

Sumário

Apresentação	IX
Prefácio	XI
Lista de Variáveis	XV
Capítulo 1	
INTRODUÇÃO	1
1.1 Etapas do Escoamento	4
1.1.1 Recuperação	4
1.1.2 Elevação	10
1.1.3 Coleta	10
1.1.4 Exportação	11
1.1.5 Processamento de Fluidos na Plataforma	12
1.2 O Dispêndio da Energia ao Longo do Escoamento	17
1.3 Simuladores de Fluxo	20
1.4 Natureza do Fluxo de Petróleo no Sistema de Coleta	22
1.5 Elevação Natural <i>versus</i> Elevação Artificial	25
1.6 Interfaces com Outras Áreas	26
1.7 Sistemas de Produção	28
1.8 Atividades da Elevação e Escoamento	31
1.8.1 Área de Projetos	32
1.8.2 Área de Garantia do Escoamento	33
1.8.3 Área de Acompanhamento da Produção	34

1.9	Engenharia Submarina	35
1.9.1	Linha de Produção	36
1.9.2	Linha de Serviço	39
1.9.3	Umbilical Eletro-Hidráulico (UEH)	42
1.9.4	Outros Equipamentos Submarinos e de Poço ..	43
1.10	O Sistema de Produção	46
1.11	O Pré-Sal	47
1.12	Exercícios	50
1.12.1	Respostas	54
 Capítulo 2		
FLUIDOS		55
2.1	Diagrama de Fases de uma Substância Pura	56
2.2	Diagrama de Fases de uma Mistura de Hidrocarbonetos ...	58
2.3	Tipos de Reservatórios de Petróleo	63
2.4	Composição dos Fluidos e Modelos Utilizados	71
2.5	Definições e Propriedades Relativas a Fluidos	75
2.5.1	Frações Mássicas e Molares de Misturas	76
2.5.2	Compressibilidade dos Gases	79
2.5.3	Massa Específica e Densidades dos Gases	92
2.5.4	Fator Volume de Formação dos Gases (Bg)	98
2.5.5	Viscosidades dos Gases (μg)	101
2.5.6	Efeito Joule-Thomson	101
2.5.7	Massa Específica e Densidade de Líquidos	103
2.5.8	Viscosidade do Óleo	109
2.5.9	Fator Volume de Formação do Óleo e da Água .	111
2.5.10	Razão Gás-Líquido (RS, RGO e RGL)	113
2.5.11	BSW e WC	117
2.5.12	Propriedades PVT Diversas	117
2.5.13	Correlações <i>Black Oil</i>	120
2.6	Exercícios	131
 Capítulo 3		
ESCOAMENTO MONOFÁSICO		137
3.1	Introdução	137

3.2	Conceitos Gerais	138
3.2.1	Vazão Mássica, Vazão Volumétrica e Equação da Continuidade	139
3.2.2	Equação de Bernoulli, ou Equação de Energia .	144
3.2.3	Introdução ao Escoamento Real	155
3.2.4	A Perda de Carga: Parte Conceitual	159
3.2.5	A Perda de Carga no Escoamento Laminar	161
3.2.6	Introdução ao Escoamento Turbulento	167
3.2.7	Consideração sobre o Perfil Real de Velocidades	171
3.3	Equação Geral de Perda de Carga	176
3.4	Determinação do Fator de Fricção	183
3.5	Escoamento em Espaço Anular	185
3.6	Fluidos Não Newtonianos	195
3.6.1	Modelos de Fluidos Não Newtonianos	198
3.6.2	Tubulação Circular Simples com Fluido de Potência	200
3.6.3	Tubulação Anular com Fluido de Potência	205
3.6.4	Escoamento Binghamiano	214
3.7	Aplicações do Escoamento Monofásico na Indústria de Petróleo	216
3.7.1	Produtos Químicos	217
3.7.2	Gradiente de Pressão	219
3.7.3	Teste de Estanqueidade de Linhas	223
3.7.4	Escoamento em Oleodutos	224
3.7.5	Injeção de Produtos Químicos	228
3.7.6	Injeção de Água	232
3.7.7	Óleos Pesados	233
3.7.8	Escoamento Compressível	235
3.8	Escoamento em Rede	243
3.8.1	Tubulação em Paralelo	246
3.8.2	Tubulação em Série	247
3.9	Exercícios	254
3.9.1	Respostas	259
Capítulo 4		
ANÁLISE NODAL DO ESCOAMENTO		261
4.1	Introdução	261
4.2	Escoamento no Meio Poroso	262

