



TORNANDO A EDUCAÇÃO EM CONTROLE DE PROCESSOS MAIS REALISTA: A UTILIZAÇÃO DO PROTOCOLO OPC

Accacio Ferreira dos Santos Neto – accacio_ferreira@yahoo.com.br

Universidade Federal de Juiz de Fora, Pós-Graduação de Modelagem Computacional

Campus universitário, Bairro Martelos

CEP: 36036-330 – Juiz de Fora - MG

Dionathan Barroso – dionathan.barroso@engenharia.ufjf.br

Jéssica Quintino – jessica.quintino@engenharia.ufjf.br

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia

Campus universitário, Bairro Martelos

CEP: 36036-330 – Juiz de Fora - MG

Francisco Gomes – chico.gomes@ufjf.edu.br

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Energia

Campus universitário, Bairro Martelos

CEP: 36036-330 – Juiz de Fora - MG

Flávio Barbosa – flavio.barbosa@ufjf.edu.br

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Mecânica Aplicada e Computacional

Campus universitário, Bairro Martelos

CEP: 36036-330 – Juiz de Fora - MG

Resumo: Este trabalho tem como enfoque principal apresentar uma metodologia de ensino e pesquisa de controle de processos, por meio do protocolo de comunicação "Ole for Process Control" (OPC) e do módulo laboratorial desenvolvido para tais objetivos de forma abrangente. Será apresentado durante o desenvolvimento deste artigo uma breve introdução, que aborda uma contextualização da educação em Engenharia e, conseqüentemente, a motivação da metodologia proposta. Em seqüência será descrito o sistema físico utilizado e a comunicação de todo o sistema, o que remete ao protocolo de comunicação, aos softwares integrantes do sistema e, bem como, tópicos que irão proporcionar ao leitor o aprendizado sobre o assunto de maneira prática e teórica. Em seguida será exposta a metodologia de ensino, através do estudo da dinâmica de um sistema de nível de um reservatório de água, que será submetido a mudanças de referências e aos controladores P, PI e PID digitais de posição; a fim de avaliar a proposta metodológica que pode ser utilizada de forma mais abrangente ao que tange a educação em engenharia de controle de processos e automação. Por fim, serão feitas as considerações finais ao desenvolvimento deste trabalho.

Palavras-chave: Educação em Controle, Protocolo OPC, Controladores PID, Controle de Processos.

Realização:

 **ABENGE**

Organização:



**O ENGENHEIRO
PROFESSOR E O
DESAFIO DE EDUCAR**



1. INTRODUÇÃO

Com a disponibilização da instrumentação eletrônica digital nos anos 1970 e 1980, assinala-se ampliação do grau de automação das instalações industriais, com a disponibilidade de novos componentes eletrônicos e de *software* impulsionando, de forma definitiva, o crescimento do setor. O desenvolvimento de novos procedimentos para identificação, otimização e controle avançado dos processos, bem como de multiplexação nos sistemas de comunicação, aliados ao aumento da capacidade de processamento dos computadores e componentes microeletrônicos, expandiu as aplicações conhecidas dos sistemas de controle automático de processos, que passaram a incorporar também o conhecimento de especialistas, sobre os processos, por meio de técnicas de inteligência artificial (GUTIERREZ, 2008).

Mais modernamente, a padronização de elementos e de protocolos de comunicação vem reduzindo os custos associados à implantação dos sistemas de controle; a convergência tecnológica, originada na utilização da eletrônica digital, vem aproximando os sistemas de controle da TI (tecnologia da informação) e de seus paradigmas, no sentido da interligação desses sistemas com os sistemas de gestão integrada das empresas e o acesso a informações e relatórios de controle pela Internet e terminais portáteis. Os dispositivos de controle vêm se apropriando das mais modernas conquistas da eletrônica, por meio da utilização de componentes com maior velocidade e capacidade de processamento, o que se reflete imediatamente na miniaturização dos dispositivos e no aumento da sua funcionalidade, sensibilidade e precisão, assim como na diminuição do seu tempo de resposta. Têm sido intensos os investimentos em desenvolvimento de software, tanto no software embarcado em dispositivos de controle, que aumentam a facilidade e flexibilidade do seu uso, quanto de produtos voltados à otimização de sistemas e controle avançados de processos, o que tem expandido ainda mais a área de atuação do controle, indo além dos processos industriais e das plantas de infra-estrutura para abranger também sistemas prediais e de logística, procedimentos médicos e automação doméstica (GUTIERREZ, 2008).

Neste ambiente complexo e dinâmico, a política de expansão das universidades, dentro do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais - Reuni (BRASIL, 2007), forneceu uma oportunidade ímpar para que o curso de Engenharia Elétrica da UFJF, que formava engenheiros eletricitistas de caráter mais generalista, respondesse à estas novas demandas sociais para a engenharia e passasse a oferecer distintas Habilitações para seus ingressantes, a saber: Sistemas Eletrônicos, Sistemas de Potência, Robótica e Automação Industrial, Telecomunicações e Energia (UFJF, 2009). Nesta reestruturação, estabeleceu-se que os egressos da Habilitação em Robótica e Automação Industrial deverão possuir "capacidade de projetar, analisar e operar sistemas de automação e controle de processos industriais, sistemas elétricos industriais e sistemas de conversão de energia baseados em conversores eletrônicos de potência" (UFJF, 2009).

