



## ENSINO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA AO CONTROLE DE PROCESSOS ATRAVÉS DO MATLAB E DE UM MÓDULO LABORATORIAL DE BAIXO CUSTO

**Accacio Ferreira dos Santos Neto** – accacio\_ferreira@yahoo.com.br

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

Campus universitário, Bairro Martelos

CEP: 36036-330 – Juiz de Fora - MG

**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

**Flávio de Sousa Barbosa** – flavio.barbosa@ufjf.edu.br

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

Pós-Graduação em Modelagem Computacional

Campus universitário, Bairro Martelos

CEP: 36036-330 – Juiz de Fora - MG

**Francisco José 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

**Resumo:** Este trabalho tem como propósito apresentar uma nova metodologia de ensino de eficiência energética aplicada ao Controle de Processos, onde que a aferição energética é feita com o auxílio do software Matlab, tendo como elementos físicos um Controlador Lógico Programável (CLP) e um módulo laboratorial de estudo do nível de um reservatório de baixo custo. Em suma tem-se como objetivo principal proporcionar aos professores de engenharia mais uma forma de agregar conhecimentos à formação dos futuros profissionais, sendo uma nova alternativa para a ensino e a pesquisa de eficiência energética ao que tange às aplicações na área de Controle de Processos e Automação. No que refere-se ao desenvolvimento deste trabalho, será exposto todo o processo necessário para a replicação dos resultados, de modo que será abordado em tópicos subsequentes à breve introdução, o sistema físico, os procedimentos necessários para realizar a comunicação entre o Matlab e o módulo físico e, bem como, a metodologia de ensino proposta. Como validação será apresentado um estudo de caso e, finalizando, serão apresentadas as considerações finais.

**Palavras-chave:** Eficiência energética, Educação em controle, Matlab e Técnicas de controle.

Realização:

 **ABENGE**

Organização:



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



## 1. INTRODUÇÃO

Durante várias gerações, a preocupação principal dos engenheiros, construtores, técnicos, entre outros foi proporcionar o bem estar à população, através do desenvolvimento técnico/tecnológico. No decorrer desse tempo, exposto ao desenvolvimento das áreas de conhecimento, o bem estar social não se conciliava com o uso racional dos recursos naturais, adotando-se a prática do desperdício, desconsiderando a otimização dos sistemas. Nas últimas décadas, tornou-se evidente, com a globalização, a ameaça da escassez dos recursos, e principalmente com as políticas ambientais, que o foco mudou, priorizando a racionalização, a segurança e o meio ambiente (PANESI, 2006). Como exemplo atual desta tendência, pode-se citar a Conferência Mundial RIO+20, que tem como compromisso assegurar um comprometimento político renovado com o desenvolvimento sustentável, avaliar o progresso, entre outros aspectos (GOVERNO FEDERAL, 2012).

Neste cenário, grandes desafios surgem, impulsionando o desenvolvimento de novas tecnologias e metodologias, que necessitam de profissionais cada vez mais capacitados para lidar com questões técnicas associadas aos conceitos de desenvolvimento sustentável.

Como exemplo deste movimento, na área de educação, pode-se citar as "*International Conferences on Engineering Education in Sustainable Development*", ocorridas em 2002 e 2004, que enfatizaram que a educação de engenharia devia ser orientada para o desenvolvimento sustentável e promover atitudes ambientalmente conscientes, habilidades e padrões de comportamento, bem como um senso de responsabilidade ética. A declaração da conferência de 2004 reafirmou que, "a Engenharia tem respondido às necessidades da sociedade e, sem dúvida, a sociedade de hoje exige um novo tipo de engenheiro". Declarou ainda que "as universidades devem redirecionar o processo ensino-aprendizagem, a fim de tornarem-se agentes de mudança reais, capazes de fazer contribuições significativas através da criação de um novo modelo de sociedade. Responder à essas mudanças é uma parte fundamental do papel da universidade na sociedade" (DESHA *et. al*, 2007).

Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo apresentar uma nova metodologia de ensino de eficiência energética, que propicia aos professores uma maneira de expor conteúdos teóricos por meio de ensaios práticos, conciliando softwares e protocolos de comunicação modernos, ao alcance dos estudantes. Evidencia-se que a maior acessibilidade aos computadores e às grandes inovações da indústria de softwares fornece, especialmente no que tange à educação em engenharia, meios de ensino de grande potencial e que estão sendo cada vez mais utilizados, seja na indústria ou no meio acadêmico, como é o caso do Matlab® (THE MATHWORKS, 2012) - utilizado neste trabalho. Associado, ainda, ao objetivo deste artigo será apresentado um módulo laboratorial que permite a realização do controle de nível de um reservatório de água, com a característica de baixo custo financeiro e de fácil estruturação, pelo fato de que muitos dos principais componentes podem ser elementos de origem reciclável.

