

SUMÁRIO

Prefácio	3
Capítulo 1 – Concepção de Projetos de Sistemas de Abastecimento de Água	11
1.1 – Introdução	11
1.2 – Partes de um sistema de abastecimento de água	12
1.2.1 – Mananciais	13
1.2.2 – Estruturas de captação	14
1.2.3 – Estação de tratamento de água – ETA	15
1.2.4 – Estações elevatórias e adutoras	17
1.2.5 – Reservatórios	18
1.2.6 – Redes de tubulações de distribuição	20
1.2.7 – Ligações prediais	22
1.3 – Esquemas de concepção de projetos de sistemas de abastecimento	24
Capítulo 2 – Água Requerida pelos Sistemas de Abastecimento	29
2.1 – Alcance do projeto	29
2.2 – Previsão de população	30
2.3 – Estimativa dos consumos	35
2.3.1 – Fatores que influenciam o consumo de água	35
2.3.2 – Água para uso doméstico	37
2.3.3 – Água para uso comercial e industrial	37
2.3.4 – Água para uso público	38
2.3.5 – Consumo per capita	39
2.3.6 – Perdas de água	43
2.3.7 – Variação de consumo – demanda máxima de projeto	48
2.3.8 – Variação espacial da demanda	53
2.3.9 – Hidrantes de combate a incêndio	55
Capítulo 3 – Hidráulica dos Condutos Forçados em Adutoras e Redes	57
3.1 – Escoamento pressurizado nas tubulações	57
3.1.1 – Perda de carga ao longo do conduto	60
3.1.2 – Perdas de carga localizadas	64
3.2 – Escolhas dos tipos de tubo	66
3.2.1 – Pressões nominais dos tubos	66
3.2.2 – Seleção do material	68
3.3 – Limites de velocidade nas tubulações	74

3.4 – Pressões mínimas e máximas admissíveis nas tubulações	75
-------------------------------------------------------------	----

Capítulo 4 – Estações de Bombeamento 77

4.1 – Introdução	77
4.2 – Bombas hidráulicas	77
4.2.1 – Classificação das bombas centrífugas	80
4.3 – Alturas geométricas e manométricas, perdas e potências	83
4.3.1 – Altura geométrica e manométrica	84
4.3.2 – Potência e rendimentos	86
4.3.3 – Perdas de energia na bomba	88
4.4 – Curvas características – ensaios de bombas	93
4.4.1 – Curvas características de uma bomba	93
4.4.2 – Ensaios de bombas	98
4.5 – Curvas do sistema e ponto de trabalho	101
4.6 – Relações entre as grandezas características de bombas	109
4.6.1 – Leis de similaridade para bombas	110
4.6.2 – Leis de afinidade	111
4.6.3 – Parábolas de isorrendimento	114
4.6.4 – Corte nos rotores	115
4.7 – Velocidade específica	117
4.7.1 – Rotação específica	118
4.7.2 – Velocidade específica	118
4.7.3 – Velocidade específica em casos especiais	119
4.8 – Altura de aspiração, cavitação e NPSH	122
4.8.1 – Altura de aspiração	122
4.8.2 – Cavitação	124
4.8.3 – NPSH	127
4.8.4 – O coeficiente de Thoma	129
4.9 – Associação de bombas	132
4.9.1 – Associação em paralelo	132
4.9.2 – Associação em série	134
4.9.3 – O rendimento resultante das associações de bombas	136
4.10 – Acionamento elétrico	140
4.10.1 – Motores de corrente contínua	140
4.10.2 – Motores de corrente alternada	141
4.11 – Variação da velocidade de rotação - inversores de frequência	143

Capítulo 5 – Dimensionamento de Adutoras e Instalações de Recalque 149

5.1 – Introdução	149
5.2 – Adutora por gravidade	149
5.2.1 – Dimensionamento de uma adutora por gravidade	150
5.3 – Instalações de recalque	151

