

MATLAB: DO FUNDAMENTAL À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

FILIPPE AZEVEDO



AUTOR

Filipe Azevedo

TÍTULO

MATLAB: DO FUNDAMENTAL À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

EDIÇÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
Tel. 220 939 053 · E-mail: geral@quanticaeditora.pt · www.quanticaeditora.pt
Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO

CHANCELA

Engebook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO

Booki – Conteúdos Especializados
Tel. 220 104 872 · E-mail: info@booki.pt · www.booki.pt

DESIGN DE CAPA

Luciano Carvalho
Delineatura, Design de Comunicação · www.delineatura.pt

IMPRESSÃO

Julho, 2025

DEPÓSITO LEGAL

550494/25



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.
Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2025 | Todos os direitos reservados a Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor e do Autor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

CDU

004.4	Software. Equipamento, programas
004.8	Inteligência artificial
519.6	Matemática computacional. Análise numérica e programação matemática.
	Matemática para engenharia
004.45	Software de sistemas
62	Engenharia. Tecnologia em geral

ISBN

Papel: 9789899177857
E-book: 9789899177864

Catálogo da publicação

Família: Engenharia
Subfamília: Linguagens de Programação

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Janelas do MATLAB	1
1.2	Variáveis	2
1.3	Operações aritméticas simples em MATLAB	3
1.4	Arredondamentos	5
1.5	Operadores lógicos	5
1.6	Operadores relacionais	6
1.7	Funções trigonométricas	6
2	Controlo de Fluxo	9
2.1	Introdução	9
2.2	Instrução seletiva <i>IF</i>	10
2.2.1	Seleção alternativa <i>IF...ELSE</i>	10
2.2.2	Seleção alternativa imbricada <i>IF...ELSEIF...ELSE</i>	11
2.3	Instrução repetitiva <i>FOR</i>	11
2.4	Instrução repetitiva <i>WHILE</i>	12
2.5	Seleção de casos <i>SWITCH</i>	12
2.6	Instrução <i>TRY-CATCH</i>	13
2.7	Exercícios	14
3	Matrizes e Estruturas	19
3.1	Introdução	19
3.2	Tipos de dados	19
3.3	Criação de matrizes multidimensionais	22
3.4	Tamanho e dimensão de matrizes	23
3.5	Pré-alocação de matrizes	24
3.6	Concatenação de matrizes	25

3.7	Acesso aos dados	26
3.8	Modificar a forma de uma matriz	27
3.9	Indexação de matrizes multidimensionais	28
3.10	Manipulação de matrizes de números reais ou complexos	29
3.11	Exercícios	32
4	Gráficos	35
4.1	Introdução	35
4.2	Componentes de um gráfico	35
4.3	Gráficos 2-D	36
4.3.1	Gravar gráficos	39
4.4	Gráficos 3-D	41
4.4.1	Gráficos linha 3-D	41
4.5	Gráficos de superfície	42
4.6	Função <code>subplot</code>	49
4.7	Exercícios	50
5	Ficheiros-M	53
5.1	<i>Scripts</i>	53
5.1.1	Exemplo simples de um <i>script</i>	54
5.1.2	Execução de <i>scripts</i>	55
5.2	Funções	55
5.2.1	Exemplo simples de uma Função	57
5.2.2	Execução de Funções	58
5.3	Exercícios	58
6	Optimização	61
6.1	Introdução	61
6.2	Formulação e Processo de Optimização	62
6.2.1	Formulação Geral	62
6.2.2	Etapas do Processo de Optimização	62
6.3	Classificação dos Problemas de Optimização	63
6.3.1	Programação Linear (PL)	63
6.3.2	Programação Quadrática (PQ)	63
6.3.3	Optimização Não Linear (NLO)	63
6.3.4	Optimização Inteira e Inteira-Mista	63
6.3.5	Optimização Global	64
6.4	Ferramentas de Optimização em MATLAB	64

