

SIGLAS E ABREVIATURAS.....	XIII
PREFÁCIO.....	XV
PREÂMBULO.....	XVII

## CAPÍTULO 1

Origem, desenvolvimento e futuro do cultivo sem solo .....	19
1.1. Introdução.....	19
1.2. A investigação e o desenvolvimento dos sistemas de cultivo sem solo .....	22
1.3. O desenvolvimento comercial dos sistemas de cultivo sem solo .....	27
1.3.1. O cultivo biológico sem solo.....	31
1.4. Sistemas atuais de cultivo sem solo .....	33
1.5. O futuro do cultivo sem solo .....	34

## CAPÍTULO 2

A absorção da água e o efeito dos stresses hídrico e salino na planta .....	39
2.1. A absorção de água pelas plantas.....	39
2.2. O equilíbrio da água entre a planta e o meio .....	50
2.3. O stress hídrico .....	53
2.4. O stress salino .....	54

## CAPÍTULO 3

Absorção dos nutrientes e seus efeitos nas plantas .....	59
3.1. Introdução.....	59
3.2. Os nutrientes essenciais.....	64
3.2.1. Carbono.....	64
3.2.2. Hidrogénio .....	65
3.2.3. Oxigénio.....	65
3.2.4. Azoto.....	65
3.2.5. Fósforo .....	67
3.2.6. Potássio.....	67
3.2.7. Cálcio .....	68
3.2.8. Magnésio .....	72
3.2.9. Enxofre.....	73
3.2.10. Ferro .....	73
3.2.11. Manganês.....	74
3.2.12. Boro.....	75

3.2.13.	Zinco .....	76
3.2.14.	Cobre.....	77
3.2.15.	Molibdénio.....	77
3.2.16.	Cloro .....	78
3.2.17.	Outros elementos benéficos para as plantas.....	82
<b>3.3.</b>	<b>A dinâmica da absorção dos nutrientes .....</b>	<b>83</b>
3.3.1.	Movimento dos nutrientes nos meios de cultivo e a sua absorção .....	83
3.3.2.	Fatores que influenciam a absorção dos nutrientes.....	85
3.3.2.1.	Fatores relacionados com o meio de crescimento do sistema radicular .....	85
3.3.2.2.	Fatores relacionados com as plantas .....	86
3.3.2.3.	Fatores relacionados com as condições climáticas .....	87

## **CAPÍTULO 4**

<b>O arejamento das raízes .....</b>	<b>89</b>
4.1. O oxigénio .....	90
4.2. Sintomas da falta de oxigénio na planta .....	92
4.3. Resolução do problema de falta de oxigénio na raiz .....	93

## **CAPÍTULO 5**

<b>Cultivo em substratos .....</b>	<b>97</b>
5.1. Introdução .....	97
5.2. Propriedades dos substratos .....	104
5.2.1. Propriedades físicas .....	106
5.2.2. Propriedades químicas e físico-químicas .....	124
5.2.3. Propriedades biológicas .....	132
5.2.4. Influência das raízes nas características dos substratos.....	133
5.2.5. O substrato ideal.....	134
5.3. Principais substratos utilizados .....	136
5.3.1. Lã-de-rocha .....	137
5.3.2. Fibra de coco.....	142
5.3.3. Perlite.....	149
5.3.4. Turfa.....	152
5.4. Substratos alternativos.....	154
5.4.1. Casca de pinheiro.....	155
5.4.2. Sistemas de produção com substratos alternativos.....	156
5.4.3. Outros substratos .....	158
5.4.3.1. Vermiculite.....	158
5.4.3.2. Areia.....	159
5.4.3.3. Casca de arroz.....	160
5.4.3.4. Compostos de bagaços de uva e azeitona .....	160
5.4.3.5. Espumas.....	162

## CAPÍTULO 6

Cultivo em sistemas hidropónicos .....	165
6.1. Técnica do cultivo em filme nutritivo.....	165
6.1.1. Fundamentos do sistema NFT.....	167
6.1.1.1. Caudal circulante e declive das calhas .....	168
6.1.1.2. Oxigenação e comprimento das calhas .....	170
6.1.1.3. Orientação das calhas .....	172
6.1.2. Componentes do sistema .....	173
6.1.2.1. Preparação da solução nutritiva .....	173
6.1.2.2. Tanque de recirculação.....	176
6.1.2.3. Canais de cultivo .....	178
6.1.2.4. Sistema de bombagem e filtragem.....	181
6.2. Sistemas com suporte em filme plástico e as suas adaptações.....	183
6.2.1. NGS – New Growing System.....	183
6.2.2. Sistemas de cultivo em suportes oscilantes.....	184
6.3. Cultivo flutuante .....	187
6.4. Outros sistemas de cultivo em água.....	188
6.4.1. Cultivo aeropónico.....	188
6.4.2. Cultivo em camada profunda de água (Deep water culture, DWC).....	188
6.4.3. Cultivo em sistemas de fluxo e refluxo (ebb and flow) .....	188
6.4.4. Cultivo em sistemas verticais.....	189

