

A DRENAGEM NOS CULTIVOS SEM SOLO: UM RESÍDUO OU UM RECURSO? (Parte I / II)

Por: Mário Reis

Universidade do Algarve - FCT, Ed 8, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal. mreis@ualg.pt. ICAAM-Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas – Universidade de Évora.

SOILLESS CULTURE DRAINAGE: RESIDUE OR RESOURCE? (Part I of II)

RESUMO

No cultivo sem solo em substrato, a necessidade de regar com excesso de água em relação às necessidades das plantas gera um volume apreciável de drenagem, que é do todo o interesse não desperdiçar, por razões económicas e ambientais. Esta drenagem pode ser reciclada, por incorporação na preparação de nova solução nutritiva, ou reutilizada na fertirrega de outras culturas. A reciclagem apresenta o risco de disseminação de algumas doenças, sendo por isso aconselhável usar previamente algum método de desinfeção. Na reutilização, o risco é menor se as culturas a regar forem menos sensíveis a doenças cujo inoculo possa estar presente na drenagem, mas poderá implicar uma diversificação de atividade agrícola, isto é, passar a dispor de outras culturas para a sua aplicação. São apresentados os métodos mais correntes de desinfeção da drenagem, bem como medidas para a sua redução e valorização.

Palavras-chave: lâ-de-rocha, substratos, salinidade, solução nutritiva, reciclagem, reutilização.

ABSTRACT

Soilless culture on substrates generates a large volume of drainage, due to the need of supplying an excess of nutrient solution to the plants, which is of great interest not to waste, for economic and environmental reasons. This drainage can be recycled through the preparation of new nutrient solution, or reused in the fertigation of other crops. Recycling involves the risk of spreading some diseases through the nutrient solution, and therefore it is advisable to use some method of disinfection. When reusing the drainage, there is less risk, if the irrigated crops are less susceptible to the pathogens that might be present in drainage. However, this option may oblige to a diversification of crops or even on the agricultural activity, in the case of using the drained nutrient solution to irrigate annual or perennial field crops for example. The most common methods to disinfect drainage are presented and also some measures towards its reduction and valorisation.

Keywords: rockwool, growing media, salinity, nutrient solution, recycling, reuse.

INTRODUÇÃO

A atividade humana gera atualmente resíduos em quantidade e qualidade que a Natureza já não consegue reintegrar de forma equilibrada, obrigando à adoção de políticas ativas em relação a esses resíduos. A política dos 3R – Reduzir, Reutilizar e Reciclar - desenvolvida no Japão, país confrontado com a crescente produção de resíduos e um espaço limitado, orienta as ações com vista à eliminação ou mitigação dos problemas causados pelos resíduos. Posteriormente, juntaram-se-lhes outros R's - Recuperar, Repensar - passando a 5R, e ainda outros R's foram sendo propostos, tais como: Recusar, Reformar ou Responsabilizar.