6.4.1	Funções Nativas	64
6.4.2	Optimization Toolbox	64
6.4.3	Global Optimization Toolbox	64
6.4.4	Interface Gráfica	65
6.5	Exemplos Práticos em MATLAB	65
6.5.1	Programação Linear	65
6.5.2	Otimização Não Linear	65
6.5.3	Otimização Global com GA	65
6.5.4	Otimização Global com PSO	66
6.6	Exemplo Prático Completo	66
6.6.1	Formulação	66
6.6.2	Resolução com <code>intlinprog</code>	66
6.6.3	Resolução com GA	67
6.6.4	Resolução com PSO	67
6.7	Otimização Multiobjetivo e Avançada	68
6.7.1	Otimização Multiobjetivo	68
6.7.2	Otimização Sob Incerteza	68
6.7.3	Metodologias Híbridas e Paralelização	68
6.8	Exercícios Propostos	68
7	Redes Neurais	71
7.1	Redes Neurais em MATLAB	71
7.2	Introdução Teórica	71
7.2.1	Motivação e História	71
7.2.2	O Neurónio Artificial	72
7.2.3	Arquiteturas de Rede	72
7.3	Preparação e Pré-processamento dos Dados	72
7.4	Tipos de Redes Neurais no MATLAB	73
7.4.1	Tabela Comparativa	74
7.5	Funcionamento Matemático e Algoritmos de Treino	74
7.5.1	Função de Custo	74
7.5.2	Backpropagation	74
7.5.3	Condições de Otimalidade	74
7.6	Exemplo Prático: Classificação com Rede Feedforward	75
7.6.1	Passos Gerais	75
7.6.2	Código MATLAB	75
7.7	Treino, Validação e Regularização	75

7.7.1	Evitar Overfitting	75
7.7.2	Validação Cruzada	76
7.8	Redes Recorrentes e Séries Temporais	76
7.8.1	Exemplo NARX	76
7.9	Visualização e Interpretação dos Resultados	76
7.10	Perguntas Frequentes e Dicas	76
7.11	Exemplos Avançados e Casos de Estudo	77
7.11.1	Transferência de Aprendizagem com CNN	77
7.11.2	Clustering com Kohonen	77
7.12	Conclusão	77
7.13	Exercícios Propostos	77
8	<i>Deep Learning: Técnicas e Aplicações Avançadas</i>	79
8.1	Introdução ao Deep Learning Avançado em MATLAB	79
8.2	Evolução e Estado da Arte do Deep Learning	79
8.2.1	Do Perceptron às Redes Profundas	79
8.2.2	Tendências Atuais	80
8.3	Arquiteturas Profundas e Modernas	80
8.3.1	Redes Convolucionais Avançadas (CNNs)	80
8.3.2	Redes Recorrentes, LSTM e Transformers	80
8.3.3	Redes Generativas Adversariais (GANs)	81
8.3.4	Redes Siamesas e Triplet Networks	81
8.4	Técnicas Avançadas de Treino e Regularização	81
8.4.1	Data Augmentation Avançado	81
8.4.2	Regularização e Otimização	81
8.4.3	Otimização de Hiperparâmetros	81
8.4.4	Treino Distribuído e Multi-GPU	81
8.5	Transferência de Aprendizagem e Fine-Tuning	82
8.5.1	Transfer Learning	82
8.5.2	Fine-Tuning e Congelamento de Camadas	82
8.6	Deployment, Otimização e Edge AI	82
8.6.1	Otimização de Modelos para Produção	82
8.6.2	Deployment	83
8.7	Explicabilidade, Ética e Segurança em Deep Learning	83
8.7.1	Explicabilidade de Modelos	83
8.7.2	Ética e Viés	83
8.7.3	Segurança e Robustez	83

