de tempo

O tanque de aquecimento da planta didática possui como dimensões uma altura de 1 metro, raio de 0,1034 metros e área de seção transversal igual à 0,0336m². Para ajuste dos cálculos e obtenção da função de transferência foi linearizada a equação em torno do ponto de altura igual a 0,25m. A aferição de vazão de saída para este sistema relata um valor de 0,00021331m³/s. Assim sendo, pode ser calculada a constante de tempo como:

$$\tau = \frac{AR_f}{\rho g}$$

Onde:

A = Área de seção transversal do tanque;

R_f = Resistência fluidica;

ρ = Massa específica do fluido;

Assim sendo, foi obtida uma constante de tempo igual à 39,379, o que resulta na função de transferência final apresentada pela Equação 3.

$$G(S) = \frac{1}{39,379S + 1}$$

Sendo o valor do $\tau = 39.379$, a resposta ao degrau para o nível estabilizar em 0.25 metros pode ser analisado na Figura 4.

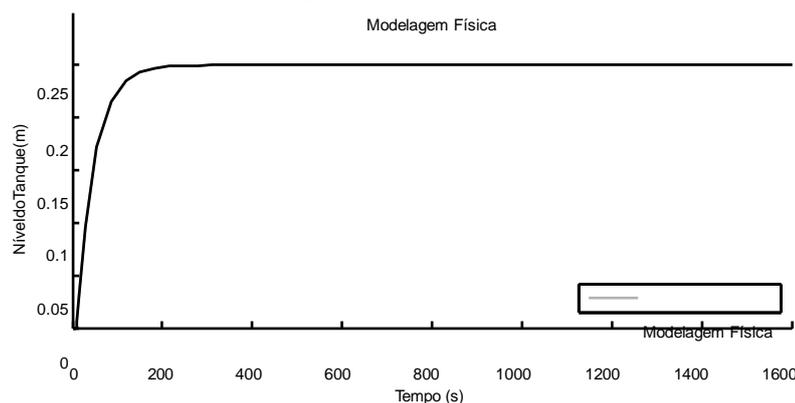


Figura 4- Resposta ao degrau da função de transferência em malha aberta.

Modelado o sistema em malha aberta pelo processo de caixa branca, a próxima etapa consiste em realizar a comparação da resposta modelada e simulada com a resposta real da malha de controle, a fim de se certificar que as aproximações e os preceitos utilizados para esta modelagem foram satisfatórios para o equacionamento do sistema.

O primeiro passo é regular a abertura da válvula que permite ao sistema vazão de entrada necessária para que o mesmo se estabilize em 0,25m, o que irá possibilitar comparações posteriores entre o sistema real e o sistema calculado. É importante visualizar que este sistema apresenta não linearidade, pois a medida que o nível se eleva, a vazão de saída correspondente também é elevada, devido ao acréscimo de pressão do sistema, o que torna mais complexo seu equacionamento matemático e aplicação prática.

É importante que esteja bem claro que esse degrau é em malha aberta, sem atuação da válvula à medida que o tempo passa. O nível se estabiliza então devido a um comportamento natural do tanque de aumentar à vazão à medida que a altura do nível no tanque vai aumentando.

Para realização das ações de comando foi utilizado ambiente *Simulink*, com recursos da biblioteca *OPC Toolbox*, onde é aplicado um degrau de entrada iniciando-se a bomba com nível lógico alto através do bloco *OPC Write* associado a uma constante 1, mantendo a válvula de controle completamente aberta, através de um bloco *OPC Write* em conjunto com uma constante 10000, e realizando-se a leitura do sinal de nível através do bloco *OPC Read*. A curva de reação do tanque de nível é apresentada na Figura 5.

Ao comparar os gráficos em malha aberta da função de transferência encontrada e do sistema real, podemos encontrar algumas similaridades, como o nível em regime permanente e a rampa inicial no transitório. A modelagem física deixou a desejar no tempo de assentamento, sendo que o sistema real diminuiu o tempo de subida a partir do nível igual a 0.15 metros. Foi considerado que esse fato se deve ao sistema de nível real não ser um sistema de primeira ordem, como a função modelada. É apresentado na Figura 6 a comparação entre a modelagem física e o sistema real.

