

SUMÁRIO

AGRADECIMENTO	V
APRESENTAÇÃO	VII
PREFÁCIO	IX
SIMBOLOGIA E NOMENCLATURA	XI
Capítulo 1	
INTRODUÇÃO	1
Capítulo 2	
FLUIDOS PRODUZIDOS	15
2.1 PETRÓLEO.....	15
2.1.1 Composição Química do Petróleo	15
2.1.2 Caracterização do Petróleo	20
2.1.3 Classificação do Petróleo	21
2.1.4 Propriedades Importantes para a Garantia de Escoamento	24
2.2 CONDENSADO DE GÁS NATURAL	27
2.3 GÁS NATURAL	27
2.3.1 Composição Química do Gás Natural.	27
2.3.2 Propriedades do Gás Natural.	28
2.4 EQUILÍBRIO DE FASES GÁS-ÓLEO	33
2.5 ÁGUA DA FORMAÇÃO	40
REFERÊNCIAS	40

Capítulo 3

ESCOAMENTO MULTIFÁSICO.....	41
3.1 INTRODUÇÃO	41
3.2 CENÁRIO TÍPICO DE ESCOAMENTO MULTIFÁSICO	42
3.3 UMA VISÃO GERAL SOBRE O ESCOAMENTO GÁS-LÍQUIDO.....	43
3.4 VELOCIDADE SUPERFICIAL E <i>HOLD UP</i>	45
3.5 PADRÕES DE ESCOAMENTO MULTIFÁSICO	47
3.6 CÁLCULO DE PERDA DE CARGA EM ESCOAMENTO GÁS-LÍQUIDO	52
3.6.1 A Correlação de Hagedorn e Brown	53
3.6.2 Outras Correlações para Escoamento Gás-Líquido	57
3.7 MODELOS MECANICISTAS.....	59
3.7.1 Modelos de Misturas	60
3.7.2 Modelos de Dois Fluidos	61
3.8 PARTICULARIDADES DO ESCOAMENTO BIFÁSICO VERTICAL.....	65
3.9 INTERMITÊNCIA SEVERA	67
3.9.1 Descrição do Ciclo de Intermittência Severa	68
3.9.2 Modelo para Previsão de Ocorrência de Intermittência Severa	71
3.10 CÁLCULOS DA TROCA DE CALOR EM ESCOAMENTO GÁS-LÍQUIDO	71
3.10.1 Conservação da Energia	72
3.10.2 Troca de Calor Através da Parede da Tubulação.....	72
3.10.3 Cálculo do Perfil de Temperaturas em Regime Permanente	75
3.11 INCERTEZAS DO CÁLCULO DO GRADIENTE DE PRESSÃO PARA ESCOAMENTO GÁS-LÍQUIDO.....	77
REFERÊNCIAS	78

Capítulo 4

PARAFINAS	81
4.1 INTRODUÇÃO	81
4.2 CONCEITO	82
4.3 CARACTERIZAÇÃO DO PETRÓLEO PARAFÍNICO	83
4.3.1 Determinação do Teor de Parafinas	83
4.3.2 Avaliação do Potencial de Deposição de Parafinas	85

4.3.3	Determinação da TIAC	87
4.3.4	Equilíbrio de Fase Sólido-Líquido	91
4.4	MECANISMO DE DEPOSIÇÃO	93
4.4.1	Sedimentação Gravitacional	98
4.4.2	Efeito da Água sobre o Processo de Deposição de Parafina	98
4.5	GELIFICAÇÃO	99
4.5.1	Efeito da Compressibilidade	100
4.5.2	Comportamento Reológico do Gel	101
4.5.3	Efeitos de Superfície – Escorregamento	102
4.5.4	Descrição do Processo de Início de Escoamento	102
4.6	TÉCNICAS DE PREVENÇÃO, MITIGAÇÃO E REMEDIAÇÃO DE DEPOSIÇÃO ..	104
4.6.1	Remoção Mecânica	104
4.6.2	Prevenção/Remediação Química	106
	REFERÊNCIAS	107

Capítulo 5

ASFALTENOS	109	
5.1	INTRODUÇÃO	109
5.2	CONCEITO DE COMPORTAMENTO DE SOLUBILIDADE E QUANTIFICAÇÃO DOS ASFALTENOS	111
5.3	IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DOS ASFALTENOS ..	117
5.4	AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE ASFALTENOS EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO	121
5.4.1	Titulação com Alcanos Leves	121
5.4.2	Ensaio de Floculação dos Asfaltenos com Amostras de Petróleo Vivo ..	125
5.5	MODELOS PREDITIVOS DA INSTABILIDADE DOS ASFALTENOS NO PETRÓLEO	130
5.5.1	Índice de Instabilidade dos Asfaltenos – Modelo de Yen	130
5.5.2	Gráfico de De Boer para Previsão do Comportamento de Fases dos Asfaltenos	131
5.5.3	O Método ASIST (<i>Asphaltene Instability Trend</i>)	133
5.5.4	A Equação de Estado (EdE) <i>Perturbed Chain – Statistical Associating Fluid Theory</i> (PC-SAFT)	133

5.6	PROBLEMAS CAUSADOS PELOS ASFALTENOS	134
5.7	TÉCNICAS DE PREVENÇÃO E REMEDIAÇÃO	136
5.7.1	Técnicas de Prevenção	136
5.7.2	Técnicas de Remediação	137
	REFERÊNCIAS	138