Essa decisão, contudo, levantou, no âmbito docente, questões associadas à necessidade de reestruturação de procedimentos e posturas metodológicas de ensino-aprendizagem, tradicionalmente utilizadas no curso, e que refletem, na atualidade, experiência incipiente na área, especialmente aquela associada às práticas laboratoriais (GOMES & SILVEIRA, 2007; GOMES & CARVALHO, 2006). A necessidade de renovação de procedimentos é muito bem sintetizada por Dormido (BENCOMO, 2002), que coloca "estar convencido que, como educadores, devemos ter uma atitude aberta e incorporar sensivelmente o desenvolvimento tecnológico [em nossas práticas pedagógicas], pois caso contrário correremos o risco de ensinar os alunos de hoje como resolver os problemas do amanhã com ferramentas de ontem."



Observa ainda que "embora a tecnologia mude rápido, a educação em engenharia de controle se desenvolve de forma bem mais lenta" e, como consequência, sugere que suas mudanças levem em consideração os seguintes aspectos (BENCOMO, 2002):

- A educação em engenharia de controle possui, atualmente, abordagem muito estreita, com foco nos aspectos matemáticos da síntese de controladores;
- É necessário atribuir maior importância ao ciclo completo do projeto de controladores;
- A modelagem e identificação dos processos a serem controlados constituem fatores essenciais para bons projetos de sistemas de controle;
- A educação em engenharia de controle deve equilibrar, de forma inequívoca, as experiências laboratoriais com os conteúdos teóricos.

Ao se pensar alternativas de educação em controle de processos para a nova habilitação proposta - Robótica e Automação Industrial - buscou-se seguir essas diretrizes, estabelecendo posturas, métodos e práticas condizentes com uma nova visão pedagógica, porém factíveis sob os aspectos operacionais, especialmente os custos associados, fator sempre presente, e impeditivo, de diversas ações no cotidiano de nossas universidades. Buscou-se, então, um módulo laboratorial, com as práticas associadas, que integrasse aspectos como:

- Possibilitasse o contato dos estudantes com as novas tecnologias presentes nos cotidianos industriais, especialmente questões associadas à comunicação de dados, interfaces, compatibilidade e portabilidade de dispositivos de fabricantes distintos;
- Potencializasse a utilização de práticas clássicas e avançadas de modelagem e identificação de processos industriais;
- Permitisse interatividade entre os procedimentos teóricos, fundados nos cálculos matemáticos, e sua aplicabilidade prática na ótica da engenharia;
- Refletisse as complexidades presentes, na atualidade, nos processos industriais e vivenciadas pelos engenheiros de controle, tais como interatividade entre malhas de controle, não linearidades, processos integradores e atrasos de transporte;
- Tivesse características de portabilidade, replicabilidade simplicidade de manuseio e, principalmente, custos de produção e utilização factíveis.

Partiu-se então para o projeto de um módulo, com tanques duplos, interativos, malhas distintas para controle de nível e temperatura, em configurações SISO e TITO, sempre presente nos processos industriais (CAMPOS, 2007). O sistema é controlado por um supervisor digital, desenvolvido em Matlab® (THE MATHWORKS, 2012) sendo a comunicação módulo - supervisor efetuada através de um Controlador Lógico Programável - CLP (SCHNEIDER, 2012) com o protocolo aberto de comunicação "*OBJECT LINKINK AND EMBEDDING FOR PROCESS CONTROL - OPC*" (OPC FOUNDATION, 2012), via porta serial. O sistema apresenta características de multidisciplinaridade, ao envolver conteúdos como sistemas supervisórios, protocolos de comunicação, a relação cliente/servidor, CLPs, redes de campo, teoria de controle, identificação, controle de processos industriais, sistemas não lineares, entre outros.

O trabalho está estruturado como segue: a seção 2 apresenta as características do módulo desenvolvido, a 3 o protocolo de comunicação OPC, a seção 4 a metodologia utilizada e a seção 5 exemplos de simulações e resultados. As conclusões, na seção 6, encerram o trabalho.

2. MÓDULO LABORATORIAL

O Módulo Laboratorial foi desenvolvido para possibilitar análise e estudo da dinâmica de variáveis associadas ao controle de processos industriais (CAMPOS, 2007), tendo a escolha



recaído sobre as malhas de controle de nível e temperatura, em configurações SISO e TITO ("Figura 1"), com características integradoras e de atraso de transporte (WADE, 2004).