8.8	Integração com Outras Linguagens e Frameworks	84
8.8.1	Python, TensorFlow, PyTorch, ONNX	84
8.8.2	Pipelines MLOps	84
8.9	Desafios Atuais e Futuro do Deep Learning	84
8.10	Casos de Estudo Avançados	84
8.10.1	Deteção de Anomalias em Sinais Industriais com Auto- encoders	84
8.10.2	Geração de Imagens Médicas Sintéticas com GANs . . .	85
8.10.3	Previsão de Séries Temporais Energéticas com LSTM e Transformers	85
8.11	Exercícios Propostos	85
9	<i>Reinforcement Learning: Conceitos, Métodos e Aplicações</i>	87
9.1	Introdução	87
9.2	Conceitos Fundamentais	87
9.3	Modelos e Formalismos	88
9.3.1	Processos de Decisão de Markov (MDP)	88
9.3.2	Problemas Episódicos e Contínuos	89
9.4	Algoritmos Clássicos de RL	89
9.4.1	Métodos Baseados em Tabela	89
9.4.2	Exploração vs. Exploração	89
9.4.3	Métodos de Gradiente de Política	89
9.5	Deep Reinforcement Learning	89
9.5.1	Motivação	89
9.5.2	Principais Algoritmos	90
9.5.3	Exemplo de DQN	90
9.6	Fluxo de Trabalho Profissional com MATLAB	90
9.6.1	Passos Gerais	90
9.6.2	Ambientes em MATLAB e Simulink	90
9.6.3	Exemplo de Ambiente Customizado	91
9.6.4	Criação e Treino de um Agente DQN	91
9.7	Aplicações Avançadas	92
9.7.1	Robótica e Controlo Ótimo	92
9.7.2	Processos Industriais e Energia	92
9.7.3	Finanças e Trading	92
9.7.4	Telecomunicações e Redes	92
9.7.5	Jogos e Simulação	92

9.8	Paralelização, Deployment e Integração	92
9.8.1	Paralelização do Treino	92
9.8.2	Deployment	92
9.8.3	Importação/Exportação de Políticas	93
9.9	Desafios Atuais e Tendências Futuras	93
9.10	Dicas Práticas e Boas Práticas	93
9.11	Exercícios Propostos	93
10	Matemática Simbólica	95
10.1	Introdução à Matemática Simbólica em MATLAB	95
10.1.1	Evolução do Cálculo Simbólico no MATLAB	95
10.1.2	Vantagens do Cálculo Simbólico vs. Numérico	96
10.1.3	Aplicações e Áreas de Utilização	97
10.2	Fundamentos do Symbolic Math Toolbox	97
10.2.1	Tipos de Dados Simbólicos	97
10.2.2	Criação de Variáveis e Expressões Simbólicas	97
10.2.3	Operações Básicas com Expressões Simbólicas	98
10.2.4	Substituição e Avaliação	99
10.2.5	Conversão entre Formatos Simbólicos e Numéricos	99
10.3	Álgebra Simbólica Avançada	100
10.3.1	Manipulação Algébrica de Expressões	100
10.3.2	Simplificação de Expressões	101
10.3.3	Manipulação de Frações Racionais	101
10.3.4	Polinômios Simbólicos	102
10.3.5	Expressões Trigonométricas	102
10.4	Cálculo Diferencial Simbólico	103
10.4.1	Derivadas Simples e Parciais	103
10.4.2	Diferenciação Implícita	103
10.4.3	Gradientes, Divergência e Rotacional	104
10.4.4	Regra da Cadeia e Aplicações	104
10.4.5	Jacobiano e Matriz Hessiana	105
10.5	Cálculo Integral Simbólico	105
10.5.1	Integração Indefinida	105
10.5.2	Técnicas Avançadas de Integração	106
10.5.3	Integrais Definidas	106
10.5.4	Integrais Impróprias	107
10.5.5	Integrais Múltiplas	107

10.5.6	Aplicações em Física e Engenharia	107
10.6	Limites, Séries e Aproximações	108
10.6.1	Cálculo de Limites	108
10.6.2	Séries de Taylor e Maclaurin	109
10.6.3	Séries de Fourier	109
10.6.4	Resíduos e Integrais de Contorno	110
10.7	Equações e Sistemas	110
10.7.1	Resolução de Equações Algébricas	110
10.7.2	Sistemas de Equações Lineares	111
10.7.3	Sistemas Não-Lineares	111
10.7.4	Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs)	112
10.7.5	EDOs com Condições Iniciais	112
10.7.6	Sistemas de EDOs	113
10.8	Álgebra Linear Simbólica	114
10.8.1	Matrizes e Vetores Simbólicos	114
10.8.2	Operações Matriciais Simbólicas	114
10.8.3	Determinantes e Inversas	115
10.8.4	Valores e Vetores Próprios	115
10.8.5	Decomposições Matriciais (SVD, QR, LU)	116
10.8.6	Espaços Nulos e Imagens	116
10.9	Transformadas	116
10.9.1	Transformada de Laplace	116
10.9.2	Transformada Inversa de Laplace	117
10.9.3	Aplicações em EDOs	117
10.9.4	Transformada de Fourier	118
10.9.5	Transformada Z	118
10.10	Aplicações em Física e Engenharia	119
10.10.1	Mecânica	119
10.10.2	Eletromagnetismo	119
10.10.3	Termodinâmica	120
10.10.4	Controlo	120
10.11	Aplicações em Matemática Financeira	120
10.11.1	Fórmulas de Juros Compostos	120
10.11.2	Avaliação de Opções	121
10.11.3	Séries de Fluxos de Caixa	121
10.12	Visualização de Expressões Simbólicas	122
10.12.1	Plotagem de Funções Simbólicas	122