## CAPÍTULO 7

Instalação dos sistemas de cultivo sem solo .....	191
7.1. Seleção do local para a instalação dos abrigos .....	191
7.2. Preparação do local .....	192
7.3. Instalação do sistema de cultivo.....	195
7.4. Abertura dos orifícios de plantação .....	198
7.5. Saturação do substrato .....	200
7.6. Plantação .....	200

## CAPÍTULO 8

Sistema de rega: instalação, dotação e controlo .....	205
8.1. Instalação dos sistemas de rega em cultivo sem solo .....	205
8.1.1. Disponibilidade e armazenamento de água.....	210
8.1.2. Sistema de fertirrigação.....	213
8.1.2.1. Cabeçal de rega.....	213
8.1.2.2. Sistema de pressurização .....	215
8.1.2.3. Sistemas de injeção da solução concentrada.....	218
8.1.2.3.1. Injetores Venturi.....	221
8.1.2.3.2. Bombas eletromagnéticas.....	224

8.1.2.3.3.	Bombas injetoras.....	226
8.1.2.4.	Sistemas de filtragem.....	229
8.1.2.5.	Automatização dos sistemas.....	229
8.1.3.	Rede de distribuição .....	230
8.1.3.1.	Válvulas e sectorização da rede de distribuição.....	230
8.1.3.2.	Condutas.....	231
8.1.3.3.	Equipamentos de segurança.....	233
8.1.4.	Emissores de rega.....	234
<b>8.2.</b>	<b>Cálculo e controlo da rega.....</b>	<b>236</b>
8.2.1.	Dotação, frequência e método de rega.....	237
8.2.2.	Programação das regas .....	242
8.2.3.	Controlo de rega.....	243
8.2.3.1.	Rega temporizada.....	244
8.2.3.2.	Medições relacionadas com o substrato.....	244
8.2.3.2.1.	Sensores de humidade do substrato.....	244
8.2.3.2.1.1.	Medição do potencial matricial no substrato .....	245
8.2.3.2.1.2.	Medição do conteúdo volumétrico de água no substrato.....	248
8.2.3.2.2.	Gravimetria.....	249
8.2.3.2.3.	Bandeja de rega por consumo.....	250
8.2.3.2.4.	Medição da CE no substrato .....	250
8.2.3.3.	Variáveis climáticas.....	251
8.2.3.3.1.	Integral de radiação .....	251
8.2.3.3.2.	Evapotranspiração das plantas .....	254
8.2.3.4.	Medições nas plantas .....	258
8.2.3.5.	Métodos associados ao sistema de cultivo.....	260
8.2.3.6.	Métodos integrados (com dados de: planta – substrato – clima).....	261
8.2.4.	Estratégias de fertirrega em sistemas fechados e semi-fechados.....	264

## **CAPÍTULO 9**

<b>Fertirrigação: preparação e controlo das soluções nutritivas.....</b>		<b>265</b>
9.1.	Introdução.....	265
9.2.	O pH.....	267
9.2.1.	Influência do pH na nutrição das plantas .....	267
9.2.2.	A influência do pH na disponibilidade de nutrientes.....	269
9.2.3.	O ajuste do pH na solução nutritiva .....	270
9.3.	A condutividade elétrica .....	274
9.3.1.	O cálculo da CE da solução nutritiva.....	277
9.4.	Aduos utilizados em fertirrigação.....	277
9.4.1.	Características dos principais fertilizantes utilizados em fertirrigação.....	280
9.5.	Cálculo de soluções nutritivas .....	290
9.6.	Gestão e controlo das soluções nutritivas .....	301

9.6.1.	Gestão e controlo do pH.....	301
9.6.2.	Gestão e controlo da CE.....	303
9.6.2.1.	Controlo de CE no cultivo hidropónico.....	304
9.6.2.2.	Controlo de CE no cultivo em substrato.....	306

## CAPÍTULO 10

Reaproveitamento da drenagem: reciclagem e reutilização.....		311
10.1.	Justificação para a reciclagem ou a reutilização da drenagem.....	311
10.2.	Condições necessárias para efetuar a reciclagem.....	316
10.3.	Estratégias para a reciclagem.....	318
10.4.	Elementos básicos dos sistemas de reutilização ou de reciclagem.....	322
10.5.	Volume de solução a desinfetar.....	323
10.6.	Métodos de desinfecção da solução nutritiva.....	324
10.6.1.	Desinfecção por ação do calor.....	325
10.6.2.	Desinfecção com radiação UV-C.....	326
10.6.3.	Desinfecção por filtração.....	327
10.6.3.1.	Desinfecção por osmose inversa.....	328
10.6.4.	Desinfecção por filtração lenta.....	329
10.6.5.	Desinfecção por Oxidação.....	332
10.6.5.1.	Peróxido de hidrogénio.....	332
10.6.5.2.	Ozono.....	333
10.6.5.3.	Hipoclorito de sódio.....	333
10.6.5.4.	Iodo.....	334
10.6.6.	Outros métodos de desinfecção.....	334
10.7.	Monitorização da drenagem e da solução nutritiva.....	336
10.8.	Nota final.....	337