Figura 1 - Módulo Laboratorial

O sistema é composto por: 2 reservatórios, 2 eletrobombas automotivas, sensores de nível e temperatura, resistor de aquecimento e um CLP, com as características:

Reservatórios: em acrílico, capacidade de 6 litros, sensores de nível e temperatura, resistor de aquecimento e interação através das eletrobombas, que circulam a água em fluxos opostos;

Eletrobombas: Denominadas bombas de esguicho ou de injeção de combustível, de baixo custo, alimentação de 12V, vazão nominal de 0,135 litros/s, o que propicia dinâmica satisfatória para as práticas laboratoriais;

Sensor de nível: sensor de pressão monolítico (FREESCALE SEMICONDUCTOR, 2012), modelo MPXV5004DP, com saída em tensão, 0-5V, proporcional à entrada de 0 a 40 cm H₂O;

Sensor de temperatura: LM35, analógico, alimentação 4 - 20V, saída de 10mV/°C, precisão de 0,5°C, faixa de operação -55°C - 150 °C (NATIONAL SEMICONDUCTOR, 2012);

CLP: utilizou-se um CLP ATOS (SCHNEIDER, 2012), com capacidade para operar com o protocolo aberto de comunicação OPC (OPC FOUNDATION, 2012).

3. COMUNICAÇÃO DO SISTEMA

3.1. Protocolo OPC

O OPC, um acrônimo para "*OBJECT LINKINK AND EMBEDDING FOR PROCESS CONTROL*" é um protocolo aberto de comunicação permitindo, a partir de um conjunto de regras, uma interface entre aplicações com softwares distintos. Foi desenvolvido por diversos fornecedores de automação industrial buscando facilitar a comunicação de dados e a interface entre dispositivos de distintos fabricantes, reduzindo custos associados à integração desses sistemas; utiliza um protocolo universal de comunicação entre "Servidores" e "Clientes", sendo que as informações recebidas e enviadas podem ser provenientes de hardwares e/ou softwares como CLPs, dispositivos de E/S, banco de dados, softwares matemáticos.



Os “Servidores” (fonte de dados) são softwares disponibilizados pelo fabricante de um CLP, ou demais equipamentos de campo, sendo os computadores os responsáveis pelo reconhecimento de *drivers* e compartilhamento dos dados, fornecidos pelo servidor OPC, que reconhecem os dados, provenientes da rede de comunicação dos equipamentos da planta industrial, e os “traduzem” para o padrão OPC. Os “Clientes” são aplicações (softwares) que se conectam com um ou mais servidores para interagir com os itens disponibilizados, efetuando a leitura das informações de entrada e escrita nos itens de saída, quando necessário. A "Figura 2" compara a comunicação de dados antes e depois do desenvolvimento do OPC: necessitava-se, anteriormente, softwares auxiliares para a comunicação entre dispositivos diferentes, além de *drivers* e softwares de interface, desnecessários na tecnologia OPC. Possibilita, em resumo, que variáveis de diferentes dispositivos estejam disponíveis em modo padrão, com múltiplos clientes podendo acessá-las simultaneamente (BOFF *et al.* 2004).

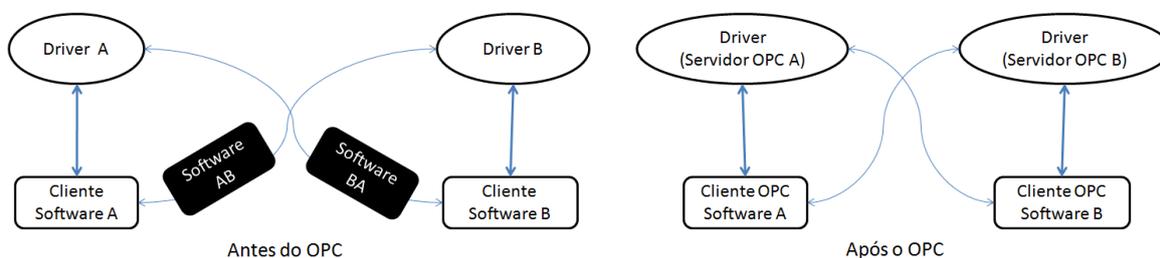


Figura 2 - Antes e após a utilização do Protocolo OPC

3.2. Configuração do servidor OPC

O servidor OPC - software fornecido pelo fabricante do equipamento - define as três configurações básicas da conexão com um ou mais clientes, como configuração do grupo (ou porta), parâmetros e tags (itens), com o software cliente organizando as tags em grupos ("Figura 3"); utilizou-se, nesse trabalho, o servidor “Atos OPC Server” (ATOS, 2012), com dois arquivos módulos, o Opc Config, um aplicativo gráfico para configuração e parametrização do acesso de dados às variáveis do sistema de automação, tais como canais de comunicação, CLPs e tags e o Servidor OPC, um serviço de rede (*NT service*), que implementa as interfaces do OPC e *drivers* de comunicação com os protocolos e dispositivos da aplicação.



Figura 3 - Arquitetura do servidor OPC

Grupos são formas apropriadas de organização dos dados provenientes dos itens utilizados no sistema de controle, com as principais características de leitura (taxa de atualização, estado ativo ou inativo, banda morta, leitura síncrona ou assíncrona), o que pode ser feito por aspectos lógicos (variáveis de processo com comportamentos semelhantes) ou de acordo com a vontade do usuário. Cabe ao OPC Cliente a organização dos grupos; no trabalho, foram efetuadas as organizações dos grupos no Servidor (Figura 4). Define-se as Porta 1 e 2 como



grupo 1 (leitura) e 2 (escrita), respectivamente, selecionando suas propriedades: o protocolo de comunicação, o tipo de comunicação (Serial, TCP/IP, Gits API), e habilitado (*true* ou *false*); com comunicação serial, como neste trabalho, deve-se configurar, no sub-menu parâmetros da Porta 1 e 2, a *Baud* de rede, *data bits*, paridade, porta, e *stop* de bits ("Figura 4").