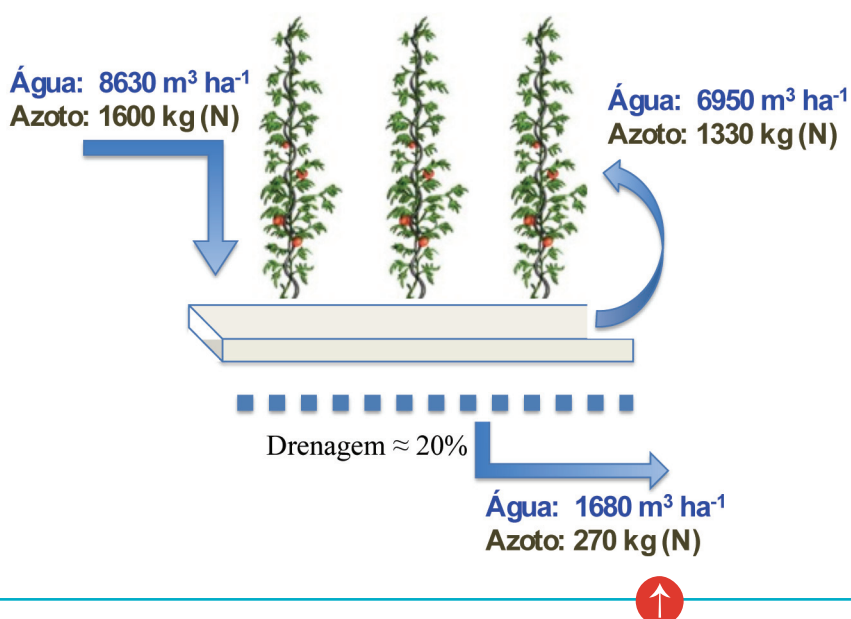


Figura 1

Balanço de água e de azoto em CSS em sistema aberto (tomate em lâ-de-rocha, 2 culturas por ano, com a produtividade de 20 kg m⁻²) (Adaptado de 13)

O presente trabalho pretende chamar a atenção para a necessidade de alterar a forma de encarar a drenagem das culturas sem solo no sentido de, através da sua redução e valorização, esta deixar de constituir um problema ambiental e económico. A libertação incontrollada da drenagem no meio é já uma prática limitada em alguns países da união europeia, no seguimento sobretudo de legislação relacionada com a proteção das águas subterrâneas (1) e das águas superficiais (2), esta última com um prazo de aplicação a terminar em 2015. Mesmo na ausência destas obrigações legais, a minimização dos impactes ambientais decorrentes da produção hortícola deve ser uma exigência ética dos produtores agrícolas e uma necessidade de segurança para a sociedade em geral.

O cultivo sem solo (CSS) desenvolveu-se nas últimas décadas (3), devido às vantagens que apresenta, em particular quando é realizado com reciclagem da solução nutritiva (4, 5), pois consegue-se reduzir o consumo de água e de nutrientes (Quadro 1) sem que, frequentemente, ocorram reduções da qualidade ou da produtividade (4, 6, 5, 7, 8).

OS SISTEMAS ATUAIS DE CULTIVO SEM SOLO

Os sistemas de cultivo sem solo diversificaram-se bastante desde o primeiros cultivos comerciais em água no início do séc. XIX, graças ao desenvolvimento científico e tecnológico, o que permitiu aumentar o conhecimento sobre o desenvolvimento das plantas e o aparecimento de novos materiais e equipamentos (Quadro 2). A expansão geográfica dos CSS e a divulgação de novas formas de cultivar fora do solo *in situ* tem sido condicionada pelas diferentes condições técnicas, económicas e climáticas locais, que impõem restrições a alguns dos sistemas de cultivo, viáveis noutras regiões. Foi o caso, por exemplo, do sistema de cultura em filme de água (NFT), cuja expansão nos países do sul da Europa se viu limitada por problemas resultantes do aumento da temperatura da solução nutritiva (SN) durante o cultivo (4, 3).

Por inerência, o CSS permite produzir alimentos, de elevado valor, em zonas sem solos adequados ou com limitação de disponibilidade de água. O desenvolvimento tecnológico permitiu aumentar a eficiência de uso da água na cultura protegida. Por exemplo, a quantidade de tomate (produto fresco) produzido por m³ de água consumida, aumentou

Quadro 1

Eficiência de uso da água e dos nitratos no cultivo de tomate e de feijão-verde em lâ-de-rocha, em sistema de CSS aberto e fechado¹.

eficiência de uso:	feijão-verde		tomate	
	aberto	fechado (% redução)	aberto	fechado (% redução)
água (L kg ⁻¹ colheita)	85	49 (- 43%)	55	38 (- 31%)
nitratos (g NO ₃ ⁻ kg ⁻¹ colheita)	72	44 (- 39%)	41	26 (- 38%)

¹ Adaptado de 3.

Quadro 2

Características mais relevantes dos principais sistemas de cultivo sem solo¹.

