



ANÁLISE COMPARATIVA DE COLUNAS DE DESTILAÇÃO CONVENCIONAL E DE PARADESTILAÇÃO NO ENSINO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Palavras-Chave: PARADESTILAÇÃO, MÉTODO DE MCCABE-THIELE, ENSINO EM ENGENHARIA

Autores(as):

DANIEL CORREIA DOS SANTOS, FEQ - UNICAMP

Prof^a. Dr^a. ROBERTA CERIANI, FEQ – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Tendo em vista as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DNCs) das Engenharias de 2019 (Ministério da Educação, 2019), metodologias de ensino ativa, avaliações continuadas e outras possíveis formas de avaliação (ÉLMOR FILHO et al., 2019) devem ser base para organização do currículo e construção da estrutura pedagógica e acadêmica dos cursos. Neste contexto, este projeto teve por objetivo a combinação de ferramentas para gerar ganhos no processo de ensinagem (ANASTASIOU et al., 2015), com foco numa operação unitária de transferência de massa fundamental na engenharia de processos, a destilação. O método de McCabe-Thiele (MCCABE e THIELE, 1925) pode ser aplicado para o projeto inicial de uma coluna de destilação, na qual uma alimentação de dois componentes é separada em dois produtos, pela diferença de volatilidade entre eles. Sabe-se que a divisão da vazão da fase vapor em duas ou mais correntes, correspondendo ao que se chama de paradedistilação (MEIRELLES et al., 2017), é capaz de resultar em benefícios para o custo total do processo, como a redução do consumo energético, o que é bastante interessante no cenário atual. Dessa forma, o projeto elaborou material didático voltado para estudo dos dois tipos de destilação para uso em ensino em graduação de cursos envolvendo a engenharia de processos de separação. Realizou-se o estudo do método de McCabe-Thiele na destilação e na paradedistilação e a confecção de planilhas de Excel, bem como treinamento do aluno no simulador iiSE (Industrial Integrated Simulation Environment) aplicável em colunas (não)convencionais. O projeto foi interrompido e teve duração de apenas 6 meses.

METODOLOGIA:

Para realização das análises comparativas das colunas de destilação e paradedistilação foi elaborada uma planilha Excel para o estudo da mistura binária contendo IPAC (acetato de isopropila) e Dibutil éter (WANG et al., 2020), estando os dados de equilíbrio líquido-vapor experimentais reportados na planilha em termos da temperatura (K) e das frações molares do composto mais volátil (IPAC). A planilha pode ser observada na Figura 1.

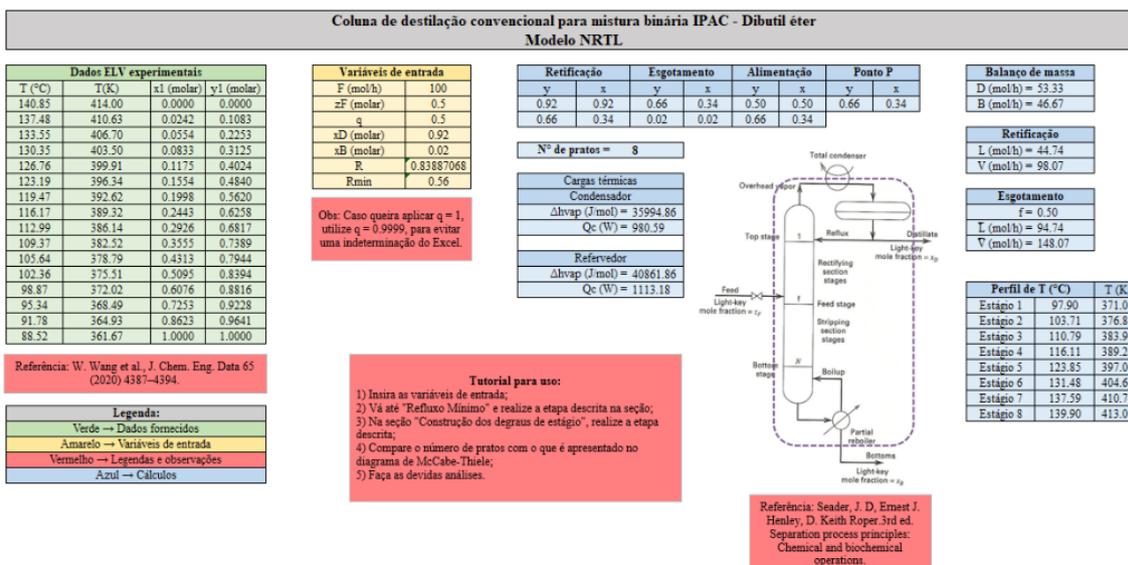


Figura 1 - Imagem inicial da planilha de destilação – Fonte: Autoria própria.

