

Balances Mássicos e Análise do Grau de Liberdade

Isabel M.A. Fonseca

Prefácio

A simplicidade é a sofisticação suprema

Leonardo da Vinci (1452-1519)

Este Caderno de Engenharia Química resultou de um trabalho de selecção, tradução e simplificação de alguns capítulos de dois dos principais livros da bibliografia da disciplina de Balances e Simulação de Processos, do 3º ano do curso de Engenharia Química, 2005/06 : Reklaitis, *Introduction to Material and Energy Balances* (1983) (capítulos 2, 3 e 4) e, Felder e Rousseau, *Elementary Principles of Chemical Engineering Processes* (2000) (parte inicial do capítulo 1). Foram seleccionados, na primeira referência, os problemas que nos pareceram mais relevantes e apelativos, do ponto de vista pedagógico.

O caderno debruça-se sobre a realização de balanços mássicos em sistemas em estado estacionário, relativos a processos químicos. É também abordada em detalhe a análise do grau de liberdade dum sistema, ferramenta que nos permite concluir se o problema de balanços de matéria tem solução e, por outro lado, utilizar a metodologia mais expedita para encontrar essa mesma solução.

No capítulo introdutório são apresentados os conceitos fundamentais que estão na base da realização dos balanços mássicos e energéticos. Em particular, são referidos os princípios da conservação que estão na base dos cálculos de balanços. Faz-se também alusão aos principais objectivos deste tipo de cálculos e procede-se à classificação dos processos e modos de operação para facilitar a abordagem dos diferentes assuntos nos capítulos subsequentes.

No capítulo 1 inicia-se o estudo dos balanços mássicos considerando o sistema mais simples, ou seja, o sistema aberto em estado estacionário, no qual não ocorrem reacções químicas. Apesar da sua simplicidade, estes sistemas são muito frequentes

em princípios químicos, podendo mesmo afirmar-se que constituem a maioria das unidades presentes numa fábrica de produtos químicos. Embora um ou mais reactores químicos constituam o núcleo do processo, a maior parte do processo, quer em número de unidades, quer em custos de investimento, é constituída por unidades de transporte físico, separação e mistura de produtos situados a jusante e a montante dos reactores.

As primeiras secções deste capítulo dizem respeito à formulação dos problemas de balanços mássicos. São referidos os vários tipos de variáveis e as diferentes formas de especificar a informação para um sistema particular, e, por outro lado, que género de equações podem ser estabelecidas usando o princípio da conservação da massa, que relacionem as variáveis do processo e a informação especificada.

Nas secções seguintes é estudado o caso do processo com apenas uma unidade e estabelecido um método sistemático de resolver o problema, ou de reconhecer que este não tem solução, ou seja, analisa-se o grau de liberdade do sistema. Demonstra-se também que esta análise pode ajudar a determinar a melhor metodologia de resolução dos problemas. A análise do grau de liberdade é posteriormente generalizada a processos com múltiplas unidades.

No último capítulo formulamos os balanços mássicos em sistemas onde ocorre reacção química. São desenvolvidas duas abordagens distintas: uma consiste na realização de balanços mássicos às espécies e a outra na realização de balanços mássicos aos elementos. Em relação à primeira, estabelecemos as equações dos balanços para sistemas envolvendo uma única reacção e múltiplas reacções. Introduzimos o conceito de velocidade de reacção como um indicador do progresso duma reacção, e faz-se a incorporação desta variável na equação do balanço. É também abordado o problema da identificação dum conjunto de reacções independentes a partir dum conjunto de reacções dependentes. Define-se exactamente o significado de um problema bem especificado.

Desenvolvemos depois a abordagem da resolução dos problemas recorrendo aos balanços mássicos aos elementos, que é particularmente útil quando se desconhece a reacção estequiométrica, ou quando esta é muito complexa. Os balanços são efectuados em termos dos caudais líquidos de saída de cada espécie e dos coeficientes de matriz atómica para as espécies presentes no sistema.

A análise do grau de liberdade é generalizada de modo a incluir os balanços aos elementos. É depois efectuada uma análise comparativa das duas abordagens

consideradas, com o objectivo de avaliar as vantagens e desvantagens de cada uma delas.

Na bibliografia apresentada na última secção, indicam-se outros livros de texto no domínio dos balanços de matéria e de energia, que apresentam abordagens diferentes daquelas que são seguidas nas duas primeiras referências.