

LABVIEW COMO FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO, MONITORAÇÃO E CONTROLE DE PROCESSOS

Jenilson A. R. Campos - jenilsoncampos@ig.com.br

Universidade Federal do Pará - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Campus universitário do Guamá
00000-000 Belém-Pa

Lucélio A. G. Júnior - lucelio_junior@yahoo.com.br

Universidade Federal do Pará - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Campus universitário do Guamá
00000-000 Belém-Pa

Rosana P. O. Soares - rsoares@ufpa.br

Universidade Federal do Pará – Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação
Campus universitário do Guamá
00000-000 Belém-Pa

Resumo: *Este trabalho apresenta um aplicativo voltado ao auxílio do Ensino de Sistemas de Controle Clássicos e desenvolvido sob o software LABVIEW da “National Instruments”. O ambiente foi concebido de forma a permitir a simulação “animada” de plantas típicas utilizadas na literatura clássica da área de controle e automação de processos, incluindo módulos de instrumentação virtual em geral, como osciloscópio e gerador de função, e módulos que implementam ações de controladores do tipo PID (Proporcional + Integral + Derivativo). A ferramenta é um verdadeiro laboratório virtual para aplicação prática dos aspectos teóricos do Controle Clássico, onde podem ser exploradas características de processos simplificados largamente utilizados em indústrias. No texto são abordados: o controle de posição de esteiras acionadas por motores de corrente contínua, utilizado em sistemas de montagem, pintura e secagem e representado por um modelo de segunda ordem com um pólo na origem e o controle de nível de tanque de água corrente feito através de válvula controlada por motor DC, utilizado em criações de peixe em regime especial e representado por um modelo de terceira ordem com um pólo na origem. A contribuição da ferramenta está em possibilitar diferentes estratégias de planejamento e de ensino de forma que seja possível oferecer aos alunos os recursos de aplicação prática e a socialização de conhecimentos teóricos de forma a garantir melhorias compatíveis com o momento atual, tanto na formação básica como na formação especializada, sem com isso envolver grandes custos de investimento na montagem de experimentos de laboratórios convencionais.*

Palavras-chaves: Estratégia de Ensino, Controle de Processos, Laboratório Virtual, Simulação.

1. INTRODUÇÃO

No mundo atual onde as complexidades e exigências de rendimento e qualidade do trabalho e as decisões de operação ou de mudança de estratégias podem definir a existência ou

continuação de instituições, a disponibilidade de ferramentas que auxiliem o homem neste processo decisório se torna um fator preponderante para alavancar seu processo evolutivo.

As ferramentas de auxílio apresentam-se cada vez mais rebuscadas completando as necessidades e anseios de seus usuários. Neste contexto, o conceito de interatividade vem ganhando espaço, onde a apresentação e interfaces amigáveis são importantes para deixar os usuários mais à vontade e as simulações de situações reais constituem recurso valioso que auxilia decisões importantes, principalmente nas áreas que envolvem tecnologia.

Neste trabalho é apresentada uma ferramenta de auxílio ao processo ensino-aprendizagem, pesquisa ou ambiente de fábrica na área de controle e automação, onde através de simulações permite esclarecer o comportamento de sistemas clássicos de controle e da monitoração e controle por computador de sistemas de pequeno porte, facilitando dessa forma a familiarização do estudante ou operador com a dinâmica do processo em estudo ou operação (CAMPOS E JÚNIOR, 2001). Esta ferramenta foi desenvolvida sob o software LABVIEW 5.1, produto da “*National Instruments*”, que dispõe de um ambiente de programação com uma linguagem voltada ao desenvolvimento visual, bem como interfaces interativas que imitam na tela do computador os painéis de grandes equipamentos (BISHOP, 2000). O objetivo da ferramenta é atender à área de controle de sistemas, permitindo executar simulações de processos típicos com características industriais tanto em malha aberta como em malha fechada, com a opção de implementação da estratégia de controle tipo PID.