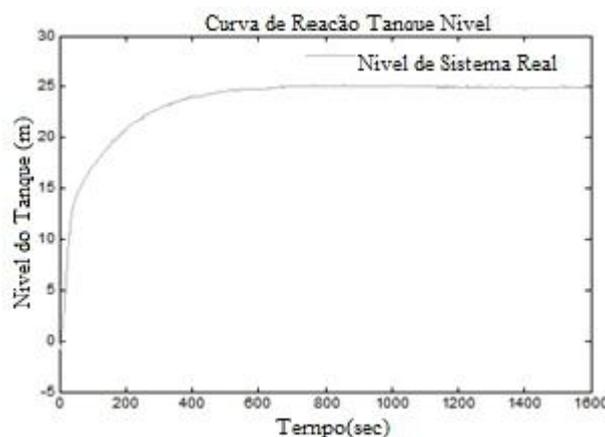


Figura 5 - Gráfico do degrau em malha aberta do nível do tanque

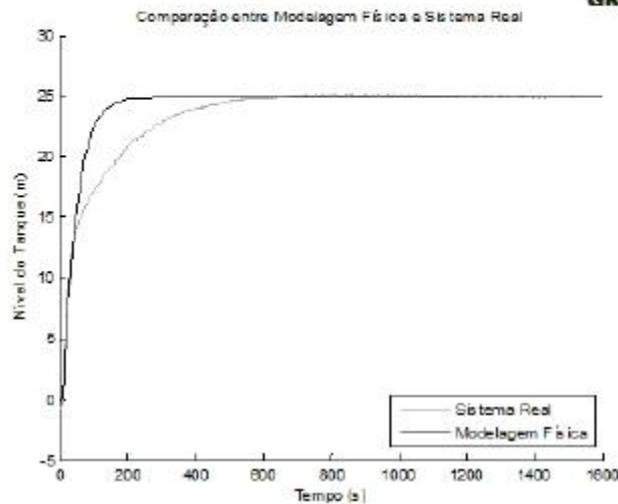


Figura 6 - Comparação entre a modelagem física e o sistema real

4.3 Controle em malha fechada

Finalmente, após energizar os equipamentos, configurá-los, realizar a comunicação com o CLP, criar o servidor OPC e então trocar os dados entre esse e o *MATLAB*, é possível então controlar a planta a partir de um algoritmo via *SIMULINK*.

Para criar a malha de controle no *SIMULINK* então, basicamente, utilizam-se os blocos *READ* e *WRITE* para ler e escrever valores nos instrumentos de campo. A informação do sensor é obtida pelo bloco *READ*, e então é feita a comparação deste valor com o SP, o sinal de erro vai para o bloco controlador PI, que gera um sinal de controle que é transmitido para o atuador através do bloco *WRITE*. A malha em *SIMULINK* utilizada para controle de nível é apresentada na Figura 7.

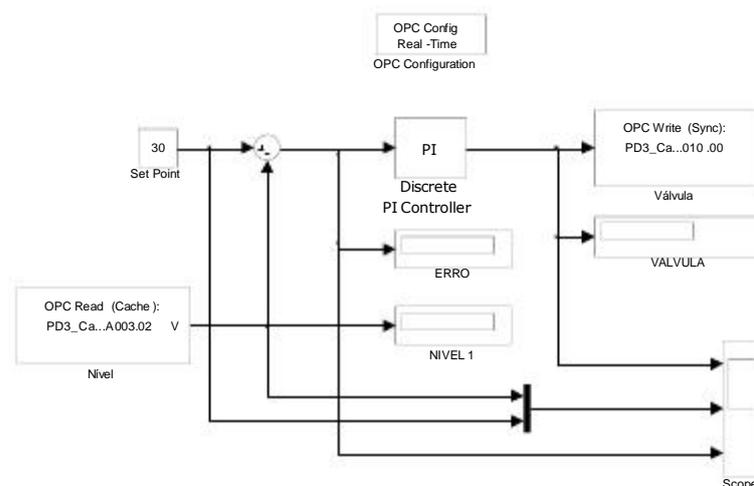


Figura 7 - Malha de controle PI no Matlab

No bloco PI, é necessário fazer algumas parametrizações, conforme mostrado na

Figura 8. No caso apresentado, foi usado o valor do Ganho Proporcional (K_p) igual a 200 e o Ganho Integral igual a 20. Os limites do valor máximo e mínimo foi parametrizado em 10000 e 0, haja visto que esses são os valores do range de operação de trabalho da válvula *SMAR*.

