

Identificação **e Filtragem**

Técnicas de Modelagem

A determinação de um modelo do processo pode ser obtida através de duas abordagens não necessariamente desconexas:

- A análise física matemática (*model building*) - o modelo é obtido através da descrição do comportamento físico do sistema.
- Identificação experimental - através de medidas do processo em operação obtém-se um modelo paramétrico.

Métodos de Identificação Experimental normalmente mais adequados para aplicações em Controle.

Métodos de Identificação Experimental

- Determinístico
- Estocástico

Métodos Determinísticos

O **objetivo** da identificação é determinar a função de transferência do processo.

Sinais de teste

- Pulsos
- Rampas
- Senóides

Análise

- Domínio do tempo
- Domínio da frequência

Restrição

- Tipo de entrada
- Sistema invariante no tempo

Métodos Estocásticos

Qualquer tipo de perturbação

Técnicas

- Análise de correlação
- Análise espectral
- Estimação de parâmetros

Histórico

1960 => 70 - Análise teórica para sistemas SISO

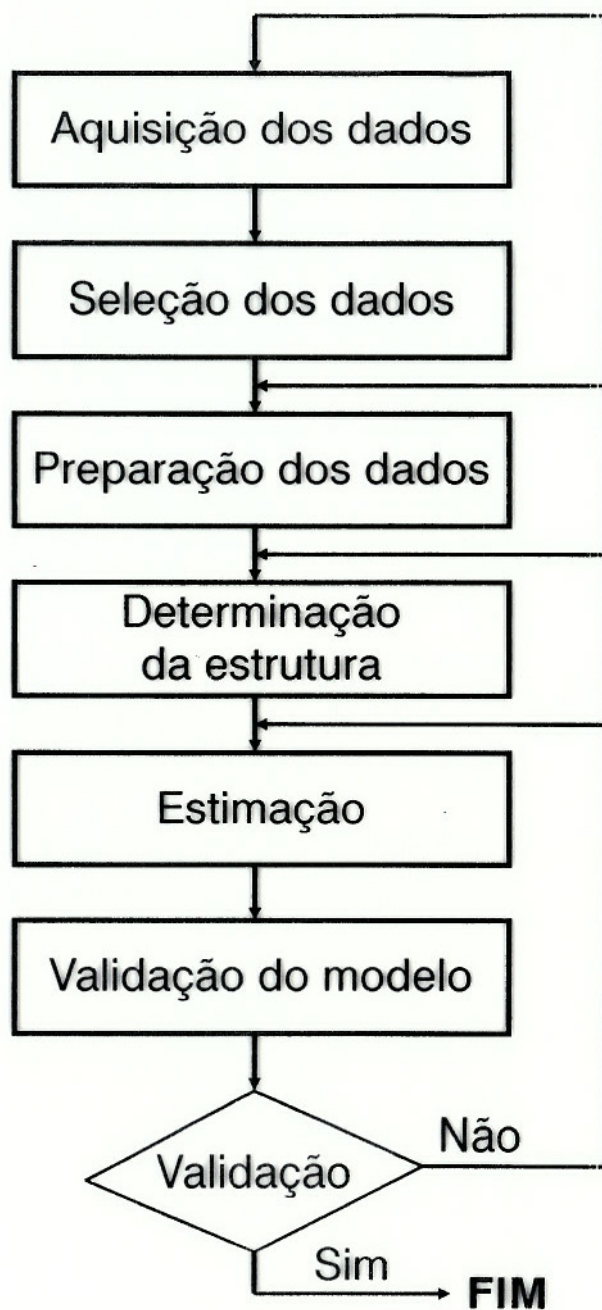
1970 => 75 - Aplicações práticas e estudos comparativos para sistema SISO

1974 => 80 - Identificação de sistemas multivariáveis, malha fechada, aplicações

1980 - Identificação não-linear, estabilidade, convergência, sistemas distribuídos

1990 - Estimação robusta, estimação utilizando redes neurais

Etapas da Identificação de Processos



Etapas da Identificação de Processos

Aquisição de Dados

- Medidos através de um computador
- Conversões analógico-digitais
- Problema tamanho da palavra
- Amostragem

Seleção dos Dados

- Inspeção
- Análise espectral

Preparação dos Dados

- Filtros

Etapas da Identificação de Processos

Determinação da Estrutura

Monovariável $\Rightarrow$ Ordem

- Razão de Determinantes
- Razão de Determinantes Instrumental - IIDR
- Critérios de Informação - AIC