Nas seções subseqüentes as características das plantas com seus respectivos modelos e o software com seus recursos e potencialidades são apresentados. Em seguida, para demonstrar as funcionalidades do software no desenvolvimento de simuladores baseados em modelos matemáticos representativos de sistemas comuns são mostrados exemplos de simulações de processos típicos em malha aberta através do LABVIEW. A simulação da ação de controladores do tipo PID sobre os mesmos sistemas demonstrando as potencialidades do software na simulação de sistemas de controle em malha fechada, também é exemplificada.

Todos os resultados de experiências e implementações desenvolvidas com o aplicativo apresentado no texto foram validados com o software MATLAB, de uso comum e bastante utilizado em aplicações de engenharia.

2. PROCESSOS INDUSTRIAIS COM CARACTERÍSTICAS SIMPLIFICADAS

A finalidade deste tópico é apresentar as características de alguns dos processos simplificados largamente utilizados em indústrias e implementados na ferramenta proposta. Os processos aqui abordados encontram-se modelados por funções de transferência do tipo:

- a) Sistema de segunda ordem com um pólo na origem;
- b) Sistema de terceira ordem com um pólo na origem.

As funções de transferência estão associadas a um processo tipicamente industrial, tendo como principais variáveis a serem controladas: posição e nível, respectivamente.

2.1. Sistema de 2ª Ordem com um Pólo na Origem (OGATA, 1990).

Em sistemas de montagem, peças devem passar por processos de pintura e secagem como forma de acabamento do produto. Nestes sistemas as peças são conduzidas por uma única esteira movida por um motor, conforme diagrama esquemático mostrado na Figura 1.



Figura 1. Diagrama Esquemático do Sistema de Posição.

O processo consiste em deslocar a peça até a posição em que será executada a ação de pintura e posteriormente em outra etapa a ação de secagem. Na primeira etapa, o objetivo do

sistema é mover a esteira controlando a posição em que o motor pára de forma a garantir a pintura correta do objeto sob a esteira.

Um modelo para este tipo de processo, desprezando a inércia da carga (esteira + peça) em relação à inércia do motor, é representado no diagrama de blocos mostrado na Figura 2.

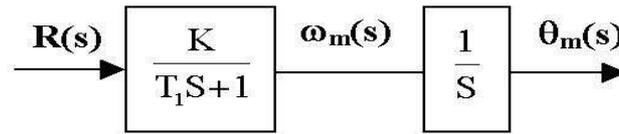


Figura 2. Diagrama de Blocos do Sistema de Posição.

onde:

$R(s)$: entrada (tensão)

$\omega_m(s)$: velocidade angular do eixo do motor

$\theta_m(s)$: posição angular do eixo do motor

T_1 : constante de tempo do motor+carga

K : ganho DC do motor

2.2. Sistema de 3ª Ordem com um Pólo na Origem ^{(KUO, 1982).}

A criação de peixes em cativeiro em geral dispõe de um tanque onde é necessário, para que haja o bom desenvolvimento dos peixes, que a água do mesmo seja corrente. A alimentação do tanque pode ser feita através de válvulas que estão conectadas a um reservatório elevado de água o qual é acionado por um motor que abre ou fecha as válvulas de ligação conforme diagrama esquemático mostrado na Figura 3.

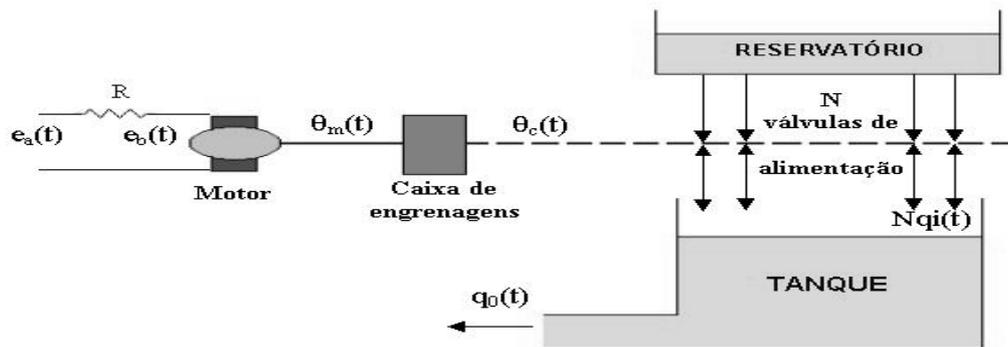


Figura 3. Diagrama Esquemático do Sistema de Nível.