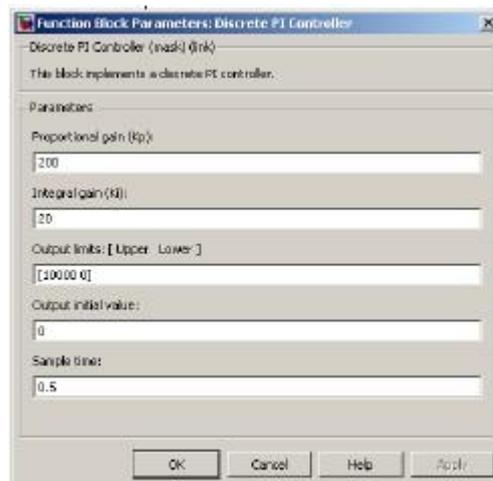


Figura 8 - Parâmetros do controlador PI do *Matlab*.

A seguir, foram realizados testes de valores para o controlador PI, na tentativa de encontrar o melhor controle para o sistema de nível em malha fechada. Dentre os resultados mais expressivos destacam-se os resultados para:

- Valor proporcional - 400 e Valor integral - 40

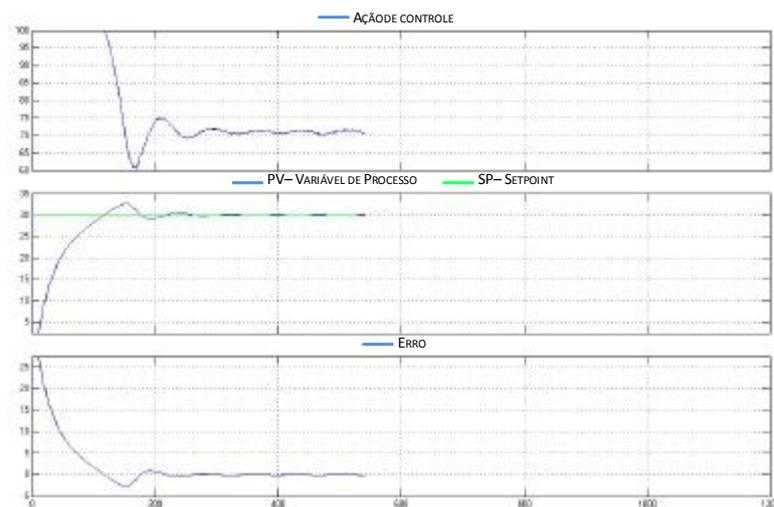


Figura 9 - Gráfico do sistema de controle de nível em malha fechada

- Valor proporcional – 200 e Valor integral – 20

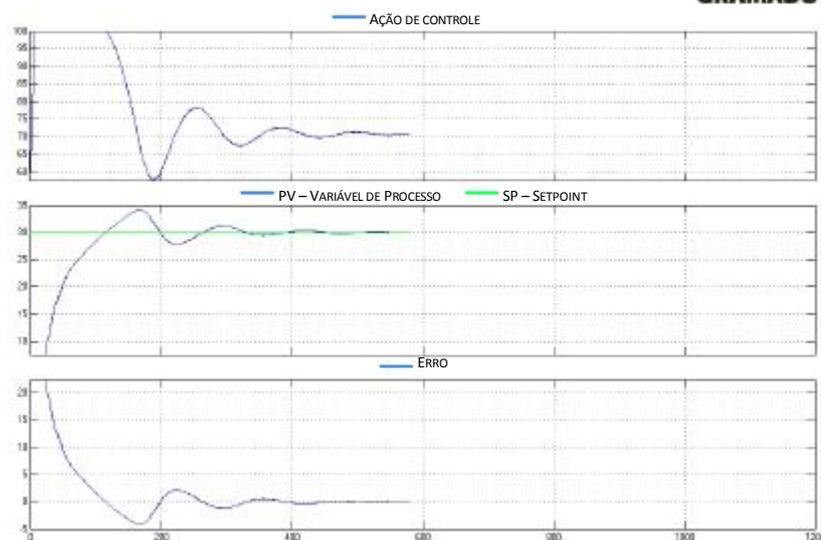


Figura 10 - Gráfico do comportamento do sistema de nível em malha fechada

5. CONCLUSÕES

Os controladores industriais evoluíram bastante desde o seu surgimento, sendo necessária a constante atualização do profissional com relação às técnicas de sintonia dos controladores e a teoria básica dos mesmos.

As disciplinas de Controle Automático tem se tornado muito teóricas nos últimos tempos. O que dificulta ao corpo docente proporcionar experiências práticas para os alunos com o material atualmente disponível nas salas de aula das universidades.

Segundo (CARVALHO, 2006), “Questões concretas ligadas à automação e controle, tais como projetos de controladores utilizando as diversas ferramentas analíticas disponíveis, sintonia de controladores, compensação dinâmica, aspectos práticos de implementação de sistemas de controle, novas técnicas de inteligência computacional aplicadas à automação e controle, novas estruturas de controladores, para citar alguns, não são disponibilizados, na estrutura curricular normal, para a formação dos alunos”.

Com a oportunidade de realizar um projeto utilizando a planta didática fabricada pela *SMAR*, pertencente ao CEFET-MG Campus III, surgiu a idéia de descobrir uma forma prática e simples de se utilizar a mesma durante o curso. Nesse contexto, foi proposto de comunicar os instrumentos da planta didática com o *MATLAB*, que é muito trabalhado durante a graduação.

Agradecimentos:

Os autores agradecem ao CEFET-MG e FAPEMIG pelo apoio ao desenvolvimento deste Trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, L. A. Introdução à Identificação de Sistemas: Técnicas Lineares e Não-Lineares Aplicadas a Sistemas Reais, Editora da UFMG, 1ª ed., Belo Horizonte, MG, 2000.