No que refere-se ao estudo da eficiência energética que será apresentado o controle de nível do reservatório mediante o controlador PID e o consumo energético, descrevendo os algoritmos e a metodologia para tal designo.

Quanto à organização, o presente trabalho desenvolve sua apresentação por meio de uma breve introdução e, em sequência, a descrição do módulo laboratorial de baixo custo, ressaltando as características principais. Em seguida aborda-se o emprego do Matlab® (THE MATHWORKS, 2012) ao ensino de eficiência energética aplicado ao controle de processos. Na sequência apresenta-se os resultados de alguns ensaios avaliando a eficiência energética de



diferentes técnicas de controle aplicadas ao módulo. Finalizando, serão apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido.

## 2. MÓDULO LABORATORIAL DE BAIXO CUSTO

O Módulo laboratorial, utilizado neste artigo, possui como escopo o estudo do controle do nível de um reservatório de água, sendo a variável nível de grande importância na indústria, onde se apresenta em variados processos industriais (CAMPOS, 2007); sendo que, quando o controle é realizado inadequadamente pode acarretar perdas na produção ou até diminuir a vida útil de equipamentos. Além destes aspectos, o desenvolvimento deste módulo vislumbra propiciar a facilidade de um estudante ou professor de estudar e realizar pesquisas relacionadas ao Controle de Processos, de forma simples e de baixo custo, pois observa-se que os altos preços dos módulos normalmente utilizados em laboratórios no meio acadêmico. Advertindo que o baixo se deve à estrutura do sistema elaborado, que não ultrapassa os R\$80,00; o que contempla os suportes de madeira, as mangueiras, os reservatórios, as eletrobombas e o sensor de nível, os quais serão descritos com maior riqueza de detalhes posteriormente.

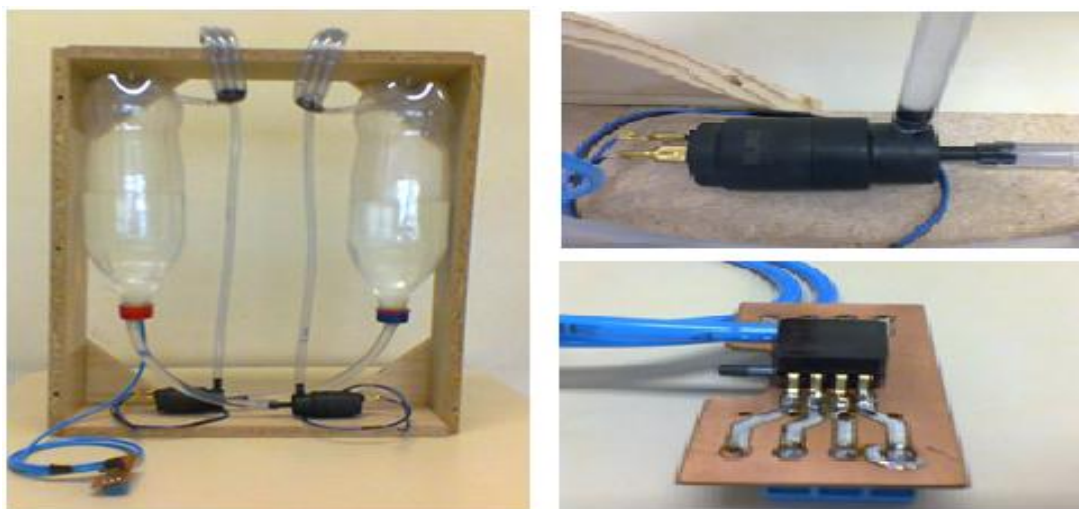


Figura 1. Módulo laboratorial de baixo custo, o sensor de nível e a eletrobomba

Como podemos observar, na "Figura 1", o sistema é composto por: 2 reservatórios, 2 eletrobombas, exemplificadas no lado direito e superior da figura, e 1 um sensor de nível, também exemplificado no lado direito e inferior da figura. Como características principais podemos descrever o seguinte:

**Reservatórios:** O reservatório da esquerda constitui-se de garrafa pet com capacidade de armazenamento de 1,5 litros, sendo designado para controle de nível, por meio de um sensor adequado, de forma que o tanque sofre a interação com o reservatório situado à direita através das eletrobombas, sendo que uma adiciona e a outra retira água; o reservatório da direita é utilizado apenas como reservatório.



**Eletróbombas:** As eletróbombas em uso são denominadas no mercado como bombas de esguicho, possuindo uma alimentação de 12V e uma vazão nominal de aproximadamente 0,135 litros/s, que propicia uma dinâmica interessante ao processo de controle em estudo.

**Sensor de nível:** O sensor de nível é um sensor de pressão monolítico de silicone, o qual o fabricante é a Freescale Semiconductor e o número de série deste transdutor é MPXV5004DP. Este transdutor converte as pressões medidas nas entradas fornecendo um sinal de tensão proporcional a diferença de pressão, onde a faixa de pressão e tensão são de 0 a 40 cm H<sub>2</sub>O e de 0 a 4,9V, respectivamente (FREESCALE SEMICONDUCTOR, 2012).

