# Guia Prática 01 – Identificação Usando Convolução

**Prof. Lucas S. Oliveira** *

* *Departamento de Engenharia Mecatrônica, CEFET-MG, Campus Divinópolis, (lqsoliveira@cefetmg.br)*

**Resumo:** Métodos de identificação caixa preta são comumente adotados na indústria durante o processo de modelagem do sistema ou processo. Essas abordagens tornam-se viáveis principalmente para aqueles processos que não aceitam uma variação brusca na entrada, como por exemplo, uma entrada em degrau. Nesse sentido, esse guia de prática propõem o modelagem do sistema de correia transportadora desenvolvido para a disciplina. Ao final da atividade, espera-se estabelecer os conceitos relacionados ao tema, bem como a obtenção de uma função de transferência.

*Keywords:* Identificação, modelagem, dinâmica não linear.

## 1. IDENTIFICAÇÃO USANDO CONVOLUÇÃO

Os métodos determinísticos, como por exemplo, o método de Miller e o método da Resposta ao Degrau de Três Parâmetros (Garcia, 2017) assumem que o sistema a ser identificado tenha sido excitado por entradas específicas tais o degrau unitário. Contudo, apesar de ser facilmente configurada, a entrada degrau não pode ser reproduzida em segurança em alguns sistemas mais restritivos.

Dentre os métodos de identificação pela analise dos sinais de entrada e saída, devemos considerar o método do somatório da convolução, determinado por:

$$y(k) = \sum_{j=0}^{\infty} h(j)u(k-j) \tag{1}$$

em que $h(k)$ é a resposta do sistema a uma entrada ao impulso, $y(k)$ e $u(k)$ são respectivamente o sinal de saída e entrada do sistema. Nesse sentido, tomando a formulação (1), pode-se escrever o conjunto de equações:

$$\begin{bmatrix} y(0) \\ y(1) \\ y(2) \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u(0) & u(-1) & u(-2) & \cdots \\ u(1) & u(0) & u(-1) & \cdots \\ u(2) & u(1) & u(0) & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h(0) \\ h(1) \\ h(2) \\ \vdots \end{bmatrix} \tag{2}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{U}\mathbf{h}$$

Conforme pode-se verificar a partir da Equação (2), essa abordagem é dependente do sinal de entrada, $u(k)$, e da resposta ao impulso, $h(k)$. Nessa caso, se $h(k)$ for longa e se $u(k)$ for muito suave, pode-se resultar em uma matriz $\mathbf{U}$ de grande dimensão e mal condicionada. Contudo, se $u(k)$ for um sinal *suficientemente ativo* e se o número de parâmetros a estimar não for excessivo, o método de identificação por convulução pode a príncipio ser aplicado (Aguirre, 2007). Nesse caso, obtém-se a solução:

$$\mathbf{h} = \mathbf{U}^{-1}\mathbf{y}. \tag{3}$$

Note que a solução (3) só é obtida se $\mathbf{U}$ é trucando de modo a obter uma matriz quadrada.

## 2. OBJETIVOS

São objetivos desse experimento:

- Definir o sistema e suas variáveis.
- Obter as curvas de resposta do sistema.
- Calibrar os sensores.
- Formular o modelo matemático e as principais hipóteses necessárias baseando-se em princípios básicos.
- Obter um modelo local linear pelo método de identificação por convolução.
- Obter o modelo do sistema via resposta ao degrau ou método de Miller.
- Conhecer sinais de excitação do sistema.

## 3. ATIVIDADES

A partir dessas informações apresentadas, responda as seguintes questões:

Questões Mínimas:

(1) Programe o sinal PRBS e faça aquisição de dados para obtenção do modelo.
(2) Com os dados coletados, aplique a identificação por ARX via mínimos quadrados.
(3) Valide o modelo obtido.

Questões Sugeridas:

(1) Atividades com a planta:
   **a)** Obtenham a curva de calibração do sistema $u \times y$.
   **b)** Obtenha a função $y(u)$.
   **c)** Determine as unidades de medida do sinal de controle e da variável de saída do sistema.
   **d)** Defina ponto de operação do sistema.
(2) Para o ponto de operação definido no item (1)(d) determine/calcule o sinal de controle necessário para levar o sistema ao ponto de operação escolhido.

(3) Aplique ao sistema, no ponto de operação definido no item 1, uma entrada degrau, e estime a constante de tempo.
(4) Avalie a qualidade dos dados experimentais. Faz-se necessário a aplicação de algum tratamento aos dados brutos? Em caso afirmativo, qual seria o tratamento adequado aos dados? Justifique.
(5) Desenvolva a aplique ao sistema um sinal do tipo impulso. Na sequência use o método de identificação por convolução para obtenção de um modelo local para o sistema.
(6) Defina e descreva o sinal binário pseudo-aleatório (*pseudo random binary signal - PRBS*).
(7) Baseando-se no Teorema da Amostragem (Lathi, 2007), determine a menor frequência de amostragem, $f_s$ a ser aplicado no sistema.
(8) A partir da definição desenvolvida no Item (6), programe e desenvolva o sinal PRBS a ser aplicado no sistema no ponto de operação desejado.
(9) Para os dados coletados com sinal PRBS, obtenha um modelo usando a abordagem de identificação ARX com solução via Mínimos Quadrados. Note: Veja o exemplo 5.5.1 em (Aguirre, 2007).
(10) Valide o modelo.
(11) Compare o modelo obtido via ARX com o modelo obtido via convolução.
(12) Comente cada linha de comando do código.

## REFERÊNCIAS

Aguirre, L.A. (2007). *Introdução à Identificação de Sistemas: Técnica Lineares e Não Lineares Aplicadas a Sistemas Reais.* Editora UFMG, 3 edition. 730 p.

Garcia, C. (2017). *Controle de Processos Industriais - Estratégias Convencionais.* Blucher, 1 edition. 599 p.

Lathi, B.P. (2007). *Sinais e Sistemas Lineares.* Bookman, 2 edition. 856p.