Para que este sistema funcione de forma adequada é necessário controlar a alimentação do tanque de forma a garantir que a água do tanque não transborde causando perdas tanto de água quanto de peixes, e que o nível de água do tanque seja suficiente para a manutenção saudável da criação de peixes.

O sistema de nível mostrado na Figura 3 pode ser representado pelo diagrama de blocos da Figura 4.

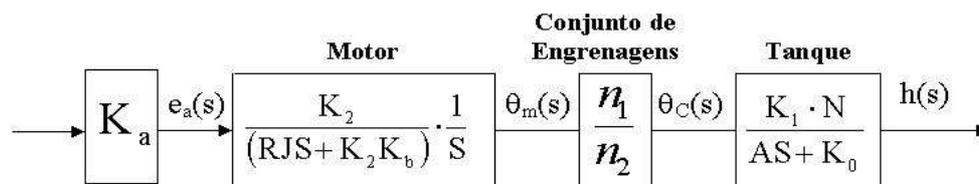


Figura 4. Diagrama de Blocos do Sistema de Nível.

onde:

$e_a(s)$: Tensão nos terminais do motor

$\theta_m(s)$: Posição angular do eixo do motor
 $\theta_c(s)$: Posição angular do conjunto de engrenagens
 $h(s)$: Nível de água no tanque
 R : Resistência interna do motor (fixada em 10Ω)
 K_b : Constante de transformação de energia elétrica em mecânica (fixada em 0,075)
 K_2 : Constante de transformação de energia elétrica em mecânica (fixada em 10)
 J : Momento de inércia do eixo (fixada em 0,005 N.m)
 n_1/n_2 : Relação de engrenagens (fixada em 0,01)
 K_1 : Constante de transformação de posição em vazão (fixada em 10)
 K_0 : Constante de transformação de nível de água em vazão (fixada em 50)
 N : Número de válvulas de alimentação (definida pelo usuário através do ganho)
 A : Área do tanque (definida pelo usuário através da constante de tempo)
 K_a : Amplificador (fixada em 50)

Com base no diagrama de blocos da Figura 4, a função de transferência do sistema é obtida, sendo representada pela equação (1).

$$F(s) = \frac{h(s)}{e_a(s)} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{K_2 K_1 N}{S(AS + K_0)(RJS + K_2 K_b)} \quad (1)$$

3. IMPLEMENTAÇÃO DE SIMULADORES DINÂMICOS NO LABVIEW

O software LABVIEW (Laboratório de Instrumentação Virtual de Engenharia em Bancada), desenvolvido pela *National Instruments*, apresenta-se como uma ferramenta versátil, pois a mesma possibilita o usuário trabalhar em diversas plataformas, como por exemplo: ambiente Windows, Unix, Linux e Macintosh, não havendo incompatibilidade nos recursos. Sua funcionalidade em aplicações de simulação, aquisição de dados e controle, automação de laboratório e monitoramento de processos permite a atuação na área de controle de processos com um alto grau de confiabilidade, diferenciando-se das outras linguagens por utilizar um código de programação e apresentação denominada Linguagem G (Graphics). Embora o LABVIEW possa apresentar uma vasta gama de recursos, neste trabalho serão abordados somente os recursos necessários à implementação de simuladores de processos dinâmicos.

