



HIDROPONIA *para* técnicos



Nilton Nélio Cometti
Gláucio da Cruz Genuncio
Everaldo Zonta (Organizadores).

EDITORA



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE BRASÍLIA

REITOR REVISORA DE LÍNGUA PORTUGUESA
Wilson Conciani Sheyla Villar Fredenhagen

PRÓ-REITOR DE ENSINO
Adilson Cesar de Araujo

DIAGRAMAÇÃO, PROJETO GRÁFICO E CAPA
Gabriel Felipe Moreira Medeiros

PRÓ-REITORA DE EXTENSÃO E CULTURA
Cristiane Batista Salgado

CAPA
Gabriel Felipe Moreira Medeiros

PRÓ-REITORA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
Luciana Miyoko Massukado

CONSELHO EDITORIAL
Ana Paula Caetano Jacques

PRÓ-REITORA DE ADMINISTRAÇÃO
Simone Cardoso dos Santos Penteadó

Daniele dos Santos Rosa
Francisco Das Chagas Roque Machado
Girlane Maria Ferreira Florindo

PRÓ-REITORA DE GESTÃO DE PESSOAS
Maria Cristina Madeira da Silva

Guilherme João Cenci
Jocenio Marquios Epaminondas
Josué de Sousa Mendes

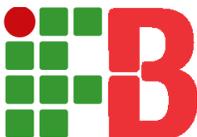
COORDENAÇÃO DE PUBLICAÇÕES
Daniele dos Santos Rosa

Juliana Rocha de Faria Silva
Larissa Dantas de Oliveira
Maurilio Tiradentes Dutra

PRODUÇÃO EXECUTIVA
Sandra Maria Branchine

Nívia Aniele Oliveira
Raquel Lage Tuma
Tatiane Alves de Melo

EDITORA



Reitoria - Qd. SGAN 610, módulos D, E, F, G.
CEP 70860-100 Brasília-DF
www.ifb.edu.br
Fone: +55 (61) 2103-2108
editora@ifb.edu.br

2019 Editora IFB



A exatidão das informações, as opiniões e os conceitos emitidos nos artigos são de exclusiva responsabilidade dos autores. Todos os direitos desta edição são reservados à Editora IFB. É permitida a publicação parcial ou total deste periódico, desde que citada a fonte. É proibida a venda desta publicação.

Hidroponia para Técnicos / Organização [de] Nilton Nélio
Cometti, Gláucio da Cruz Genuncio, Everaldo Zonta.-
1.ed.- Brasília : Editora IFB, 2019.
157 f.

Bibliografia.
ISBN:

1. Hidroponia. 2. Agricultura . 3. Tecnologia .
I. Título.

CDU 635
CDD B635.5

PALAVRAS INICIAIS

Agricultura moderna requer novas tecnologias em uma velocidade muito maior do que praticávamos no século passado, tanto pela necessidade de produtividade e quantidade de alimentos quanto pela qualidade e competitividade dos produtos agrícolas. Ao longo dos anos, a necessidade de produção de alimentos evoluiu de tal forma a surgirem sistemas de produção vegetal distintos do ponto de vista agrícola e filosóficos, estando a qualidade da produção e a conservação do ambiente intimamente ligadas a esses sistemas de cultivo. A crescente preocupação com a qualidade da produção vegetal, bem como da conservação do meio ambiente justifica-se na medida em que o aumento da população pressiona para a produção crescente de alimentos, mas com sustentabilidade. A hidroponia favorece o atendimento a essas demandas devido às suas vantagens sobre a agricultura convencional. Devido a isso, vem crescendo muito como uma grande opção de agricultura urbana, ou situada nos cinturões verdes das grandes cidades, ofertando hortaliças de alta qualidade com preços competitivos. Hidroponia é a arte de produzir alimentos sem solo, geralmente com sistemas em que as plantas são fixadas em canais plásticos de cultivo. Uma solução nutritiva, bombeada de um reservatório, passa na forma de um filme fino fluindo pelas raízes e retornando ao reservatório. As mudas das plantas são colocadas nos canais e passam a retirar água, nutrientes e oxigênio dessa solução para seu crescimento e desenvolvimento do ciclo completo. Caso essas hortaliças sejam folhosas ou do tipo cheiro verde, serão colhidas antes, mas hortaliças fruto, como tomate, pepino, pimentão, e outras, produzirão frutos até que se esgote a fase reprodutiva da planta. Essa flexibilidade de produção permite que se produza um grande número de culturas no sistema hidropônico.

