

Sumário

Capítulo 1

INTRODUÇÃO	1
1.1 Histórico.....	2
1.2 Potencialidade da Teoria de Filas	3
1.3 Notação	5

Capítulo 2

SISTEMAS COM FILA	7
2.1 Definição	7
2.2 Estrutura Básica	7
2.2.1 Processo de Chegadas dos Usuários.....	8
2.2.2 Processo de Atendimento.....	8
2.2.3 Canais ou Postos de Serviço/Atendimento	9
2.2.4 Capacidade do Sistema	9
2.2.5 Disciplina de Atendimento.....	9
2.3 Notação de um Sistema com Fila	10
2.4 Medidas de Desempenho de um Sistema com Fila.....	11
2.5 Modelo <i>D/D/1/K/FIFO</i>	12
2.5.1 Medidas de Desempenho	12

4.4.2 Medidas de Desempenho	69
4.5 Modelo $M/M/c/K/FIFO$	74
4.5.1 Caracterização do Sistema no Regime Estacionário	75
4.5.2 Medidas de Desempenho	75
4.5.3 Caso Particular $M/M/c/c/FIFO$	77
4.6 Fórmulas do Capítulo 4.	80
4.7 Exercícios.	84
Capítulo 5	
MODELOS MARKOVIANOS INTERMEDIÁRIOS	91
5.1 Modelo $M^*/M/c/K/FIFO$ (usuários se originam de uma população finita)	91
5.1.1 Caracterização do Sistema no Regime Estacionário	92
5.1.2 Medidas de Desempenho	93
5.2 Modelo $M/M_{\mu_i}/1/\infty/FIFO$ (taxas de atendimento mudando em determinados estados do sistema)	95
5.2.1 Caracterização do Sistema no Regime Estacionário	96
5.2.2 Medidas de Desempenho	97
5.3 Modelo $M_n/M/1/\infty/FIFO$ (taxas de ingresso dependendo dos estados do sistema)	100
5.3.1 Caracterização do Sistema no Regime Estacionário	101
5.3.2 Medidas de Desempenho	102
5.4 Modelo $M/M/\infty/\infty/FIFO$ (<i>self-service</i>)	104
5.4.1 Caracterização do Sistema no Regime Estacionário	105
5.4.2 Medidas de Desempenho	106
5.5 Modelo $M/M/c(n)/\infty/FIFO$ (número de servidores dependendo do estado do sistema)	106
5.6 Modelos de Séries de Filas	111

5.6.1 Série de Filas sem Bloqueio	112
5.6.1.1 Medidas de Desempenho.	114
5.6.2 Série de Filas com Bloqueio(s)	117
5.6.2.1 Medidas de Desempenho.	120
5.7 Modelos com Disciplina de Atendimento Diferente da Disciplina <i>FIFO</i>	124
5.7.1 Modelo $M/M/1/\infty/PRI$	124
5.7.1.1 Caracterização do Sistema no Regime Estacionário . . .	125
5.7.1.2 Medidas de Desempenho.	131
5.8 Fórmulas do Capítulo 5.	134
5.9 Exercícios.	140

Capítulo 6

OUTROS MODELOS MARKOVIANOS 147

6.1 Modelo $M/M_i/c/\infty/FIFO$ (servidores com distintas taxas de atendimento)	147
6.1.1 Caracterização do Sistema no Regime Estacionário	148
6.1.2 Medidas de Desempenho	155
6.2 Modelo $M^{[X]}/M/1/\infty/FIFO$ (chegadas em grupo)	157
6.2.1 Caracterização do Sistema no Regime Estacionário	159
6.2.2 Medidas de Desempenho	162
6.2.3 Caso Particular: $M^{[X_0]}/M/1/\infty/FIFO$	164
6.3 Modelo $M/M^{[K]}/1/\infty/FIFO$ (atendimentos em grupos)	167
6.3.1 Caracterização do Sistema no Regime Estacionário	168
6.4 Modelo $M/E_k/1/\infty/FIFO$	173
6.4.1 Caracterização do Sistema no Regime Estacionário	174
6.4.2 Medidas de Desempenho	179
6.5 Modelo $M/E_k/1/K/FIFO$	180