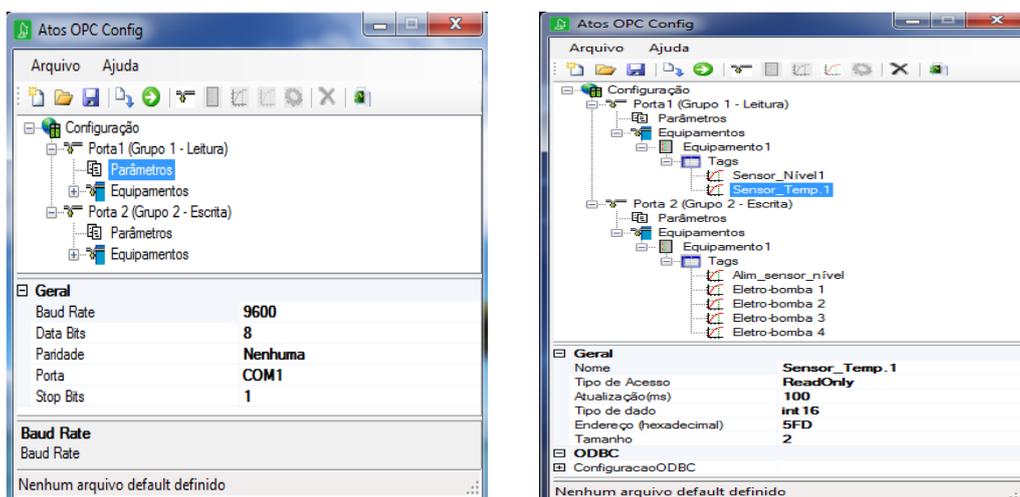


Figura 4 - Configuração das portas e parâmetros, e das Tags.

Itens são as *tags* - objeto que conecta uma entrada ou saída física de dados - sendo que cada variável, no atual trabalho, é tratada como um item do servidor OPC. No *ATOS OPC CONFIG* adiciona-se um novo equipamento e, a seguir, uma nova *tag*, devendo-se configurar nome, tipo de acesso (escrita, leitura, ou ambos), tempo de atualização, tipo de dado (inteiro, real, entre outros) e o mais importante, o endereço hexadecimal (cada entrada ou saída digital e analógica é endereçada por um valor hexadecimal, que pode ser alterada posteriormente).

A "Figura 4" ilustra a divisão e configuração das *tags* que foram adicionadas: *Sensor_Nível1* (sensor de nível tanque 1), *Sensor_Temp.1* (sensor de temperatura tanque 1), *Alim_sensor_nível*, *Eletro-bomba1* (controle da eletro-bomba 1), *Eletro-bomba2* (controle da eletro-bomba 2), *Eletro-bomba3* (controle da eletro-bomba 3), *Eletro-bomba4* (controle da eletro-bomba 4), configuração essa utilizada pelo módulo apresentado neste trabalho.

3.3. Configuração do cliente OPC com OPC Toolbox

O OPC TOOLBOX é um aplicativo do Matlab® que permite a interação com servidores OPC, possibilitando a criação de um cliente OPC, habilitando a troca de dados em tempo real (THE MATHWORKS INC., 2012). Desta forma, o OPC TOOLBOX pode ser utilizado para o controle do módulo, com os dados sendo recebidos, utilizados pelo algoritmo de controle programado e retornados ao atuador. Depois de instalado o OPC TOOLBOX, abra o aplicativo do cliente OPC com o comando *opctool*. Na barra de menu clique em *Host* e *add* e defina o nome utilizado e selecione o *Create Client*; a seguir, abra a barra de menu *OPC Toolbox Objectes* e, a seguir, *Connec;*, ainda neste menu, em *Add group* e depois *Add Client* e adicione os itens, após o que o cliente OPC já se encontra em condições de receber ou enviar informações ("Figura 5").

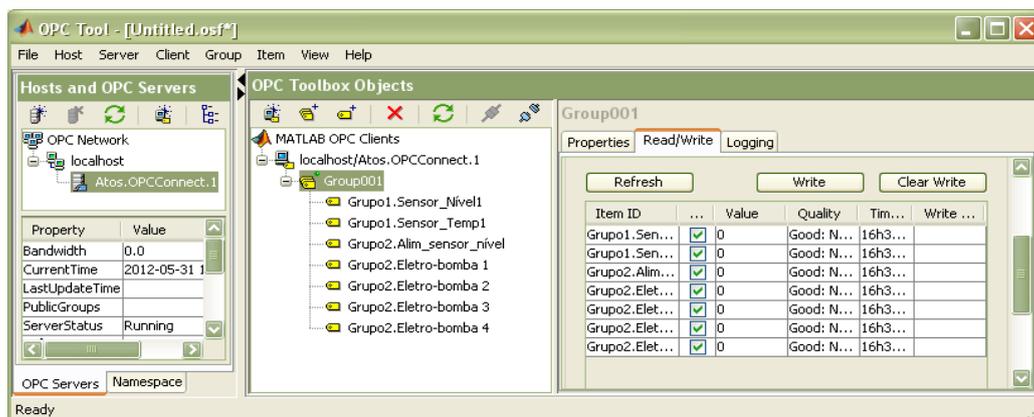


Figura 5 - Configuração do Cliente OPC – OPC Toolbox Matlab®.