Essa obra apresenta as principais tecnologias atualmente utilizadas em hidroponia, com uma linguagem direta, prática e, por outro lado, com a profundidade técnica necessária para a atu-

ação dos técnicos na área. Como grandes usuários dessa ferramenta que estamos criando, temos os Técnicos em Agropecuária, Técnicos em Zootecnia, Técnicos em Agroecologia, Engenheiros Agrônomos, Engenheiros Florestais, Zootecnistas, Tecnólogos de diversas áreas agrícolas, e todas as categorias afins. Além dos técnicos de formação, esta obra se destina a profissionais liberais que se aventuram na área e que carecem de conteúdos práticos vivenciados em situações diversas da produção hidropônica.

Este livro se divide, grosso modo, em uma primeira parte que trata da ambiência, das estufas e dos elementos construtivos dos sistemas hidropônicos. Avança pela área do cultivo hidropônico, focando na técnica do filme de nutrientes (NFT), detalhando o funcionamento do sistema, do manejo das plantas e da solução nutritiva. Um capítulo inteiro foi dedicado à solução, trazendo de forma mais sintética o que os autores já haviam publicado em obras científicas de forma mais detalhada e aprofundada. Aqui também apresentamos um capítulo com elementos mínimos necessários para a gestão de uma hidroponia, visando abordar os aspectos da administração da produção e das receitas, de forma que um técnico possa facilmente implantar controles que auxiliam ao produtor rural, ou a si, enquanto empreendedor. O livro também apresenta várias dicas de onde ou como conseguir solucionar problemas da produção, bem como adquirir material, bibliografia, auxílio técnico etc.

Como a hidroponia se consolida também como um grande filão da agricultura urbana, um capítulo foi dedicado à confecção e manejo de um sistema hidropônico caseiro, que pode ser facilmente adaptado para a produção caseira não só de hortaliças, mas também de flores.

Dedicamos esta obra a todos aqueles que lutam todos os dias, incessantemente, durante toda sua vida, para nos manter vivos com nosso alimento de cada dia, as agricultoras e os agricultores.

*Saiu o Semeador a semear
Semeou o dia todo
e a noite o apanhou ainda
com as mãos cheias de sementes.
Ele semeava tranquilo
sem pensar na colheita
porque muito tinha colhido
do que outros semearam.
Jovem, seja você esse semeador
Semeia com otimismo
Semeia com idealismo
as sementes vivas
da Paz e da Justiça.*

Cora Coralina

SUMÁRIO

1. OS SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA	
<i>Wellington Mary; Everaldo Zonta e Nilton Nélio Cometti</i>	13
2. HIDROPONIA COMO SISTEMA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA	
<i>Wellington Mary; Everaldo Zonta e Nilton Nélio Cometti</i>	17
Um pouco de história	20
Prós e Contras do Uso da Técnica de Hidroponia	22
Cultivo protegido	25
Um pouquinho de teoria de cultivo protegido	27
Materiais utilizados e tipos de construção de estufas	31
Orientação da estufa.....	34
Sistemas Hidropônicos	36
Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT)	38
Elementos construtivos de um sistema NFT	42
Dimensionamento do conjunto moto-bomba	45
3. SOLUÇÃO NUTRITIVA	
<i>Nilton Nélio Cometti; Pedro Roberto Furlani; Gláucio da Cruz Genuncio</i>	59
Definição de solução nutritiva	59
Composição das soluções nutritivas	60
Formulação da solução nutritiva	63
Qualidade da água para a composição de soluções nutritivas	66
Fertilizantes utilizados nas soluções nutritivas	65
Exemplo de formulação de solução nutritiva para a cultura da alface	70
Manejo da solução nutritiva	75
Características das soluções nutritivas	80
4. MANEJO DE PLANTAS EM NFT	
<i>Nilton Nélio Cometti; Pedro Roberto Furlani; Gláucio da Cruz Genuncio</i>	87
Produção de mudas	88
Colheita	92