Multivariável $\Rightarrow$ Estrutura

- Formas canônicas
- Critérios para Sistemas SISO

Métodos de Estimação de Parâmetros

- Mínimos Quadrados Recursivos
- Filtro Kalman
- Matriz Estendida Recursiva
- Mínimos Quadrados Generalizados Recursivo
- Variável Instrumental
- Máxima verossimilhança Recursiva
- Mínimos Quadrados Particionados
- Aproximação Estocástica

Etapas da Identificação de Processos

Determinação da Estrutura

Monovariável => Ordem

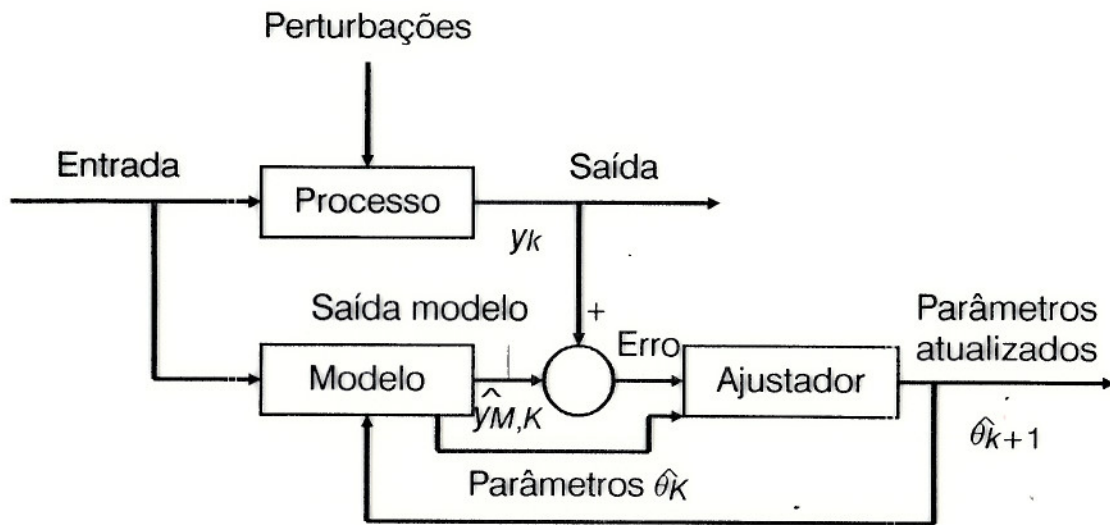
- Razão de Determinantes
- Razão de Determinantes Instrumental –IIDR
- Critérios de Informação -AIC

Multivariável => Estrutura

- Formas canônicas
- Critérios para Sistemas SISO

Estimação Recursiva de Parâmetros

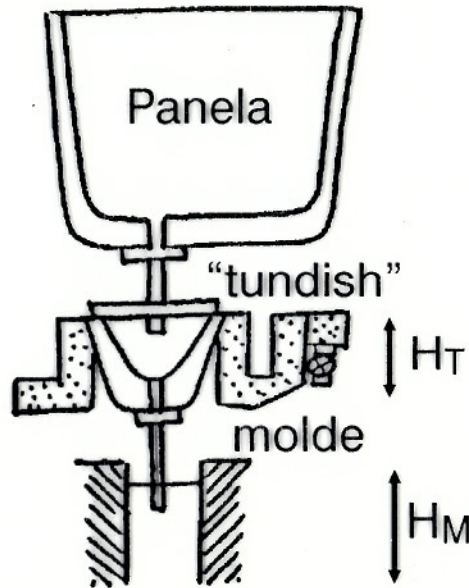
Estratégia de Controle Adaptativo requer que os parâmetros ajustem-se *on-line* e para tanto utiliza algoritmos de estimação recursiva.



