

MANUAL DE CULTIVO SEM SOLO

Mário Louro
Mário Reis

ASPETOS TEÓRICOS E PRÁTICOS
DOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS
E EM SUBSTRATO

AUTORES

Mário Louro
Mário Reis

TÍTULO

MANUAL DE CULTIVO SEM SOLO

Aspetos teóricos e práticos dos cultivos hidropónicos e em substrato

EDIÇÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

Praça da Conjeira n.º 38 · 4300-144 PORTO

Tel. 220 939 053 · E-mail: geral@quanticaeditora.pt · www.quanticaeditora.pt

CHANCELA

Agrobook – Conteúdos Técnicos e Científicos

DISTRIBUIÇÃO

Booki – Conteúdos Especializados

Tel. 220 104 872 · Fax 220 104 871 · E-mail: info@booki.pt · www.booki.pt

REVISÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda

DESIGN

Diana Vila Pouca

Delineatura – Design de Comunicação · www.delineatura.pt

APOIOS

AGROTEC – Revista Técnico-Científica Agrícola · www.agrotec.pt

Associação Portuguesa de Horticultura – APH · www.aphorticultura.pt

IMPRESSÃO

Fevereiro, 2020

DEPÓSITO LEGAL

458664/19



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.

Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2020 | Todos os direitos reservados Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónica, mecânica ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor e do Autor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

CDU

631.2 Construções, estruturas e instalações agrícolas.

631.3 Máquinas, apetrechos e equipamento agrícola

633/635 Horticultura em geral. Culturas específicas

ISBN

Papel: 9789898927798

E-book: 9789898927804

Catálogo da publicação

Família: Agronomia

Subfamília: Tecnologia e Engenharia Agrícola

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
3.3.	A dinâmica da absorção dos nutrientes.....	83
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

O arejamento das raízes	89	
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

Cultivo em substratos	97	
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
8.2.	Cálculo e controlo da rega.....	236
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

	Fertirrigação: preparação e controlo das soluções nutritivas.....	265
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.	Adubos 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

Este *Manual de Cultivo Sem Solo* é escrito por quem sabe, da teoria à prática. Os autores Mário Louro e Mário Reis são especialistas em culturas hortícolas produzidas sem solo, com um sólido conhecimento e uma longa carreira profissional, que muito admiro. Nesta obra de referência, que irá perdurar muitos anos, alcançaram uma sinergia que, aqui materializada, irá colmatar uma ausência quase total de informação sobre o tema em Portugal.

O livro inicia com uma cuidada e muito útil informação sobre os processos de absorção da água e dos nutrientes pelas plantas e as condições adequadas ao seu crescimento e desenvolvimento. Seguem-se os sistemas de instalação das culturas e o procedimento para o seu cultivo em substratos e em sistemas hidropónicos, a condução de diversas culturas, o controlo de doenças e, finalmente, um capítulo sobre controlo ambiental em estufas, uma ferramenta de apoio à produção de culturas protegidas. Nesta obra, valoriza-se o reaproveitamento da drenagem através da sua reciclagem ou reutilização, com recurso a sistemas fechados, e utilização de água de boa qualidade que, segundo os autores, poderá ser obtida, por exemplo, por recolha da água da chuva.

A produção de alimentos a partir do solo baseia-se na dinâmica e funcionamento da Terra, tal como a conhecemos, e a gestão do uso do solo determina a sua qualidade, nomeadamente a sua fertilidade. Atualmente, a degradação do solo devido a práticas intensivas da produção convencional de alimentos em todo o Mundo, nos últimos 100 anos, é um problema grave que ameaça a continuidade das inúmeras funções e serviços de ecossistema, que o solo presta ao homem e aos restantes seres vivos. Estes serviços incluem o sequestro de carbono, os ciclos da água e dos nutrientes e a manutenção de uma vastíssima biodiversidade. Este problema, que é mundial e local, tem tido diversas abordagens e estratégias que incluem a produção biológica de alimentos e outros sistemas de produção agrícola.

Quando o solo não apresenta condições para a produção agrícola, por razões naturais ou de contaminação antropogénica, o cultivo em substratos ou em sistemas hidropónicos pode assumir diversas vantagens. Recordo as palavras que o Mário Louro escreveu (numa troca de e-mails em dezembro 2016): «...nunca serei pouco exigente com as técnicas de proteção das culturas, proteção do aplicador e com a saúde e segurança alimentar dos consumidores. [...] em sistemas hidropónicos tenho culturas em que não são utilizados produtos fitofarmacêuticos químicos de síntese e aplico cerca de 70-50% dos nutrientes que podem ser aplicados em produção integrada de culturas em estufa».

Na perspetiva da eficiente utilização dos recursos e de uma boa gestão das culturas produzidas em substratos ou em sistemas hidropónicos, este Manual é uma obra fundamental e um recurso essencial para os agricultores e técnicos do setor e, ainda, para os estudantes de agricultura.

Isabel de Maria Mourão

Prof. Coordenadora da Escola Superior Agrária de Ponte de Lima/IPVC

O cultivo sem solo (CSS), iniciado à escala comercial no final dos anos 20 do século XX, entrou em rápido desenvolvimento nas últimas décadas do século e firmou-se como uma forma de cultivo de hortícolas, frutos e flores.

No cultivo sem solo as plantas crescem com as raízes numa solução nutritiva – cultivo hidropónico – ou em materiais porosos regados com uma solução nutritiva – cultivo em substratos. Quando se cultiva numa solução nutritiva, esta encontra-se numa camada mais ou menos profunda, num filme fino, ou é aplicada em pulverização frequente nas raízes – cultivo aeropónico. No cultivo em substrato empregam-se produtos inertes ou não, minerais e orgânicos, cuja principal função é permitir a ancoragem e sustentação das plantas, e criar condições de desenvolvimento das raízes para que estas possam desempenhar com máxima eficiência a sua função de absorção de água e de nutrientes.

Os objetivos iniciais do cultivo sem solo foram principalmente ultrapassar os problemas surgidos no cultivo no solo em estufa, como as doenças de solo e o aumento da salinidade, causas de decréscimo da produtividade e rentabilidade das culturas. A atual relevância do cultivo sem solo para os produtores, está relacionada sobretudo com a mais precisa dotação de água e nutrientes e a redução da incidência de doenças de solo. Mas o cultivo sem solo pode também apoiar a mudança para estilos de vida mais saudáveis, com o aumento do consumo de vegetais e a maior utilização de plantas, reduzindo o consumo de água e eliminando ou reduzindo a contaminação ambiental com fertilizantes.

