

**ENGENHARIA DE PROCESSOS DE SEPARAÇÃO**  
**3.ª ED., IST PRESS (2017)**

**ÍNDICE**

**PREFÁCIO**

**LISTA DE SÍMBOLOS**

**1 ENGENHARIA DE PROCESSOS DE SEPARAÇÃO1**

- 1.1 Processos de Separação
- 1.2 Mecanismos de Separação
  - 1.2.1 Separação por Adição ou Criação de Fase
  - 1.2.2 Separação por Membranas
  - 1.2.3 Separação por Agente Sólido
  - 1.2.4 Separação por Campo Externo ou Gradiente
- 1.3 Seleção de Um Processo de Separação
- 1.4 Princípios Básicos
- 1.5 Tipo de Operação
- 1.6 Otimização
- 1.7 Simulação de Processos
- 1.8 Engenharia Verde
- 1.9 Técnicas de Resolução de Problemas

**2 TERMODINÂMICA E EQUILÍBRIO DE FASES**

- 2.1 Equilíbrio de Fases
- 2.2 Equilíbrio Líquido-Vapor
- 2.3 Representação de Sistemas Binários
- 2.4 Volatilidade Relativa
- 2.5 Misturas Não-Ideais
- 2.6 Sistemas Ternários
  - 2.6.1 Regra da Alavanca
  - 2.6.2 Traçado das Linhas de União
- 2.7 Misturas Multicomponentes
- 2.8 1.ª Lei da Termodinâmica para Sistemas Abertos  
Problemas

**3 DESTILAÇÃO SÚBITA**

- 3.1 Misturas Binárias
- 3.2 Análise dos Graus de Liberdade
- 3.3 Métodos de Cálculo para Misturas Binárias
- 3.4 Misturas Multicomponentes
- 3.5 Destilação Súbita em Série  
Problemas

**4 DESTILAÇÃO POR ANDARES: MISTURAS BINÁRIAS**

- 4.1 Colunas de Destilação
- 4.2 Método de McCabe-Thiele
  - 4.2.1 Reta Operatória de Retificação
  - 4.2.2 Reta Operatória de Esgotamento
  - 4.2.3 Reta Operatória de Alimentação
  - 4.2.4 Número de Andares de Equilíbrio
  - 4.2.5 Condições-Limite

- 4.3 Condensador e Ebulidor
  - 4.4 Eficiência Global e de Prato
  - 4.5 Perfis em Colunas de Destilação
  - 4.6 Casos Especiais
    - 4.6.1 Alimentações e Saídas Múltiplas
    - 4.6.2 Aquecimento com Vapor Direto
    - 4.6.3 Condensador Parcial
    - 4.6.4 Ebulidor Total
  - 4.7 Método de Lewis
  - 4.8 Método Entalpia-Composição
    - 4.8.1 Número de Andares de Equilíbrio
      - 4.8.1.1 Método Analítico
      - 4.8.1.2 Método Gráfico
    - 4.8.2 Condições-Limite
  - 4.9 Seleção de Pressão numa Operação de Destilação
  - 4.10 Destilação de Misturas Complexas
  - 4.11 Destilação e Conservação de Energia
- Problemas

## **5 DESTILAÇÃO POR ANDARES: MISTURAS MULTICOMPONENTES**

- 5.1 Componentes-Chave
  - 5.2 Método FUG
    - 5.2.1 Número Mínimo de Andares: Equação de Fenske
    - 5.2.2 Razão de Refluxo Mínima: Equação de Underwood
    - 5.2.3 Número de Andares Ideais: Correlação de Gilliland
    - 5.2.4 Localização Ótima do Andar da Alimentação
  - 5.3 Métodos Rigorosos: Equações MESH
  - 5.4 Mapas de Perfis de Destilação
- Problemas

## **6 DESTILAÇÃO DESCONTÍNUA**

- 6.1 Destilação Descontínua: Um Andar de Equilíbrio
  - 6.2 Destilação Descontínua em Andares
  - 6.3 Operação a Refluxo Constante
  - 6.4 Operação a Composição do Destilado Constante
  - 6.5 Destilação por Arrastamento de Vapor
- Problemas

## **7 ABSORÇÃO E DESABSORÇÃO**

- 7.1 Absorção Gasosa: Seleção de Solvente
  - 7.2 Número de Andares de Equilíbrio: Método Gráfico
  - 7.3 Desabsorção
  - 7.4 Número de Andares de Equilíbrio: Método Analítico
- Problemas

## **8 EQUIPAMENTO DE CONTACTO GÁS-LÍQUIDO. DIMENSIONAMENTO**

- 8.1 Equipamento de Contacto Gás-Líquido
- 8.2 Transferência de Massa
  - 8.2.1 Camada Estagnante
  - 8.2.2 Contradifusão Equimolar
  - 8.2.3 NTU e HTU

- 8.3 Colunas de Pratos
  - 8.3.1 Características Operatórias
  - 8.3.2 Dimensionamento
  - 8.3.3 Transferência de Massa e Eficiência do Prato
- 8.4 Colunas de Enchimento
  - 8.4.1 Características Operatórias
  - 8.4.2 Dimensionamento
- 8.5 Correlações de Transferência de Massa
- 8.6 Relação entre HTU e HETP
- Problemas