10.12.2	Gráficos de Superfície e Contorno	122
10.12.3	Representação Implícita de Curvas e Superfícies	123
10.12.4	Geração de Figuras Paramétricas	123
10.13	Técnicas Avançadas e Otimização	124
10.13.1	Aritmética de Precisão Variável	124
10.13.2	Otimização Simbólica	125
10.13.3	Integração com Métodos Numéricos	125
10.13.4	Uso de Pressupostos e Condições	126
10.14	Exportação e Integração	126
10.14.1	Geração de Código MATLAB	126
10.14.2	Exportação para LaTeX	127
10.14.3	Exportação para C/C++	127
10.14.4	Integração com Simulink	128
10.15	Casos de Estudo Completos	128
10.15.1	Robótica: Cinemática Direta e Inversa	128
10.15.2	Projeto de Filtros Digitais	128
10.15.3	Teoria de Controlo: Sistema de Pêndulo Invertido . . .	129
10.15.4	Problemas Clássicos de Cálculo Variacional	130
10.16	Dicas, Truques e Boas Práticas	130
10.16.1	Otimização de Desempenho	130
10.16.2	Debugging de Expressões Simbólicas	131
10.16.3	Simplificação Eficaz	131
10.16.4	Trabalho com Expressões Complexas	132
10.17	Exercícios Propostos	132
10.18	Apêndice: Funções de Matemática Simbólica	134
10.18.1	Tabela Resumo de Funções Importantes	134
10.18.2	Exemplos de Código One-Liners	134
11	Processamento de Sinal	137
11.1	Introdução ao Processamento de Sinal em MATLAB	137
11.2	Fundamentos de Sinais e Sistemas	137
11.2.1	Definição de Sinal e Sistema	137
11.2.2	Classificação de Sinais	138
11.2.3	Amostragem e Quantização	138
11.3	Representação e Visualização de Sinais no MATLAB	139
11.3.1	Criação e Importação de Sinais	139
11.3.2	Visualização Temporal e Espectral	139

11.4	Transformadas no Processamento de Sinal	139
11.4.1	Transformada de Fourier	139
11.4.2	Transformada de Fourier de Tempo Curto (STFT) . . .	140
11.4.3	Transformada Wavelet	140
11.5	Filtragem de Sinais	140
11.5.1	Teoria de Filtragem	140
11.5.2	Filtros FIR e IIR	141
11.5.3	Projeto e Análise de Filtros	141
11.5.4	Filtros Adaptativos	141
11.6	Análise Espectral e Estatística de Sinais	142
11.6.1	Densidade Espectral de Potência	142
11.6.2	Parâmetros Estatísticos	142
11.7	Processamento de Áudio Digital	142
11.7.1	Aquisição, Reprodução e Gravação	142
11.7.2	Processamento de Efeitos e Remoção de Ruído	142
11.7.3	Análise de Pitch e Formantes	143
11.8	Identificação e Modelação de Sistemas	143
11.8.1	Identificação de Sistemas Lineares	143
11.8.2	Resposta ao Impulso e Passo	143
11.9	Aplicações Avançadas e Processamento em Tempo Real . . .	144
11.9.1	Processamento em Tempo Real	144
11.9.2	Desenvolvimento de Interfaces Gráficas para Sinais . . .	144
11.10	Exercícios Propostos	145
11.10.1	Exercícios Básicos	145
11.10.2	Exercícios Intermédios	145
11.10.3	Exercícios Avançados	145
11.11	Boas Práticas e Otimização em MATLAB	145
12	Processamento de Imagem	147
12.1	Introdução ao Processamento de Imagem em MATLAB	147
12.1.1	História e Evolução do Processamento de Imagem . . .	147
12.1.2	A Image Processing Toolbox	148
12.2	Fundamentos de Imagens Digitais	148
12.2.1	Representação Digital de Imagens	148
12.2.2	Tipos de Dados para Imagens	149
12.3	Operações Básicas com Imagens	149
12.3.1	Leitura e Visualização de Imagens	149