ÅSTRÖM, K. J.; HÄGGLUND, T. The future of pid control. Control Engineering Practice, v. 9, n. 11, p. 1163 – 1175, 2001. ISSN 0967-0661. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967066101000624>>. Acesso em> 26.mai.2013.

CARVALHO, H. H. B.; GOMES, F. J. Educação em controle e automação em ambiente adverso: estudo de caso de uma experiência tutorial. 2006.

CASSIOLATO, C. Alguns conceitos importantes em Transmissores de Pressão, Revista Mecatrônica Atual, Editora Saber, nº51, São Paulo, SP, 2011

COELHO, A.A.R; DOS SANTOS COELHO, L. Identificação de sistemas dinâmicos lineares. Editora da UFSC, 1a ed., Florianópolis, SC, 2004.

RODRIGUES, G. G. Identificação de Sistemas Dinâmicos Não-Lineares Utilizando Modelos NARMAX Polinomiais – Aplicação a Sistemas Reais, Tese de Mestrado, UFMG, Belo Horizonte, MG, 1996.

CONTROL TECHNICAL APLICATIONS IN MATLAB/SIMULINK® WITH OPC COMMUNICATION IN A HART DIDATIC PLANT

Abstract: With the market following trends each day more competitive, the seek for optimized and standardized production lines, following conformity rules, becomes necessary developing automatic control systems, in order to guarantee the system reliability. On the other hand to the industrial trends, the universities often have problems to provide to the students practical knowledge, resulting in a disparity between the knowledge necessary to act in the business market and the knowledge acquired during the graduation course. One solution for a better student's preparation to work in industrial places is the use of model engines, with control systems generally found in real processes. The present paper aims to present a communication between field instruments for a didactic engine, using standard OPC, very used in industrial environment, industrial instruments and programmed by the software MATLAB/SIMULINK, that is very used during the engineering courses, proving to be a practical solution to control real system, in order to complement the teaching of automation and control.

Keywords: Communication; Control; MATLAB; OPC.