

1

Materiais Plásticos para Embalagens Flexíveis	15
1.1 Conceitos Básicos sobre Polímeros	17
1.1.1 Estrutura química e molecular.....	17
1.1.2 Massa molecular	20
1.1.3 Densidade	20
1.1.4 Cristalinidade	21
1.1.5 Transições Físicas	23
1.2 Polietilenos – PE	24
1.3 Copolímeros de Etileno e Acetato de Vinila – EVA	29
1.4 Copolímeros de Etileno e Ácidos Acrílicos – EAA, EAMA e EEAA	30
1.5 Ionômeros.....	31
1.6 Poliolefinas Modificadas com Anidrido Maleico – PE-MAH	32
1.7 Copolímeros de Etileno e Álcool Vinílico – EVOH e Poli(álcool vinílico) – PVOH	32
1.8 Polipropileno – PP.....	35
1.9 Poliestireno – PS	39
1.10 Poli(cloreto de vinila) – PVC	40
1.11 Copolímeros de Cloreto de Vinilideno – PVDC.....	42
1.12 Poli(tereftalato de etileno) – PET.....	43
1.13 Poliamidas – PA	45
1.14 Biopolímeros	50
1.14.1 Polímeros extraídos diretamente da biomassa	51
1.14.2 Polímeros produzidos por síntese química convencional usando monômeros de fonte renovável	53
1.14.3 Polímeros produzidos por fermentação microbiana	54
1.15 Outros Materiais.....	55
1.16 Metalização com Materiais Inorgânicos.....	57
Referências	60

2

Aditivos para Embalagens Plásticas Flexíveis	63
2.1 Antioxidantes.....	64
2.2 Estabilizantes Térmicos.....	67
2.3 Estabilizantes à Luz Ultravioleta	69
2.4 Deslizantes	70
2.5 Lubrificantes.....	72
2.6 Plastificantes.....	74
2.7 Aditivos Antibloqueio.....	76
2.8 Aditivos Antiestáticos.....	77

2.9	Aditivos Antiembaçantes – <i>Antifogging</i>	79
2.10	Pigmentos e Corantes	80
	Referências	81

3

	Adesivos para Embalagens Flexíveis	83
3.1	Forças Adesivas e Coesivas	83
3.1.1	Adesão	84
3.1.2	Coesão	85
3.2	Tipos de Adesivos	86
3.2.1	Adesivos reativos	86
3.2.2	Adesivos <i>hot melt</i>	89
3.2.3	Adesivos à base de água	89
3.2.4	Adesivos sensíveis à pressão	90
3.2.5	Adesivos de selagem a frio (<i>cold seal</i>)	90
3.2.6	Resinas adesivas para coextrusão (adesivos de coextrusão)	91
	Referências	91

4

	Questões Ambientais Aplicáveis ao Desenvolvimento de Embalagens Flexíveis	93
4.1	Otimizando a Função	93
4.2	Aperfeiçoando a Cadeia Produtiva da Embalagem	94
4.3	Gestão do Resíduo no Pós-Consumo	97
	Referências	103

5

	Tipos, Formatos e Terminologia	105
5.1	Tipos de Filmes e Embalagens Plásticas Flexíveis	105
5.1.1	Tipos de filmes plásticos	106
5.1.2	Tipos de embalagens plásticas flexíveis	107
5.2	Terminologia	110
	Referências	119

6

	Metrologia	121
6.1	Conceitos Fundamentais	122
6.2	Confiabilidade Metrológica	125
6.3	Variação do Processo de Medição	126
6.4	Certificados de Calibração	128
	Referências	129

7

Procedimentos de Amostragem	131
7.1 Procedimento.....	132
Referências.....	136

8

Caracterização Física e Dimensional	137
8.1 Avaliação Visual	138
8.2 Dimensões.....	141
8.3 Densidade	146
8.3.1 Gradiente de densidade	147
8.3.2 Deslocamento.....	151
8.4 Gramatura	155
8.5 Espessura.....	156
8.5.1 Determinação da espessura por varredura mecânica	157
8.5.2 Determinação da espessura por microscopia óptica.....	160
8.6 Espessura da Camada de Metalização por Densidade Óptica	162
8.7 Propriedades Superficiais.....	165
8.7.1 Microscopia eletrônica de varredura	167
8.7.2 Tensão de umectação	171
8.7.3 Coeficientes de atrito.....	176
8.8 Propriedades de Encolhimento.....	181
8.8.1 Determinação do encolhimento com o ar como meio de aquecimento.....	182
8.8.2 Determinação do encolhimento com um líquido como meio de aquecimento.....	184
Referências	185

9

Caracterização Química, Térmica e Reológica	189
9.1 Identificação por Métodos Subjetivos	190
9.1.1 Método A – Características de queima	191
9.1.2 Método B – Características de rasgamento.....	192
9.1.3 Método C – Características de solubilidade	192
9.1.4 Método D – Ensaio de Beilstein	195
9.1.5 Método E – Identificação de celofane.....	195
9.1.6 Método F – Identificação de revestimento de PVDC	195
9.1.7 Método G – Identificação de revestimento de nitrocelulose.....	196
9.2 Identificação por Espectroscopia no Infravermelho.....	196
9.3 Teor de Acetato de Vinila em EVA.....	206
9.4 Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)	208
9.4.1 Fluxo de calor	208
9.4.2 Compensação de potência.....	209
9.4.3 Conceitos básicos da Calorimetria Exploratória Diferencial	209