O desenvolvimento de novos materiais e de tecnologias como a eletrónica, informática ou a inteligência artificial, permitiu e apoia o desenho de sistemas de cultivo sem solo cada vez mais eficientes, minimizando o impacte ambiental da produção hortícola e maximizando a eficiência de uso dos fatores de produção. Os sistemas fechados de cultivo sem solo, desde a simples reciclagem da solução nutritiva com recuperação de água e nutrientes até às modernas “fábricas de plantas” (*indoor farming*), são uma resposta neste sentido.

O controlo rigoroso das condições ambientais, nomeadamente o clima e a disponibilidade de água e nutrientes, tem como objetivo melhorar a eficiência do processo de cultivo e a qualidade dos produtos. Além disso, o controlo das condições de cultivo pode viabilizar técnicas de proteção sanitária de menor impacto ambiental e promover a melhoria da qualidade dos produtos, não apenas pela redução da presença de resíduos de fitofármacos, mas também do aumento da sua qualidade organolética e nutracêutica.

Neste trabalho refere-se a situação atual do cultivo sem solo e desenvolvem-se os conhecimentos essenciais relativos aos sistemas de cultivo com maior expressão e potencial de desenvolvimento no país. As culturas sem solo em Portugal são realizadas quase sempre em abrigo, habitualmente estufas, de parede retas ou em túnel. Existem no país cerca de 4301 ha de estufas e abrigos altos (INE, 2017), sendo 70% desta área dedicada a produção de culturas hortícolas comestíveis e o restante dedicado à produção de flores de corte e plantas ornamentais em vaso (Meneses e Castilla, 2012). Não existem dados oficiais recentes publicados sobre a área ocupada com cultivo sem solo, sabendo-se que região do Oeste existiam cerca de 150 ha (Loureiro, 2012) e no Algarve cerca de 100 ha, e a perceção é que esta forma de cultivo contínua em expansão e aperfeiçoamento.

ORIGEM, DESENVOLVIMENTO E FUTURO DO CULTIVO SEM SOLO

Para se desenvolverem, as plantas necessitam de elementos minerais que retiram do solo por intermédio da água.

Sem água, as plantas não sobrevivem, mesmo que no solo tenham os elementos minerais de que necessitam.

A água é como se fora a alma das plantas, assim como os elementos minerais são como se fossem a alma do solo.

Se conseguíssemos transmitir para a alma das plantas a força da alma do solo, talvez não necessitássemos dele para fazer as plantas sobreviverem e se multiplicarem.

Acredito que num futuro que a mim não pertence, isso será possível.

Leonardo da Vinci (1452- 1519) cit. in Martins (s.d.)

1.1. Introdução

O cultivo de plantas fora do solo *in situ* é efetuado desde há milhares de anos, para produzir alimentos ou como forma de recriar ou de reinventar a Natureza. Os egípcios já cultivavam nas águas do Nilo em 1460 a.C., no período do faraó Hatshepsut (1508-1450 a.C.), e Nabucodonosor II (632-562 a.C.) iniciou a construção dos *Jardins suspensos da Babilónia* em 605 a.C. nas margens do Eufrates. Na China, sucessivas dinastias de imperadores construíram sofisticados jardins para o deleite dos sentidos (Resh, 1997). Em 1325, os Aztecas cultivavam nas margens do lago Texcoco, em jangadas artificiais sobre as quais produziam hortaliças e flores: o suporte de cultivo era a lama retirada do fundo do lago, e a rega era obtida por capilaridade da água do lago. Progressivamente, as raízes das plantas sobre as jangadas cresciam até ao fundo fixando as jangadas que, com o tempo, contribuíam para aumentar a área disponível para o cultivo em terreno firme (Martins, s.d.). Esta forma de cultivo flutuante permanece ainda hoje na zona de Xochimilco (zona central do México).

A facilidade e as particularidades do cultivo sem solo (CSS) desde cedo levaram os estudiosos a recorrer a esta forma de cultivo nos seus trabalhos de investigação sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas.

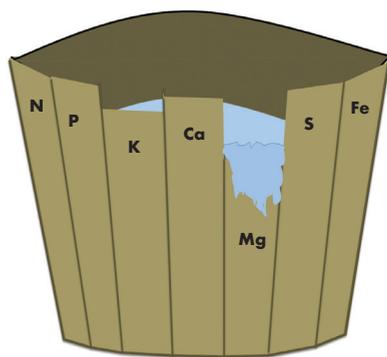


Figura 1.1. – Representação da Lei do Mínimo de Sprengel-Liebig: o crescimento das plantas é limitado pelo elemento essencial presente em quantidade limitante.

Em 1823, Liebig demonstrou que as plantas absorviam os sais minerais resultantes da decomposição da matéria orgânica e não a matéria orgânica em si, pondo em destaque a importância dos elementos minerais. Descobriu ainda que o carbono das plantas provinha do CO_2 atmosférico e não do húmus do solo, como até aí se pensava, o que fez cair o *Princípio da vegetação* e a *Teoria do húmus* de Aristóteles. Além disso, Liebig verificou que os elementos alcalinos Ca, Mg e K eram necessários para neutralizar os ácidos produzidos pelas plantas e desenvolveu adubos compostos. As ideias de Liebig desenvolveram extraordinariamente a química orgânica e a investigação sobre as exigências nutritivas das plantas e a fertilização dos solos (Santos, 1977).

Em 1856, Frederick Charles Augustus Salm-Horstmar (1799-1865) utilizando sais já disponíveis, realizou ensaios de cultivo em areia de sílica e solução nutritiva, tendo identificado o potássio como nutriente essencial, e demonstrado que para um crescimento normal as plantas necessitavam de azoto, fósforo, enxofre, cálcio, potássio, magnésio, silício, ferro e manganês (Salm-Horstmar, 1849, 1856). Em 1857, a eliminação do meio inerte, cultivando as plantas apenas numa solução aquosa de sais, de composição determinada, foi conseguida pelos alemães Julius von Sachs (1832-1897) e J.A.L. Wilhelm Knop (1817-1901), utilizando as técnicas desenvolvidas por Hortsmar e Boussingault (1801-1887). Por isso, Sachs e Knop são considerados os fundadores do cultivo em água (Penningsfeld e Kurzmann, 1983). Nesta altura surgem as classificações de macro e micronutrientes.

Posteriormente, Dennis Hoagland (1884-1949) desenvolveu uma solução de micronutrientes, a Solução A-Z, para adicionar a igual volume de uma solução com macronutrientes (Techknow.org.uk, 2013).

2009; Svensson, 2016). Em alguns SCSS o cultivo pode efectuar-se em condições técnicas idênticas às seguidas no solo, nomeadamente no cultivo em alguns substratos, dado que as plantas desenvolvem as suas raízes num meio poroso, rico em matéria orgânica, vivo, e onde podem ocorrer os mesmos mecanismos de interação positiva entre plantas e microrganismos que ocorrem num solo. Por isso se desenvolveram tão diversos e importantes sistemas de cultivo sem solo, nomeadamente para hortícolas e flores (Urrestarazu, 2004, Raviv & Lieth, 2008).