A implementação de simuladores dinâmicos envolvendo a interação entre subsistemas e/ou malhas de controle, via interface gráfica, requer a resolução numérica de equações diferenciais representativas da modelagem destes sistemas. O LABVIEW possui alguns blocos operacionais de resolução numérica de integrais, derivadas e equações diferenciais, contudo optou-se por utilizar apenas um desses blocos (Bloco Runge Kutta) como base em todas as simulações, devido à facilidade de adaptar sua utilização em função das características do sistema a ser implementado (sistema isolado, sistemas em cascata, sistemas em malha fechada).

O formato padrão de resolução de equações diferenciais pelo método do *Runge Kutta* de 4ª Ordem é mostrado na equação (2).

$$\frac{dx(t)}{dt} = F(x, t) \quad (2)$$

A Figura 5 mostra o bloco do Runge Kutta com os seus respectivos parâmetros de entrada e saída. Este bloco executa o método numérico Runge Kutta para resolver equações diferenciais ordinárias com condições iniciais, utilizando um passo fixo dentro de um intervalo regular da base utilizada. Sua precisão geralmente é maior que a dos métodos baseados nos métodos de Euler.

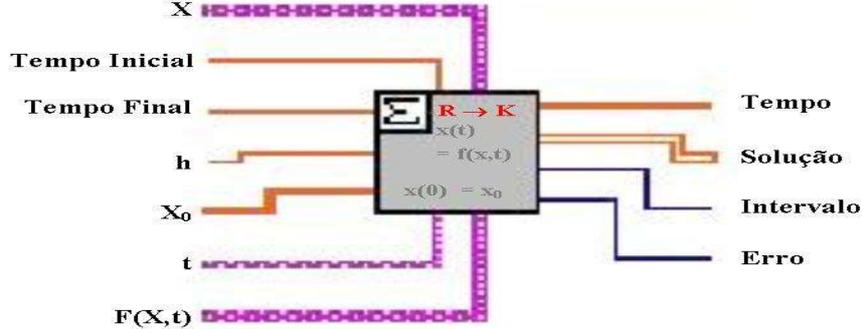


Figura 5. Bloco do ODE Runge Kutta de 4ª Ordem.

onde:

X: array de strings com o nome das variáveis.

Tempo Inicial: primeiro ponto no intervalo da solução da equação diferencial.

Tempo Final: último ponto no intervalo da solução da equação diferencial.

h: passo de integração cujo valor padrão é 0,1.

X₀: array de números com a condição inicial do sistema.

t: string que denota a variável base com sendo tempo.

F(X,t): array de strings com a equação diferencial propriamente dita. Representa o lado direito da igualdade no formato padrão de resolução das equações diferenciais.

Tempo: array com passos fixos equidistantes no intervalo de solução.

Solução: array bidimensional com o resultado da equação diferencial.

Intervalo: tempo em milissegundos para o cálculo de cada ponto para a equação diferencial.

Erro: erro devido ao método numérico utilizado.

4. FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO

4.1. Características Gerais

Nesta seção são apresentadas as interfaces gráficas e recursos implementados da ferramenta desenvolvida em ambiente LABVIEW para a simulação de processos simplificados com aplicações industriais.

Na Figura 6 é mostrada a janela inicial da interface, onde o usuário pode escolher o processo que deseja simular.



Figura 6. Tela principal – Menu Principal.

Cada processo foi implementado com dois modos distintos de simulação: o Modo Estático e o Modo Dinâmico. Esta escolha é feita através da janela representada pela Figura 7.



Figura 7. Modo de Simulação do Processo.

As características dos modos de simulação são descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Características dos Modos de Simulação.

	PLOTAGEM DA RESPOSTA	TEMPO DE SIMULAÇÃO	RECURSOS PARA MEDIR DESEMPENHO
MODO DINÂMICO	Ponto a ponto a cada intervalo de integração.	Pós-estabelecido pelo comando de parar do usuário.	Não disponível
MODO ESTÁTICO	Todos os pontos de uma vez só no final da simulação.	Pré-estabelecido pelo tempo final.	Disponível

No ambiente de simulação de cada processo o usuário deve inicialmente selecionar / definir alguns parâmetros antes de iniciar a simulação propriamente dita. Esses parâmetros foram definidos como: do sistema, tipo de análise, do controlador e da simulação.