## CAPÍTULO 11

Condução de culturas em sistemas de cultivo sem solo.....		339
11.1.	Introdução.....	339
11.2.	Culturas hortícolas de fruto.....	340
11.2.1.	Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	340
11.2.2.	Pepino ( <i>Cucumis sativus</i> L.).....	344
11.2.3.	Pimento ( <i>Capsicum annum</i> L.).....	345
11.2.4.	Melão ( <i>Cucumis melo</i> L.).....	347
11.2.5.	Feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	349
11.2.6.	Aboborinha ( <i>Cucurbita pepo</i> L.).....	351
11.2.7.	Morango ( <i>Fragaria x ananassa</i> Duch.).....	353
11.3.	Culturas hortícolas de folhas.....	355
11.3.1.	Alface ( <i>Lactuca sativa</i> L.).....	356
11.3.2.	Outras hortícolas de folhas.....	358

11.4.	Floricultura.....	359
11.4.1.	Rosa ( <i>Rosa spp.</i> ).....	359
11.4.2.	Gerbera ( <i>Gerbera jamesonii</i> Bolus ex. Hooker F.).....	361
11.4.3.	Antúrio ( <i>Anthurium spp.</i> ).....	363
11.5.	Outras culturas.....	364
11.5.1.	Plantas condimentares.....	364
11.5.2.	Germinados e microgreens.....	365
11.5.3.	Mirtilo ( <i>Vaccinium myrtillus L.</i> ).....	366
11.5.4.	Framboesa ( <i>Rubus idaeus L.</i> ).....	366
11.6.	Cultivo de plantas ornamentais em vaso.....	367
11.7.	Viveiros.....	367
11.7.1.	Hortícolas.....	372
11.7.2.	Ornamentais.....	372
11.7.3.	Florestais.....	373

## CAPÍTULO 12

Doenças, pragas e acidentes fisiológicos.....		375
12.1.	Introdução.....	375
12.1.1.	Podridão apical ( <i>Blossum end rot, BER</i> ).....	380
12.1.2.	Vitescência do melão.....	381
12.1.3.	Rachamento dos frutos ( <i>cracking</i> ).....	382
12.1.4.	Ombros verdes do tomate ( <i>Blushing</i> ).....	382
12.1.5.	Enrolamento fisiológico das folhas do tomate.....	383
12.1.6.	Queimaduras do sol.....	383
12.1.7.	Queima das folhas no melão ( <i>Grillage</i> ).....	384
12.1.8.	Deficiências nutricionais.....	384
12.1.9.	Excesso de salinidade.....	384
12.1.10.	Problemas relacionados com o vingamento dos frutos.....	384
12.1.11.	Queima do colo da planta.....	385
12.1.12.	Necrose marginal das folhas.....	385

## CAPÍTULO 13

Controlo ambiental em estufas: uma ferramenta de apoio à produção.....		387
13.1.	Introdução.....	387
13.2.	As variáveis climáticas e o seu efeito nas culturas.....	387
13.2.1.	Radiação.....	388
13.2.2.	Temperatura.....	390
13.2.3.	Humidade do ar.....	395
13.3.	Modificação do clima nas estufas.....	397
13.3.1.	Estufas.....	397

13.3.2.	Arrefecimento.....	398
13.3.2.1.	Ventilação.....	398
13.3.2.1.1.	Ventilação natural.....	398
13.3.2.1.2.	Ventilação forçada.....	401
13.3.2.2.	Arrefecimento evaporativo.....	403
13.3.2.3.	Utilização de redes e filmes.....	408
13.3.3.	Aquecimento.....	409
13.3.3.1.	Aquecimento por convecção.....	410
13.3.3.2.	Aquecimento por radiação – convecção.....	414
13.3.3.3.	Aquecimento do substrato.....	415
13.3.4.	Sistemas de controlo do clima em estufas.....	416

BIBLIOGRAFIA.....	CDXIX
-------------------	-------

ÍNDICE DE FIGURAS.....	CDXXXIX
------------------------	---------

ÍNDICE DE QUADROS.....	CDXLIX
------------------------	--------

LISTA DE CRÉDITOS.....	CDLVII
------------------------	--------