A impossibilidade legal de cultivar sem solo em modo de produção biológico é mais séria para a horticultura protegida em estufa onde a pressão sobre o solo é maior; as possibilidades de aplicar algumas das técnicas do cultivo biológico são mais limitadas e as formas de prevenção da disseminação de doenças de solo são pouco eficazes (Raviv, 2017).

É de destacar que na horticultura sem solo em estufa, algumas técnicas mais recentes e promissoras podem ser aplicadas com maior eficácia e eficiência do que quando se cultiva ao ar livre no solo, nomeadamente: o uso de microrganismos para controlo de doenças de solo e melhoria da nutrição das plantas; o uso de insetos auxiliares para o controlo de pragas; e o controlo ambiental, nomeadamente da qualidade da radiação disponível com influência no controlo fitossanitário e qualidade nutracêutica dos produtos.



Figura 1.2. – O recurso a insetos auxiliares (e.g.: *Orius spp.*) no controlo de pragas pode ser particularmente eficiente no cultivo protegido em estufa (Foto: Aromáticas Vivas, Lda).

A admissão da produção biológica – em determinados sistemas de CSS – baseada no conhecimento científico disponível e traduzindo a perceção dos consumidores, é um objetivo que deve ser seriamente encarado pelos legisladores, para benefício dos consumidores e do ambiente.



Figura 3.4. – Planta de framboesa com carência de azoto (crescimento reduzido, clorose especialmente nas folhas mais velhas).

Além do menor crescimento, existe uma diminuição do tamanho das folhas e dos pecíolos, e as nervuras são mais pronunciadas. No caso dos frutos, ocorre uma maturação mais rápida com diminuição do rendimento.

Sintomas de excesso de azoto

As plantas adquirem uma cor verde escuro, com folhagem muito abundante (Figura 3.5), mas um sistema radicular muito reduzido.



Figura 3.5. – Folha de morango com excesso de azoto (folha demasiado desenvolvida).



Figura 5.12. – Mistura de coco e perlite utilizada na produção de morango.

Ao misturar materiais é necessário ter em atenção que se partículas forem muito diferentes, ao se reorganizarem no espaço, pode-se originar um efeito diferente do esperado (Quadro 5.12).

Quadro 5.12. – Variação do volume final de substrato e da percolação, em misturas de materiais de granulometria diferente (fonte: Bilderback, 2013).

Substrato	Volume (mL)	Redução de volume (%)	Percolação (cm/15 minutos)
Casca de pinheiro (CP)	200	–	91
3 CP : 1 areia (v/v)	192	4	62
1 CP : 1 areia (v/v)	189	5,5	35
1 CP : 3 areia (v/v)	194	3	23
Areia	200	-	15

Numa mistura, as partículas mais pequenas vão ocupar os espaços entre as maiores, do que resulta um volume final inferior à soma dos volumes dos componentes (Burés et al., 1993; Bilderback, 2013). Este facto, poderia ser pouco relevante na prática, mas tem uma consequência importante: a redução da porosidade total da mistura obtida relativamente à dos componentes, quando o objetivo inicial da mistura teria sido o contrário. Este “efeito de mistura” aconselha a testar as novas misturas, para verificar a efetiva melhoria das suas características como substrato, relativamente à dos seus componentes.

Observação: nos vasos com um ou poucos orifícios laterais de drenagem (e.g.: vasos de terracota tradicionais), o efeito da camada inferior de material grosseiro de facilitar a drenagem do vaso pode ser significativo, pois se facilita o movimento lateral da água no fundo do vaso através do material grosseiro até ao(s) orifício(s) de drenagem do vaso.

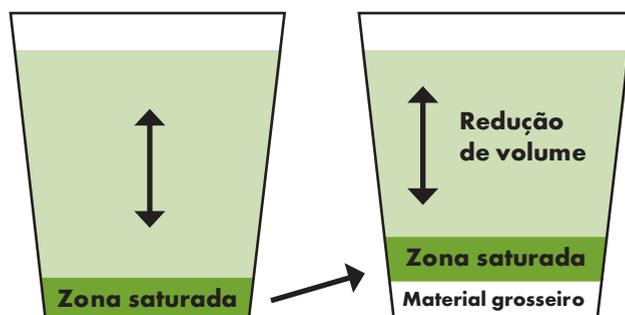


Figura 5.13. – Efeito da colocação de um material grosseiro no fundo de um vaso: deslocação da zona inferior, que habitualmente permanece temporariamente saturada logo após a rega (banda verde escuro). A drenagem no vaso da direita começa mais cedo, é mais rápida devido há menor altura de substrato e à maior facilidade do escoamento do vaso, mas reduz-se a % de arejamento no substrato de cultivo (a verde claro).

A variabilidade das condições de CSS explica os casos de sucesso com materiais tão dispares como os que se encontram na bibliografia. Apesar disso, podem indicar-se como adequados substratos com as propriedades referidas no Quadro 5.13.

Quadro 5.13. – Valores recomendados para as propriedades físicas dos substratos
(Fontes: De Boodt & Verdock, 1972; Raviv et al., 1986; Abad et al., 1993).

Variável	Valor ótimo
Espaço poroso total (% v/v)	> 85/ 50 a 85
Capacidade de ar (% v/v)	20 a 30/ 10 a 45
Água facilmente utilizável (% v/v)	20 a 30
Água de reserva (% v/v)	4 a 10
Água total (% v/v)	24 a 40
Densidade aparente	< 0,4

- elevada percentagem de água facilmente disponível;
- substrato homogéneo e de estrutura compacta;
- óptimo controlo da fertirrega, o que permite um elevado potencial de produção;
- poupança de fertilizantes, água, energia e produtos fitossanitários;
- possibilita uma elevada produtividade;



Figura 5.18. – Placas de lâ-de-rocha envolvidas por saco de filme de PE

Sistemas de cultivo em lâ-de-rocha

A lâ-de-rocha apresenta-se comercialmente em placas revestidas por filme de polietileno de cor branca no exterior e negro no interior (Figura 5.19), para aumentar a luminosidade, evitar a proliferação de microalgas e reduzir a evaporação (Soria e Olivert, 2002).