12.3.2	Gravação de Imagens	149
12.3.3	Visualização de Múltiplas Imagens	150
12.3.4	Extração de Informação da Imagem	150
12.4	Transformações Geométricas	150
12.4.1	Redimensionamento	150
12.4.2	Rotação	151
12.4.3	Corte (Crop)	151
12.5	Manipulação de Cor e Contraste	151
12.5.1	Conversão entre Espaços de Cor	151
12.5.2	Ajuste de Contraste	152
12.5.3	Equalização de Histograma	152
12.5.4	Manipulação de Canais RGB	153
12.6	Filtragem e Suavização	153
12.6.1	Filtros de Média	153
12.6.2	Filtros Gaussianos	153
12.6.3	Filtros de Mediana	154
12.7	Deteção de Bordas	154
12.7.1	Operadores de Gradiente	154
12.7.2	Operador Laplaciano	155
12.7.3	Detetor de Bordas Canny	155
12.7.4	Visualização Comparativa	155
12.8	Segmentação de Imagem	156
12.8.1	Binarização e Threshold	156
12.8.2	Segmentação por Watershed	156
12.8.3	K-means para Segmentação	157
12.9	Morfologia Matemática	158
12.9.1	Operações Morfológicas Básicas	158
12.9.2	Extração de Características Morfológicas	158
12.9.3	Operações Avançadas de Morfologia	159
12.10	Análise de Regiões e Objetos	159
12.10.1	Rotulagem de Objetos	159
12.10.2	Extração de Propriedades	159
12.10.3	Filtro de Objetos por Propriedades	160
12.11	Transformações no Domínio da Frequência	160
12.11.1	Transformada de Fourier	160
12.11.2	Filtragem no Domínio da Frequência	161
12.11.3	Transformada Discreta de Cosseno (DCT)	162

12.12	Reconhecimento e Detecção de Objetos	162
12.12.1	Detecção de Círculos com Transformada de Hough	162
12.12.2	Detecção de Linhas com Transformada de Hough	163
12.12.3	Template Matching	164
12.13	Aplicações Avançadas	164
12.13.1	Compressão de Imagem	164
12.13.2	Registo de Imagem (Image Registration)	165
12.13.3	Restauração de Imagem	166
12.14	Desenvolvimento de Interfaces de Utilizador (GUIs)	167
12.14.1	Exemplo de Interface para Processamento de Imagem	167
12.15	Exercícios Propostos	170
12.15.1	Exercícios Básicos	170
12.15.2	Exercícios Intermédios	171
12.15.3	Exercícios Avançados	171
12.16	Melhores Práticas e Dicas	171
12.16.1	Otimização de Desempenho	171
12.16.2	Gestão de Memória	172
12.16.3	Visualização e Apresentação	172
13	Matemática Numérica e Métodos Computacionais	173
13.1	Introdução à Matemática Numérica	173
13.1.1	Áreas de Aplicação	173
13.2	Erros Numéricos e Estabilidade	174
13.2.1	Tipos de Erros	174
13.2.2	Condicionamento de Problemas	174
13.3	Resolução de Equações Não-Lineares	174
13.3.1	Método de Newton-Raphson	174
13.3.2	Método da Secante	175
13.4	Sistemas de Equações Lineares	175
13.4.1	Eliminação de Gauss com Pivotagem	175
13.4.2	Métodos Iterativos	176
13.5	Interpolação e Aproximação	176
13.5.1	Polinômio de Lagrange	176
13.5.2	Splines Cúbicos	177
13.6	Integração Numérica	177
13.6.1	Regra de Simpson Composta	177
13.6.2	Quadratura Gaussiana	178

