

# Sumário

<b>1</b>	<b>Técnicas Disponíveis</b>	<b>1</b>
	Classificação e Descrição	1
	Técnicas Analíticas	2
	Técnicas Determinísticas	3
	Programação Matemática	3
	Teoria das Filas	5
	Inteligência Artificial	5
	Simulação	6
	Macroscópica	6
	Mesoscópica	6
	Microscópica	7
	Considerações Finais	7
<b>2</b>	<b>Teoria das Filas</b>	<b>9</b>
	Considerações Iniciais	9
	Histórico e Aplicações	10
	Caracterização	11
	Características Básicas	11
	Processo de Chegada dos Clientes	12
	Padrões de Serviço dos Atendentes	13
	Disciplina da Fila	14
	Número de Canais de Serviços	14
	Capacidade de Armazenamento do Sistema	14
	Etapas do Serviço	16
	Síntese	16
	Medidas de Desempenho	17
	Requisitos do Modelo Adotado e Dados Básicos	19
	Formalização do Problema	20
	Fórmulas para $k = 1$ , Um Canal de Serviço	21
	Fórmulas para Múltiplos Canais de Serviço	22

<b>3</b>	<b>Caracterização da Simulação</b>	<b>25</b>
	Definições e Conceituações	25
	Segundo CHURMAN (1963)	26
	Segundo MIZE & COX (1968)	26
	Segundo NAYLOR <i>et alii</i> , (1971)	26
	Segundo SHANON (1977)	26
	Segundo LOURENÇO (1981)	26
	Segundo PIDD (1984)	27
	Segundo PAUL & BALMER (1985)	27
	Segundo SWAIT (1987)	27
	Segundo PERIN FILHO (1995)	27
	Segundo HARRELL <i>et alii</i> , (2000)	27
	Modelos para a Simulação	28
	Simbólicos	28
	Físicos ou Icônicos	29
	Analógicos	29
	Quanto à Forma de Uso	29
	Quanto às Técnicas de Simulação	29
	Quanto à Investigação	30
	Quanto à Variabilidade Temporal	31
	Quanto às Leis que Regem os Elementos do Sistema e as suas Interações	32
	Funções, Vantagens, Desvantagens e Indicações de Uso da Simulação	33
	Processo e Ambiente da Simulação	40
	Modelagem	42
	Programação	42
	Experimentação	42
	Formulação do Problema e Planejamento do Estudo	44
	Levantamento de Dados e Definição do Modelo	44
	Realização do Teste de Validade	44
	Programa e Depuração do Modelo	44
	Realização do Teste Piloto	44
	Realização do Teste de Validade	45
	Planejamento de Experimentos e “Rodadas” do Programa	45
	Análise dos Resultados	45
	Documentação	45
	Considerações Finais	45
<b>4</b>	<b>O Motor da Simulação</b>	<b>49</b>
	Considerações Iniciais	49

Geração de Números Aleatórios . . . . .	49
Caracterização dos Números Aleatórios . . . . .	49
Classificação dos Métodos de Geração de Números Aleatórios . . . . .	50
Geração de Variáveis Aleatórias . . . . .	51
Método da Transformação Inversa (Shimizu, 1975) . . . . .	51
Método da Rejeição (Naylor <i>et alii</i> , 1966) . . . . .	52
Método da Convolução (Naylor <i>et alii</i> , 1966) . . . . .	53
Distribuições Aleatórias . . . . .	53
Algumas Distribuições Discretas . . . . .	53
Distribuição de BERNOULLI . . . . .	54
Distribuição BINOMIAL . . . . .	54
Distribuição de POISSON . . . . .	55
Algumas Distribuições Contínuas . . . . .	55
Distribuição Exponencial Negativa . . . . .	56
Distribuição de Erlang . . . . .	56
Distribuição Normal . . . . .	57
Dicas para a Seleção da Distribuição Teórica . . . . .	57
No caso de Variáveis Discretas . . . . .	58
No caso de Variáveis Contínuas . . . . .	58
Considerações Finais . . . . .	58
<b>5 Fundamentos e Técnicas de Modelagem . . . . .</b>	<b>61</b>
Considerações Iniciais . . . . .	61
Abordagens da Modelagem . . . . .	61
Abordagem dos Eventos . . . . .	62
Abordagem das Atividades . . . . .	62
Abordagem dos Processos . . . . .	63
Abordagem das Três Fases . . . . .	65
Comparação das Abordagens . . . . .	68
Objetos da Modelagem . . . . .	68
Conceituação de Sistema . . . . .	68
Elementos Básicos . . . . .	70
Entidade (Swait, 1987) . . . . .	71
Relacionamento . . . . .	71
Atributos . . . . .	71
Atividades . . . . .	72
Fila . . . . .	72
Evento . . . . .	73
Diagrama de Ciclo de Atividades . . . . .	73
Considerações Finais . . . . .	74