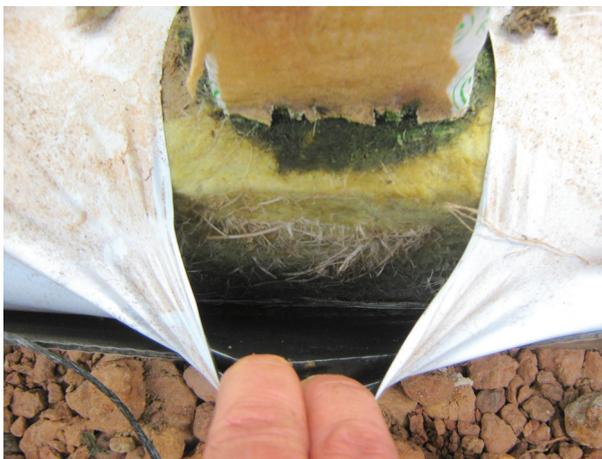


Figura 5.19. – Placa de lâ em bolsa de PE branco/negro.

Características

Como produto orgânico natural, a fibra de coco pode variar as características segundo a sua origem, estado de maturação do fruto na altura da colheita, processo de produção, e forma de preparação do substrato (Vera e Lopéz, 2000), nomeadamente devido à diferente percentagem dos diferentes componentes na produção do substrato, como se pode ver na Figura 5.22. e pelos dados dos Quadros 5.22. e 5.23. Segundo Vera e Lopéz (2000), a fibra de coco apresenta as seguintes vantagens:

- boa inércia térmica,
- elevado poder de retenção de água,
- elevada durabilidade (até 5 anos, ou mais),
- baixa densidade aparente,
- a produção e qualidade dos produtos não diferem das obtidas noutros substratos,
- não deixa resíduos difíceis de eliminar após a sua utilização,
- é obtida em países em vias de desenvolvimento, com potencial para originar melhorias sociais e económicas dessas regiões.

Quadro 5.22. – Características físicas de algumas fibras de coco.

Propriedades físicas ²	Fibra de coco	Fibra de coco mediana	Coco Projar	Vera e Lopéz, 2000
Densidade aparente	0,020-0,094	0,059	0,055	0,06
Material sólido (% v/v)			5	5
EPT (% v/v)	93,8-98,7	96,1	95	95
AFU (% v/v)	0,7-36,8	19,9	15-25	15-25
ADU (% v/v)			20-35	20-35
AR (% v/v)	0,1-7,8	3,5	5-15	5-15
AT (AFU+AR) (% v/v)	0,8-44,6	23,4	20-40	
CA (% v/v)	22,2-90,5	44,9	20-35	35-50

¹ Soria e Oliveri 2002.

² EPT, espaço poroso total; AFU, água facilmente utilizável; AFU, água dificilmente utilizável; AR, água de reserva; AT, água total disponível; CA, capacidade de arejamento.

Cultivo em calhas

Nas culturas instaladas em calhas (e.g.: antúrios) utiliza-se perlite A13 (partículas de 3 a 5 mm), obtida em sacos e distribuída nas calhas (Figura 5.27).



Figura 5.27. – Cultura de antúrios em canais com perlite.

Utilizando canais de poliestireno, estes devem ser cobertos com um filme plástico branco/negro, para evitar o contacto com as raízes e as SN, e possíveis contaminações da perlite para futuras plantações. Sobre o filme, no fundo da calha, coloca-se uma tubagem de drenagem para evitar o encharcamento do substrato. Após a colocação dos tubos de drenagem é espalhada a perlite por todo o canal de cultivo.

5.3.4. Turfa

Origem

A turfa é um dos substratos orgânicos mais importantes, utilizada desde o início do sec. XVII como meio de cultivo de plantas produzidas em recipientes devido às suas excelentes propriedades físicas, químicas e biológicas (Raviv et al., 2002; Berjón et al., 2004). A sua utilização comercial centra-se nas culturas em recipientes e na produção de plantas de viveiro.

A turfa é composta por resíduos vegetais parcialmente decompostos, acumulados em zonas pantanosas e frias, encharcadas, de baixo pH e falta de oxigénio, depositando-se em camadas mais ou menos espessas, nas quais se podem por vezes identificar as espécies que a constituem. Existem diferentes tipos de turfas, de acordo com a sua origem, condições de formação e grau de decomposição, que podem ser resumidos da seguinte forma (Abad et al., 2004):

No sistema dito “moderno” em vez de a alimentação do tanque de recirculação ser realizada por uma nova solução nutritiva previamente preparada, existe um sistema de injeção de solução concentrada de adubos, que vai mantendo a SN em recirculação de acordo com os objetivos previamente definidos (Figura 6.2). Informações específicas sobre este sistema de injeção e controlos encontram-se no Cap. 8. Uma das principais diferenças entre estes sistemas é no volume de solução em recirculação, que no sistema “moderno” pode ser consideravelmente reduzido.

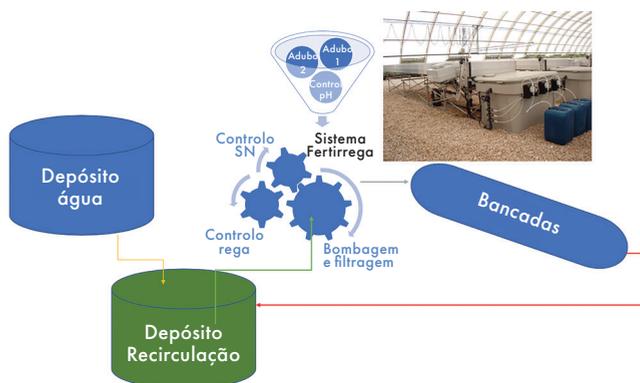


Figura 6.2. – Esquema representativo de um sistema “moderno” de NFT com a preparação e controlo da solução nutritiva de forma automática.

Dado o número de explorações com sistemas NFT ou em fase de projeto no país, é importante esclarecer os princípios básicos do seu funcionamento, principalmente quanto à instalação das calhas. Na maioria dos casos, as referências apresentadas são para a produção de alfaces e outras hortícolas de folhas, pois não existem muitas explorações comerciais que cultivem em NFT outras espécies, como por exemplo culturas tutoradas como tomate, pepino, pimento ou outras.

6.1.1. Fundamentos do sistema NFT

Qualquer técnica de produção é fundamentada em princípios científicos e técnicos, que importa compreender para poder tomar as melhores opções no seu dimensionamento, ou para se poder avaliar e comparar diferentes propostas comerciais aquando de uma decisão de investimento.