13.7	Equações Diferenciais Ordinárias	178
13.7.1	Método de Euler	178
13.7.2	Método de Runge-Kutta de 4ª Ordem	178
13.8	Otimização Numérica	179
13.8.1	Método do Gradiente Descendente	179
13.9	Exercícios Propostos	179
13.9.1	Exercícios Básicos	179
13.9.2	Exercícios Intermédios	179
13.9.3	Exercícios Avançados	180
13.10	Boas Práticas em Cálculo Numérico	180
14	Sistemas de Controlo e Simulink	181
14.1	Introdução aos Sistemas de Controlo com MATLAB e Simulink	181
14.1.1	MATLAB vs Simulink	181
14.2	Modelação de Sistemas em Simulink	182
14.2.1	Construção de Modelos Dinâmicos	182
14.2.2	Integração com MATLAB	182
14.3	Projeto de Controladores em Simulink	183
14.3.1	Controlador PID	183
14.3.2	Projeto e Análise de Controladores	183
14.4	Simulação de Sistemas Não Lineares e Multidomínio	184
14.4.1	Modelação de Não Linearidades	184
14.4.2	Sistemas Multidomínio	184
14.5	Implementação e Simulação em Tempo Real	184
14.5.1	Simulink Real-Time e Hardware-in-the-Loop (HIL) . . .	184
14.5.2	Aquisição e Processamento de Dados em Tempo Real .	185
14.6	Exemplo Prático: Projeto de um Sistema de Controlo de Velocidade de Motor DC	185
14.7	Exercícios Propostos	186
14.7.1	Exercícios Básicos	186
14.7.2	Exercícios Intermédios	186
14.7.3	Exercícios Avançados	186
14.8	Boas Práticas em Modelação e Simulação com Simulink	186
15	Revisões	189
15.1	Exercícios Propostos	189

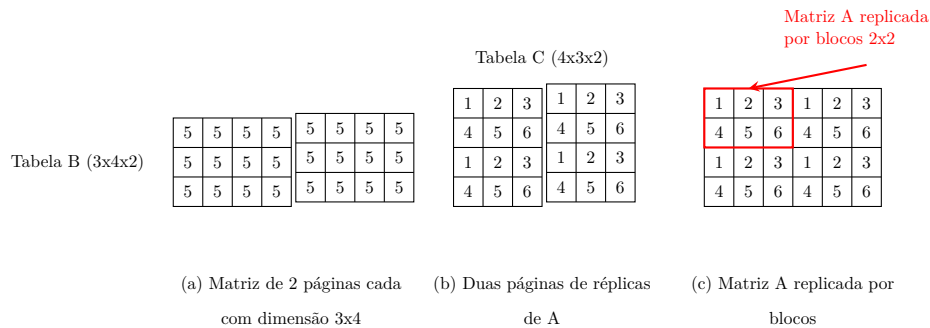


Figura 3.8: Pré-alocação de matrizes.

3.6 Concatenação de matrizes

a) Utilização de parêntesis retos

```
Ex: A = [1 2; 3 4];  
    B = [5 6; 7 8];  
    C = [A, B];      %Concatenação horizontal  
    D = [A; B];      %Concatenação vertical
```

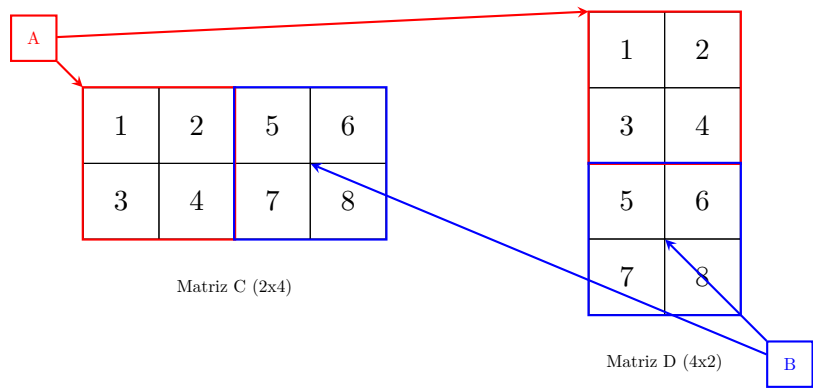


Figura 3.9: Concatenação de matrizes.