	Cultivo em substrato		Cultivo hidropónico		Cultivo aeropónico
	rega gota-a-gota	capilaridade	NFT	Sistema flutuante	
Aplicação comercial	elevada	elevada	reduzida	em expansão	rara
Culturas em que se utilizam	hort. de fruto; peq. frutos; flor cortada	plantas envasadas	hortícolas de folhas	hortícolas de folhas, bolbos	hortícolas
Recirculação da solução nutritiva	sim/não	sim	sim	solução estática ou quase	sim
Valor do investimento	moderado/elevado	elevado	elevado	baixo	muito alto
Custo de funcionamento	moderado/elevado	moderado/elevado	moderado	reduzido	moderado/ elevado
Inércia do sistema	elevada	elevada	baixa	elevada	muito baixa
Risco durante o cultivo	moderado	moderado	alto	moderado	muito alto

¹ Adaptado de 15.

Quadro 3

Produtividade e qualidade de tomate obtido com plantas enxertadas, cultivadas em lâ-de-rocha, em sistema aberto e fechado, em dois ciclos de cultivo¹

Variável	Março-Agosto		Agosto-Dezembro		total	
	aberto	fechado	aberto	fechado	aberto	fechado
Produção total (kg m ⁻²)	14,9a	14,4a	6,60a	6,40a	21,5a	20,8a
Produção comercializável (kg m ⁻²)	13,9a	13,7a	5,90a	5,90a	19,8a	19,6a
Nº frutos comercializáveis (nº m ⁻²)	97,3a	101,0a	33,1a	42,4a	130,4a	133,5a
Peso médio fruto (g fruto ⁻¹)	143a	135a	180a	183a	152a	147a
Produção não comercializável (kg m ⁻²)	1,05a	0,70b	0,70a	0,50a	1,75a	1,20a
Firmeza (kg m ⁻²)	5,66a	5,11a	5,83b	6,30a	5,74a	5,70a
Matéria seca (%)	5,53b	6,27a	4,43a	4,54a	4,98b	5,41a
SST (°Brix)	4,51b	5,00a	3,58a	3,65a	4,04b	4,33a
Acidez total (% ácido cítrico)	0,40a	0,44a	0,35a	0,35	0,37a	0,40a
pH do sumo	4,60a	4,61a	4,55a	4,54	4,57a	4,58a

¹ Fonte: 14. Para cada ciclo de cultivo e variável, valores seguidos de letra diferente indica uma diferença significativa pelo teste LSD (P<0,05).

de 15 kg ao ar livre, para 45 kg em estufa climatizada ou 65 kg numa estufa em sistema fechado (9) e 250 kg (!) em estufa fechada em sistema fechado e com recuperação da condensação (10).

A horticultura urbana sem solo, para autoconsumo, é já bastante comum em alguns países com grandes áreas metropolitanas, sobretudo em zonas de baixos recursos económicos, e equaciona-se o desenvolvimento da produção hortícola comercial em meio urbano, colocando-se os produtos frescos junto dos consumidores, com redução drástica dos custos económicos e ambientais inerentes ao transporte (*food-miles*) (11).

Mesmo se realizado em zonas hortícolas tradicionais, o CSS reduz o consumo de água por unidade de produto obtido; aumenta a eficiência de uso da água e dos nutrientes; reduz o consumo de combustíveis fósseis (nomeadamente na preparação do solo e no controlo de infestantes), reduz a salinização do solo, facilita a adoção de metodologias de controlo fitossanitário menos perigosas para o Homem e o ambiente, como a eliminação dos fumigantes de solo, e permite obter produtos de elevada qualidade (Quadro 3) (5, 6, 12, 13, 14, 15).

Contudo, a adoção das tecnologias de CSS em horticultura pode ser limitada pelo elevado investimento inicial e nível técnico exigido, pelos riscos de salinização das águas e também pela mentalidade dos consumidores, tendencialmente mais favoráveis a uma menor intensificação agrícola.

IMPACTE AMBIENTAL DO CULTIVO SEM SOLO

Ao CSS estão associados alguns dos impactes ambientais do cultivo intensivo no solo em estufa, embora como referido anteriormente, alguns destes impactes se possam reduzir ao cultivar fora do solo. No entanto, os sistemas abertos de CSS, isto é, aqueles em que a drenagem é rejeitada para o ambiente, colocam problemas ambientais para os quais se pode e deve encontrar soluções. A legislação europeia e nacional condiciona já a emissão para o meio de produtos químicos presentes na drenagem rejeitada, nomeadamente nutrientes e fitofarmacos, sendo de esperar o aumento futuro destas restrições legais.