<b>6 Exemplos de Diagramas de Ciclo de Atividades. . . . .</b>	<b>77</b>
Considerações Iniciais. . . . .	77
Serviço de Atendimento de Emergência de um Hospital. . . . .	78
Bar (ou <i>PUB</i> ) . . . . .	78
Terminal de Ônibus e Estacionamento . . . . .	83
Garagem e Oficina de Ônibus . . . . .	87
Terminal de Passageiros em Aeroportos. . . . .	93
Considerações Finais. . . . .	103
<b>7 Simuladores de Tráfego . . . . .</b>	<b>105</b>
Considerações Iniciais. . . . .	105
Revisão Sucinta dos Modelos de Tráfego até a Década de 80 do Século XX . . . . .	106
Modelos da Década de 60. . . . .	106
Modelos da Década de 70. . . . .	106
Modelos da Década de 80. . . . .	108
Modelos a Partir da Década 90. . . . .	109
O Modelo TRAF NETSIM . . . . .	121
Escolha do Simulador . . . . .	123
Considerações Finais. . . . .	126
<b>8 Conclusões e Recomendações . . . . .</b>	<b>135</b>
Bibliografia . . . . .	139
<b>A Métodos de Geração de Números Pseudo-aleatórios e seus Testes Estatísticos . . . . .</b>	<b>151</b>
Métodos Manuais . . . . .	151
Tábuas de Números Aleatórios . . . . .	151
Métodos de Computadores Analógicos . . . . .	152
Métodos de Computadores Digitais. . . . .	152
Primeiros Métodos de Geração de Números Pseudo-aleatórios . . . . .	154
Método de Congruência Aditiva . . . . .	155
Método de Congruência Multiplicativa . . . . .	156
Método de Congruência Mista. . . . .	158
Testes de Números Aleatórios . . . . .	159
Teste de Frequência . . . . .	159
Outros Testes . . . . .	161
Teste Serial . . . . .	161

Teste do Produto Intervalado (Naylor <i>et alii</i> , 1966, Shimizu, 1975) . . . . .	161
Teste de Kolmogorov – Smirnov (KS) . . . . .	162
Teste de Repetição Acima e Abaixo da Média . . . . .	162
<b>B Aplicações de Teoria de Filas nos Transportes . . . . .</b>	<b>165</b>
Introdução . . . . .	165
Quadro Geral das Aplicações nos Transportes . . . . .	165
Alguns Exemplos de Aplicação da Teoria de Filas nos Transportes . . . . .	167
Lista de <i>Softwares</i> sobre Teoria de Filas . . . . .	172
<b>C Cadastro de Modelos para Interseções SemafORIZADAS e Aerportos . . . . .</b>	<b>179</b>
Considerações Iniciais . . . . .	179
Descrição dos Modelos para Interseções SemafORIZADAS . . . . .	179
Modelos Analíticos . . . . .	179
SIGSET (1971) . . . . .	179
SIGCAP (1976) . . . . .	180
SIDRA-2 (1986) . . . . .	181
HCS (1985 e 2000) . . . . .	182
OSCADY (1987) . . . . .	184
PASSER II-87 (1987) . . . . .	184
TRAFSIG (1988) . . . . .	185
Modelos de Simulação . . . . .	186
TEXAS (1977) . . . . .	186
SINTRAL (1979) . . . . .	188
INSECT (1983) . . . . .	189
SIMSET2 (1983) . . . . .	189
INTERCON (1986) . . . . .	190
TRUSTS (1990) . . . . .	192
Outros Modelos . . . . .	192
Modelos Extraídos da Publicação <i>Microcomputers in             Transportation Software and Source Book,</i> da UMTA e FHWA . . . . .	192
Modelos Extraídos do Catálogo da McTrans, da Universidade da Flórida . . . . .	194
Outras Referências . . . . .	194
Descrição dos Modelos para Aerportos . . . . .	195