### 3. MATLAB APLICADO AO ENSINO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Conforme já explicitado anteriormente, a proposta deste trabalho tem como desígnio apresentar uma metodologia de ensino de eficiência energética aplicada a controle de processos, com o auxílio de um software chamado Matlab® (THE MATHWORKS, 2012). Para isso, utilizou-se o módulo laboratorial e um Controlador Lógico Programável (CLP) da Atos, o qual fornece um software do tipo servidor Ole for Process Control (OPC), que gerencia as informações e as fornecer por meio do protocolo OPC. O Matlab insere-se ao processo como um cliente do servidor do CLP, estabelecendo, então, uma relação cliente-servidor, ilustrada na "Figura 2".

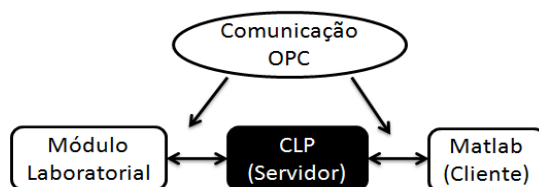


Figura 2. Comunicação do sistema

Neste contexto, os próximos tópicos descreverão alguns dos principais conceitos sobre o protocolo OPC, o CLP utilizado e a aplicação do Matlab ao ensino de eficiência energética.

#### 3.1. Protocolo OPC

O Protocolo OPC é um protocolo de comunicação de dados, o qual o OPC é o acrônimo de "OLE for Process Control", que permite, a partir de um conjunto de regras, a comunicação entre aplicações com softwares distintos (OPC FOUNDATION, 2012). Este protocolo foi desenvolvido por líderes da rede de fornecedores de automação em cooperação com a Microsoft, com o objetivo de facilitar a comunicação entre os dispositivos de diferentes fabricantes e redução de custos, os quais relacionam-se com a integração destes sistemas.

De maneira concisa, pode-se fazer uma comparação entre o antes e após o desenvolvimento deste. Antes do OPC eram necessários softwares auxiliares caso houvesse a necessidade de comunicação entre dispositivos diferentes, além da demanda de um *driver*, associado ao dispositivo de campo, e um software de interface, o que é evitado após a utilização da tecnologia OPC, o que a "Figura 3" ilustra de forma comparativa.

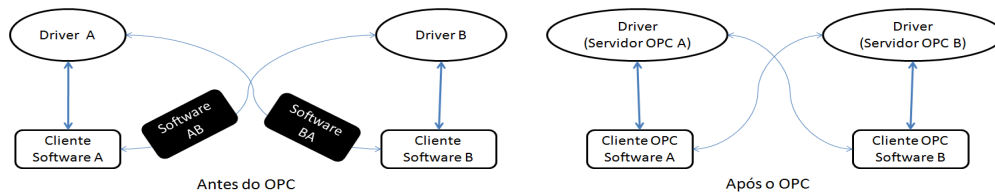


Figura 3. Antes e após o utilização do Protocolo OPC

### *Estrutura do Protocolo OPC*

O Protocolo OPC possui uma estrutura hierárquica para a permuta de informações entre o Cliente e o Servidor. Sua estrutura tem como elementos básicos o servidor OPC, o grupo e o item. O servidor OPC, como o próprio nome indica, serve aos clientes por meio da padronização OPC, além de possibilitar o armazenamento das informações obtidas do sistema associado; Já o grupo é um objeto de hierarquia inferior ao Servidor, que permite um mecanismo para armazenar e organizar os itens a ele associados; Os itens são objetos que representam as conexões aos dispositivos no chão de fábrica, de forma que o acesso a qualquer um desses é realizado através do grupo associado (OPC FOUNDATION, 2012).

### *Como utilizar o protocolo OPC*

Para a utilização desta tecnologia, em aplicações específicas, faz-se necessário o fornecimento do servidor OPC pelo fabricante do dispositivo de interesse, como um CLP, por exemplo, e um software que se comunique por meio do protocolo como cliente, de modo que o servidor forneça as informações de acordo com a configuração ajustada.

Sumariamente, pode-se descrever as principais características para a configuração do cliente e servidor:

- **Servidor:** O servidor OPC é responsável por definir as três configurações básicas para a conexão com o cliente, tais como: configuração do grupo (ou porta), parâmetros e os itens (*tags*).
- **Cliente:** Cada cliente OPC (Matlab®, Matrikon, ou desenvolvidos em linguagens de programação como Java, C++, entre outros) pode apresentar diferentes maneiras de configurações. Como exemplo segue a "Figura 4" a qual foram definidos três grupos (Grupo1 - Motor, Grupo 2 - Tanque 1 e Grupo 3 - Tanque 2) com seus respectivos itens ou variáveis do sistema.