Organizou-se, de acordo com a legenda, uma sequência lógica de trabalho na planilha. Os espaços em amarelo, por exemplo, trazem as variáveis de entrada do método de McCabe-Thiele. Já os espaços em vermelho indicam as melhores formas de se utilizar e interpretar as informações. Em azul, encontram-se as células calculadas a partir das entradas fornecidas pelo usuário. Como saídas, foi possível obter o perfil de temperatura ao longo dos estágios, as cargas térmicas do condensador e do reboiler, e o número de pratos.

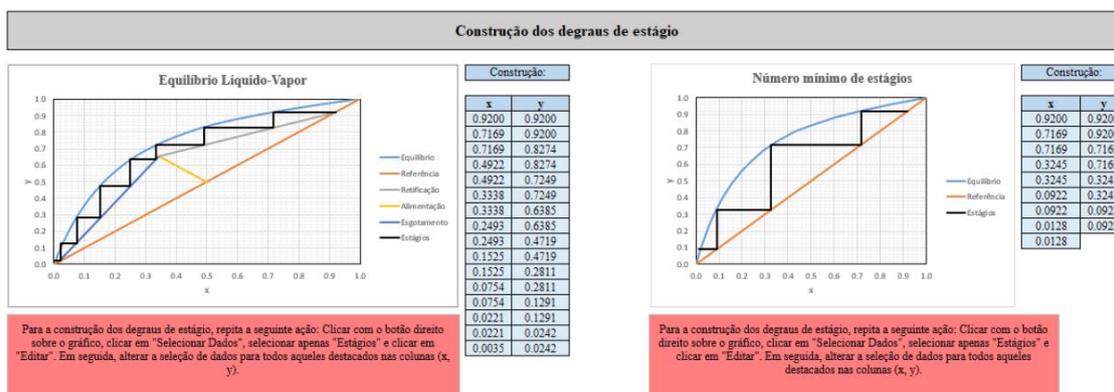


Figura 2 - Seção de construção dos degraus de estágio - Fonte: Autoria própria.

Na Figura 2, tem-se o diagrama final do método de McCabe-Thiele à esquerda, bem como o número mínimo de estágios. Além disso, a planilha contém uma seção para o cálculo do refluxo mínimo para uma configuração específica. A planilha permite o desenvolvimento de atividades acadêmicas relacionadas ao estudo do método de McCabe-Thiele de forma bastante didática, podendo ser aplicada a diferentes misturas binárias, a partir da introdução de outros dados de equilíbrio líquido-vapor.

Tendo em vista as diferenças para o caso da paradestilação, um desafio foi automatizar a construção do diagrama de acordo com a alimentação, que depende do usuário e impacta o resultado. Não foi possível, portanto, automatizar, como feito para destilação, uma vez que o projeto foi interrompido. Da mesma forma, o estudo do simulador iiSE foi realizado apenas para a mistura binária

metanol e etanol. Em detrimento de dificuldades técnicas na utilização do simulador pelo computador pessoal do aluno, a coleta de dados foi realizada com o auxílio da orientadora.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Para a utilização da planilha, determina-se um conjunto de variáveis de entrada (Figura 3), sendo elas: a vazão molar da alimentação (F), seu estado térmico (definido pelo parâmetro q) e a fração molar do composto mais volátil (z_F) na alimentação, além das frações molares do composto mais volátil nos produtos (destilado, x_D e produto de fundo, x_B).

Variáveis de entrada	
F (mol/h)	100
z_F (molar)	0.42
q	0.9999
x_D (molar)	0.94
x_B (molar)	0.01

Figura 3 - Variáveis de entrada alternativas - Fonte: Autoria própria.