Os parâmetros do sistema englobam tanto os valores numéricos dos parâmetros do processo como as características do sinal de entrada (tipo, amplitude, frequência etc.). O tempo final de simulação é o único parâmetro de simulação a ser definido pelo usuário desde que o tempo inicial e o passo de integração são fixados em 0,3 e 0,1 respectivamente. Quanto ao tipo de análise o usuário pode escolher a simulação em Malha Aberta baseada no diagrama da Figura 8 e em Malha Fechada baseada no diagrama da Figura 9.



Figura 8. Diagrama de Bloco de um Sistema em Malha Aberta.

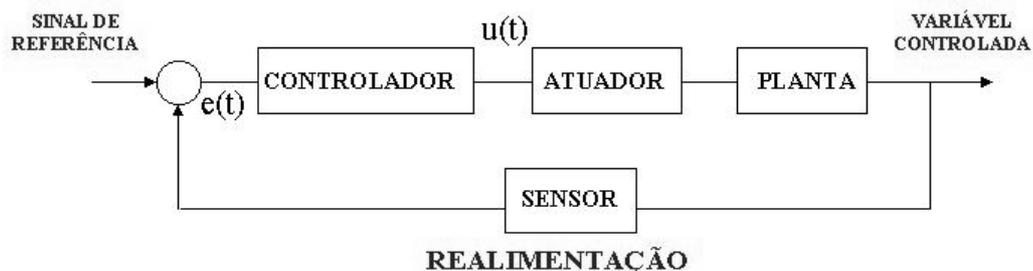


Figura 9. Diagrama de Blocos de um Sistema em Malha Fechada.

Como o ambiente de simulação utiliza estruturas clássicas de controladores, implementadas pela equação (3) e dos tipos: Controlador Proporcional, Controlador Proporcional Integral, Controlador Proporcional Derivativo e o Controlador Proporcional Integral Derivativo, caso o usuário escolha a análise em malha fechada o sistema “enxergará” os parâmetros do controlador que são: tipo de controlador, ganho proporcional (K_p), tempo de derivação (T_d) e tempo de integração (T_i).

$$u(t) = K_p \left[1 + T_d \cdot \frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{T_i} \int e(t) \cdot dt \right] \quad (3)$$

4.2. Sistema de 2ª Ordem com um Pólo na Origem

Na implementação do processo de 2ª ordem com um pólo na origem foram consideradas duas equações diferenciais distintas, cuja forma de equação diferencial representativa são vistas nas equações (4) e (5).

$$\frac{d\omega_m(t)}{dt} = \frac{K}{T_1} r(t) - \frac{1}{T_1} \cdot \omega_m(t) \quad (4)$$

$$\frac{d\theta_m(t)}{dt} = \omega_m(t) \quad (5)$$

A interface ferramenta/usuário é mostrada na Figura 10. Nesta interface pode ser visualizado comportamento do processo tanto graficamente como através do movimento do bloco sobre a esteira.