4. METODOLOGIA

O módulo desenvolvido, descrito nas seções anteriores, possibilita a realização de práticas laboratoriais com uma visão diferenciada para a educação em controle de processos industriais. Uma primeira observação é que o módulo possibilita a análise dinâmica e o controle, em configuração SISO - "Single-input and Single-output" - e/ou MIMO - "Multiple-Input and Multiple-Output", de malhas de nível de fluidos, integrativas, e de temperatura, com grande atraso de transporte, através da utilização de um sistema supervisorio; os módulos didáticos normalmente utilizados, geralmente, não apresentam a opção MIMO.

Ressalte-se que a comunicação do sistema físico ocorre com o protocolo "OBJECT LINKING AND EMBEDDING FOR PROCESS CONTROL - OPC", uma ferramenta atual, inovadora, de aplicação típica no ambiente industrial, desenvolvida pelos fabricantes para atender à necessidade da indústria de facilitar a comunicação, em tempo real, entre dispositivos industriais de procedências e características distintas, reduzindo custos e aumentando a eficiência dos processos. Saliente-se ainda a utilização do CLP, equipamento tipicamente industrial, que envia e recebe dados do sistema físico como um "Servidor", através do protocolo OPC, possibilitando que um software "Cliente" interaja com o sistema. O sistema supervisorio desenvolvido possibilita que os alunos realizem procedimentos de identificação de modelos reduzidos para as malhas, estudo de interatividade com identificação da Matriz RGA – "Relative Gain Array" (SEBORG *et al*, 2011), utilização de estratégias de controle diferenciadas, envolvendo os passos necessários à sua sintonia e procedimentos de diagnóstico e otimização das malhas. Ainda como alternativas, o módulo possibilitará a identificação de modelos através dos métodos clássicos, tais como a curva de reação e resposta impulsiva, e identificação por equações a diferença, tanto em procedimentos *off-line* como *on-line*, para processos estacionários e não-estacionários (COELHO & COELHO, 2004). Em relação às técnicas de controle o módulo permite a utilização de posturas de controle tanto clássicas, englobando o controlador de três modos P+I+D, bem como modernas, abrangendo estratégias de alocação de pólos e os controladores baseados em modelo com capacidade de predição, entre outros (BROSILOW & BABU, 2002).

Pelas limitações de espaço, que inviabiliza apresentação mais detalhada das práticas possíveis, será apresentada uma aplicação para estudo da dinâmica de uma malha de nível com os controladores P, PI e PID digitais, utilizados tanto na indústria como na academia. O módulo possibilita a escolha, pelo usuário, do procedimento a adotar: pode-se utilizar o



supervisório, com estimação do modelo e dos dados de sintonia, ou através do Simulink, onde os procedimentos devem ser executados passo-a-passo. Esse último procedimento se revela mais interessante para a aprendizagem, pois engloba as etapas do processo de cálculo e sintonia do controlador, razão pela qual será apresentado a seguir. Os passos são:

- **Exportar as configurações do servidor OPC para o Simulink:** utilizando a ferramenta Simulink, do ambiente Matlab®, utilizar a configuração em diagrama de blocos para definir a malha e a dinâmica de controle que será utilizada ("Figura 6");

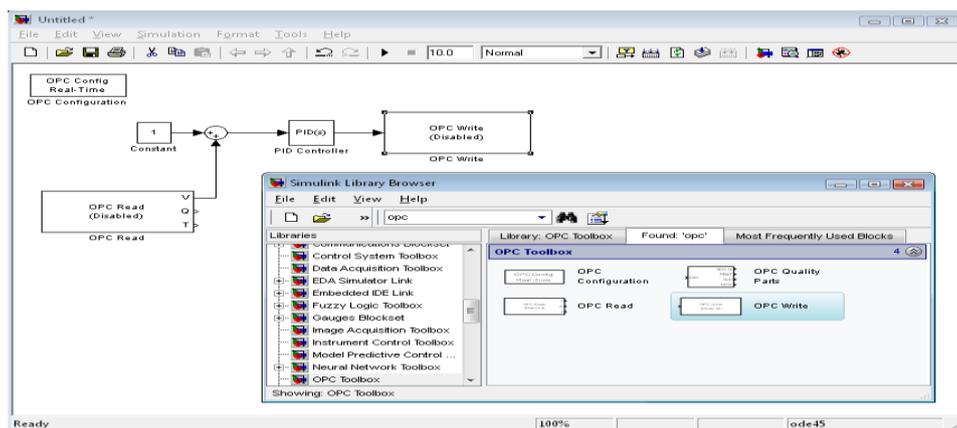


Figura 6 - Dinâmica da Malha de Controle de Nível com o Simulink

- **Obter a função de transferência do sistema:** pode-se utilizar a Resposta ao Degrau por sua funcionalidade, simplicidade e robustez ("Figura 7"), estimando o tempo morto (θ), constante de tempo (τ) e ganho do processo (k), para modelos de primeira ordem com atraso;