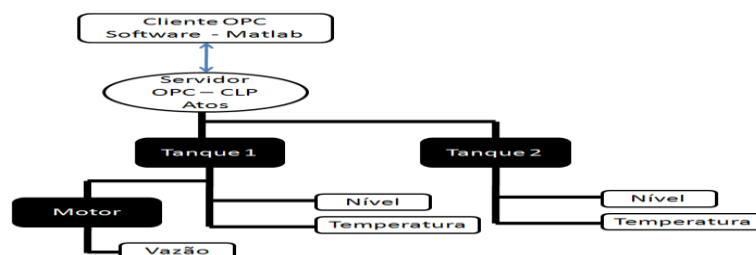


Figura 4. Exemplo da estrutura de um Cliente OPC



### 3.2. Controlador Lógico Programável - CLP

De forma sintetizada, os CLP's são equipamentos eletrônicos microprocessadores que assumem funções de controle, utilizando uma memória programável para armazenamento de instruções que são passadas por meio da linguagem Ladder. Tais dispositivos foram desenvolvidos no final dos anos 60 para atender as necessidades das indústrias de automobilismo, que possuíam toda a lógica combinacional de funcionamento das linhas de produção, baseadas em grandes quadros de comando constituídos por relés. Possuem como principais implementações a lógica, o seqüenciamento, a temporização, a contagem, controle PID, intertravamentos, operações aritméticas, entre outros. Tais intrusões são destinadas a comandar e monitorar máquinas ou processos industriais através de módulos de entrada / saídas analógicas ou digitais. (ATOS AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, 2012).

Ao que remete a este artigo, este equipamento se integra ao sistema de modo que tem como escopo realizar a função de Servidor OPC, possibilitando a troca de informações entre o módulo laboratorial - computador e a intervenção no sistema por meio das informações provenientes do Cliente OPC; Advertindo que tais funções apenas são possíveis em detrimento do fornecimento pelo fabricante do CLP em uso. Como exemplificação utilizou-se o CLP da Atos MCP 4004 (SCHNEIDER, 2012).

### 3.3. Matlab e a eficiência energética

O Matlab® é um software matemático interativo, que tem sua grande utilização na educação e na formação de estudantes de engenharia. Este é composto por um módulo matemático básico ao qual se podem agregar várias caixas de ferramentas ou toolbox que auxiliam em diversas aplicações (THE MATHWORKS, 2012).

Dentre as muitas utilidades deste software, há a possibilidade da comunicação, por via serial, através do protocolo OPC, de modo que permita a conexão a Servidores OPCs que estiverem instalados no computador, realizando o papel do Cliente OPC; permitindo o processamento dos dados, fornecidos pelo servidor, por diversas formas como: linha de comando, *opctool*, *simulink*, entre outras.

O que é torna este *software* de fato interessante é o aspecto de que todo o tratamento pode ser feito em tempo real, permitindo modelar, analisar e simular sistemas dinâmicos para aplicações diversas.

Neste contexto, o Matlab® é utilizado neste trabalho, de modo que permite o desenvolvimento de novas metodologias para o ensino, conciliando os conceitos teóricos e a prática desses; sendo a eficiência energética umas das aplicações, a partir da possibilidade da correlação entre as leituras obtidas do servidor, software do servidor, e a energia consumida. Como prosseguimento, a próxima sessão abordará tais questões.

## 4. METODOLOGIA

No que tange ao objetivo principal do desenvolvimento trabalho, o estudo de eficiência energética de um sistema, como o módulo apresentado, é possível a partir do momento em que a comunicação e o controle do sistema são realizados de forma satisfatória. O cálculo energético insere-se como o próximo passo, com a correlação entre as informações do sistema, obtidas por meio dos softwares, já descritos anteriormente, e a energia associada.



De forma simplificada necessita-se realizar os seguintes passos:

- Ajustar a Configurações do software servidor e cliente OPC;
- Fazer o levantamento da curva energética do dispositivo e a correlação entre as informações obtidas;
- Escolher uma técnica de controle
- Simular o sistema via Matlab

A fim de tornar a proposta deste trabalho mais clara será apresentado nos itens seguintes os passos necessários para a estimativa do consumo energético, através do sistema já descrito pelas sessões anteriores, apresentando de forma ilustrativa os passo necessários para a realização das simulações descritas no estudo de caso.

#### 4.1. Configuração dos softwares Servidor e Cliente

A configuração dos softwares que tem como objetivo fazer a comunicação do sistema. O usuário deve atentar-se para o correto ajuste das variáveis do sistema, realizando a configuração do servidor, como os seguintes parâmetros: o tipo de dado, o tempo de atualização (tempo de amostragem), o tamanho da informação, etc., como ilustra o lado esquerdo da "Figura 5". No entanto, o Cliente tem como necessidade saber como e o que acessar/enviar para o Servidor, de modo coerente com as configurações do Servidor. No lado direito da "Figura 5" tem-se a devida representação.