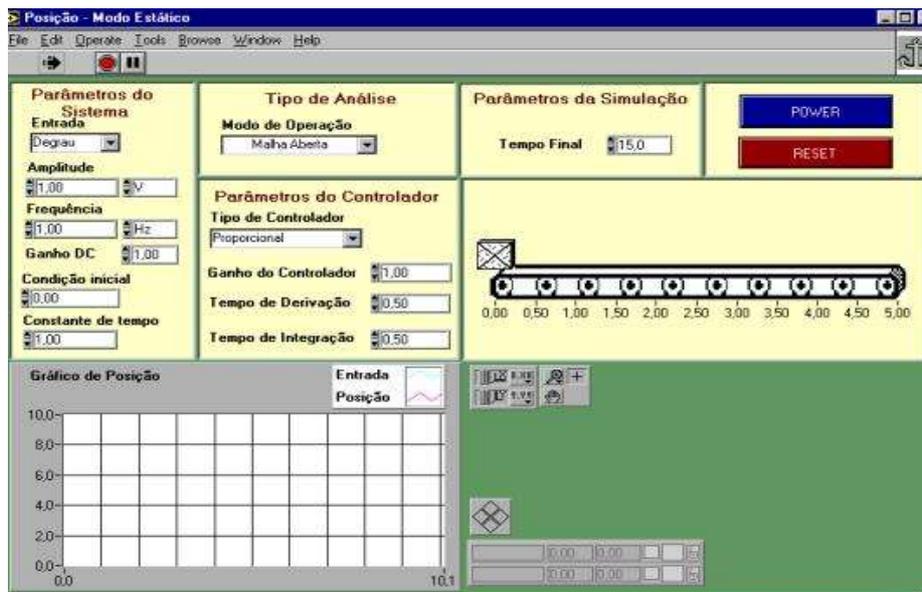


Figura 10. Simulador de um processo de 2ª ordem – Modo Estático.

4.3. Sistema de 3ª Ordem

Na implementação do processo de 3ª ordem foram consideradas três equações diferenciais distintas, para a implementação do modelo, cujas formas de equação diferencial representativa do sistema são vistas nas equações (6), (7) e (8).

$$\frac{d\omega_m(t)}{dt} = \frac{K_2}{T_1} e_a(t) - \frac{K_2 \cdot K_B}{T_1} \cdot \omega_m(t), \text{ sendo } T_1 = RJ. \quad (6)$$

$$\frac{d\theta_m(t)}{dt} = \omega_m(t) \quad (7)$$

$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{K_1 N}{A} \theta_c(t) - \frac{K_0}{A} h(t) \quad (8)$$

A tela de apresentação, mostrada na Figura 11, é semelhante ao do sistema de segunda ordem, sendo que a animação é feita através de um tanque.

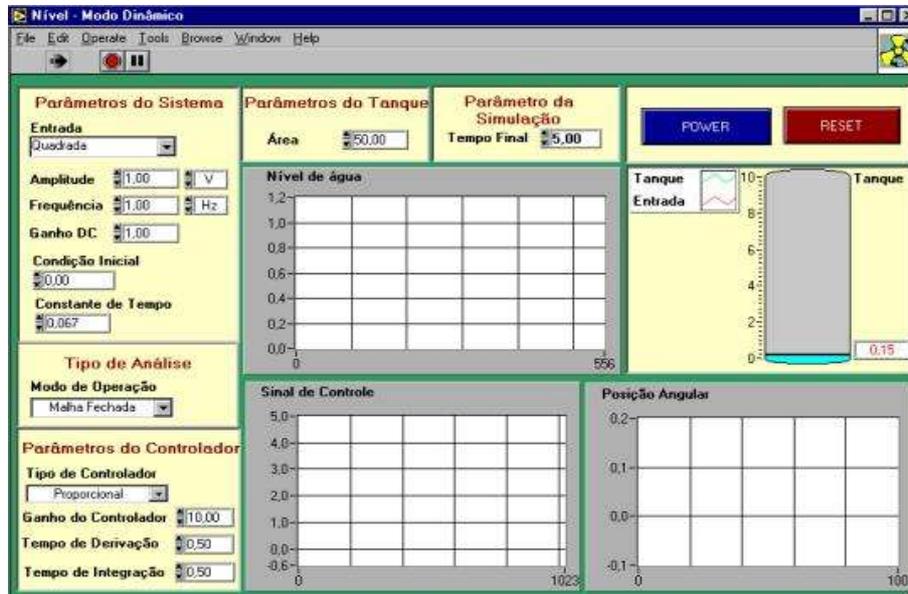


Figura 11. Simulador de um processo de 3ª ordem – Modo Dinâmico.

5. VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

A validação da ferramenta desenvolvida foi feita através de análise comparativa de simulações realizadas com o software MATLAB. Em cada análise, para um determinado sistema foram definidos os mesmos parâmetros tanto no que diz respeito ao processo quanto aos parâmetros de simulação.

5.1. Simulação do Sistema de 3ª ordem em malha aberta

A simulação do sistema de 3ª ordem em malha aberta foi realizada com os seguintes valores dos parâmetros:

- Entrada: Impulso com amplitude de 1V, aplicado em $t = 0$.
- Ganho do Sistema: 0,6
- Constante de Tempo 1: 0,5
- Constante de Tempo 2: 0,067

O resultados obtidos no MATLAB e LABVIEW são mostrados nos gráficos da figura 12.

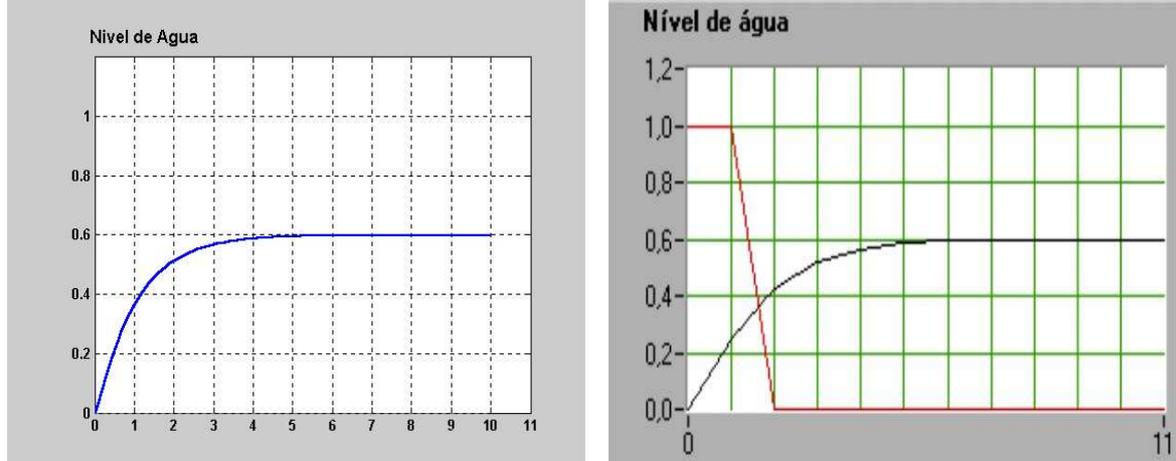


Figura 12. Gráfico do sistema de 3ª ordem no MATLAB e no LABVIEW.

5.2. Sistema de 2ª Ordem em malha fechada utilizando controlador PID

Na simulação do sistema de 2ª ordem em malha fechada, utilizaram-se os seguintes valores dos parâmetros:

- Entrada: Degrau com amplitude de 5V, aplicado em $t = 0$.
- Ganho do Sistema: 1.
- Constante de Tempo: 0,5.
- Ganho do Controlador: 1.
- Tempo de Integração (Ti): 0,5
- Tempo de Derivação (Td): 0,5

Os resultados obtidos no MATLAB e LABVIEW são mostrados nos gráficos da figura 13.