5. SISTEMA FLOATING OU PISCINÃO	
<i>Nilton Nélio Cometti; Pedro Roberto Furlani; Gláucio da Cruz Genuncio</i>	95
6. SISTEMA VERTICAL DE HIDROPONIA	
<i>Nilton Nélio Cometti; Pedro Roberto Furlani; Gláucio da Cruz Genuncio</i>	97
7. SISTEMA HIDROPÔNICO EM BANCADA TRIANGULAR	
<i>Nilton Nélio Cometti</i>	99
8. POSSIBILIDADES DIVERSAS EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS	
<i>Nilton Nélio Cometti; Wellington Mary; Everaldo Zonta</i>	101
9. NUTRIÇÃO MINERAL: PRODUTIVIDADE, QUALIDADE E RESISTÊNCIA À PRAGAS E DOENÇAS EM OLERÍCOLAS	
<i>Everaldo Zonta; Nilton Nélio Cometti</i>	103
Introdução	103
Nutrição mineral e produtividade	110
Nutrição mineral e qualidade	112
Nutrição mineral e resistência a pragas e doenças	113
10. GESTÃO DA PRODUÇÃO HIDROPÔNICA	
<i>Nilton Nélio Cometti</i>	120
11. HIDROPONIA CASEIRA	
<i>Nilton Nélio Cometti</i>	126
Conhecimentos de plantas e hidroponia para leigos	127
Que sistema hidropônico iremos construir?	128
Vamos falar um pouco sobre cada parte do sistema	129
Cálculo do tamanho da bancada	131
Passo-a-passo da construção da hidroponia caseira	134
Algumas perguntas comuns	141
12. REFERÊNCIAS	143
13. DADOS BIBLIOGRÁFICOS DOS AUTORES	148

APRESENTAÇÃO

A agricultura moderna requer novas tecnologias em uma velocidade muito maior do que praticada no século passado, tanto pela necessidade de maiores produtividades e quantidades absolutas de alimentos, quanto pela qualidade dos produtos agrícolas. Ao longo dos anos, a necessidade de produção de alimentos evoluiu de tal forma que surgiram sistemas de produção vegetal distintos dos pontos de vista agrícola e filosófico, estando a qualidade da produção e a conservação do ambiente intimamente ligadas a esses sistemas de cultivo.

A crescente preocupação com a qualidade da produção vegetal, bem como com a conservação do meio ambiente justifica-se na medida em que o aumento da população pressiona para a produção crescente de alimentos, mas com sustentabilidade. A hidroponia favorece o atendimento a essas demandas tendo em vista suas vantagens sobre a agricultura convencional. Devido ao uso intensivo e possibilidade de cultivo em pequenas áreas, vem crescendo muito também como uma grande opção de agricultura urbana, ou dos cinturões verdes das grandes cidades, ofertando hortaliças de alta qualidade com preços competitivos.

À primeira vista, Hidroponia é a *técnica de cultivo de plantas sem solo*. A técnica, voltada à produção de hortaliças, também pode se aplicar muito bem à produção de brotos, flores e alimentação animal, além da utilização para fins estéticos em *design* de interiores. O sistema hidropônico geralmente conta com o cultivo protegido por estufas, que demandam muito conhecimento de controle ambiental e edificações, cujos técnicos podem encontrar uma ótima área de atuação. Os sistemas de cultivo, bancadas, bombas, temporizadores e controladores de ambiência estão ligados às áreas dos cursos Técnico em Eletrônica, Eletromecânica e Informática, dos quais dependem os profissionais da área agrícola para fazerem os sistemas mais eficientes e competitivos tecnologicamente. Atualmente, os produtos hidropônicos assumem também um papel central na produção de hortaliças semiprocessadas, o que agrega valor ao produto, necessitando a atuação dos Técnicos em Agroindústria.

A hidroponia, geralmente, é um sistema produtivo em que as plantas são fixadas em canais plásticos de cultivo, aonde uma solução nutritiva,

bombeada de um reservatório, passa na forma de um filme fino fluindo pelas raízes e retornando ao reservatório. As mudas das plantas são colocadas nos canais e passam a retirar água, nutrientes e oxigênio dessa solução para seu crescimento e desenvolvimento do ciclo completo. Caso essas hortaliças sejam folhosas ou cheiro-verde, serão colhidas antes, mas hortaliças fruto, como tomate, pepino, pimentão e outras produzirão frutos até que se esgote a fase reprodutiva da planta. Essa flexibilidade de produção permite que se produza um grande número de culturas no sistema hidropônico.

A FINALIDADE DESTES LIVROS

Essa obra apresenta as principais tecnologias atualmente utilizadas em hidroponia, com uma linguagem direta, prática e, por outro lado, com a profundidade técnica necessária para a atuação dos técnicos na área. Como grandes usuários dessa ferramenta que estamos criando, temos os Técnicos em Agropecuária, Técnicos em Zootecnia, Técnicos em Agroecologia, Engenheiros Agrônomos, Engenheiros Florestais, Zootecnistas, Tecnólogos de diversas áreas agrícolas, e todas as categorias afins. Além dos técnicos de formação, esta obra se destina a profissionais liberais que se aventuram na área e que carecem de conteúdos práticos vivenciados em situações diversas da produção hidropônica.