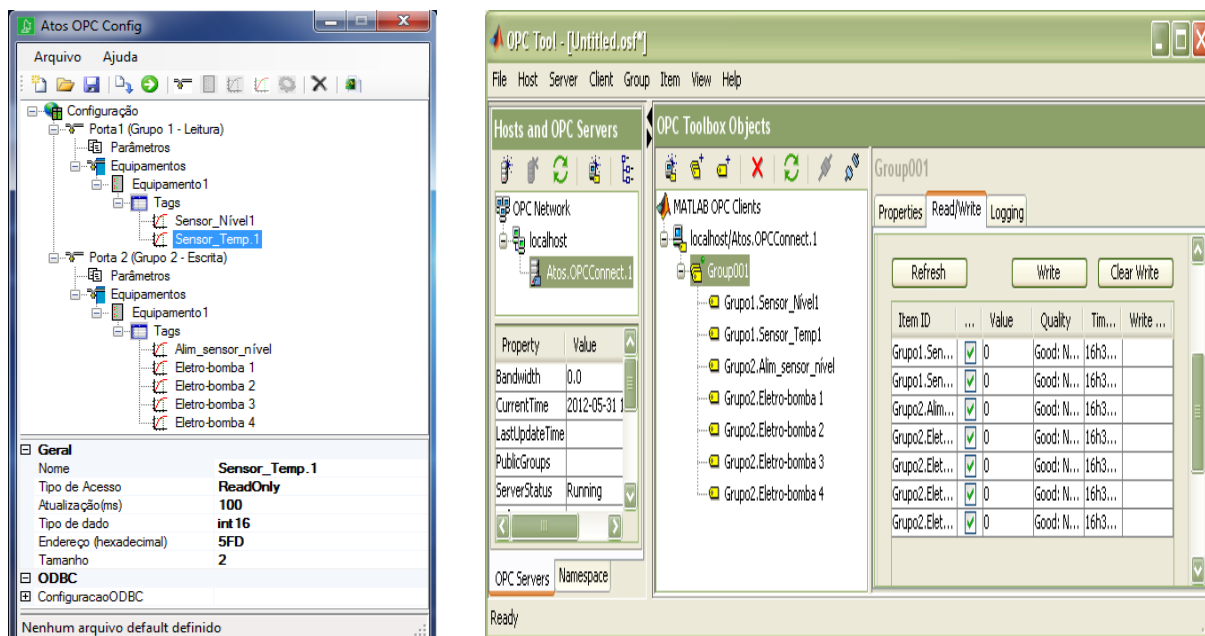


Figura 5. Configuração do Servidor (lado esquerdo) e do Cliente OPC (lado direito)



## 4.2. Levantamento da curva de correlação entre o sinal de comando e a potência

O levantamento da curva de potência de um dispositivo deve ser feita de modo que esta possibilite inferir uma correlação entre o comando e a potência relacionada. Com o objetivo de apresentar uma estimativa de consumo energético do controle de nível de um reservatório de água, mediante métodos de sintonia do controlador PID diferentes, realizou-se um ensaio com uma das eletrobombas do módulo, sendo ambas "iguais".

A Curva foi levantada a partir da variação do ajuste do sinal de controle do CLP, de Volt em Volt, e a observação da corrente feita por um amperímetro, sendo que, posteriormente, a leitura é multiplicada pela tensão de alimentação da eletrobomba, o que resulta na potência associada a um possível sinal de controle.

Para uma estimativa mais apurada fez-se necessário ampliar o conjunto de dados, sendo que estas informações serão importantes para a consulta da potência utilizada em certo instante de tempo de controle. Esta ampliação do conjunto de dados pode ser alcançada por meio de uma interpolação linear a cada dois pontos consecutivos, que como exemplo utilizou-se um acréscimo de 100 pontos entre cada dois pontos consecutivos. Na "Figura 6" tem-se o ensaio e a curva utilizada para fazer-se a correlação do comando do CLP e a potência correlata.

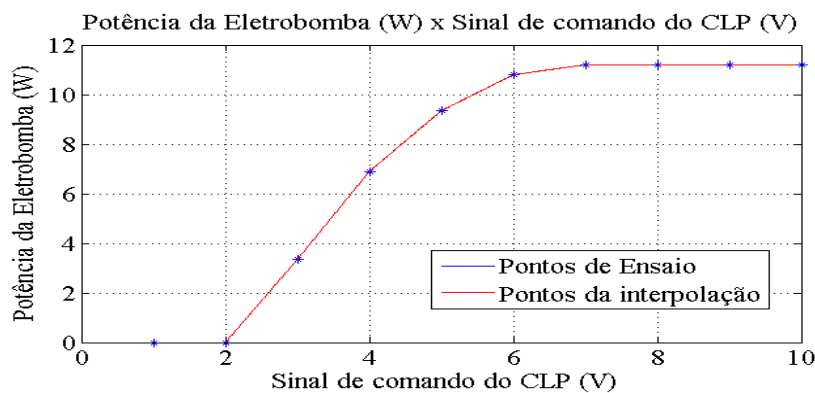


Figura 6. Curva de Correlação da Potência da Eletrobomba e do Sinal de comando do CLP