Seguindo-se as instruções fornecidas na planilha (em vermelho, conforme a Figura 1), obtém-se, pela aplicação automatizada do método de McCabe-Thiele, as seguintes informações: a razão mínima de refluxo, número mínimo de estágios, número de estágio para uma certa razão de refluxo, as cargas térmicas do condensador e do refeedor e o perfil de temperatura na coluna. A Figura 4 ilustra a construção dos degraus de estágios pela planilha.

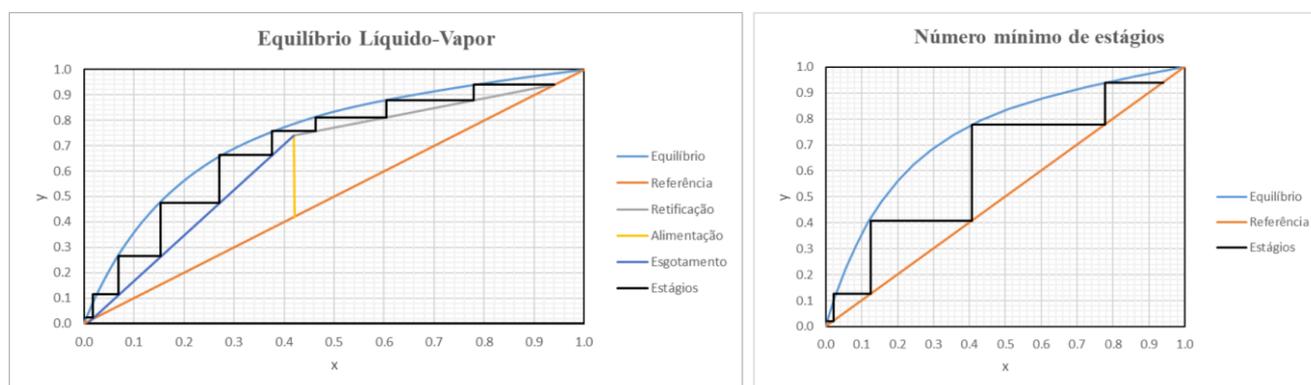


Figura 4 – Seção de construção dos degraus de estágios - Fonte: Autoria própria.

A ferramenta desenvolvida possibilita a execução prática de diferentes cenários, evitando cálculos manuais tediosos.

Dentro do período de 6 meses, desenvolveu-se também a planilha Excel para a paradedistilação. A mesma lógica de automatização não foi possível de ser aplicada neste caso. Assim, foi selecionado um conjunto de variáveis de entrada específico para a comparação direta das duas configurações. Ambas as planilhas estão disponíveis no link a seguir: <https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1v28fZ5pEdO8oM0Ct7PMP16KefNCNrUIQ>.

CONCLUSÕES:

A planilha Excel voltada para o estudo de colunas de destilação convencional foi realizado com sucesso. No entanto, não foi possível repetir automatização empregada na planilha de paradedestilação em detrimento das dificuldades do método, havendo espaço para um estudo e avaliação posterior em busca de alternativas. Esta ferramenta permite o estudo do método de McCabe-Thiele de forma prática e menos tediosa. Devido à interrupção da IC, foi possível trabalhar a aplicação do método de McCabe-Thiele na paradedestilação apenas para um conjunto específico de variáveis de entrada. Da mesma forma, o treinamento do aluno no simulador iiSE limitou-se a análise dos resultados da separação da mistura metanol/etanol.

BIBLIOGRAFIA

- A.J.A. MEIRELLES et al. **A simplified and general approach to distillation with parallel streams: The cases of para- and metastillation**. Separation and Purification Technology. v. 177, p. 313–326, 2017
- ANASTASIOU, L.G.C.; ALVES, L.P. **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula**. Joinville: UNIVILLE, 10a edição, 2015.
- ELMÔR FILHO, G.; SAUER, L.Z.; ALMEIDA, N.N.; VILLAS-BOAS, V. **Uma nova sala de aula é possível: aprendizagem ativa na educação em engenharia**, 1 ed., Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, RESOLUÇÃO CNE/CES Nº 2, DE 24 DE ABRIL DE 2019, DOU de 26/04/2019 (nº 80, Seção 1, pág. 43).