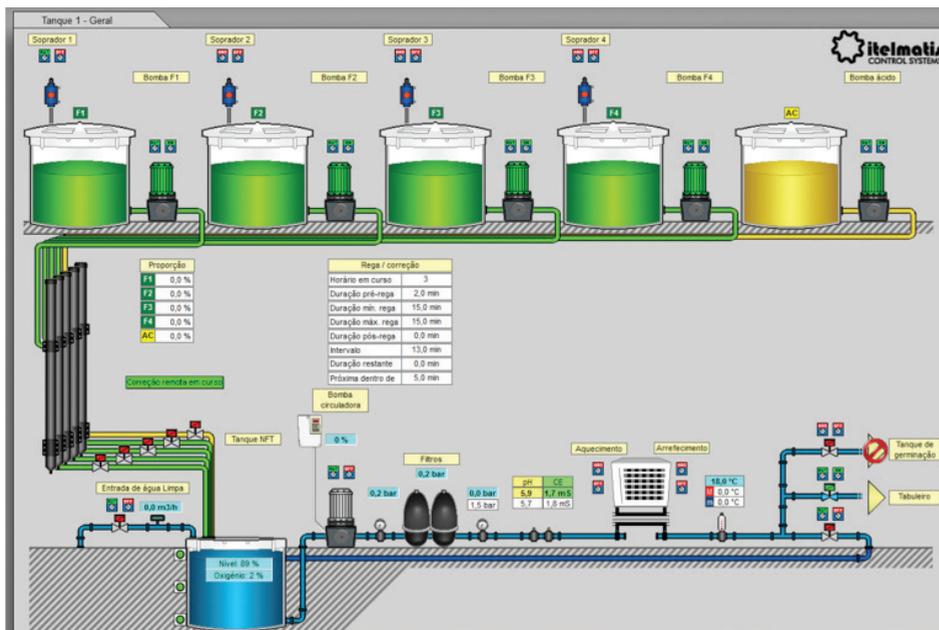


Figura 6.8. – Sinóptico de um sistema de automatização de fertirrigação em NFT.

6.1.2.2. Tanque de recirculação

Em NFT, a definição do volume do tanque de recirculação depende muito mais de fatores indiretos, como a estabilidade da SN, pH, CE e temperatura, do que de alguma necessidade específica da cultura. A estabilidade da SN é conseguida ao manter-se permanentemente no tanque entre um terço a metade do seu volume total ou, quando em funcionamento, mantendo um volume mínimo neste tanque igual a metade da sua capacidade. O tanque de recirculação também deve ter a capacidade de armazenar toda a SN quando o sistema esteja em pausa (desde a última rega até à seguinte).

Atendendo às considerações anteriores, o volume do tanque de recirculação depende diretamente do número de plantas (função da área e densidade de plantação), espécie, cultivar e da opção de preparação da SN.

No Quadro 6.1. exemplifica-se uma forma de calcular o volume do tanque em função da espécie cultivada (Carrasco e Izquierdo,1996; Silva, 2004) adaptada para as densidades de plantação mais usuais no nosso país.



Figura 6.15. – Sistema oscilante com produção de morango (à esq.) e manjeriço (à dir.).

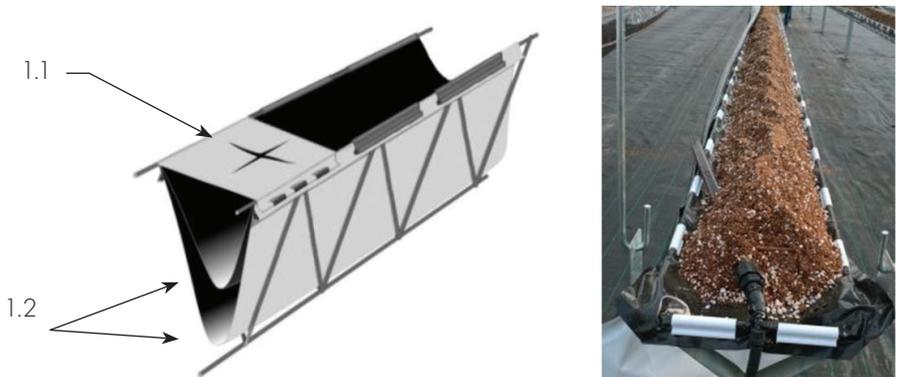


Figura 6.16. – Esquema do canal NSP com três camadas de filme: capa superior ou de plantação (1.1), capa intermédia ou de suporte de substrato (1.2) e capa de drenagem (1.2), suportadas por uma treliça (à esq.) e pormenor da colocação do substrato (à dir.).

Devido às características do sistema NSP, utilizam-se substratos com baixa retenção de água e elevada drenagem, permitindo uma elevada frequência de rega. Os substratos utilizados normalmente são misturas de coco e perlite, empregando-se 7 a 9 L de substrato por metro linear. A drenagem retorna ao tanque de recirculação, onde lhe é adicionada água e uma parte de SN nova. As calhas são distanciadas 0,5 m e possuem 10 orifícios de plantação por m linear, obtendo-se a densidade de 20 plantas por m². No caso das plantas condimentares, também são plantados 20 alvéolos por m² mas são colocadas cerca de 5 sementes por alvéolo.

Com o sistema oscilante, as calhas de cultivo deslocam-se alternadamente na vertical. Quando o sistema está em “repouso” as calhas estão niveladas, a cerca de 1,8 m de altura e com uma distância de centro a centro de calhas de 0,5 m (Figura 6.17).

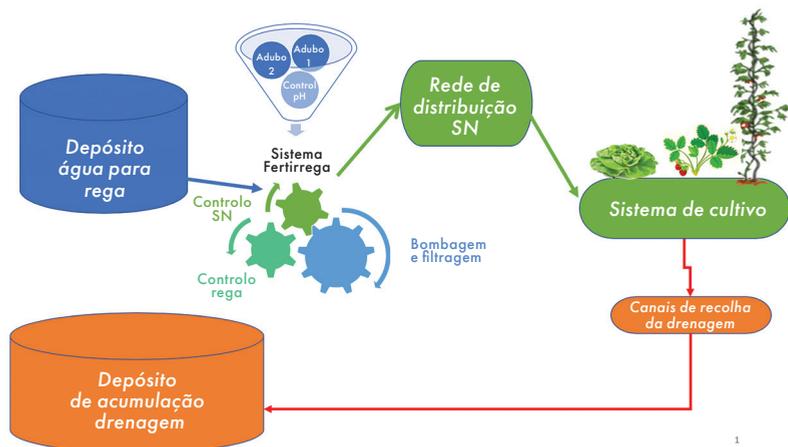


Figura 8.2. – Esquema de um sistema de fertirrega num sistema aberto de CSS.