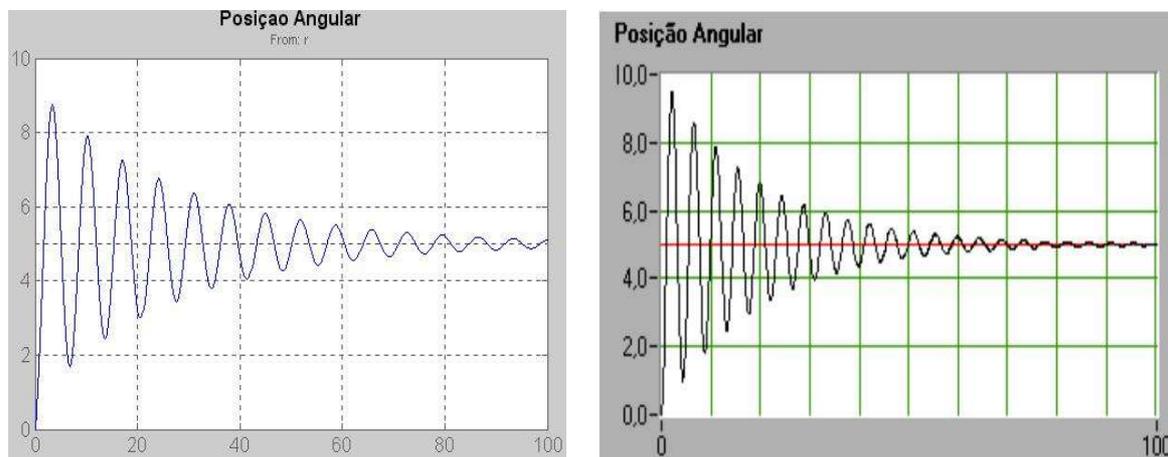


Figura 13. Gráfico do sistema de 2ª ordem utilizando controlador PID no MATLAB e LABVIEW.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados comparativos das respostas dos sistemas propostos, obtidas através de simulações via MATLAB e LABVIEW, demonstraram razoável semelhança de comportamentos, validando a ferramenta apresentada sendo as diferenças observadas causadas pelo uso de diferentes algoritmos de integração numérica. Durante a realização dos testes comparativos também foi possível caracterizar a vantagem da interatividade nas escolhas dos parâmetros de simulação, tais como: tipo de entrada, parâmetros dos sistemas, sintonia dos controladores durante o próprio tempo de execução da simulação. Essa interatividade somada

às facilidades de implementação das interfaces gráficas no LABVIEW, que permite a simulação “animada” do processo, deixam o usuário mais próximo da realidade mesmo sem dispor do Laboratório Convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BISHOP, R.H. **Learning with LabVIEW**. Addison Wesley Publication. 2000.

CAMPOS, J.A.R.; JÚNIOR, L.A.G. **Labview como ferramenta de simulação, monitoração e controle de sistemas**. 2001. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal do Pará, Belém.

KUO, B. C. **Automatic Control Systems**. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1982.

OGATA, K. **Modern Control Engineering**, New Jersey:Prentice Hall,1990.

ENVIRONMENT OF EDUCATION IN THE LABVIEW FOR PROCESSES SIMULATION, MONITORING AND CONTROL

***Abstract:** This work presents an application for support to the Teaching of Classic Control Systems, which was developed in the software LABVIEW of " National Instruments ". The environment was created in way to include virtual visualization in the simulation of typical plants used in the classic literature of the processes control and automation area. Modules of general virtual instrumentation, as scope and function generator as well as modules that implement controllers' actions of the type PID (Proportional + Integral + Derivative) are also included in the tool. The tool is in fact a virtual laboratory for practical application of the theoretical aspects of the Classic Control, where the characteristics of simplified processes but that are quite used in industries can be explored and analyzed. In the text the position control of wakes driven by motors DC is approached. In assembly, painting and drying systems those types of wakes are quite used and the set wake-motor DC can be modeled by a second order system with a pole in the origin. It is also included in the text the presentation of the level control of a tank of current water, which is made through a valve driven by motor DC. This process type is used in special creations of fish and can be represented by a model of third order with a pole in the origin. The contribution of the tool is in creating possibilities of different planning and education strategies so that it is possible to offer to the students the resources of practical application and the socialization of theoretical knowledge in way to guarantee compatible improvements with the current moment, as much in the basic formation as in the specialized formation, without with that involving great investment costs in the assembly of experiments of conventional laboratories.*

Keywords: Strategy of Education, Control of Processes, Virtual Laboratory, Simulation.