A água e o azoto são dois dos elementos cujo desperdício é mais significativo nos sistemas abertos de CSS (6, 13, 16), justificando a necessidade e o interesse pelos sistemas fechados, isto é aqueles em que a drenagem é reciclada (Fig. 1 e Quadro 1). São referidos valores anuais de perda de água por drenagem de sistemas abertos de CSS da ordem de 2000 a 3000 m³ ha⁻¹ (17), e de 700 kg ha⁻¹ de nitratos, mas registaram-se, em algumas condições particulares, valores de até 1700 kg ha⁻¹ de nitratos (5).

Dispondo apenas de água-doce de baixa qualidade pode ser necessário rejeitar periodicamente a drenagem, mas, com água de boa qualidade, a reciclagem total é possível (6). Pardossi et al. (14) referem ensaios com tomate em estufas comerciais dispondo de água-doce com baixo teor de NaCl (< 2,5 mmol

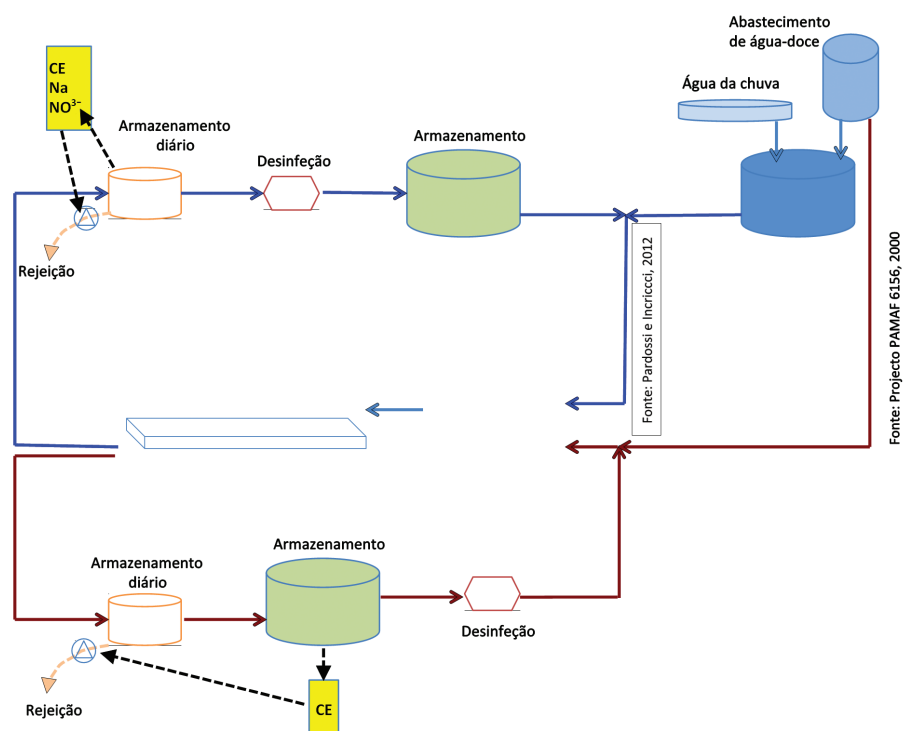


Figura 2

Exemplo de duas estratégias para a reciclagem, baseadas no controlo da qualidade da drenagem recolhida, com diferentes fontes de água-doce (17, 6)

Quadro 4

Valores médios da produtividade, e do consumo de água e nutrientes, no cultivo de tomate ‘Canestrino’, enxertado, cultivado em lâ-de-rocha, em dois ciclos de cultura entre março e dezembro de 2010 (15)

