



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**ESCOLA DE QUÍMICA**



|   |
|---|
| Código Disciplina/Nome:<br><br>EQE 482- Operações Unitárias II  |
| Tipo: Disciplina Obrigatória  |
| Carga Horária Teórica : 75h<br>Prática: h   |
| Cursos : Engenharia Química.  |
| <b>Pré-requisito:</b>   |
| Créditos:05   |
| Objetivo:<br>Resolução de problemas de separação em um estágio. Apresentação de métodos para resolução de colunas de destilação binária em operação estacionária ou batelada. Projeto de colunas simples com vários componentes. Análise de colunas de recheio para extração em estágios.   |
| Ementa:<br>Processo de separação e operação de separação em estágios. Destilação binária. Eficiência de estágios. Variáveis de operação. Destilação em batelada. Métodos aproximados para destilação com vários componentes. Absorção e esgotamento em colunas de recheio. Extração líquido-líquido. Projeto de colunas de pratos e de recheio. |

Conteúdo Programático:

1. Processos de Separação e Operações de Separação em Estágios: Conceito de estágio de equilíbrio. Dispositivos para contato multifásico: pratos, recheios, dispersores. Características dos processos de separação líquido-vapor e líquido-líquido. Fatores que influenciam a seleção do processo e dos dispositivos de separação. (4 h)
2. Separação em um Estágio de Equilíbrio: Modelagem termodinâmica e o cálculo de fatores de separação líquido-vapor e líquido-líquido. Separação líquido-vapor ("Flash"). Conceito de Volatilidade Relativa. Separação líquido-líquido. Conceito de Seletividade. (6 h)
3. Análise de Graus de Liberdade em Equipamentos de Separação: Variáveis de correntes. Análise de equipamentos simples. Algoritmo de enumeração para combinações de equipamentos. Especificações típicas para projeto e para análise de desempenho de equipamentos de separação. (5 h)
4. Destilação Binária pelo Método McCabe-Thiele (MMT): Diagramas de equilíbrio PXY, Txy e YX. Princípio básico do MM: invariância de fluxos internos por seção. Versões gráfica e analítica do MMT. Aplicações ao projeto e a análise de desempenho de colunas. Condições limite de operação: razão mínima de refluxo, número mínimo de estágios. Colunas com várias cargas e retiradas. Eficiência e estágio (Murphree). (8 h)
5. Destilação Binária em Batelada: Destilação em um estágio. Destilação em batelada com coluna de retificação: Método McCabe-Thiele. Casos com cargas/saídas laterais. Equações de projeto. tempo de batelada. (8 h)
6. Destilação Binária pelo Método Ponchon-Savarit (MPS): Diagramas de equilíbrio HXY e YX. Representação de balanços de massa e energia em diagrama HXY. Princípio básico do MPS: invariância da diferença de correntes de inter-estágio por seção. Aplicações ao projeto e análise de colunas. Condições limite de operação. Colunas com várias cargas e retiradas. Eficiência de estágio (Murphree). (5 h)
7. Projeto de Colunas Simples de Destilação com vários Componentes pelo Método Fenske-Underwood-Gilliland (MFUG): Conceito de componentes chave. Estimativa do número mínimo de estágios pela teoria de Fenske. Seleção da pressão de operação e dos tipos do condensador e refeedor. Estimativa da razão de refluxo mínima pela teoria de Underwood. Estimativa da distribuição de componentes não chave. Estimativa do número de estágios teóricos pela correlação e Gilliland-Molokanov. Estimativa do estágio ótimo de carga pela correlação de Kirkbride. (8 h)
8. Projeto de Estágios de Destilação: Dispositivos de contato líquido-vapor (borbulhadores, valvulados, recheio). Espaçamento, diâmetro e internos de pratos para destilação. (6 h)
9. Colunas de Recheio para Absorção e Destilação Binária: Modelagem para taxas de transferência de massa entre fases: teoria de dois filmes. Processos de contra-difusão equimolecular (destilação) e de difusão unimolecular em filme estagnante (absorção). Equações para estimativa da altura de recheio. Conceitos de número e altura de unidade de transferência. Ponto ótimo de carga e razão de refluxo mínima (destilação) e vazão mínima de solvente (absorção). Diâmetro e perda de carga de colunas. Seleção de recheio. (10 h)
10. Extração Líquido-Líquido em Sistemas Ternários: Diagramas triangulares para equilíbrio líquido-líquido em sistemas ternários. Diagrama pseudo-binários: coordenadas em base isenta de solvente (BIS). Representação gráfica de balanços materiais. resolução gráfica de extratores em fluxos cruzados. Método Ponchon-Savarit em coordenadas BIS para resolução gráfica de colunas de extração com ou sem refluxo(s). Método Ponchon-Savarit em diagramas triangulares para colunas de extração com ou sem refluxo(s). Determinação de condições limite de operação. (15 h)

**Bibliografia Recomendada (no mínimo 3)**

1. J.D. Seader, E. Henley, Separation Process Principles, John Wiley, New York, 2<sup>nd</sup> Edition, 2005
2. J.D. Seader, E. Henley, K. Roper, Separation Process Principles: Chemical & Biochemical Operations, John Wiley, New York, 3<sup>rd</sup> Edition, 2011
3. Phillip C. Wankat, Separation Process Engineering : Including Mass Transfer Analysis, 2<sup>nd</sup> edição, Prentice Hall, 2012

**Bibliografia Complementar ( no mínimo 5)**

1. W. McCabe, J. Smith, P. Harriott, Unit Operations of Chemical Engineering, McGraw-Hill Chemical Engineering Series, New York, 7<sup>th</sup> Edition, 2004
2. Judson King, Separation Processes, Dover Publications, 2013.
3. E. Henley, J.D. Seader, Equilibrium-Stage Separation Operations in Chemical Engineering, Wiley, 1981
4. Fouad, M. Khoury, Multistage Separation Process, 3<sup>o</sup> Edição, 2004
5. Green D and Perry, R., Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8<sup>o</sup> Edição, 2007.