6.5.1	Caracterização do Sistema no Regime Estacionário	181
6.5.2	Caso Particular: $M/E_2/1/2/FIFO$	182
6.6	Modelo $E_k/M/1/\infty/FIFO$	185
6.6.1	Caracterização do Sistema no Regime Estacionário	186
6.6.2	Medidas de Desempenho	188
6.7	Fórmulas do Capítulo 6.	189
6.8	Exercícios.	193

Capítulo 7

MODELOS SEMI-MARKOVIANOS E NÃO-MARKOVIANOS OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS. 197

7.1	Modelo $M/G/1/\infty/FIFO$	198
7.1.1	Medidas de Desempenho	198
7.1.2	Casos Particulares do Modelo $M/G/1/\infty/FIFO$	201
7.2	Outros Modelos	204
7.3	Otimização de Sistemas com Filas	206
7.3.1	Determinação dos Parâmetros “Ótimos” do Sistema	207
7.4	Fórmulas do Capítulo 7.	211
7.5	Exercícios.	213

Capítulo 8

APLICAÇÕES DA TEORIA DE FILAS 217

8.1	Especificação do Modelo.	218
8.1.1	Estimação dos Parâmetros	218
8.1.2	Determinação da Melhor Distribuição	219
8.2	Aplicações	219
8.2.1	<i>Check-in</i> de uma Companhia Aérea	220

8.2.2 Sistema de Pagamento de Mercadorias nos Caixas de uma Loja de Departamentos	230
8.2.3 Posto de Abastecimento de Gás Natural	241
8.2.4 Praça de Pedágio Localizada em uma Rodovia Federal	251

Anexo IA

CONCEITOS E TEORIA DA PROBABILIDADE	263
------------------------------------------------------	------------

Anexo IB

VARIÁVEIS ALEATÓRIAS	267
---------------------------------------	------------

Anexo IC

DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE	277
-------------------------------------------------	------------

Anexo IIA

EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS E OPERADORES LINEARES	281
-----------------------------------------------------------------------------	------------

Anexo IIB

EQUAÇÕES E OPERADORES EM DIFERENÇAS	285
------------------------------------------------------	------------

REFERÊNCIAS	287
------------------------------	------------

2.6 Fórmulas do Capítulo 2.....	18
2.7 Exercícios.....	19
Capítulo 3	
PROCESSOS ESTOCÁSTICOS.....	21
3.1 Conceitos Básicos.....	21
3.2 Processos Markovianos.....	24
3.2.1 Processo de Nascimento e Morte.....	27
3.2.2 Processo de Poisson.....	35
3.2.3 Outros Processos Markovianos.....	42
3.3 Processos Semi-Markovianos.....	44
3.4 Processos Não-Markovianos.....	45
3.5 Fórmulas do Capítulo 3.....	45
3.6 Exercícios.....	46
Capítulo 4	
MODELOS DE FILAS BÁSICOS.....	51
4.1 Modelo $M/M/1/\infty/FIFO$	51
4.1.1 Caracterização do Sistema no Regime Estacionário.....	52
4.1.2 Medidas de Desempenho.....	53
4.2 Fórmulas de Little.....	57
4.3 Modelo $M/M/1/K/FIFO$	60
4.3.1 Caracterização do Sistema no Regime Estacionário.....	61
4.3.2 Medidas de Desempenho.....	62
4.3.3 Caso Particular: $M/M/1/1/FIFO$	65
4.4 Modelo $M/M/c/\infty/FIFO$	67
4.4.1 Caracterização do Sistema no Regime Estacionário.....	68