Variável	Sistema aberto	Sistema fechado	Redução (%)
Produtividade (kg m ⁻²)	19,9	19,6	
SST (°Brix)	4,4	4,5	
Água (m ³ ha ⁻¹)			
Gasto	8632	6831	21
Drenagem	1682	0	100
Absorção pelas plantas	6950	6831	2
Azoto (kg ha ⁻¹)			
Gasto	1591	1032	35
Drenagem	266	0	100
Absorção pelas plantas	281	244	13
Fósforo (kg ha ⁻¹)			
Gasto	306	244	20
Drenagem	25	0	100
Absorção pelas plantas	281	244	13
Potássio (kg ha ⁻¹)			
Gasto	2422	2000	17
Drenagem	343	0	100
Absorção pelas plantas	2079	2000	4
Condições:			
1º ciclo: Plantação em 12 de março 2010 - 129 dias - 5 cachos			
2º ciclo: Plantação em 14 de agosto 2010 - 132 dias - 4 cachos			

Quadro 5

Principais fitopatógenos disseminados pela água de rega (32).

Grupo	Organismo (Gênero ou espécie)
Oomicetas	<i>Pythium</i>
	<i>Phytophthora</i>
	<i>Olpidium</i>
Fungos	<i>Fusarium oxysporum</i>
	<i>Verticillium</i>
Bactérias	<i>Clavibacter michiganensis</i>
	<i>Pseudomonas corrugata</i>
	<i>Ralstonia</i>
Vírus	Vírus do mosaico do tabaco
	Vírus do mosaico verde do pepino
	Vírus do mosaico do pepino
Nematodos	<i>Prathylenchus</i> e <i>Meloidogyne</i>

m⁻³), onde a utilização de uma solução nutritiva (SN) menos concentrada e um controlo mais frequente da drenagem, para efetuar o seu reajuste, permitiu o aproveitamento integral da drenagem (Quadro 4).

Contudo, a concretização prática do reaproveitamento da drenagem é complicada pelos riscos de disseminação de patógenos e de metabolitos produzidos pelas raízes e/ou microorganismos através da solução nutritiva, e ainda pela sua crescente salinização, causada pela acumulação de alguns iões (e.g. Na, Cl), a sua redução ou desequilíbrio (6, 18). A salinização crescente da solução recuperada durante o ciclo cultural é um problema, pois vai-se reduzindo a possibilidade de adicionar os nutrientes necessários às plantas, sem se ultrapassar o valor ideal de condutividade eléctrica CE na SN (14).

Alguns agentes fitopatogénicos podem ser disseminados através da água de rega (Quadro 5) causando elevados prejuízos (19), embora para alguns seja necessário o contacto ou a enxertia natural das raízes para que a transmissão ocorra, como foi observado com o vírus do mosaico do tabaco (TMV) (20).

OS SISTEMAS FECHADOS DE CSS

A drenagem nos sistemas de CSS em substratos pode-se quantificar pela % de drenagem, calculada através da relação entre o volume de solução drenada e o volume da solução fornecida pela rega. A % de drenagem varia normalmente entre 25 a 30%, podendo baixar a apenas 5% em culturas mais resistentes ou elevar-se a 70% quando se dispõe apenas de água-doce de baixa qualidade. A solução drenada pode ser integralmente reciclada

constituindo-se um sistema fechado ou, havendo limitações relativas à qualidade da drenagem, efetuar-se apenas a sua reciclagem parcial – sistema semifechado. Em ambas as situações, é desejável existir um equipamento de desinfecção da solução reciclada, que aumente a segurança relativamente à eventual disseminação de agentes patogénicos por esta via.

Para a recuperação, armazenamento e reciclagem da drenagem existem várias opções que diferem sobretudo na tomada de decisão pelo aproveitamento ou rejeição da drenagem, e na forma como se combina a SN reciclada com a nova água-doce, cuja origem pode ser a tradicional, bombagem a partir de poços, furos, ou charcas, ou água da chuva especialmente recolhida (Fig. 2). ■