## 4.3. Técnica de controle aplicada ao sistema

Para o controle do sistema, seja o nível do reservatório, como exemplo, deve-se escolher uma técnica de controle. Dentre muitas, pensando na simplicidade e na facilidade, a técnica elegida para ser aplicada junto aos dados fornecidos pelo servidor OPC foi o controlador PID, técnica amplamente divulgada no meio acadêmico e industrial. A fim de utilizar a técnica deve-se obter os parâmetros da função de transferência, com objetivo de determinar os parâmetros do controlador PID (ASTROM *et al.*, 1995), como os passos a seguir:

**Obter a função de transferência do sistema:** Para determinar-se a função de transferência do sistema em estudo, dentre alguns métodos, é muito comum a aplicação do Método da





Resposta ao Degrau, em virtude de sua funcionalidade, simplicidade e robustez. Para este objetivo, uma maneira de aplicação, seria aplicar a carga nominal máxima da variável relativa à entrada do sistema e observar-se a variação do sistema, onde, logo depois, se obtém os parâmetros da resposta obtida, como a "Figura 7" que apresenta tanto a questão teórica quanto o resultado obtido para o sistema de nível de um das garrafas pets do módulo. De modo que os parâmetros determinados pelo método são: o tempo morto ( $\theta$ ), a constante de tempo ( $\tau$ ), o ganho do processo ( $k$ ), que é a relação entre a resposta estacionária ( $y_{ss}$ ) e o degrau aplicado;

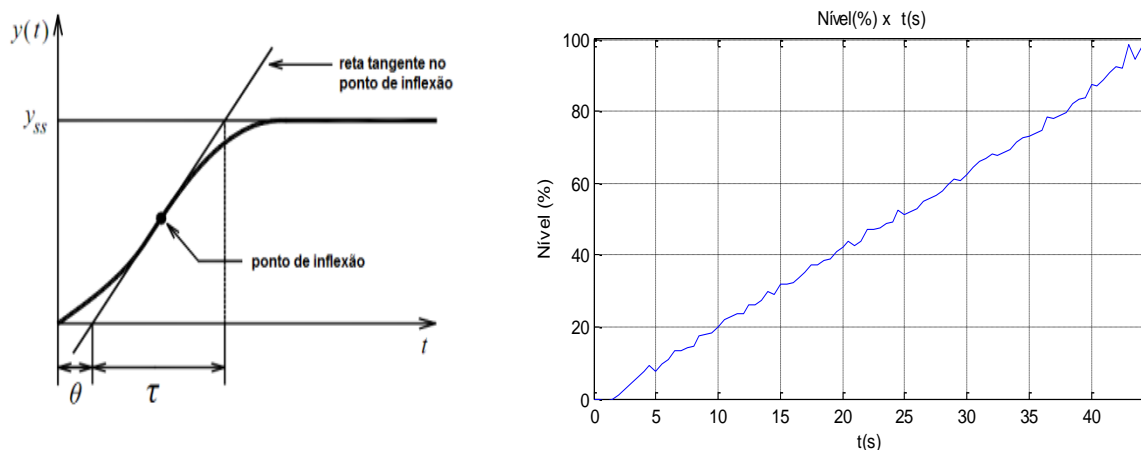


Figura 7 - Curva da Resposta ao Degrau teórica e o resultado obtido

**Calcular os parâmetros dos Controladores:** Para a determinação dos parâmetros dos controladores deve-se escolher um método de sintonia. Como exemplo foi escolhido os métodos de sintonia de Ziegler e Nichols (ZIEGLER & NICHOLS, 1942) e de Cohen e Coon (COHEN & COON, 1953), "Tabela 1".

Tabela 1. Sintonia dos controladores PID analógicos

-	Parâmetros do PID		
Controlador	$K_p$	$T_i$	$T_d$
Ziegler & Nichols	$1,2.\tau.(k\theta)^{-1}$	$2.\theta$	$0,5.\theta$
Cohen & Coon	$1,35\left(\frac{\tau}{\theta}\right) + 0,27$	$\frac{2,5\left(\frac{\theta}{\tau}\right)\left(1 + 0,5\left(\frac{\theta}{\tau}\right)\right)}{0,6\left(\frac{\theta}{\tau}\right) + 1}$	$\frac{0,37\left(\frac{\theta}{\tau}\right)}{0,2\left(\frac{\theta}{\tau}\right) + 1}$

Com os resultados obtidos por meio da simulação da "Figura 7" obteve-se a seguinte tabela. Ressaltando-se que deve ser feita um ajuste em para os controladores digitais (ASTROM *et al.*, 1995), sendo que o processo é de origem digital.