$$\hat{\theta}_{k+1} = \hat{\theta}_k + K_{k+1} (y_{k+1} - \hat{y}_{M,K})$$

Exemplo de Aplicação

Modelagem experimental de um sistema de lingotamento contínuo



Elementos de uma máquina de lingotamento contínuo

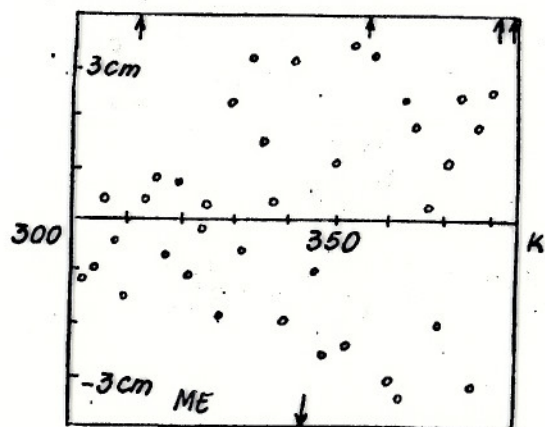
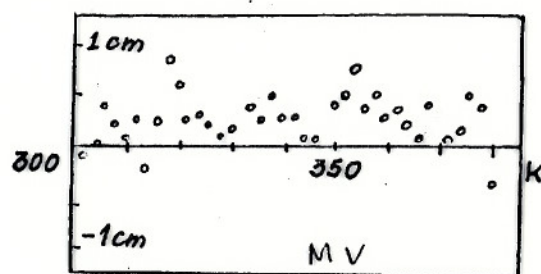
Modelo

$$A(Z^{-1}) y_K = B(Z^{-1}) u_K + C(Z^{-1}) e_K$$

$$y_K = \begin{bmatrix} H_T \\ H_M \end{bmatrix} \quad u_K = u T_K$$

$$N_A = 3 \quad N_B = 1 \quad N_C = 3$$

Erro Previsto no Nível do Molde



seja problemas devido ao deslizamento da placa ou lingote em relação aos rolos tracionadores, sendo assim deixada como sistema "stand-by", atuando em casos de emergência (como por exemplo, no funcionamento irregular da válvula gaveta do distribuidor) ou em sistemas em que não se requeira uma alta qualidade do aço produzido[11].

Assim o controle do nível de aço no molde é feito através de dois sub-sistemas de controle, um que controla o nível do aço no distribuidor e outro que controla no molde. O controle de nível no distribuidor evita que impurezas entrem no fluxo de aço para o molde, causadas por um nível muito baixo no distribuidor, e facilita o controle do nível de aço no molde.