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Diretiva Nitratos-91/676/EEC e das águas superficiais. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1991:375:0001:0008:PT:PDF>.
2. WFD- Diretiva-Quadro 2000/60/EC. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:327:0001:0072:PT:PDF>.
3. Marfá, O. 2000. La recirculación en los cultivos sin suelo. Elementos básicos. In: *Recirculación en cultivos sin suelo*. Compendios de Horticultura 14. Ediciones de Horticultura, S.L. Reus, Barcelona, p. 21-27.
4. Morard, P. (1995). *Les cultures vegetales hors sol*. Ed. SARL Publications Agricoles. Agen, D., França, 304 pp.
5. Marfá, O. (2001). *Utilización eficiente de los fertilizantes en cultivo intensivo hidroponico en circuito cerrado*. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries, Cabrils, Espanha. www.virtual.chapingo.mx/dona/paginaIntAgronomia/fertiberia.pdf.
6. PAMAF 6156 (2000) *Relatório final do Projeto Reutilização dos efluentes e substratos alternativos em culturas sem solo de tomate em estufa*. www.drapalg.min-agricultura.pt/downloads/projetos/Culturas%20sem%20solo/PAMAF%206156%20-%20Relatorio.pdf.
7. Pardossi, A., Incrocci, L., Massa, D., Carmassi, G. e Maggini, R. (2009). The influence of fertigation strategies on water and nutrient efficiency of tomato grown in closed soilless culture with saline water. *Acta Hort.* (ISHS), 807: 445-450.
8. Montesano, F., Parente, A. e Santamaria, P. (2010). Closed cycle subirrigation with low concentration nutrient solution can be used for soilless tomato production in saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 124: 338-344.
9. Van Os, E.A. (2010). Disease management in soilless culture systems. *Acta Hort.* (ISHS), 883: 385-393.
10. Van Kooten, O., Heuvelink, E. e Stanghellini, C. 2008. New developments in greenhouse technology can mitigate the water shortage problema of the 21st century.. *Acta Hort.* (ISHS) 767:45-52
11. Smee, J. (2009). Zany Vision or Critical Solution? Urban Greenhouses Aim to Help Cities Combat Climate Change. www.spiegel.de/international/europe/zany-vision-or-critical-solution-urban-greenhouses-aim-to-help-cities-combat-climate-change-a665236.html.
12. Urrestarazu, M. (2004). *Tratado de cultivo sin suelo*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 914 pp.
13. Hemming, S. (2010). *Intelligent water use in agriculture – trends in Dutch research*. Public Workshop, 20th August, UWS Hawkesbury, Australia. Disponível em: <http://edepot.wur.nl/158305>. Acesso em 2013.07.07.
14. Pardossi, A. (2011). Fertigation management in greenhouse hydroponics. Euphoros Workshop, 28 de junho, Szentes, Hungria. www.wageningenur.nl/upload_mm/1/c/f/26821c36-eb95-4fcb-9d8b-d6c51639a253_Alberto_Pardossi_English_version.pdf.
15. Victoria, N.G., Kempkes, F., Hernandez, J.C.L., Romero, E.J.B., Incrocci, L. e Pardossi, A. (2012). Evaluation trials of potential input reducing developments in 3 test locations. *Project: KBBE-2007-1-2-04. EUPHOROS - Efficient Use of Inputs in Protected Horticulture*, Deliverable n° 19.
16. Van Widen. (1988). Soilless culture technique and its relation to the greenhouse climate. *Acta Hort.* (ISHS), 229: 125-132.
17. Pardossi, A., Carmassi, G., Incrocci, L., Maggini, R. e Massa, D. (2011). Fertigation and substrate management in closed soilless culture. *Project: KBBE-2007-1-2-04. EUPHOROS - Efficient Use of Inputs in Protected Horticulture*, Deliverable n° 15.
18. Pardossi, A. e Incrocci, L. (2012). Closed systems for soilless culture. www.fundacionajamar.com/public/static/contenidosTiny/www/agroalimentaria/seminarios/2011-2012/sta04/04_STA04_WPpdf.
19. Park, W.M., Lee, G.P., Ryu, K.H. e Park, K.W. (1999). Transmission of tobacco mosaic virus in recirculating hydroponic system. *Scientia Horticulturae*, 79: 217-226.