4.3	Índice de Produtividade, IPR e TPR	267
4.4	Modelos de IPR	271
4.4.1	Modelo Linear	271
4.4.2	Modelos Gerais de IPR	272
4.4.3	Modelo de Voguel Combinado com Modelo Linear	275
4.4.4	Variação Temporal do Índice de Produtividade	280
4.4.5	Modelo de IPR para Poços Produtores de Gás	283
4.4.6	Modelo Quadrático e Mássico de IPR	289
4.4.7	Análise Nodal no Fundo do Poço	294
4.4.8	Análise Nodal em Outros Pontos do Escoamento	298
4.5	Considerações Finais	303
4.6	Exercícios	305
4.6.1	Respostas	308
Capítulo 5		
	ESCOAMENTO MULTIFÁSICO	311
5.1	Introdução	311
5.2	Introdução ao Escoamento Bifásico	312
5.3	Padrões de Escoamento	330
5.3.1	Padrões de Escoamento para Tubos Horizontais	330
5.3.2	Padrões de Escoamento para Tubos Verticais	332
5.4	Curvas de Escoamento Multifásico	341
5.4.1	Curvas de Escoamento Multifásico Vertical	342
5.4.2	Curvas de Escoamento Multifásico Horizontal	344
5.5	Variáveis que Influenciam o Escoamento Multifásico	346
5.5.1	Escoamento Multifásico Vertical	346
5.5.2	Análise da Produção do Poço Vertical	352
5.5.3	Escoamento Multifásico Horizontal	354
5.5.4	Escoamento em Poços de Petróleo	357
5.6	Modelagem do Escoamento Multifásico	371
5.6.1	Classificação dos Modelos	375
5.6.2	Modelagem por Correlações da Categoria A	377
5.6.3	Modelagem por Correlações da Categoria B	382
5.6.4	Modelagem por Modelos da Categoria C	387
5.6.5	Modelagem por Modelos <i>Drift-Flux</i>	387
5.6.6	Considerações Gerais sobre Correlações de Fluxo Multifásico	390

5.7	Exercícios	394
5.7.1	Respostas	397
Capítulo 6		
ELEVAÇÃO ARTIFICIAL DE PETRÓLEO		399
6.1	Introdução	399
6.2	Classificação dos Métodos de Elevação	401
6.3	Análise da Elevação Artificial	402
6.4	Bombeio Centrífugo Submerso (BCS)	406
6.4.1	BCS <i>versus</i> BCSS	409
6.4.2	Aplicações e Limitações do BCS e BCSS	410
6.4.3	Componentes do Sistema BCS	411
6.4.4	Descrição dos Principais Equipamentos de Superfície	413
6.4.5	Equipamentos de Subsuperfície	414
6.4.6	Sequência do Dimensionamento de um BCS ...	423
6.5	Bombeio Mecânico (BM)	424
6.5.1	Motor	426
6.5.2	Unidade de Bombeio	426
6.5.3	Cabeça do Poço de BM	429
6.5.4	Coluna de Hastes e de Tubos	430
6.5.5	Bomba de Subsuperfície	431
6.5.6	Vantagens do Sistema de BM	434
6.5.7	Desvantagens do Sistema de BM	435
6.6	Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP)	436
6.6.1	Vantagens e desvantagens do Método	437
6.6.2	Bomba	438
6.6.3	Coluna de Hastes	443
6.6.4	Cabeçote	445
6.6.5	Dimensionamento do Sistema BCP	445
6.6.6	Limitações do Sistema BCP	448
6.7	Gás <i>Lift</i>	449
6.7.1	Princípios do Gás <i>Lift</i>	452
6.7.2	Curva de Desempenho do Poço	457
6.7.3	Válvulas de Gás <i>Lift</i>	465
6.7.4	Descarga de Poço	477
6.7.5	Vantagens e Desvantagens do Gás <i>Lift</i>	479

6.7.6	Outros Aspectos do Gás <i>Lift</i>	480
6.7.7	Análise de estabilidade e o Gás <i>Lift</i>	481
6.8	Outros Métodos de Elevação Artificial	487
6.8.1	<i>Plunger Lift</i>	488
6.8.2	<i>Pig Lift</i>	491
6.9	Seleção do Método	491
6.10	Exercícios	492
Capítulo 7		
TÓPICOS DE GARANTIA DO ESCOAMENTO		495
7.1	Introdução	495
7.2	Hidratos	496
7.2.1	Curva de Formação de Hidratos	501
7.2.2	Cinética de Formação de Hidratos	502
7.2.3	Inibidores de Hidratos	506
7.2.4	Hidratos em Gasodutos, Poços de Óleo e de Gás	511
7.2.5	Mecanismos de Tamponamento	526
7.2.6	Prevenção e Remediação de Hidratos	530
7.2.7	Dissociação de Hidratos	531
7.3	Parafinas	535
7.3.1	TIAC e Temperatura Crítica (TC)	536
7.3.2	Variáveis do Sistema	538
7.3.3	Aspectos Reológicos	539
7.3.4	Mecanismos de Deposição	544
7.3.5	Considerações de Projeto e Estratégias de Mitigação	549
7.3.6	Métodos de Obtenção da TIAC	559
7.4	Asfaltenos	563
7.4.1	Aspectos Gerais dos Asfaltenos	564
7.4.2	Caracterização dos Asfaltenos	565
7.4.3	Deposição de Asfaltenos e Prevenção	568
7.4.4	Aspetos Gerais sobre SARA	568
7.5	Incrustações	570
7.5.1	Ocorrência	571
7.5.2	Prevenção	574

7.6	Emulsões	576
7.6.1	Aspectos Gerais das Emulsões	577
7.6.2	Aspectos Reológicos das Emulsões	578
7.6.3	Injeção de Inibidores	582
7.7	Óleos Pesados	583
7.7.1	Comportamento em Escoamento Permanente ..	584
7.7.2	Comportamento em Escoamento Transiente ...	588
7.7.3	Prevenção e Mitigação	591
7.8	Golfadas de Líquido	592
7.9	Corrosão	594
7.10	Exercícios	595
7.10.1	Respostas	604
	REFERÊNCIAS	605