

---

# RESENHA DE LIVRO: “CONTROLE AUTOMÁTICO” DE PLINIO L. CASTRUCCI, ANSELMO BITTAR E ROBERTO M. SALES

**José Jaime da Cruz\***  
jaime@lac.usp.br

\*Laboratório de Automação e Controle  
Escola Politécnica da USP  
Av. Prof. Luciano Gualberto, Trav. 3, No. 158  
CEP 05508-900 – São Paulo SP

---

## 1 GENERALIDADES

O livro é uma referência bastante completa sobre engenharia de controle, cobrindo, em um único volume, desde aspectos básicos como transformadas de Laplace e representações de sistemas por meio de diagramas de blocos, até tópicos específicos de caráter mais tecnológico, como são os casos da terminologia e da simbologia ISA (*The International Society of Automation*). Escrito por professores com larga experiência didática e profissional, é um texto que pode se tornar uma referência importante na área de controle clássico.

Como obra de autores nacionais e escrita em português, talvez tenha a característica única de abordar não apenas os sistemas de uma entrada e uma saída de tempo contínuo, como também os de tempo discreto.

O conjunto dos tópicos tratados é amplo e o texto mostra um equilíbrio adequado entre a abrangência dos assuntos e o detalhamento da sua apresentação.

A linguagem utilizada é clara e acessível, o que faz com que o livro possa ser usado como instrumento para o aprendizado independente. O seu conteúdo pode ser coberto em dois semestres, sendo indicado para cursos de graduação em engenharias de controle e automação, elétrica, mecânica,

mecatrônica, etc., assim como para cursos de formação tecnológica.

O esmero com os detalhes de edição é notável. Não apenas a qualidade e a clareza das figuras, gráficos e diagramas chamam a atenção, como também o fato de que as quebras de página foram cuidadosamente inseridas no corpo do texto para facilitar a leitura.

O livro se junta a um conjunto expressivo de obras dos autores, produzido num ritmo de regularidade marcante ao longo do tempo. Em (Castrucci, 1969), (Castrucci e Batista, 1980), (Castrucci e Curti, 1981), (Castrucci e Sales, 1990) e (Moraes e Castrucci, 2001) encontram-se diversos dos temas tratados no livro aqui resenhado, embora, obviamente, com apresentações e profundidades distintas. Contudo, tópicos específicos como a sintonia de controladores PID, a abordagem de diversas arquiteturas usadas em controle de processos, a apresentação dos termos e símbolos recomendados pela ISA - todos, aliás, de interesse para a prática da engenharia de controle e automação -, assim como uma seleção de assuntos básicos para um curso completo de fundamentos de controle diferenciam este livro daqueles.

## 2 ESTRUTURA DO TEXTO

O livro contém um capítulo introdutório com uma discussão preliminar sobre a necessidade e a importância de sistemas de controle e automação, o papel fundamental que os modelos matemáticos desempenham nesses sistemas, além de um breve histórico do desenvolvimento da área.

---

Castrucci, P.L.; Bittar, A. e Sales, R. M. *Controle Automático*. Editora GEN/LTC, Rio de Janeiro, RJ, 2011, 476 páginas. ISBN 978-85-216-1786-0  
Resenha recomendada pelo Editor Associado Prof. Luis Fernando Alves Pereira

Em seguida, há um capítulo de fundamentos, em que são discutidas a modelagem matemática por meio de equações diferenciais, a transformada de Laplace como ferramenta de análise de sistemas a tempo contínuo e a representação destes por meio de diagramas de blocos. A inclusão da realização analógica de funções de transferência tem interesse didático por suas aplicações de baixo custo.

O terceiro capítulo trata da análise da resposta temporal de sistemas dinâmicos. É introduzido o conceito de estabilidade e apresentado o clássico critério de Routh. São também tratadas as respostas transitória e estacionária para os sinais de entrada usuais.

No capítulo seguinte é apresentado o método do Lugar das Raízes. São discutidas as técnicas de compensação por meio deste método.

No quinto capítulo é introduzido o conceito de resposta em frequência e apresentadas as formas usuais de sua representação gráfica, a saber, os diagramas de Bode, de Nyquist e de Nichols. O capítulo aborda também uma questão prática importante, que é a da identificação experimental de funções de transferência. O critério de Nyquist é apresentado de forma simples e clara, assim como discutidas suas consequências. Por fim, são tratadas as formas de compensação baseadas na resposta em frequência.