5.3.1 – Custos de implantação e de operação de redes e estações Elevatórias	153
5.3.1.1 – Custos de implantação de adutoras e redes	154
5.3.1.2 – Custos da energia de bombeamento	155
5.3.1.3 – Custos totais	159
5.3.2 – Metodologias de dimensionamento	163
5.3.2.1 – Método baseado na variação linear dos custos das Tubulações	164
5.3.2.2 – Método das tentativas	166
5.3.3 – Exemplos de aplicação	168
5.3.4 – Programa de cálculo para o dimensionamento econômico de instalações de recalque (planilha DEIR)	175
5.5 - Considerações finais	182

Capítulo 6 – Dimensionamento de Redes de Abastecimento de Água

	191
6.1 – Introdução	191
6.2 – Condições prévias necessárias para o dimensionamento	192
6.2.1 – Magnitude das redes	192
6.2.2 – Topologia das redes	193
6.2.3 – Vazões de projeto	193
6.2.4 – Carregamento das demandas de água nos nós da rede	193
6.3 – Dimensionamento pelo método iterativo de cálculo	195
6.3.1 – Exemplos de aplicação do método iterativo a redes malhadas	199
6.3.2 – Exemplos de aplicação do método iterativo a redes ramificadas	219
6.3.3 – Considerações sobre o método iterativo	222
6.4 – Metodologia de dimensionamento econômico	226
6.4.1 – Introdução	226
6.4.2 – O método PNL2000	227
6.4.3 – Exemplos de aplicação do método	230

Capítulo 7 – Modelagem Hidráulica de Sistemas de Abastecimento de Água – O Programa EPANET

	243
7.1 – Operação de sistemas de abastecimento – modelagem hidráulica	243
7.2 – O que é o EPANET	245
7.2.1 – Características da modelação hidráulica	246
7.2.2 – Características da modelação da qualidade da água	247
7.2.3 – Passos a seguir na utilização do programa	248
7.2.4 – Instalação do EPANET	248
7.3 – Começando a trabalhar com o EPANET	249
7.3.1 – Exemplo de aplicação	249
7.3.2 – Criação de um projeto	251
7.3.3 – Traçado da rede	253

8 Abastecimento de Água

7.3.4 – Propriedades dos objetos	255
7.3.5 – Salvar e abrir projetos	258
7.3.6 – Executar uma simulação estática	259
7.3.7 – Executar uma simulação dinâmica	260
7.3.8 – Simulação de parâmetros de qualidade da água	272
7.4 – O Modelo do sistema de abastecimento	275
7.4.1 – Componentes físicos	275
7.4.1.1 – Nós	275
7.4.1.2 – Reservatórios de nível fixo	276
7.4.1.3 – Reservatórios de nível variável	276
7.4.1.4 – Emissores	277
7.4.1.5 – Tubulações	278
7.4.1.6 – Bombas	279
7.4.1.7 – Válvulas	280
7.4.2 – Componentes não físicos	282
7.4.2.1 – Curvas	282
7.4.2.2 – Curva da bomba	282
7.4.2.3 – Curva de rendimento	284
7.4.2.4 – Curva de volume	284
7.4.2.5 – Curva de perda de carga	285
7.4.2.6 – Padrões temporais	285
7.4.2.7 – Controles	286
7.4.3 – Modelo de simulação hidráulica	290
7.4.4 – Modelo de simulação da qualidade da água	291
7.5 – Módulo de importação de arquivos do AUTOCAD	294

Capítulo 8 - Dimensionamento e Reabilitação de Redes Mediante Modelagem Hidráulica - O Método LENHSNET

8.1 – O método LENHSNET de dimensionamento econômico de redes	297
8.2 – O Programa LENHSNET	301
8.2.1 – Exemplos de aplicação de dimensionamento de redes	307
8.3 – Reabilitação de redes de abastecimento	319