## **9 EXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO**

- 9.1 Extração Líquido-Líquido
- 9.2 Extração Líquido-Líquido e Equilíbrio de Fases
- 9.3 Extração de Líquidos Imiscíveis
- 9.4 Extração de Líquidos Parcialmente Miscíveis
  - 9.4.1 Extração em Andar Único
  - 9.4.2 Extração Multiandar em Contracorrente
- 9.5 Efeito do Caudal de Solvente
- 9.6 Equipamento
  - 9.6.1 Misturadores-Decantadores
  - 9.6.2 Colunas Agitadas
  - 9.6.3 Extratores Centrífugos
- Problemas

## **10 EVAPORAÇÃO**

- 10.1 Balanços a Um Evaporador Simples
- 10.2 Propriedades das Soluções Concentradas
- 10.3 Operação sob Vácuo
- 10.4 Medidas de Desempenho
- 10.5 Evaporadores de Efeito Múltiplo
- 10.6 Equipamento
- Problemas

## **11 PROCESSOS DE HUMIDIFICAÇÃO**

- 11.1 Cartas Psicrométricas
- 11.2 Propriedades do Ar Húmido
- 11.3 Saturação Adiabática
  - 11.3.1 Temperatura de Saturação Adiabática
- 11.4 Temperatura de Termómetro Húmido
  - 11.4.1 Teoria do Termómetro Húmido
- 11.5 Operações com Ar Húmido
  - 11.5.1 Aquecimento e Arrefecimento
  - 11.5.2 Humidificação e Desumidificação
  - 11.5.3 Arrefecimento por Evaporação
  - 11.5.4 Mistura de Correntes de Ar Húmido
- 11.6 Processos de Contacto Gás-Líquido
- 11.7 Torres de Arrefecimento
  - 11.7.1 Projeto de Torres de Arrefecimento
- Problemas

## **12 SECAGEM DE SÓLIDOS**

- 12.1 Introdução à Secagem
- 12.2 Operações de Secagem
  - 12.2.1 Condições Externas de Secagem
  - 12.2.2 Condições Internas de Secagem
- 12.3 Classificação de Sólidos
- 12.4 Mecanismos de Secagem
  - 12.4.1 Velocidade de Secagem Constante
  - 12.4.2 Velocidade de Secagem Decrescente
- 12.5 Velocidades e Tempos de Secagem
  - 12.5.1 Período de Velocidade de Secagem Constante
  - 12.5.2 Período de Velocidade de Secagem Decrescente
- 12.6 Influência das Variáveis de Processo
- 12.7 Secagem por Convecção, Condução e Radiação
  - 12.7.1 Período de Velocidade de Secagem Constante
  - 12.7.2 Período de Velocidade de Secagem Decrescente
- 12.8 Secagem por Condução sob Vácuo
- 12.9 Secagem em Contínuo por Convecção
  - 12.9.1 Perfís de Temperatura
  - 12.9.2 Balanços de Massa e de Energia
  - 12.9.3 Área de Secagem
- 12.10 Eficiência de Secagem
  - 12.10.1 Métodos de Recuperação de Energia
- 12.11 Liofilização
  - 12.11.1 Tempo de Secagem
- 12.12 Secagem por Atomização
  - 12.12.1 Balanços de Massa e de Energia
  - 12.12.2 Equilíbrio Sólido-Vapor
  - 12.12.3 Velocidade e Tempo de Secagem com Movimento de Partículas
- 12.13 Equipamento
  - 12.13.1 Classificação de Secadores
  - 12.13.2 Secadores para Sólidos Granulares e Pastas
  - 12.13.3 Secadores para Soluções e Suspensões
  - 12.13.4 Outros Secadores de Contacto Indireto

Problemas

## **APÊNDICE A SOLUÇÕES DOS PROBLEMAS PROPOSTOS**

## **APÊNDICE B FATORES DE CONVERSÃO E CONSTANTES FUNDAMENTAIS**

- B.1 Unidades SI
- B.2 Pressão Absoluta e Relativa
- B.3 Fatores de Conversão para Unidades SI
- B.4 Conversão entre Fração Mássica e Molar
- B.5 Constantes Fundamentais
- B.6 Grupos Adimensionais
- B.7 Massas Molares dos Elementos

## **APÊNDICE C TABELAS DE VAPOR**

## **APÊNDICE D DEDUÇÃO DE EQUAÇÕES**

- D.1 Equações do Método FUG
  - D.1.1 Equação de Fenske
  - D.1.2 Equação de Underwood

- D.1.3 Correlação de Gilliland
- D.2 Equação de Kremser
  - D.2.1 Linhas Operatória e de Equilíbrio Paralelas
  - D.2.2 Linhas Operatória e de Equilíbrio Não Paralelas

**APÊNDICE E FONTES DE INFORMAÇÃO**

- E.1 Obras Genéricas
- E.2 Dados Termofísicos
- E.3 Páginas da Internet

**BIBLIOGRAFIA**

**ÍNDICE REMISSIVO**