O sexto capítulo é inteiramente dedicado aos controladores PID, com particular ênfase em aspectos práticos de implementação como, por exemplos, os mecanismos de *anti-reset windup*, de aproximação da derivada de um sinal e de transferência *bumpless*.

No capítulo seguinte são apresentados os métodos de sintonia de Ziegler-Nichols e o baseado no modelo interno. Este sétimo capítulo discute também arquiteturas comuns utilizadas em controle de processos, tais como o controle em cascata e a pré-compensação (*feedforward*), além de introduzir o esquema de *gain scheduling*. Deve ser ressaltada neste capítulo a inclusão dos termos e símbolos recomendados pela ISA, aspecto de grande importância para a prática de controle de processos industriais. Por fim, o capítulo contém também uma consistente e útil introdução aos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), que atingiram um nível bastante sofisticado nos dias atuais e têm larga utilização em aplicações industriais.

O capítulo oitavo aborda o uso de técnicas algébricas para a imposição de pólos em malha fechada com realimentação unitária, além do problema de projeto baseado em *model matching*.

O nono capítulo tem motivação notadamente prática, discutindo importantes limitações de projeto, como, por exem-

plos, aquelas associadas aos zeros de fase não mínima, à presença de atraso puro na malha e às não linearidades. O capítulo é enriquecido pelo estudo de caso de um sistema de posicionamento de uma antena de radar, o qual é apresentado e discutido em detalhes em um contexto linear e invariante no tempo.

Os três últimos capítulos do livro tratam de sistemas de tempo discreto.

No décimo capítulo são apresentados os elementos fundamentais para o estudo desses sistemas, a saber, a transformada  $Z$ , a função de transferência para tempo discreto e a resposta impulsiva.

No décimo-primeiro capítulo são estudados os sistemas de controle digital. São apresentados os conversores A/D e D/A e discutidas as implicações de sua inclusão nas malhas de controle de sistemas cuja dinâmica evolui em tempo contínuo. A análise da estabilidade por meio dos critérios de Routh e de Jury é apresentada.

Por fim, o décimo-segundo capítulo trata do problema de projeto de controladores digitais. A técnica da aproximação dos controladores de tempo contínuo por meio de controladores digitais é discutida em detalhes. Da mesma forma, o projeto realizado diretamente no plano  $Z$  é apresentado. O capítulo contém também um estudo dos erros estacionários e da escolha adequada do período de amostragem. Os projetos de controladores PID, inclusive utilizando o Lugar das Raízes, e de controladores *dead beat* são apresentados em detalhes. Faz também parte do capítulo uma discussão do projeto realizado no domínio da frequência.

### 3 EXEMPLOS E EXERCÍCIOS

Os exemplos ao longo do texto são muito bem elaborados e procuram enfatizar as aplicações e interpretações da teoria e dos conceitos expostos. O mesmo pode ser dito a respeito tanto dos exercícios resolvidos como dos propostos, apresentados em séries nos finais de cada capítulo. Ambos, exemplos e exercícios, constituem-se, pois, em elementos de grande utilidade didática como complementos indispensáveis à teoria, consolidando os conceitos estudados.

### 4 CONCLUSÃO

Em resumo, trata-se de uma obra de excelente qualidade, comparável à dos melhores livros internacionais, tanto em conteúdo como na apresentação gráfica. A preocupação em associar a teoria à prática é uma característica marcante do texto. Sendo assim, o livro pode contribuir de forma decisiva para a disseminação do conhecimento na área de sistemas de

controle - estratégica para o país - por torná-lo acessível a um público amplo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castrucci, P. (1969). *Controle Automático – Teoria e Projeto*. Edgar Blucher, São Paulo - SP.
- Castrucci, P. and Batista, L. (1980). *Controle Linear – Método Básico*. Edgar Blucher/EDUSP, São Paulo - SP.
- Castrucci, P. and Curti, R. (1981). *Sistemas Não-Lineares*. Edgar Blucher, São Paulo - SP.
- Castrucci, P. and Sales, R. M. (1990). *Controle Digital*. Edgar Blucher, São Paulo - SP.
- Moraes, C.C. and Castrucci, P. (2001). *Engenharia de Automação Industrial*. LTC, Rio de Janeiro - RJ.