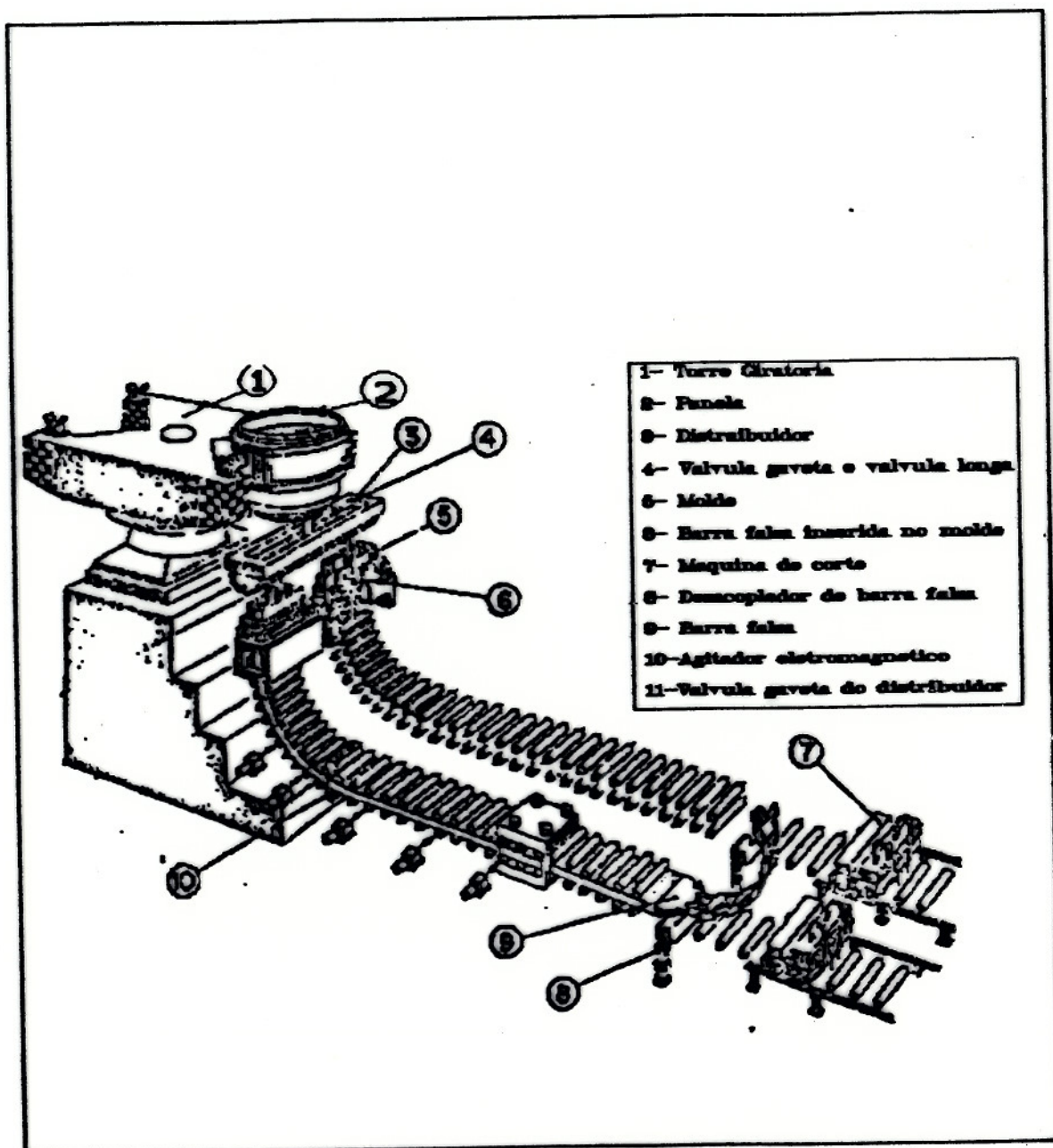


Fig. 2.1 - Máquina de lingotamento contínuo

IA-856 Identificação e Filtragem

Tópicos da Disciplina

- Introdução
- Revisão Probabilidades
 - Eventos e Probabilidades
 - Variáveis Aleatórias e Distribuições
 - Funções de v.a.s
 - Esperança e Esperança Condicional
 - Variáveis Aleatórias Gaussianas
- Fundamentos da Teoria de Estimação
 - Introdução
 - Método dos Mínimos Quadrados
 - Propriedades do Estimador M.Q.
 - Estimador de Bayes
 - Estimador de Máxima Verossimilhança
- Modelagem de Sistemas Estocásticos
 - Processos Estocásticos
 - Ruído Branco
 - Densidade Espectral
 - Teorema de Representação
 - Funções de Covariância
 - Modelos ARMA
 - Preditores
- Estimação de Parâmetros de Sistemas Dinâmicos
 - Mínimos Quadrados
 - Variável Instrumental
 - Máxima Verossimilhança
 - Matriz Estendida
 - Estimação Adaptativa
 - Estimação em Malha Fechada
 - Determinação de Ordem do Modelo
 - Aspectos de Implementação Computacional

- Métodos não Paramétricos
 - Métodos Determinísticos
 - Domínio do tempo - Funções de Correlação
 - Domínio da frequência - Funções de Potência Espectral
- Filtragem
 - Filtro de Kalman Linear
 - Filtro Estendido de Kalman
- Controle Linear Quadrático Gaussiano
- Modelagem Não Linear
 - NARX
 - NOE
 - NARMAX
 - NFIR
 - NFBO
 - Wiener e Hammerstein
 - Modelos de Volterra
 - Modelos Fuzzy e Neurais

Referências

- L. Ljung, *System Identification: Theory for the User*, Prentice Hall, 2nd Ed., 1999
- T. Soderstrom and P. Stoica, *System Identification*, Prentice Hall, 1989.
- G. Goodwin and R. L. Payne, *Dynamic System Identification: Experiment Design and Data Analysis*, Academic Press, 1977.
- Luis A. Aguirre, *Introdução a identificação de Sistemas: Técnicas Lineares e não Lineares Aplicadas a Sistemas Reais*, Editora UFMG, 2a. ed., 2004.
- T. Soderström, *Discrete-Time Stochastic Systems: Estimation and Control*, Prentice Hall, 1994.
- O. Nelles, *Nonlinear System Identification*, Springer-Verlag, 2001.
- Y. Bar-Shalom, X. Rong Li e T. Kirubarajam *Estimation with Applications to Tracking and Navigation*, John Wiley, 2004.
- Enciclopédia de Automática, vol. 3. Luis Antonio Aguirre, ed. Editora Blocher, 2007

Critério de Avaliação

NL

Média das avaliações das Listas de Exercícios

NP

Nota da Prova Final

$$NF = \frac{NL + NP}{2}$$

Aprovado se a Média Final for igual ou superior a 5,0.