Tabela 2. Resultado da Sintonia dos controladores PID digitais

-	Parâmetros do PID		
Controlador	$K_p$	$T_i$	$T_d$
Ziegler & Nichols	0,1824	0,0061	1,3681
Cohen & Coon	0,4752	0,0129	2,6185

**Simulação do Sistema:** Através da posse da sintonia dos controladores pode-se realizar o ensaio do sistema submetido, por exemplo, a variação da referência de nível. Na “Figura 8”, podemos observar o diagrama do sistema simulado no Simulink.

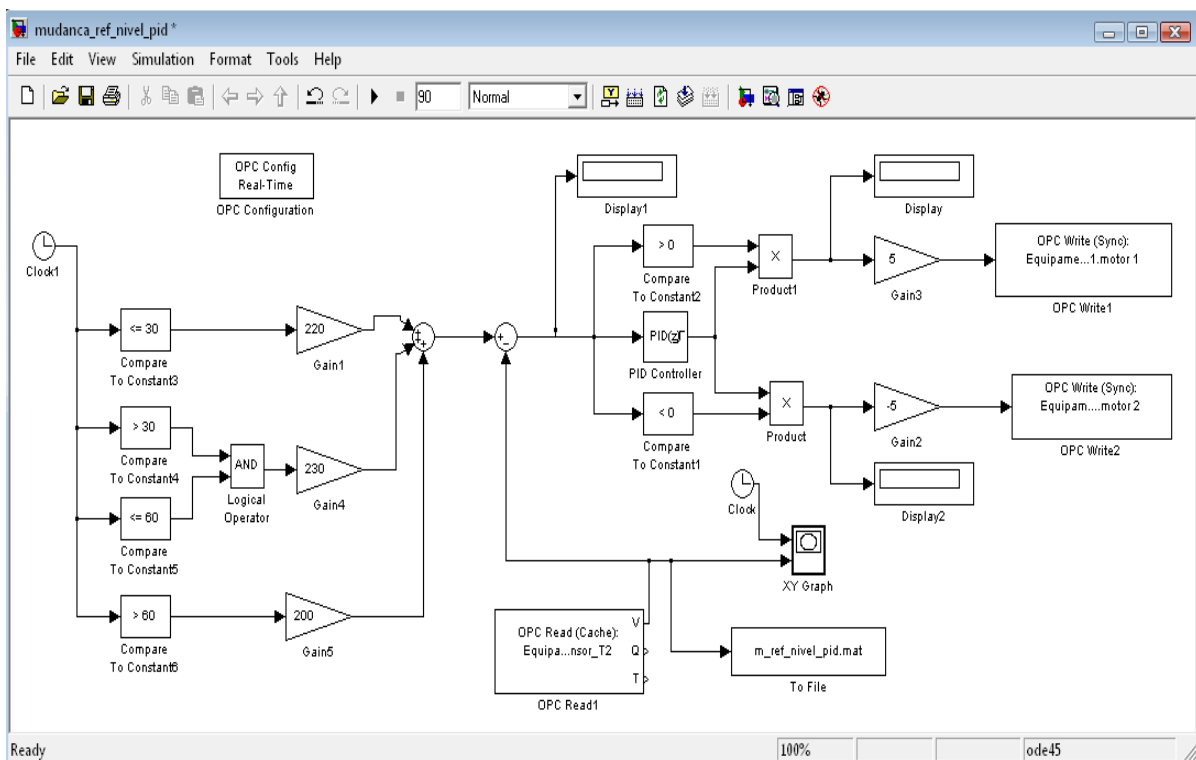


Figura 8 - Simulação do controle nível do reservatório - Simulink

## 5. ESTUDO DE CASO

Como estudo de caso, o sistema foi submetido a uma variação da referência de nível, "Figura 8", e foram obtidos os seguintes resultados, como consequência de todos os procedimentos descritos na sessão anterior.

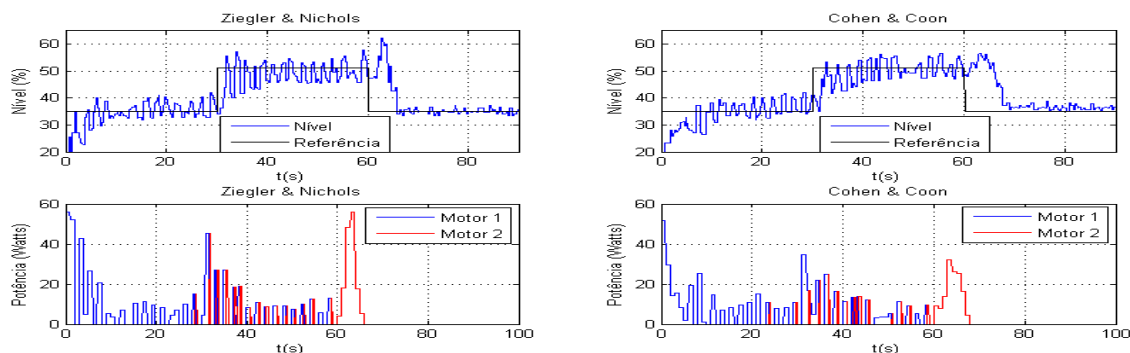


Figura 9. Controle de Nível do reservatório submetido a variação de referência

Por meio da integração da área abaixo da curva de potência dos dois motores pode-se obter os seguintes resultados:

Tabela 3. Resultado da Sintonia dos controladores PID digitais

Método de Sintonia	Ziegler & Nichols	Cohen & Coon
Consumo energético (Motor 1+ Motor 2)	59,20 Watt-hora	56,29 Watt-hora

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados apresentados tem-se uma melhor compreensão da metodologia proposta. Percebe-se que o módulo de baixo custo e o software Matlab são úteis para a estimação da energia despendida por determina técnica de controle, demonstrando que a metodologia empregada, desde os elementos físicos até a escolha do uso do protocolo de comunicação, é válida.

Outro fator válido a ser ressaltado se remete ao módulo de baixo custo que mostrou sua utilidade e um meio para desenvolvimento de pesquisa e ensino, que muitas vezes se tornam áduos em decorrência dos altos custos das plantas didática oferecidas pelo mercado.

Em síntese, pode-se dizer que o desenvolvimento deste trabalho propicia aplicações não só para o ensino de eficiência energética, aplicada ao Controle de processos, mas sim de forma ampla para a educação em engenharia.

## 7. AGRADECIMENTOS

Ao programa PET-MEC e CAPES

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTROM, K. J.; HAGGLUND, T. H. PID Controllers, Theory, Design and Tuning.. ed. ISA, 1995.



- ATOS AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. **Curso básico de Controladores Programáveis, Ref.5-0026.110, Manual - Fevereiro/2006.** Disponível em: <<http://www.atos.com.br>>. Acesso em: 11 abril de 2012.
- CAMPOS, M. C. M. M.; TEIXEIRA, H. C. G. Controle Típico de Equipamentos e Processos Industriais. ed. Edgard Blücher: São Paulo, 2007.
- COHEN, G. H.; COON, G.A.. Theoretical Consideration of Retarded Control. ed. Trans. ASME, 1953.
- DESHA, C. J. K; HARGROVES, K. C.; SMITH, M. H.; STASINOPOULOS, P. The Importance of Sustainability in Engineering Education: a Toolkit of Information and Teaching Material, **Engineering Training & Learning Conference**, WIFI ALLIANCE. Wifi Alliance. Disponível em:<<http://www.wi-fi.org>> Acesso em: 13 nov. 2011.
- FREESCALE SEMICONDUCTOR. **Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, temperature Compensated and Calibrated.** Disponível em:<[http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MPXV5004G.pdf](http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPXV5004G.pdf)>. Acesso em: 23 de abril de 2012.
- GOVERNO FEDERAL. **RIO+20:Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em:<[http://www.rio20.gov.br/sobre\\_a\\_rio\\_mais\\_20](http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20)> Acesso em: 11 de junho de 2012
- OPC FOUNDATION, **What is OPC?.** Disponível em: <<http://www.opcfoundation.org/> > Acesso em: 23 de abril de 2012.
- PANESI, A. R. Q. Fundamentos de Eficiência Energética. ed. Ensino Profissional: São Paulo, 2006.
- SCHNEIDER, **Controlador Programável MPC4004.** Disponível em:<<http://www.downloads.schneider-electric.com/> > Acesso em: 9 de junho de 2012.
- ZIEGLER, J. G.; NICHOLS, N. B. Optimal settings for automatic controllers. ed. Transactions of the ASME, 1942.

## **TEACHING OF ENERGY EFFICIENCY APPLIED TO PROCESS CONTROL THROUGH MATLAB LABORATORY MODULE OF LOW COST**

**Abstract:** *This work aims to present a new methodology of teaching energy efficiency applied to Process Control, where the energy measurement is made with the aid of Matlab, with the physical elements of a Programmable Logic Controller (PLC) and a laboratory module study of the level of a reservoir of low cost. Briefly it has as main objective to provide engineering professors a way to add more knowledge to the training of future professionals, and a new alternative for teaching and research in energy efficiency when it comes to applications in the field of Process Control and Automation. Related to this work, will be exhibited throughout the process required for replication of results, so that subsequent topics will be covered in the brief introduction, the physical system, the procedures required to perform the communication between Matlab and the module and physical well as a teaching methodology proposal. As validation is presented a case study and, finally, will present the final considerations.*

**Key-words:** *Energy efficiency, education control, Matlab and Control Techniques.*