b) Funções horzcat e vertcat

```
horzcat(A,B,C, ...)
```

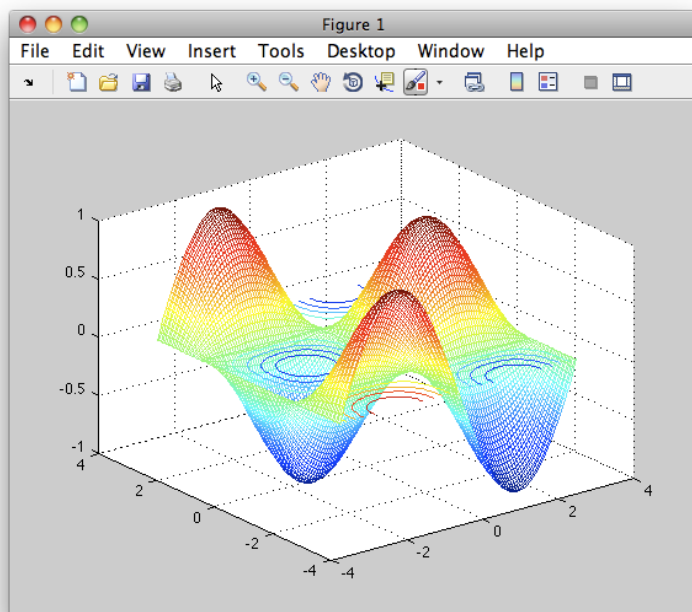


Figura 4.13: Função mesh e contour na mesma figura

4.6 Função subplot

A função `subplot` permite construir vários gráficos na mesma janela dividindo-a em linhas e colunas. Considere o exemplo seguinte:

```
1 >>figure(1) % Cria a janela da figura
2 >>subplot(2,1,1) % Divide a janela da figura em 2 linhas e 1 coluna
3                   % e constrói o gráfico na posição (1,1)
4 >>contour(X,Y,Z);
5 >>subplot(2,1,2) % Constrói o gráfico na posição (2,1) da janela
6                   % da figura
7 >>mesh
```

O resultado é apresentado na Figura 4.14.


```

10 % Curva paramétrica 3D (hélice)
11 syms t
12 x = cos(t);
13 y = sin(t);
14 z = t/(2*pi);
15 fplot3([x, y, z], [0, 4*pi])
16 title('Hélice')
17 grid on
18
19 % Superfície paramétrica (toróide)
20 syms u v
21 x = (2 + cos(v))*cos(u);
22 y = (2 + cos(v))*sin(u);
23 z = sin(v);
24 fsurf([x, y, z], [0, 2*pi, 0, 2*pi])
25 title('Toróide')

```

10.13 Técnicas Avançadas e Otimização

10.13.1 Aritmética de Precisão Variável

O MATLAB permite cálculos com precisão arbitrária:

```

1 % Cálculo de com 100 dígitos
2 pi_100 = vpa(pi, 100)
3
4 % Cálculo de e^ com 50 dígitos
5 e_pi = vpa(exp(pi), 50)
6
7 % Raiz quadrada de 2 com 30 dígitos
8 sqrt2 = vpa(sqrt(2), 30)
9
10 % Operações com precisão variável
11 x = vpa(1)/3;
12 y = sin(vpa(pi)/3);
13 z = x * y;
14 digits(40); % Altera a precisão padrão

```

```
17         'Callback', @carregarImagem);
18
19     uicontrol('Parent', fig, 'Style', 'pushbutton', ...
20             'String', 'Escala de Cinza', ...
21             'Position', [50, 150, 120, 30], ...
22             'Callback', @converterCinza);
23
24     uicontrol('Parent', fig, 'Style', 'pushbutton', ...
25             'String', 'Detecção de Bordas', ...
26             'Position', [50, 100, 120, 30], ...
27             'Callback', @detecaoBordas);
28
29     uicontrol('Parent', fig, 'Style', 'pushbutton', ...
30             'String', 'Equalizar Histograma', ...
31             'Position', [180, 150, 120, 30], ...
32             'Callback', @equalizarHistograma);
33
34     uicontrol('Parent', fig, 'Style', 'pushbutton', ...
35             'String', 'Filtro Mediana', ...
36             'Position', [180, 100, 120, 30], ...
37             'Callback', @filtroMediana);
38
39     % Variáveis para armazenar imagens
40     imagem_original = [];
41     imagem_processada = [];
42
43     % Callbacks
44     function carregarImagem(~, ~)
45         [filename, pathname] = uigetfile({'*.jpg;*.png;*.bmp',
46             'Imagens'});
47         if filename ~= 0
48             imagem_original = imread(fullfile(pathname, filename));
49             axes(axes_original);
50             imshow(imagem_original);
51             title(axes_original, 'Imagem Original');
52
53             % Inicializar imagem processada
54             imagem_processada = imagem_original;
55             axes(axes_processada);
56             imshow(imagem_processada);
57             title(axes_processada, 'Imagem Carregada');
```