Capítulo 9 – Reservatórios de Regularização e Distribuição

9.1 – Introdução	325
9.2 – Classificação dos reservatórios	325
9.3 – Dimensionamento da capacidade dos reservatórios	327
9.3.1 – Determinação do volume útil quando se dispõe da curva de Consumo	329
9.3.2 – Determinação do volume por meio do programa EPANET	331
9.3.3 – Determinação do volume com adução intermitente	338
9.3.4 – Volume de reservação utilizado em projetos	341

9.3.5 – Reservatório elevado	342
9.4 – Aspectos construtivos	344
Capítulo 10 – Controle de Perdas de Água	347
10.1 – Introdução	347
10.1.1 – Vazão mínima noturna	349
10.1.2 – Background and Bursts Estimates – BABE	351
10.1.3 – Nível econômico de perdas	352
10.2 – Indicadores de desempenho	353
10.2.1 – Sistemas de indicadores de desempenho	355
10.2.2 – Sistema nacional de informação sobre saneamento - SNIS	357
10.2.3 – Indicadores de desempenho da IWA	359
10.2.4 – Principais indicadores de desempenho	361
10.2.4.1 – Indicador geral de perdas na distribuição	361
10.2.4.2 – Índice de perdas por ligação	362
10.2.4.3 – Índice bruto de perdas lineares	362
10.2.4.4 – Perda real inevitável	363
10.2.4.1 – Índice de vazamentos na infraestrutura	364
10.3 – Setorização de sistemas de distribuição de água	366
10.4 – Controle de perdas reais	369
10.4.1 – Controle de pressão	372
10.4.1.1 – Válvulas redutoras de pressão	374
10.4.1.2 – Otimização operacional dos sistemas de bombeamento	378
10.4.2 – Velocidade e qualidade de reparos	380
10.4.3 – Controle ativo de vazamentos	381
10.4.4 – Gestão da infraestrutura	384
10.5 – Controle de perdas aparentes	389
10.5.1 – Redução dos erros de medição	389
10.5.2 – Controle de integridade de dados e da contabilização dos consumos	395
10.5.3 – Combate a fraudes e uso não contabilizado	400
Capítulo 11 – Eficiência Energética	403
11.1 – Introdução	403
11.2 – Conceito de eficiência energética - Indicadores	403
11.3 – Ações administrativas para a redução dos custos de energia	408
11.4 – Ações operacionais de redução do consumo de energia	409
11.4.1 – Melhoria do rendimento do conjunto motobomba	410
11.4.2 – Redução das perdas de carga nas tubulações	411
11.4.3 – Redução das perdas de água no sistema	415
11.4.4 – Utilização de inversores de frequência	415
11.4.5 – Alteração no regime de bombeamento e reservação	419

10 Abastecimento de Água

11.4.6 – Automação e controle do sistema de distribuição	420
11.4.7 – Correção do fator de potência	423
11.4.8 – Alteração na tensão de alimentação	423
11.4.9 – Usos alternativos de energia elétrica	424
11.5 – Diagnóstico hidroenergético	424

Capítulo 12 – Análise Econômica de Projetos 427

12.1 – Introdução	427
12.2 – Matemática financeira aplicada à engenharia econômica	427
12.2.1 – Juros, valor futuro, valor presente	428
12.2.2 – Custos e receitas periódicas, fluxo de caixa	429
12.3 – Métodos de avaliação econômica de projetos	444
12.3.1 – Valor presente líquido	444
12.3.2 – Valor anual líquido	445
12.3.3 – Relação Benefício/Custo	446
12.3.4 – Taxa interna de retorno	446
12.3.5 – Tempo de retorno do capital	447
12.3.6 – Considerações sobre os métodos de avaliação econômica	448
12.4 – Exemplos de avaliação da viabilidade econômica	449
12.4.1 – Projeto de redução do consumo de energia	449
12.4.2 – Projeto de redução de perdas de água	455

Bibliografia 461