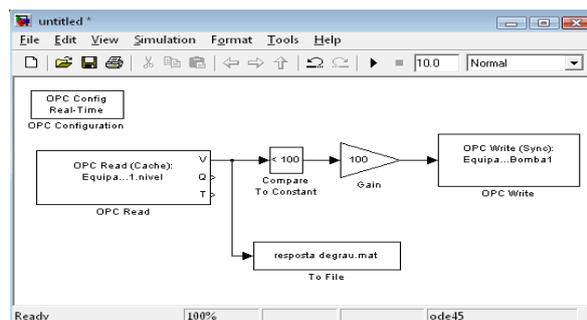
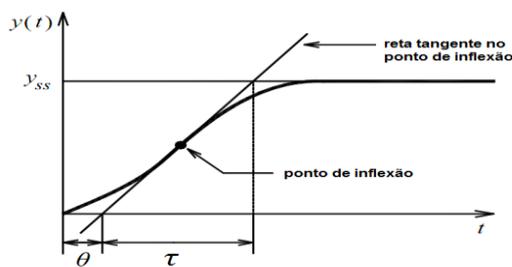


Figura 7 - Resposta ao Degrau

- **Sintonizar o controlador:** Uma possibilidade é a utilização do método clássico de sintonia de Ziegler e Nichols (ZIEGLER *et al.*, 1942), conforme mostrado na Tabela, que fornece os valores para um controlador analógico. Deve-se salientar que as correções apropriadas devem ser realizadas para a versão digital do algoritmo, se for utilizada, por exemplo, uma aproximação "Backward rectangular" (ASTROM *et al.*, 1995).



Tabela 1. Sintonia dos controladores PID analógicos

Controlador	K_p	T_i	T_d
P	$\tau/(k\theta)$	---	---
PI	$0,9\tau/(k\theta)$	$3,33\theta$	---
PID	$1,2\tau/(k\theta)$	2θ	$0,5\theta$

- **Simulação do Sistema:** realizar o ensaio, utilizando o diagrama completo no Simulink

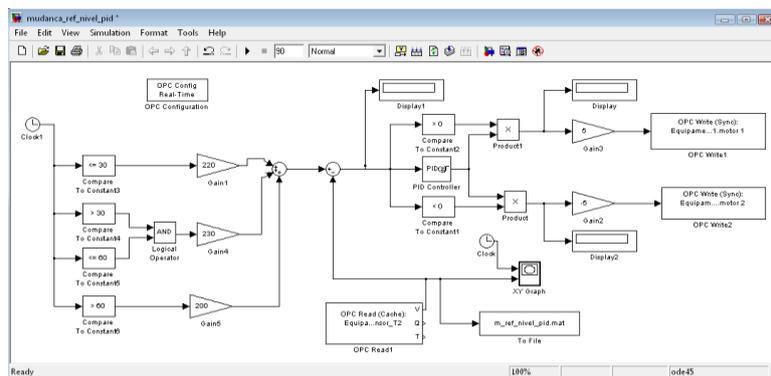


Figura 8 - Topologia para controle de nível no Módulo, utilizando o Simulink

5. SIMULAÇÕES E RESULTADOS

Utilizando-se os procedimentos descritos, são apresentados os resultados dos ensaios utilizando controladores P, PI e PID posicionais digitais. A Resposta ao Degrau é apresentada na "Figura 9", onde as características integradoras do processo de nível são evidentes:

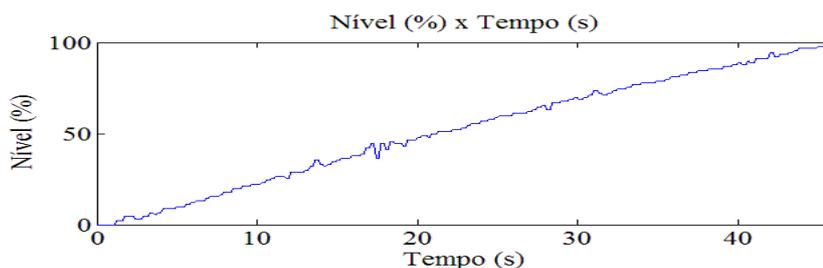


Figura 9 - Resposta ao Degrau do Módulo Físico

A partir destes resultados, os parâmetros de sintonia são mostrados na "Tabela 2":

Tabela 2. Sintonia dos controladores PID

Controlador	K_p	K_i	K_d
P	0,4525	-	-
PI	0,4073	0,0111	-
PID	0,543	0,0247	2,9867



Calculados os parâmetros, pode ver o resultado do controle, para diferentes variações de referência do nível do sistema, para as três estruturas de controlador utilizadas ("Figura 10"):