13.2 Erros Numéricos e Estabilidade

13.2.1 Tipos de Erros

- **Erro de truncatura:** Resultante da aproximação de processos infinitos
- **Erro de arredondamento:** Decorrente da precisão finita dos computadores
- **Erro de modelação:** Diferença entre realidade física e modelo matemático

13.2.2 Condicionamento de Problemas

O número de condição de uma matriz ($\kappa(A) = \|A\| \|A^{-1}\|$) determina a sensibilidade do sistema $Ax = b$ a perturbações:

```
1 A = [1, 0.99; 0.99, 0.98];
2 cond_num = cond(A);
3 disp(['Número de condição: ', num2str(cond_num)]);
```

13.3 Resolução de Equações Não-Lineares

13.3.1 Método de Newton-Raphson

Para $f(x) = 0$, a iteração é $x_{n+1} = x_n - f(x_n)/f'(x_n)$:

```
1 function [raiz, iter] = newton_raphson(f, df, x0, tol, max_iter)
2     iter = 0;
3     while abs(f(x0)) > tol && iter < max_iter
4         x0 = x0 - f(x0)/df(x0);
5         iter = iter + 1;
6     end
7     raiz = x0;
8 end
9
10 % Exemplo: encontrar raiz de e^x - 2
11 f = @(x) exp(x) - 2;
12 df = @(x) exp(x);
13 [raiz, iter] = newton_raphson(f, df, 1, 1e-6, 100);
```

MATLAB: DO FUNDAMENTAL À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

FILIPE AZEVEDO

Sobre a obra

Este livro é um guia essencial e abrangente para estudantes, profissionais e entusiastas que pretendem explorar e dominar o MATLAB, uma plataforma poderosa de cálculo numérico, visualização gráfica e desenvolvimento computacional.

Começando pelos fundamentos da linguagem, o leitor é conduzido por uma progressão pedagógica sólida que inclui controlo de fluxo, manipulação de matrizes, gráficos 2D e 3D, scripts e funções, culminando em aplicações avançadas em otimização, inteligência artificial, redes neuronais, deep learning, reinforcement learning e modelação com Simulink.

Com uma abordagem prática e acessível, reforçada por exemplos reais e exercícios progressivos, esta obra oferece uma curva de aprendizagem eficaz, preparando o leitor para enfrentar desafios académicos e profissionais no universo MATLAB.

Sobre o autor

Filipe Azevedo é Professor Adjunto no Instituto Superior de Engenharia do Porto e investigador integrado no INESC TEC – Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência. Licenciado e mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, obteve o grau de Doutor em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, com distinção e louvor.

Iniciou a sua carreira profissional na EFACEC Energia, na área técnico-comercial, antes de se dedicar à docência e investigação no ensino superior. Desde 2000, leciona no ISEP, onde tem vindo a desenvolver trabalho nas áreas dos sistemas de energia, inteligência artificial e engenharia económica.

A sua investigação no INESC TEC incide sobretudo na modelação e otimização de redes elétricas inteligentes, nos mercados de energia elétrica, na integração de fontes renováveis e na aplicação de técnicas de apoio à decisão. Os seus interesses estendem-se ainda à segurança energética, criptografia e cibersegurança, com particular atenção ao impacto destas tecnologias em contextos estratégicos.

Com mais de duas décadas de experiência académica e científica, tem procurado articular a prática pedagógica com uma investigação aplicada, desenvolvendo soluções inovadoras e formando engenheiros com sentido crítico e visão tecnológica.

Também disponível em formato e-book



ISBN: 978-989-917-785-7



www.engebook.pt