Capítulo 6

EMULSÃO	143	
6.1	INTRODUÇÃO	143
6.2	CONCEITO	144
6.3	FORMAÇÃO DA EMULSÃO	146
6.3.1	A Mecânica da Formação de Emulsão	147
6.3.2	Formação de Emulsão em Campos de Petróleo	150
6.4	ESTABILIDADE DAS EMULSÕES DE PETRÓLEO	150
6.5	INVERSÃO E SATURAÇÃO DE EMULSÃO	156
6.6	DESESTABILIZAÇÃO DA EMULSÃO	157
6.7	CARACTERIZAÇÃO DE EMULSÃO	161
6.7.1	Avaliação Reológica e de Estabilidade de Emulsões	166
6.7.2	Distribuição do Tamanho de Gotas	167
6.7.3	Exemplos de Resultados de Caracterização de Emulsões de Petróleo	167
6.7.4	Avanço Tecnológico na Área de Emulsão	172
	REFERÊNCIAS	173

Capítulo 7

HIDRATOS	177	
7.1	INTRODUÇÃO	177
7.2	CONCEITO	179
7.3	ESTRUTURA CRISTALINA	180
7.4	PREVISÃO DA FORMAÇÃO DE HIDRATO	181
7.4.1	Cálculo da Curva de Equilíbrio de Fases	183
7.5	CINÉTICA DE FORMAÇÃO DE HIDRATO	183
7.5.1	Sub-Resfriamento	185

7.6	OCORRÊNCIA DE HIDRATO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO	187
7.6.1	Sistemas com Predominância de Gás (<i>gas-dominated</i>)	189
7.6.2	Sistemas com Predominância de Petróleo (<i>oil-dominated</i>).	191
7.7	PREVENÇÃO DE FORMAÇÃO DE HIDRATO	192
7.7.1	Inibição Química	193
7.7.2	Troca de Fluido das Linhas	197
7.8	REMEDIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE HIDRATO.	198
7.8.1	Despressurização	200
7.8.2	Injeção de Inibidores Termodinâmicos	203
7.8.3	Aquecimento.	203
7.9	AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DE FORMAÇÃO DE HIDRATOS	204
	REFERÊNCIAS	205

Capítulo 8

8	INCRUSTAÇÕES INORGÂNICAS.	207
8.1	INTRODUÇÃO	207
8.2	MECANISMOS DE FORMAÇÃO DE INCRUSTAÇÃO	208
8.3	MECANISMOS DE DEPOSIÇÃO DE INCRUSTAÇÃO	213
8.4	PRINCIPAIS INCRUSTAÇÕES ENCONTRADAS NO CAMPO.	215
8.4.1	Classificação das Principais Incrustações de Campo.	217
8.5	TÉCNICAS DE PREDIÇÃO DE INCRUSTAÇÃO	225
8.6	AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE INCRUSTAÇÃO EM LABORATÓRIO	226
8.6.1	Manuseio do Depósito de Campo/Laboratório	227
8.6.2	Coleta das Águas Produzidas	227
8.6.3	Caracterização das Águas Produzidas	229
8.6.4	Testes para Avaliação de Formação de Incrustação e Desempenho de Aditivos	232
8.7	TÉCNICAS DE PREVENÇÃO DE INCRUSTAÇÃO.	234
8.7.1	Dessulfatação da Água do Mar	234
8.7.2	Aditivos Químicos para Inibir ou Remover Incrustações	237
8.7.3	Remoção Mecânica	248
	REFERÊNCIAS	248

Capítulo 9

NAFTENATOS	251
9.1 INTRODUÇÃO	251
9.2 OCORRÊNCIA DE NAFTENATOS EM CAMPOS DE PETRÓLEO.....	251
9.3 FUNDAMENTOS DA FORMAÇÃO DE NAFTENATOS	253
9.4 TÉCNICAS DE PREDIÇÃO	257
9.4.1 Caracterização Química do Petróleo e dos Depósitos	258
9.4.2 Caracterização Interfacial	261
9.4.3 Caracterização Qualitativa.....	263
9.4.4 Modelagem Termodinâmica	263
9.5 TÉCNICAS DE PREVENÇÃO	264
9.5.1 Injeção de Ácido	264
9.5.2 Inibidores de Naftenatos.....	265
9.5.3 Técnicas Alternativas	268
9.6 PROBLEMAS DE NAFTENATOS NO REFINO	269
REFERÊNCIAS	270

Capítulo 10

OUTROS TEMAS DE GARANTIA DE ESCOAMENTO	273
10.1 MERCÚRIO	273
10.2 DIAMONDÓIDES	275
10.3 BORRA	277
10.4 ESPUMAS	280
10.5 AREIA PRODUZIDA	283
REFERÊNCIAS	285

Apêndice

EQUAÇÕES DE ESTADO (EDÉS), EQUILÍBRIO DE FASES E ENVELOPES DE FORMAÇÃO DE FASES SÓLIDAS	287
A1 EQUILÍBRIO DE FASES.....	287
A2 CONSTRUÇÃO DO ENVELOPE DE FORMAÇÃO DE FASES SÓLIDAS.....	289
A3 EQUAÇÕES DE ESTADO (EdEs) EM ENGENHARIA DE PETRÓLEO.....	290
A4 HISTÓRICO SUCINTO DAS EdEs	291
REFERÊNCIAS	299

ÍNDICE REMISSIVO	301
-------------------------------	------------