20. Ehret, D.L., Alsanjus, B.W., Wohanka, W., Menzies, J. e Utkhed, R.S. (2001). Disinfestation of recirculating nutrient solutions in greenhouse horticulture. *Agronomía*, 21: 323-339.
21. Cunill i Prado, C. (2000). Recombposición de soluciones nutritivas. In: *Recirculación en cultivos sin suelo*, Compendios de Horticultura 14, Ediciones de Horticultura, S.L., Reus, p. 29-38.
22. AGRO 197 (2005). *Cultura sem solo com reutilização dos efluentes, em estufa com controlo ambiental melhorado*. Relatório final do projeto n° 197 da Ação 8.1 DE&D, Medida 8 do Programa AGRO. www.drapalg.min-agricultura.pt/downloads/projetos/Projeto%20%20AGRO-197/AGRO%20197%20-%20Relat%20F3rio%20Final.pdf.
23. Reis, M., Beltrão, J., Brito, J., Monteiro, A., Costa, J., Oliveira, P., Rosa, A., Caço, J., Pereira, J., Caneira, R. e Rodrigues, A. (2002). Reutilização dos efluentes e substratos alternativos em cultura sem solo de tomate em estufa. In: Livro de resumos das "VI Jornadas de Substratos de la Sociedade Espanhola de Ciências Hortícolas". Escola Superior de Agricultura de Barcelona, de 20 a 22 de novembro.
24. Molitor, H.D. e Fischer, M. (1988). Stock plant cultivation in rockwool with and without recycling the nutrient solution. *Proc. ISOSC*: 323-333.
25. Nederhoff, E. (1999). Quality of source water for soilless culture. *Commercial Grower* 54, 10: 42-43.
26. Jeannequin, B. e Fabre, R. (1998). Pilotage de la fertigation de la tomate à drainage recyclé. *PHM-Rev. Hort.*, 396: 17-20.
27. Alabouvette, C., Rouxel F. e Lovet, J. (1979). Characteristics of Fusarium wilt suppressive soils and prospects for their utilization in biological control. In: *Soilborne Plant Pathogens*. R. Schippers e W. Gams (eds.). Academic Press, Londres, 686 pp.
28. Instituto de Meteorologia (2012). Normais Climatológicas 1971-2000. www.meteo.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/008/.
29. Incrocci, L., Malorgio, F., Della Bartola, A. e Pardossi, A. (2006). The influence of drip irrigation or subirrigation on tomato grown in closed-loop substrate culture with saline water. *Scientia Horticulturae*, 107: 365-372.
30. Sant, D., Casanova, E., Segarra, G., Avilés, M., Reis, M. e Trillas, M.I.A. (2010). Effect of *Trichoderma asperellum* strain T34 on Fusarium wilt and water. *Biological Control*, 53: 291-296.
31. Urrestarazu, M., Salas, M.C., Padilla, M.I., Moreno, J., Elorrieta, M.A. e Carrasco, G.A. (2001). Evaluation of diferent composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soilless cropping. *Acta Hort.* (ISHS), 549:147-152.
32. Postma, J., Willemsen-de Klein, M.J.E.I.M. e van Elsas, J.D. (2000). Effect of the indigenous microflora on the development of roots and crown rot caused by *Pythium aphanidermatum* in cucumber grown on rockwool. *Phytopathology*, 90: 125-133.
33. Bergstrand, K.-J.I. (2009). *Variables limiting efficacy of slow filters integrated into closed hydroponic growing systems*. Dissertação de doutoramento. Faculty of Agriculture, Horticulture and Landscape Planning, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Suécia, 42 pp.
34. Runia, W.T. (1994). Disinfection of recirculating water from closed cultivation systems with ozone. *Acta Hort.* (ISHS), 361: 388-396.
35. Newman, S.E. (2004). Disinfecting irrigation water for disease management. 20th Annual Conference on Pest Management on Ornamentals, SAF, San Jose California. 10 pp.
36. Martínez, F., Castillo, S., Carmona, E. e Avilés, M. (2010). Dissemination of *Phytophthora cactorum*, cause of crown rot in strawberry, in open and closed soilless growing systems and the potential for control using slow sand filtration. *Scientia Horticulturae*, 125: 756-760.
37. Runia, W.T. (1995). A Review of possibilities of disinfection of recirculating water from soilless cultures. *Acta Hort.* (ISHS), 382: 221-229.