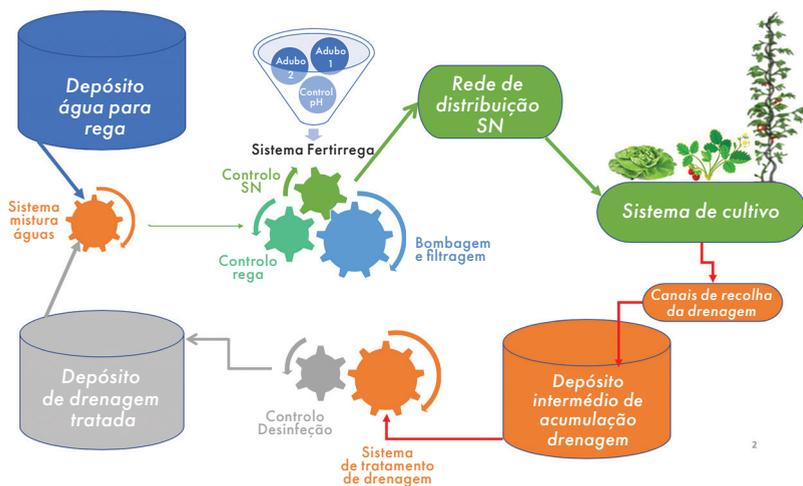


Figura 8.3. – Esquema de um sistema de fertirrega num sistema fechado de CSS.

Existem sistemas de rega para CSS onde a recirculação das soluções drenada é a base do funcionamento do sistema, sendo o seu esquema de funcionamento exemplificado na Figura 8.4.

Se o sistema estiver instalado sem sectorização desde a central, ter-se-á que efetuar a plantação dos diferentes sectores com a mesma variedade e nas mesmas datas, ou correr-se-ia o risco de nunca conseguir fornecer a solução pretendida ao respetivo sector. Por isso, nos SCSS existem normalmente apenas condutas secundárias, que levam a água até às condutas porta-rampas (normalmente as terciárias) e às condutas quaternárias ou porta-emissores (Figura 8.21.). Em explorações de grandes dimensões ou com desníveis elevados, pode ser benéfico a colocação de válvulas de rega junto dos sectores, para poder prevenir que as condutas fiquem vazias entre regas consecutivas, aumentando assim o controlo do débito de rega e a uniformidade de distribuição, diminuindo a perda de água durante o cultivo e permitindo fazer pequenos ajustes na temporização de rega de forma a corrigir pequenas diferenças de exposição solar e/ou diferentes temperaturas verificadas num dado sector.

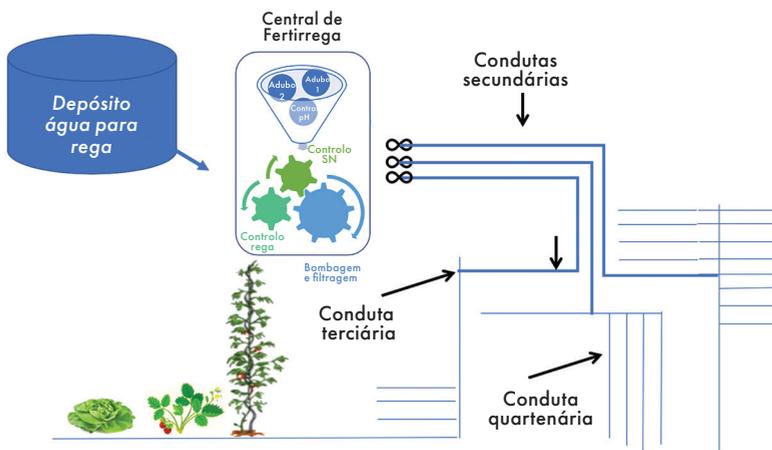


Figura 8.21. – Sistema “atual” de rega num SCSS.

As condutas são dimensionadas de modo a que não ocorram limitações hidráulicas na instalação. O seu correto dimensionamento não difere dos outros sistemas de rega, mas deve-se ter mais cuidado para conseguir uma uniformidade de rega superior 90%, para garantir que todas as plantas recebam idêntica quantidade de SN.

À saída da central de rega as condutas podem ser em PE ou PVC de grande diâmetro, mas as condutas terciárias e quaternárias são sempre em PE.

As condutas quaternárias (porta-emissores), com diâmetro de 16 a 20 mm, devido à necessidade de estarem à superfície, devem ser em materiais de alta qualidade, com adjuvantes anti-UV e/ou um revestimento branco o que, para além da proteção da radiação, reduz o aquecimento da água no seu interior. Estas condutas devem ser tão curtas possível, pois devem entregar a SN, vinda cabeçal de rega, o mais rapidamente possível às plantas, evitando que ocorram alteração



Figura 8.35. – Controlo da rega com um método integrado: medição da drenagem do substrato e da perda de água pela planta.

Medição da CE na drenagem

Medida em tempo real na drenagem, a CE pode usar-se como forma de controlar a frequência de rega (a duração de cada rega será fixa). Este método baseia-se em comparar a CE da drenagem com limites máximos e mínimos, de modo semelhante ao controlo da rega por quantificação da drenagem.

Quadro 8.11. – Gestão da rega em função da condutividade elétrica da drenagem (fonte: Mesa e Coello, 2012).

Condutividade eléctrica (CE)	Causas possíveis	Correção da situação
Elevada	Baixa dotação de rega ou % de drenagem	Aumentar a dotação de rega se a % de drenagem for muito pequena
	Elevada CE da SN	Reduzir a CE da SN
Baixa	Elevada dotação de rega ou % de drenagem	Reduzir a dotação de rega se a % de drenagem for muito grande
	Baixa CE da SN	Aumentar a CE da SN

8.2.3.6. Métodos integrados (com dados de: planta – substrato – clima)

Nestes métodos empregam-se dados de diferentes origens, medidos e calculados, que são integrados num modelo.

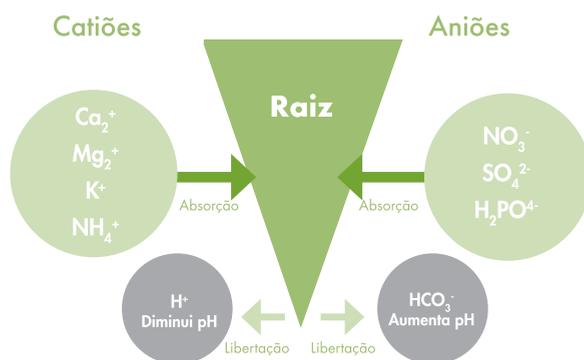


Figura 9.5. – Efeito da absorção de nutrientes pelas raízes na alteração do pH na zona da rizosfera (adaptado de Landis et al., 1989; Dialloff, 1994; Gavilan, 2004).

Em culturas aproveitadas pelos seus frutos, como tomate, melão, pimento, e outras, é importante controlar o pH na solução do meio radicular pelo valor máximo recomendado (6,5), principalmente durante o desenvolvimento e maturação dos frutos. A elevada absorção de K^+ , que ocorre nesta fase das culturas, pode facilmente causar a diminuição do pH abaixo do recomendado, pela libertação de H^+ para o meio.