Este livro se divide em uma primeira parte que trata da ambiência, das estufas, e dos elementos construtivos dos sistemas hidropônicos. Avança pela área do cultivo hidropônico, focando na técnica do filme de nutrientes (NFT), detalhando o funcionamento do sistema, do manejo das plantas e da solução nutritiva. Um capítulo inteiro foi dedicado à solução nutritiva, trazendo de forma mais sintética o que os autores já haviam publicado em obras científicas de forma mais detalhada e aprofundada. Aqui também apresentamos um capítulo com elementos mínimos necessários para a gestão de uma hidroponia, visando abordar os aspectos da administração da produção e das receitas, de forma que um técnico possa facilmente implantar controles que auxiliam ao produtor rural, ou a si próprio enquanto empreendedor. O livro também apresenta várias dicas de onde ou como conseguir solucionar problemas da produção, bem como adquirir material, bibliografia, auxílio técnico etc.

Como a hidroponia se consolida também como um grande filão da agricultura urbana, um capítulo foi dedicado à confecção e manejo de um

sistema hidropônico caseiro, que pode ser facilmente adaptado para a produção caseira não só de hortaliças, mas também de flores.

A CONSOLIDAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DOS CONHECIMENTOS DE HIDROPONIA E SEUS AUTORES

O Edital n. 30-RIFB, de 28 de setembro de 2018 “Processo seletivo para apoio a publicações de obras técnico-didáticas”, veio em boa hora, pois todo o material, reunido por um grupo de estudiosos da área, necessitava ser consolidado em um livro, com os requintes e cuidados editoriais de uma Instituição reconhecida por atuar na educação, ciência e tecnologia, para permitir que professores, técnicos e principalmente alunos, pudessem usufruir deste magnífico repositório de conhecimentos e experiências do grupo.

Há quase 20 anos os autores dessa obra compõem um grupo multi-institucional, composto por duas universidades federais (UFRRJ e UFMT), um instituto federal (IFB) e um instituto de pesquisa estadual (IAC), e multidisciplinar (fitotecnia, nutrição mineral de plantas, fertilidade do solo, ambiência, engenharia e arquitetura, entre outras), cujos membros atuam em diversas vertentes da hidroponia, tendo publicado inúmeros artigos científicos, participado de muitos eventos, juntos ou não, publicado vários capítulos de livros sobre temas específicos na área, sem ter tido a chance de reunir toda essa bagagem acumulada em um único repositório. Neste grupo, há professores, pesquisadores, produtores, consultores e executivos de empresas ligadas à área, todos com doutorado na área científica ligada ao tema, e com variadas experiências práticas de vida profissional em hidroponia. Além de coroar a experiência do grupo, o grande objetivo é colocar esse conhecimento à disposição da sociedade, trazendo para o público muito conhecimento e experiências ameadados ao longo desse tempo em uma obra simples, objetiva e com o propósito nobre de atender àqueles que estão na linha de frente da atuação profissional no campo agrícola – os Técnicos.

Particularmente, o fato de a obra ser liderada pelo Instituto Federal de Brasília foi uma oportunidade ímpar, pois, ao seus 10 anos de vida, a Instituição reúne cursos técnicos em vários eixos tecnológicos que interagem com o tema Hidroponia.

Esta obra, além da importância para a atuação dos profissionais, Técnicos, reveste-se de um caráter fundamental para o Instituto, que é oportu-

nizar material didático aos alunos por meio de *e-book*, visto que tem distribuição gratuita, com conteúdos somente encontrados em obras de alto valor aquisitivo. Um *e-book* como este, no entanto, pode ser facilmente acessado via Internet, e ser lido até mesmo pelo *smartphone*, popularizado em todas as faixas econômicas da sociedade. Da mesma forma, aos nossos professores, disponibilizamos um livro texto de fácil entendimento, muito ilustrado e com protocolos aplicados, que podem auxiliar sobremaneira nos cursos, em particular, nas disciplinas ligadas à olericultura.

