

---

# INTRODUÇÃO À IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS: TÉCNICAS LINEARES E NÃO-LINEARES APLICADAS A SISTEMAS REAIS, POR LUIS ANTONIO AGUIRRE

Resenha de José Roberto Castilho Piqueira\*

\*Universidade de São Paulo, Escola Politécnica  
Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle

---

## A ENGENHARIA DE CONTROLE COMO UMA ATIVIDADE MULTIDISCIPLINAR

A Engenharia de Controle poderia, talvez, ser qualificada como a mais ecumênica das engenharias, congregando idéias e pessoas originárias das mais diversas áreas da atividade intelectual humana. Explicar as origens das técnicas modernas é resgatar os conceitos biológicos clássicos de meio interno e de realimentação, remetendo-nos a Norbert Wiener e John Von Neumann.

Não há, também, como esquecer o regulador de Watt, origem dos sistemas de controle mecânico de posição e de velocidade, cada dia mais sofisticados e aplicados a tudo que se possa pensar na sociedade moderna: robôs industriais, veículos automotivos, cirurgias automatizadas e não invasivas, antenas de rádio-telescópios, satélites de telecomunicações, instrumental agrícola de preparo de lavoura e colheita.

O processamento e a transdução de sinais levam as aplicações ao limite do antes inimaginável: controle digitalizado de concentração de reagentes e catalizadores em plantas químicas, de pressão em aplicações industriais de grande porte, de temperatura em processos de bioengenharia, de marcha em pacientes com lesões medulares, dando ao ser humano perspectivas de melhoria na qualidade de vida jamais pensada.

Há, até, quem acredite na possibilidade de controlar valores dos papéis que, dia-a-dia, são comprados e vendidos nas bolsas de valores de todo o mundo.

Não há, entretanto, como executar o controle dessa enorme variedade de dispositivos e sistemas sem uma modelagem criteriosa da dinâmica de seus comportamentos e dos parâmetros e variáveis de estado, cuja alteração resulta em estratégias desejadas de atuação.

É nesse contexto que a contribuição do professor Luiz Antonio Aguirre nos parece relevante. Pesquisador cuidadoso que alia uma formação teórica sólida a um senso prático invejável,

contempla-nos com obra ímpar, de importância duplicada por ser inovadora na área, do ponto de vista internacional e, além disso, escrita em português, proporcionando aos pesquisadores e estudantes dos mais diversos níveis, texto multifacetado e coeso, a respeito do problema geral de modelagem de sistemas.

O enfoque adotado é o da busca de representações matemáticas de sistemas a partir de dados obtidos através de experiências e ensaios a serem realizados com o sistema cujo modelo se quer obter, apresentando, ao longo de todo o texto, exemplos provenientes das mais diversas áreas do conhecimento: populações de insetos, bombeamento de água, caldeira industrial, fornos elétricos, conversores estáticos, batimentos cardíacos, oscilações não lineares e circuitos caóticos.

A diversidade de aplicações e a generalidade da metodologia permeiam o texto com discussões ricas sobre que estratégia de modelagem e identificação usar, em cada caso. As rotinas de programação dos algoritmos, disponíveis na internet, permitem ao estudioso testar os métodos e a um aluno ou professor que siga o estudo do livro, verificação amigável dos exemplos e discussão apropriada dos exercícios apresentados ao final de cada capítulo.

Outra qualidade do trabalho do professor Aguirre é a coleção de bibliografia complementar comparada, por assunto, que aparece também ao final de cada capítulo, levando o leitor, simultaneamente, aos textos clássicos e ao que há de mais atual na literatura de cada tópico abordado.

Os dois primeiros capítulos tratam de dar uma visão dos conceitos básicos, apresentando as noções de modelo matemático e seus diversos tipos, com ênfase na distinção entre os paramétricos e não paramétricos, complementando com a discussão das diversas possibilidades de representação de um sistema, caso seja considerado linear.

É nos capítulos 3 e 4 que os métodos de identificação e estimação passam, efetivamente, a ser abordados, partindo dos conhecidos métodos determinísticos e paramétricos. Em seguida, a influência dos ruídos nos estimadores é discutida, com uma visão não paramétrica, via funções de correlação.

---

ISBN: 85-7041-220-7 - Editora UFMG, Belo Horizonte, 2000 - 554 páginas.

Os capítulos 5 a 8 trazem um ótimo apanhado das principais técnicas de projeto de estimadores, iniciado com o clássico uso do método dos mínimos quadrados, discutindo suas propriedades estatísticas para, então, estabelecer com segurança as propriedades e características dos estimadores não polarizados e recursivos. Até este ponto, entretanto, o professor Aguirre preocupava-se apenas com os casos lineares e com ferramentas clássicas consagradas.

Embora, até aqui, o livro seja uma preciosidade didática, ainda não atingiu seu ponto alto, iniciado no capítulo 9, com uma clara e inovadora exposição dos métodos de representação dos sistemas não lineares, objeto do extenso trabalho de pesquisa e de orientação, exercido pelo autor, ao longo de sua vida profissional. As diversas representações são apresentadas e as metodologias de modelos polinomiais e racionais são desenvolvidas.

Seguem-se os algoritmos computacionais adequados ao caso não linear, tratados através de exemplos claros e com programas de computador disponibilizados para uso e teste das ferramentas, encerrando-se, assim, a exposição formal dos métodos e algoritmos de representação, estimação e identificação de sistemas, sejam eles lineares ou não.

Confesso que os capítulos de que mais gostei são o 11 e o 12, em que a experiência pessoal do autor para escolha, avaliação e projeto de algoritmos e estruturas aparece, transformando subjetividade em clareza para decisão, com sugestões valiosas sobre como escolher tempos de amostragem, ordem dos sistemas a serem identificados e coeficientes de agrupamento. A simulação e a validação de resultados são também discutidas com alertas importantes sobre a influência do tipo de simulação na estrutura a ser identificada.

A finalização do texto se dá com a apresentação de alguns tópicos especiais de simplificação de modelos e com um vasto e multidisciplinar estudo de casos.

Quem lê, estuda ou segue o livro do professor Aguirre está, irremediavelmente, contaminado pelo gosto da procura da dinâmica das plantas a serem controladas, sejam elas quais forem.