
índice

Prefácio à primeira edição brasileira	7
Prefácio	11
Agradecimentos	13
Introdução	21
1 Panorâmica da energética	25
1.1 A evolução da demanda de energia	25
A situação energética de um país industrializado – O exemplo da França ..	31
1.2 Características do consumo de energia e perspectivas para o futuro	32
Conservação da energia	34
1.3 Recursos energéticos e sua distribuição: O papel dominante da energia solar ..	34
1.4 Eletricidade	39
1.4.1 Processos de conversão	39
Processos de geração de eletricidade	41
1.4.2 Aspectos econômicos da eletricidade convencional	45
1.4.3 Características de consumo	46
1.4.4 Aquecimento e refrigeração com bombas de calor	47
1.5 As fontes de energia do futuro: Aspectos econômicos e ambientais	48
1.5.1 A necessidade de uma estratégia energética a longo prazo	48
1.5.2 Exame qualitativo das fontes de energia convencionais	50
1.5.2.1 Perspectivas do petróleo	50
1.5.2.2 Gás natural	51

1.5.2.3	Xistos betuminosos	51
1.5.2.4	Carvão	52
1.5.2.5	Gaseificação e liqüefação a partir do carvão	53
1.5.2.6	Energia nuclear	53
1.5.2.7	Energia geotérmica	55
1.5.3	A ameaça da poluição térmica	55
2	A radiação – matéria-prima da energia solar	59
2.1	Aparelhos e redes de medição	59
2.2	Características da radiação solar	63
3	Produção de eletricidade e combustíveis por energia solar indireta: água, ar e biomassa	79
	A energia solar hoje	80
3.1	A energia hidráulica	80
	3.1.1 A energia hidráulica clássica	80
	3.1.2 A energia das ondas	84
	3.1.3 A energia do mar	86
3.2	Energia do ar	86
	3.2.1 Energia eólica	86
	3.2.2 Armazenamento de energia pneumática	97
3.3	Biomassa e Fotossíntese	98
4	O sol, energia de amanhã: meios e perspectivas	107
4.1	Problemas de ocupação do solo associados à utilização em grande escala da energia solar	107
	A energia solar de amanhã	108
4.2	Impacto ambiental da utilização da energia solar	110
4.3	Perspectivas do emprego da energia solar em alguns setores de grande demanda	112
5	O calor solar e sua utilização direta	115
5.1	Os captadores solares	115
	5.1.1 As diferentes classes de captadores solares	115
	5.1.2 Princípios físicos da conversão da radiação solar em calor	116
	5.1.3 Utilização ordinária dos coletores solares	125

5.2 Aplicações do calor solar	127
5.2.1 Aplicações domésticas e no setor terciário	127
5.2.1.1 Aquecimento de água sanitária	127
5.2.1.2 Aquecimento de piscinas	130
5.2.1.3 Aquecimento de ambientes	131
Armazenamento térmico	131
Casas solares	133
Exploração da energia solar indireta por bombas de calor	141
Combinação de bomba de calor com captadores solares	142
Casa solar “passiva”	142
5.2.1.4 Climatização e refrigeração	143
5.2.2 Aplicações na agricultura e na indústria	151
5.2.2.1 As estufas	152
5.2.2.2 Secadores solares	153
5.2.2.3 Outras aplicações	155
5.2.3 Aplicações em locais isolados e em certas regiões do terceiro mundo	155
5.2.3.1 O fogão solar	155
5.2.3.2 Dessalinização da água	157
6 O calor e a radiação solares: fontes de eletricidade	165
6.1 Panorâmica dos processos potenciais de conversão para geração de eletricidade solar	165
6.2 A concentração da radiação	167
6.2.1 Panorâmica do conjunto de concentradores solares	167
6.2.2 Orientação dos coletores solares segundo o movimento do Sol	169
6.2.3 Fator de concentração de coletores de focalização: limites físicos	179
O relógio como dispositivo de controle para orientação de coletores	183
7 A eletricidade solar termomecânica	185
7.1 Considerações gerais sobre o processo de conversão termomecânica	185
7.2 O gerador de coletor plano	186
7.3 O gerador de foco linear	193
7.3.1 Retrospectiva histórica	193
7.3.2 Observações gerais sobre os concentradores lineares	196
7.3.3 O coletor de painéis de espelhos facetados	198
7.3.4 Grupos geradores com focalização linear	203
7.4 Central solar de receptor central	210
7.4.1 Central de torre	210
7.4.2 Gerador de parabolóides	232

18 Energia solar

7.5 Sumário comparativo dos coletores solares associados com conversores termodinâmicos	235
7.6 A usina geradora oceanotérmica	237

8 A conversão fotovoltaica 239

8.1 A célula solar	239
8.1.1 Introdução	239
8.1.2 A célula solar convencional de silício	240
Conversão fotoquímica	241
A tecnologia convencional das fotopilhas de silício	247
8.1.3 Fotopilhas de sulfeto de cádmio	250
8.1.4 Fotopilhas de arsenieto de gálio	251
8.1.5 História do efeito fotovoltaico	252
8.2 O gerador fotovoltaico	257
8.2.1 O painel solar	257
8.2.2 O grupo eletrógeno fotovoltaico	261
8.2.3 Painéis solares com concentração	263
8.2.4 Estado presente da geração de energia fotovoltaica	273
8.3 Perspectivas da geração de energia fotovoltaica	280
8.3.1 A economia de escala	280
8.3.2 Novos enfoques tecnológicos: a célula solar fina	283
Tecnologia do silício	283
As pilhas de camada fina	288
8.3.3 As tecnologias associadas: o condicionamento de potência, a instalação no solo, o armazenamento	291
8.3.3.1 O condicionamento de potência	291
8.3.3.2 Instalação no solo	294
8.3.3.3 Armazenamento de eletricidade em grande escala	295
8.3.4 Considerações de custo para as futuras centrais fotovoltaicas	301

9 Perspectivas da energia solar para produção em larga escala de eletricidade 305

9.1 A demanda de terras para geração de energia solar em larga escala	305
9.2 Classificação das centrais de eletricidade solar	306
Hidroeletricidade	309
Centrais térmicas de biomassa	309
Aerogeradores	311
Centrais solares termomecânicas	311
Centrais fotovoltaicas	311
9.3 As centrais de conversão direta da radiação: os conversores solares termomecânicos e os conversores fotovoltaicos	312
Que escolha fazer entre geradores solares termomecânicos e fotovoltaicos? ..	315

9.4 Perspectivas de utilização de eletricidade solar fotovoltaica	316
As centrais fotovoltaicas	316
Geradores fotovoltaicos descentralizados	318
10 Perspectivas	325

Apêndice 1

Fundamentos da conversão direta de energia solar por meio de células solares	327
1. O efeito fotovoltaico	327
1.1 Aspectos físicos do efeito de conversão	327
1.2 Análise comparativa das células solares	348
2. Influência das propriedades dos materiais sobre as características das células solares	349

Apêndice 2

Fatores de conversão	351
Energia	351
Energia microscópica	351
Potência	352
Energia, intensidade de potência	352
Outras unidades	352
Bibliografia	355
Seleção sumária de obras complementares para consulta	357