É fundamental a monitorização dos parâmetros de fertirrigação e uma SN adequada, de acordo a necessidade da cultura e o seu estágio de desenvolvimento, para se conseguir manter as condições ideais no meio de crescimento da raiz. Se o pH estiver demasiado elevado poder-se-á baixar o “objetivo”, podendo formular-se a SN com até cerca de 5,5 de pH. Valores mais baixos podem ser perigosos, dado que estará neutralizado quase todo o poder tampão da solução, aumentando o risco de variações demasiado pronunciadas do pH. Quando o pH está abaixo do valor pretendido, é recomendável a diminuição ou eliminação da injeção de ácido na SN, e em casos extremos, a alcalinização da SN com uma solução básica, por exemplo de bicarbonato de potássio, o que também irá fornecer potássio (Sala e Urrestarazu, 2004).

9.6.2. Gestão e controlo da CE

A CE de uma solução nutritiva, conforme referido no Capítulo 9.3 indica-nos, de forma indireta, se a concentração total de nutrientes na solução é adequada ao ótimo crescimento das culturas no sistema, num determinado momento do seu ciclo cultural e condições ambientais.

Durante a diluição das soluções-mãe, ao contrário do que ocorre com o pH, a estabilização da CE após a sua injeção é muito rápida e estável durante o trajeto desde a máquina de fertirrega até às plantas. Conforme referido, um fator que pode influenciar a CE é a temperatura, mas atualmente quase todos os condutímetro corrigem automaticamente a leitura para a temperatura de

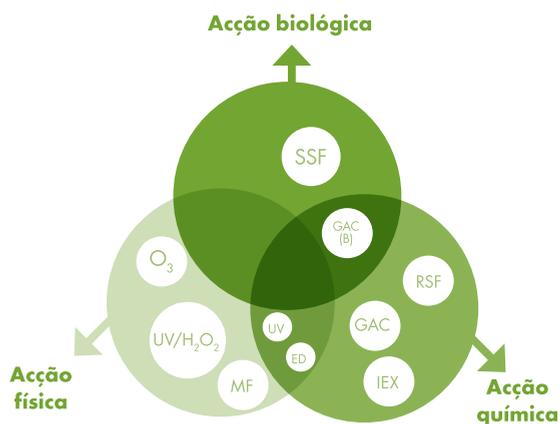


Figura 10.2. – Modos de acção de métodos de eliminação de substâncias fitotóxicas da solução nutritiva. ED, eletrodegradação; GAC, carvão ativado granular; GAC(B), carv. activ. gran. biológico; H₂O₂, peróxido de hidrogénio; IEX, resinas de troca iónica; MF, filtração por membranas; O₃, ozonização; SSF, filtração lenta em areia; UV, radiação UV; RSF, filtração rápida em areia (adaptado de Hosseinzadeh, 2017).

A contaminação da cultura pode também ter origem na água que abastece a exploração hortícola, situação frequente em águas de captação superficial.

Ao risco fitossanitário da reciclagem nos sistemas fechados ou semi-fechados, acresce o da crescente salinização da SN, em consequência da acumulação dos iões não absorvidos (e.g. Na, Cl), e o da redução ou desequilíbrio de nutrientes (Marfa, 2001; Pardossi e Incrocci, 2012).

Do ponto de vista legal, as normas de protecção do ambiente, como a relativa à protecção das águas subterrâneas (Diretiva Nitratos-91/676/EEC) e à protecção das águas superficiais (WFD – Diretiva-Quadro 2000/60/EC), podem vir a condicionar ou impossibilitar o cultivo em sistemas abertos, sendo expectável o incremento das limitações legais à rejeição da drenagem.

Todavia, a conversão para sistemas fechados nem sempre é economicamente viável. Em estudos realizados na bacia mediterrânica e na Holanda, os sistemas fechados apenas foram viáveis nas zonas com água de boa qualidade ou com culturas de elevado valor, que paguem o custo de obtenção de água de boa qualidade, por dessalinização ou por recolha da chuva (Stanghellini et al., 2007).

Nas nossas condições climáticas, com queda pluviométrica concentrada numa parte do ano importante para a horticultura em estufa, a recolha da água da chuva para preparar a SN poderá ser uma alternativa a considerar à dessalinização da água (Figura 10.3.), desde que o custo da



Figura 11.5. – Cultivo de melão em lã-de-rocha

Densidade e condução

- Cerca de 2, 2 plantas por m², em linhas simples, com 2 m na entrelinha,
- Podar as flores e folhas até ao 8º nó. Depois deixar 1 fruto por nó.

Solução nutritiva

As soluções de referência para o melão aconselhadas pela FAO (2103) apresentam-se no Quadro 11.6. Embora a CE recomendada seja 2,7 a 2,9 dS m⁻¹, o cultivo com CE de 3,2 durante a maturação pode melhorar a qualidade.

Quadro 11.6. – Melão: valores recomendados para condutividade elétrica (CE), pH e concentração de nutrientes (mmol L⁻¹ e μmol L⁻¹ para macro e micro nutrientes, respetivamente) para soluções nutritivas na região mediterrânica, em diferentes sistemas de cultivo (aberto e fechado) e estádios de desenvolvimento (vegetativo e reprodutivo).

Variável	Início ¹	Estádio vegetativo			Estádio reprodutivo		
		Aberto ²	Fechado ³	Raiz ⁴	Aberto ²	Fechado ³	Raiz ⁴
CE	2,4	2,2	1,85	2,5	2,1	1,75	2,7
pH	5,6	5,6	-	5,5-6,5	5,6	-	5,6-6,6
K ⁺	5,7	5,6	5,6	5,6	6,3	6,2	6,4
Ca ²⁺	4,2	3,5	2,5	5,0	3,0	2,2	5,0
Mg ²⁺	3,0	2,5	1,65	3,7	2,3	1,25	3,8
NH ₄ ⁺	1,0	1,5	1,8	<0,8	1,3	1,6	<0,8

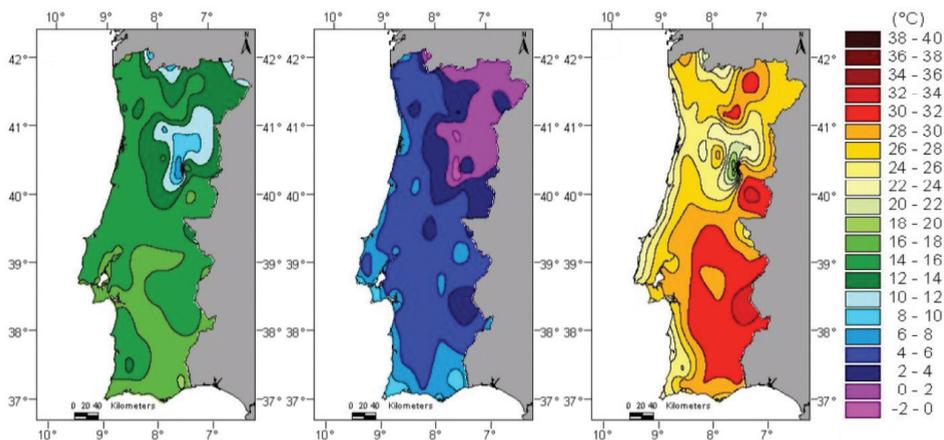


Figura 13.3. – Temperatura do ar durante o ano (1961 a 1990): temperatura média anual (à esq.), temperatura mínima no Inverno, de Dezembro a Fevereiro (ao centro), e temperatura máxima no Verão, Junho a Agosto (à dir.) (fonte: Miranda et al., 2006).