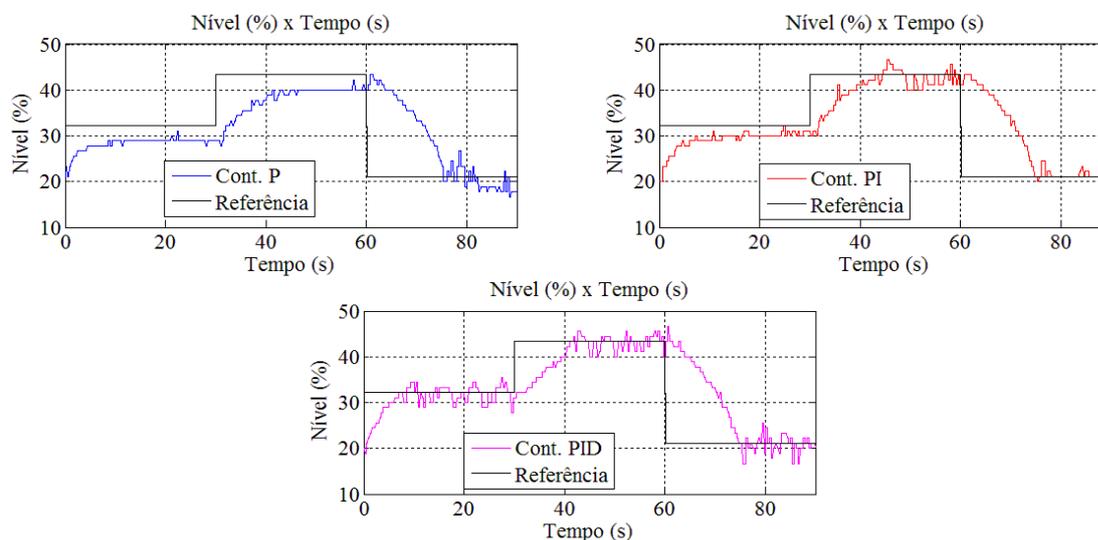


Figura 10 - Controle de Nível do módulo: P, PI e PID

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reestruturação do curso de Engenharia Elétrica da UFJF, com criação da Habilitação Robótica e Automação Industrial, colocou questões associadas à relação ensino-aprendizagem e estabelecimento de novas posturas metodológicas, dentro de uma visão diferenciada, para a aprendizagem dos conteúdos associados ao controle de processos industriais. Buscando responder esta questão, alargando os horizontes da educação em controle e integrando o processo de projeto de controladores, em um equilíbrio entre os conteúdos matemáticos e as práticas laboratoriais, propôs-se a construção de um Módulo Laboratorial com características abrangentes, que possibilitasse o contato dos estudantes com as novas tecnologias presentes nos cotidianos industriais, especialmente questões associadas à comunicação de dados, interfaces, compatibilidade e portabilidade de dispositivos de fabricantes distintos; que utilizasse práticas clássicas e avançadas de modelagem e identificação de processos, permitisse uma interatividade entre os procedimentos teóricos, fundados nos cálculos matemáticos, e sua aplicabilidade prática; refletisse as complexidades presentes, na atualidade, nos processos industriais e vivenciadas pelos engenheiros de controle, tais como interatividade entre malhas de controle, não linearidades, processos integradores e atrasos de transporte e, adicionalmente, tivesse características de portabilidade, replicabilidade simplicidade de manuseio e, principalmente, custos de produção e utilização factíveis.

O módulo desenvolvido, descrito no trabalho, possibilita a realização de práticas laboratoriais com uma visão diferenciada para a educação em controle de processos industriais, tanto em configuração SISO - "Single-input and Single-output" como MIMO - "Multiple-Input and Multiple-Output", de malhas de nível de fluidos, integrativas, e de temperatura, com grande atraso de transporte, através da utilização de um sistema supervisorio; aspecto importante é o fato da comunicação do sistema físico ser efetuada com o protocolo de comunicação "OBJECT LINKING AND EMBEDDING FOR PROCESS



CONTROL - OPC", uma ferramenta atual, inovadora, de aplicação típica no ambiente industrial, desenvolvida pelos fabricantes para atender à necessidade da indústria de facilitar a comunicação, em tempo real, entre dispositivos industriais de procedências e características distintas, reduzindo custos e aumentando a eficiência dos processos.

O sistema supervisorio desenvolvido possibilita que os alunos realizem procedimentos de identificação de modelos reduzidos para as malhas, estudo de interatividade com identificação da Matriz RGA – “*Relative Gain Array*”, utilização de estratégias de controle diferenciadas, envolvendo os passos necessários à sua sintonia e procedimentos de diagnóstico e otimização das malhas. Ainda como alternativas, o módulo possibilitará a identificação de modelos através dos métodos clássicos, tais como a curva de reação e resposta impulsiva, e identificação por equações a diferença, tanto em procedimentos *off-line* como *on-line*, para processos estacionários e não-estacionários. Em relação às técnicas de controle o módulo permite a utilização de posturas de controle tanto clássicas, englobando o controlador de três modos P+I+D, bem como modernas, abrangendo estratégias de alocação de pólos e os controladores baseados em modelo com capacidade de predição, entre outros.

