

... **Coleção UAB–UFSCar**

..... **Tecnologia Sucroalcooleira**

..... **Balances de massa e energia**

: **Alberto Colli Badino Júnior**
: **Antonio José Gonçalves da Cruz**

: **Balances de massa e energia**
: **na análise dos processos**
: **químicos**

Balancos de massa e energia na análise de processos químicos



Reitor

Targino de Araújo Filho

Vice-Reitor

Pedro Manoel Galetti Junior

Pró-Reitora de Graduação

Emília Freitas de Lima

Secretária de Educação a Distância - SEaD

Aline Maria de Medeiros Rodrigues Reali



Coordenação UAB-UFSCar

Daniel Mill

Denise Abreu-e-Lima

Joice Lee Otsuka

Valéria Sperduti Lima

**Coordenador do Curso de
Tecnologia Sucroalcooleira**

Miguel Antonio Bueno da Costa

UAB-UFSCar

Universidade Federal de São Carlos

Rodovia Washington Luís, km 235

13565-905 - São Carlos, SP, Brasil

Telefax (16) 3351-8420

www.uab.ufscar.br

uab@ufscar.br

Alberto Colli Badino Júnior
Antonio José Gonçalves da Cruz

Balancos de massa e energia na análise de processos químicos

© 2010, dos autores

Concepção Pedagógica

Daniel Mill

Supervisão

Douglas Henrique Perez Pino

Equipe de Revisão Linguística

Luiz Gustavo Oliveira Silva

Paula Sayuri Yanagiwara

Sara Naime Vidal Vital

Thaise Traldi Bortoletto

Vanessa Aparecida de Oliveira

Equipe de Editoração Eletrônica

Izís Cavalcanti

Luis Marques da Silva

Rodrigo Rosalis da Silva

Equipe de Ilustração

Ana Carla Santana Gomes Moreira

Jorge Luís Alves de Oliveira

Capa e Projeto Gráfico

Luís Gustavo Sousa Sguissardi

.....SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
---------------------------	----

UNIDADE 1: Introdução aos processos químicos

1.1 Primeiras palavras	15
1.2 Problematizando o tema.	15
1.3 Definição de processo químico	15
1.3.1 Objetivo dos processos químicos	15
1.3.2 Exemplos de processos químicos	16
1.4 Análise de processos químicos	18
1.5 Considerações finais	18
1.6 Estudos complementares	18

UNIDADE 2: Dimensões e unidades

2.1 Primeiras palavras	21
2.2 Problematizando o tema.	21
2.3 Dimensões	21
2.4 Unidades	22
2.4.1 Sistemas de unidades	22
2.4.2 Convertendo unidades	24
2.5 Homogeneidade dimensional	25

2.6 Quantidades adimensionais	26
2.7 Exemplos	27
2.8 Exercícios propostos	28
2.9 Considerações finais	30
2.10 Estudos complementares	30

UNIDADE 3: Variáveis de processo

3.1 Primeiras palavras	33
3.2 Problematizando o tema.	33
3.3 Massa específica, volume específico e densidade relativa . .	33
3.4 Composição química	35
3.4.1 Mol e massa molar	35
3.4.2 Fração mássica, fração molar e massa molar média.	35
3.4.3 Convertendo composição mássica em composição molar, e vice-versa	36
3.4.4 Concentração	39
3.5 Vazão	40
3.6 Pressão	42
3.6.1 Pressão atmosférica (P_{atm})	44
3.6.2 Pressão absoluta (P_{abs}) e pressão manométrica ou relativa (P_{man} ou P_{rel})	46

3.6.3 Medidores de pressão	47
3.7 Temperatura	49
3.8 Exemplos	51
3.9 Exercícios propostos	54
3.10 Considerações finais	56
3.11 Estudos complementares	56

UNIDADE 4: Balanços de massa

4.1 Primeiras palavras	59
4.2. Problematizando o tema	59
4.3 Fundamentos de balanços de massa	59
4.4 Classificação dos processos	59
4.5 Equação geral de balanço	63
4.6 Balanço de massa total	65
4.7 Balanço de massa para um componente	67
4.8 Orientações gerais para realização de cálculos de balanço de massa	70
4.9 Balanços de massa em processos com múltiplas unidades	75

4.9.1 Reciclo, by-pass e purga	78
4.10 Balanços de massa em processos com reação química. . .	81
4.10.1 Balanços para espécies atômicas e moleculares.	85
4.11 Balanços de massa envolvendo reações de combustão . . .	88
4.12 Exemplos	92
4.13 Exercícios propostos	109
4.14 Considerações finais	111
4.15 Estudos complementares.	112

Unidade 5: Balanços de energia

5.1 Primeiras palavras	115
5.2 Problematizando o tema	115
5.3 Sistema, propriedade e estado	115
5.4 Formas de energia – 1ª Lei da Termodinâmica.	117
5.5 Balanços de energia em sistemas fechados.	119
5.6 Balanços de energia em sistemas abertos no estado estacionário.	121
5.7 Tabelas de propriedades termodinâmicas	128
5.7.1 Tabelas de propriedades termodinâmicas para a água – Tabelas de vapor	131

5.8 Caminho hipotético	138
5.8.1 Variação de pressão a temperatura constante	140
5.8.2 Variação temperatura – calor sensível e capacidades caloríficas	141
5.8.3 Mudanças de fase	148
5.9 Balanços de energia em regime transiente	153
5.9.1 Sistema aberto	153
5.9.2 Sistema fechado	155
5.10 Exemplos.	155
5.11 Exercícios propostos	167
5.12 Considerações finais	168
5.13 Estudos complementares	168

APRESENTAÇÃO

Este livro apresenta de forma clara e objetiva os principais conceitos relacionados aos balanços de massa e energia, fundamentais na análise de processos químicos.

Na primeira Unidade, *Introdução aos Processos Químicos*, são definidos e exemplificados os processos químicos, dentre os quais se destacam, no cenário nacional, os de produção de sacarose e etanol. A Unidade 2, *Dimensões e Unidades*, aborda as dimensões e as unidades, preparando o leitor para a correta conversão de unidades de dimensões conhecidas, com base nos diferentes sistemas de unidades existentes. Na terceira unidade, *Variáveis de Processo*, são apresentadas as principais variáveis encontradas nos processos químicos (suas dimensões e unidades) e as equações que relacionam essas variáveis para um melhor entendimento e adequada análise dos processos químicos. Na Unidade 4, *Balanços de Massa*, são classificados os processos químicos com base na entrada e saída de matéria do volume de controle (processos em batelada, contínuos e semicontínuos) e na dependência das variáveis de processo em relação ao tempo (processos em regime permanente e em regime transiente) bem como apresentadas as equações de balanço de massa para esses processos com base na equação geral de balanço. Na quinta e última Unidade, *Balanços de Energia*, são definidos os sistemas fechado e aberto e apresentadas as equações de balanços de energia para esses sistemas com base na 1ª Lei da Termodinâmica.

A aprendizagem desses conteúdos capacitará os profissionais para analisar os diversos processos químicos sob a ótica dos princípios de conservação de massa e energia.