A relação entre a temperatura do ar e a radiação solar num dado local permite antever as necessidades de controlo ambiental ao longo do ano (Figura 13.4.).

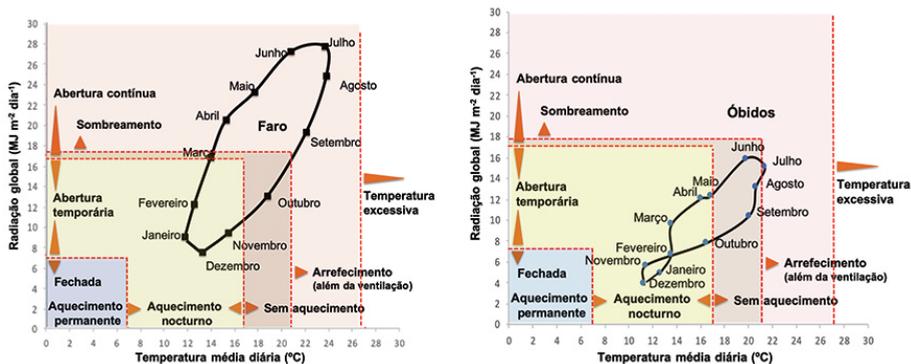


Figura 13.4. – Previsão da necessidade de controlo ambiental baseada na temperatura média mensal do ar e na radiação solar (Radiação global), considerando como valores-limite para a aplicação de diferentes técnicas de controlo ambiental: 7, 17, 22 e 27°C; e 7,5, 17 e 18 MJ m² dia⁻¹, em duas zonas do país, Faro (à esq.) e Óbidos (à dir.). Os dados climáticos usados referem-se a anos típicos (adaptado de Pardossi, et al., 2004).

Adotando determinados valores-limite para a temperatura do ar (7, 17, 22 e 27°C) e para a radiação solar (7,5, 17 e 18 MJ m⁻² dia⁻¹), que se assume determinarem as medidas de controlo ambiental a aplicar, pode-se visualizar nos gráficos anteriores a diferente necessidade de controlo ambiental ao longo de um ano, nos dois locais. No exemplo na zona de Faro, teria sido necessário: ventilação



Figura 13.20. – Aquecimento a partir de tubos com circulação de água quente nas entrelinhas da cultura, que podem também servir de carril a equipamento de transporte.

13.3.3.3. Aquecimento do substrato

Normalmente, o calor é transferido a partir de tubagens embutidas no pavimento ou na bancada de cultivo, onde circula água a temperatura inferior 40°C (Figura 13.21.). No cultivo em substrato, em vasos, sacos ou placas alveoladas, os respectivos recipientes ficam encostados, ou muito próximo, dos tubos de água aquecida, transmitindo-se o calor por condução e radiação ao substrato e a partir daqui para as plantas, o que torna esta forma de aquecer as plantas muito eficiente. Estes sistemas estão dimensionados para proporcionar a temperatura adequada na zona radicular (López, 2000, 2001).



Figura 13.21. – Tubagem para circulação de água aquecida, embutida na base de bancada de cultivo (à esq.), para aquecimento das plantas (à dir.).

Mário Louro • Mário Reis

MANUAL DE CULTIVO SEM SOLO

Aspetos teóricos e práticos dos cultivos hidropónicos e em substrato

Sobre a obra

Este livro pretende ser uma obra de consulta para os interessados em cultivo sem solo, uma tecnologia em expansão no país, dadas as vantagens que apresenta. Há hoje uma larga variedade de sistemas de cultivo sem solo, cuja opção deve assentar em sólidos fundamentos técnicos, e não, como parece suceder por vezes, em resultado de “modas” impostas por sistemas comerciais mais ou menos persuasivos. O cultivo sem solo tem vantagens óbvias, mas apresenta também limitações e condicionantes, que importa conhecer antes de se optar por um qualquer sistema. Neste manual apresentam-se os fundamentos teóricos essenciais para avaliar as principais características dos sistemas de cultivo sem solo nas suas principais modalidades, e informação sobre a sua instalação e controlo. São abordados os processos biológicos mais importantes para o controlo do crescimento e desenvolvimento das plantas, os sistemas de cultivo disponíveis e equipamentos de apoio, além de, obviamente, o elemento comum dos sistemas de cultivo sem solo: a preparação e controlo da solução nutritiva.

Sobre os autores

Mário Louro

Bacharel em Engenharia Hortícola e Paisagista e Mestre em Agricultura Biológica da Escola Superior Agrária de Ponte de Lima. Tem competências na área de Formação Pedagógica de Formadores, habilitado enquanto Técnico Responsável para a DCA-PF, reconhecido enquanto técnico de Proteção Integrada, Produção Integrada e Modo de Produção Biológico. Desempenha funções de técnico de viveiro numa empresa florestal, e paralelamente é consultor de várias explorações em sistemas de cultivo hidropónico e em substrato.

Mário Reis

Licenciado em Engenharia Agrónoma (ISA) e doutorado em Ciências Agrárias pela Universidade do Algarve, onde leciona na área da agricultura, em particular sobre Horticultura. Em 1991 participou em ensaios de cultivo em lâ-de-rocha, e foi gestor de projetos (1997 e 2005) com a Direção Regional de Agricultura do Algarve e o Centro de Hidroponia (Grupo Hubel), nos quais se testaram substratos alternativos, a reciclagem e reutilização da drenagem, o aquecimento e o enriquecimento da atmosfera em CO₂. Colaborou em projetos nacionais e internacionais, em particular sobre o uso de compostos como substratos, e realizou e acompanha trabalhos sobre o uso dos compostos na proteção contra doenças das plantas.

Apoio

AGROTEC
revista técnico-científica agrícola



Também disponível em formato e-book



ISBN: 978-989-892-779-8



www.agrobook.pt

agrobook