Um exemplo de controle de uma malha de nível, para efeitos ilustrativos, é apresentada ao final do trabalho. Novos procedimentos estão em implementação buscando disponibilizar o módulo para diversas práticas do curso na área de controle de processos industriais.

7. AGRADECIMENTOS

Ao programa PET-MEC e CAPES

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTROM, K. J.; HAGGLUND, T. H. PID Controllers, Theory, Design and Tuning.. ed. ISA: The Instrumentation, System, and Automation Society, 1995.

ATOS AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, **Curso básico de Controladores Programáveis**. Disponível em: <<http://www.atos.com.br>>. Acesso em: 13 de maio 2012.

BENCOMO, S. D., **CONTROL LEARNING: PRESENT AND FUTURE**. Disponível em:<<http://www.nt.ntnu.no/>> Acesso em: 8 de junho de 2012.

BOFF, S. G. et al. Aplicação de um SCADA a uma unidade experimental de coluna de destilação. **Anais: 3º Congresso Brasileiro de P&D Em Petróleo E Gás**. Salvador, 2005.

BRASIL. Decreto n.º 6.096, de 24 de Abril de 2007, Institui o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais - REUNI. Presidência da República - Casa Civil, Brasília, DF, 24 abril 2007.

BROSILOW, C.; BABU, J. Techniques of Model-Based Control. ed. Prentice Hall International Series: New Jersey, 2002.

CAMPOS, M. C. M. M.; TEIXEIRA, H. C. G. Controle Típico de Equipamentos e Processos Industriais. ed. Edgard Blücher: São Paulo, 2007.

COELHO, A. A. R.; COELHO, L. S. Identificação de Sistemas Dinâmicos Lineares. ed.UFSC, 2004.

FREESCALE SEMICONDUCTOR. **Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, temperature Compensated and Calibrated**. Disponível em: <<http://www.freescale.com>> Acesso em: 23 de abril de 2012.



- GOMES, F. J.; SILVEIRA, M. A. Experiências Pedagógicas In: Manual de Automação e Controle, São Paulo SOCIEDADE BRASILEIRA DE AUTOMÁTICA, 2007.
- GOMES, F. J.; CARVALHO, H. H. B. Educação em Controle e Automação em Ambiente Adverso: Estudo de Caso de uma Experiência Tutorial. **Anais: XVI CBA**, Salvador. 2006.
- GUTIERREZ, R. M. V.; PAN, S. S. K. **Complexo Eletrônico: Automação do Controle Industrial** Disponível em: < <http://www.bndes.gov.br/> Acesso em: 23 de maio de 2012.
- NATIONAL SEMICONDUCTOR, LM35: Precision Centigrade temperature Sensors. Disponível em: < <https://www.national.com/ds/LM/LM35.pdf> > Acesso 9 de junho de 2012.
- OPC FOUNDATION, **What is OPC?**. Disponível em: <<http://www.opcfoundation.org/> > Acesso em: 12 de maio de 2012.
- SCHNEIDER, **Controlador Programável MPC4004**. Disponível em:< <http://www.downloads.schneider-electric.com/> > Acesso em: 9 de junho de 2012.
- SEBORG, D. E.; MELLICHAMP, D. A.; EDGAR, T.F. , DOYLE III, F. J. Process Dynamics and Control. ed. John Willey & Sons, 2011.
- THE MATHWORKS Inc. **Read and write data from OPC servers and data historians**. Disponível em: <<http://www.mathworks.com/>> Acesso em: 23 de maio de 2012.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA (UFJF), **Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UFJF**. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engenhariaeletrica/> > Acesso em: 8 de junho de 2012.
- WADE, H. L. Basic and Advanced Regulatory Control: System Design and Application. ed. Instrumentation System, 2004.
- ZIEGLER, J. G.; NICHOLS, N. B. Optimal settings for automatic controllers. ed. Transactions of the ASME, 1942.

BECOMING PROCESS CONTROL EDUCATION MORE REALISTIC: THE USE OF THE OPC PROTOCOL

Abstract: *This work has as its primary focus to present a methodology for the teaching and the research of process control, through the communication protocol "Ole for Process Control" (OPC) and the laboratory module developed for these objectives comprehensively. Will be presented during the development of this article a brief introduction that discusses a background in engineering education and, consequently, the motivation of the proposed methodology. In sequence would be described the physical system used and the communication of the whole system, which refers to the communication protocol, the members of the system and software, as well as topics that will provide the reader learning about it in a practical and theoretical. Next will be exposed to teaching method, by studying the dynamics of a system level of a water reservoir, that it will be submitted to the changes of reference and controllers P, PI and PID digital position, in order to evaluate the proposal methodology that can be used more widely with respect to the engineering education process control and automation. Finally, some conclusions will be made to the senders of this work.*

Key-words: *Education Control, OPC Protocol, PID Controllers, Process Control.*