9.4.4	Determinação das transições e do calor de fusão e de cristalização	214
9.5	Índice de Fluidez.....	217
9.6	Antioxidantes e Deslizantes	221
9.7	Plastificantes	226
9.7.1	Método A – <i>Screening</i> de plastificantes	228
9.7.2	Método B – Determinação de adipatos e ftalatos	229
9.7.3	Método C – Confirmação da ausência de ftalatos	231
9.8	Resistência Química	233
9.8.1	Método A – Alterações de massa e dimensões.....	236
9.8.2	Método B – Alterações nas propriedades mecânicas.....	237
9.8.3	Método C – Resistência de filmes à extração por produtos químicos.....	239
9.8.4	Método D – Resistência relativa de filmes impressos a reagentes líquidos.....	240
	Referências	242

10

Propriedades Mecânicas	247	
10.1	Propriedades de Tração	249
10.2	Resistência à Delaminação	256
10.3	Força de Adesão da Metalização	260
10.4	Resistência à Propagação do Rasgo	264
10.4.1	Método Elmendorf.....	265
10.4.2	Método utilizando máquina universal de ensaios	268
10.5	Resistência ao Impacto do Dardo em Queda Livre.....	270
10.5.1	Método A – Filmes com resistência entre 50 g e 6 kg	271
10.5.2	Método B – Filmes com resistência entre 300 g e 6 kg	274
10.6	Resistência à Perfuração de Filmes Barreira	275
10.7	Resistência à Perfuração de Filmes Esticáveis	277
10.8	<i>Blocking</i>	279
10.9	Resistência da Termossoldagem à Tração	280
10.10	Curva de Selagem	286
10.11	<i>Hot Tack</i> – Resistência da Termossoldagem a Quente	290
10.12	Resistência à Pressão Interna	293
10.12.1	Método pneumático	296
10.12.2	Método hidrostático	298
10.13	Resistência ao Impacto por Queda Livre	299
10.13.1	Método A – Altura e posição de impacto fixas.....	300
10.13.2	Método B – Altura fixa e posição de impacto alternada.....	302
10.13.3	Método C – Altura variável (<i>up and down</i>)	303
	ANEXO 10.A.....	306
	ANEXO 10.B	307
	Referências	308

11

Propriedades de Barreira	313
11.1 Conceitos Básicos de Permeabilidade.....	315
11.1.1 Introdução.....	315
11.1.2 Fatores que afetam a permeabilidade.....	318
11.2 Permeabilidade ao Vapor D'água.....	321
11.2.1 Taxa de permeabilidade ao vapor d'água por método gravimétrico.....	322
11.2.2 Taxa de permeabilidade ao vapor d'água por equipamento com sensor infravermelho.....	328
11.3 Permeabilidade a Gases.....	330
11.3.1 Taxa de permeabilidade ao oxigênio determinada por equipamento com sensor coulométrico.....	330
11.3.2 Taxa de permeabilidade a gases determinada por método de aumento da concentração.....	334
11.4 Permeabilidade a Vapores Orgânicos.....	338
11.5 Volume e Composição de Gases do Espaço-livre de Embalagens.....	342
11.5.1 Volume de gases no espaço-livre de embalagens.....	342
11.5.2 Composição gasosa do espaço-livre de embalagens.....	345
11.6 Transmissão de Luz.....	348
11.7 Permeação de Óleos e Gorduras.....	352
Referências.....	356

12

Integridade do Sistema de Fechamento	359
12.1 Método Eletrolítico.....	361
12.2 Método de Penetração de Solução Colorida.....	363
12.2.1 Embalagem de material não poroso.....	363
12.2.2 Embalagem flexível composta de material poroso (não tecido).....	364
12.3 Método de Emissão de Bolhas.....	365
12.3.1 Método da câmara de vácuo.....	365
12.3.2 Método da pressão interna.....	366
12.4 Método de Detecção de Gás Hélio por Espectrometria de Massa.....	367
Referências.....	369

13

Rótulos Autoadesivos	371
13.1 Gramatura do Adesivo.....	374
13.2 Estabilidade Dimensional.....	376
13.3 Aderência da Tinta de Impressão.....	377
13.4 Resistência da Adesão a 180°.....	379
13.5 Resistência ao Deslizamento.....	381
13.6 Resistência da Adesão na Forma de <i>Loop</i>	383
Referências.....	384

14

Interação entre Embalagem e Produto: Legislação e Alteração Sensorial	387
14.1 Legislação para Embalagem de Alimentos.....	387
14.1.1 Introdução.....	387
14.1.2 Legislação MERCOSUL para embalagem de alimentos.....	388
14.1.3 Listas Positivas	391
14.1.4 Ensaio de migração total e específica	392
14.1.5 Critérios de pureza de pigmentos e corantes	400
14.1.6 PET reciclado pós-consumo para contato com alimentos.....	402
14.1.7 Boas Práticas de Fabricação (BPF) e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC)	402
14.2 Potencial de Alteração Sensorial de Alimentos	404
14.2.1 Análise instrumental: solventes residuais e odor estranho em embalagens plásticas.....	404
14.2.2 Avaliação sensorial	408
ANEXO 14.A	415
ANEXO 14.B	416
Referências	417
Índice de Figuras	421
Índice de Tabelas e Quadros	429