Os autores

CAPÍTULO 01

OS SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA



Wellington Mary

Everaldo Zonta

Nilton Nélio Cometti

Ao longo dos anos, a necessidade de produção de alimentos evoluiu de tal forma a surgirem sistemas de produção vegetal distintos do ponto de vista agrícola e filosóficos, estando a qualidade da produção e a conservação do ambiente intimamente ligadas a esses sistemas de cultivo. A crescente preocupação com a qualidade da produção vegetal, bem como da conservação do meio ambiente justifica-se na medida que o aumento da população não segue a curva tradicional de crescimento proposta por Malthus, que previa um aumento exponencial neste fim de século (FAO, 1997). Com base nos distintos sistemas agrícolas e filosóficos de condução de uma cultura, garantindo a qualidade ambiental e da produção, podemos distinguir três diferentes sistemas de forma clara e concisa, excetuando-se pequenas variações, que podem ser visualizados na Figura 1.

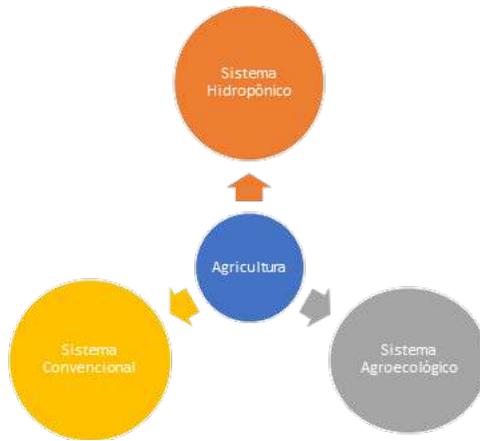


Figura 1. Sistemas gerais de agricultura.

Desses, pode-se enumerar em escala crescente de conservação do meio ambiente e qualidade do produto: Sistema convencional < Sistemas agroecológicos = Sistema Hidropônico. É relevante que se enfatize estes dois últimos sistemas, e se faça um paralelo com a revolução verde. Os dois sistemas convergem para um mesmo objetivo, porém, filosoficamente, a concepção e execução são extremamente distintos. O uso de tecnologia também distingue sobremaneira os dois sistemas: o agroecológico tem base na tecnologia biológica, enquanto a hidroponia é dependente principalmente da engenharia. Por outro lado, os sistemas hidropônicos estão baseados nos conceitos de maximização do uso dos recursos, e para tal são idealizados como sistemas fechados. Isso é que em última instância permite uma produção ecologicamente correta e com qualidade do produto. Os sistemas hidropônicos também têm base na necessidade de produção e oferta de produto nas entressafras.

Os sistemas convencionais de produção agrícola são basicamente calcados na aplicação de insumos, com o uso de fertilizantes minerais, máquinas e equipamentos agrícolas e agrotóxicos. O melhoramento genético também tem proporcionado novos cultivares possibilitando um aumento na produção de alimentos, pela incorporação de resistência a pragas, doenças e herbicidas através de métodos tradicionais ou artificiais (transgênicos), modificação da duração dos ciclos biológicos aumentando sua precocidade e permitindo uma maior rapidez na sucessão de cultivos em uma mesma área. No Brasil, face ao pequeno nível de instrução dos

produtores e à falta de políticas governamentais de apoio técnico a estes agricultores, esta forma de cultivar a terra tem provocado uma forte degradação do meio ambiente e perda da qualidade dos alimentos. Mesmo este sistema tem passado por fortes modificações no intuito de torná-lo menos agressivo ao meio ambiente e, portanto, mais sustentável.

Entre as mais recentes inovações tecnológicas, destaca-se a plasticultura e a hidroponia. Desde sua introdução, o plástico e suas aplicações têm sido o fator mais decisivo e polivalente no desenvolvimento da agricultura a partir dos anos de 1940, principalmente. Ande já se esgotou o uso de métodos convencionais para se obter maior produtividade. Denominada por M. Franco Buclom em 1956, o termo “Plasticultura” é universalmente aceito para designar as aplicações agrícolas do plástico (CASTILHO, 1989).

Um dos grandes desafios da interferência do homem na produção agrícola é o controle do ambiente. As diferentes condições climáticas já podem ser controladas com o uso de estruturas de proteção genericamente chamadas de casa de vegetação, incluindo estufas e túneis de cultivo forçado, recobertos com um material transparente e impermeável ou ripado e viveiros com telas plásticas para sombreamento. Dessa forma o agricultor pode modificar o clima no lugar cultivado, criando condições necessárias para o cultivo que se deseja implantar, através do manejo adequado interferindo na temperatura, luminosidade, umidade e composição atmosférica. Tais condições permite contornar vários aspectos negativos tais como: disseminação de doenças, lixiviação de nutrientes e compactação do solo, danos mecânicos às plantas etc.

O cultivo utilizando estruturas de proteção propicia ainda o estabelecimento de uma agricultura especialmente especulativa, devido a produção em quantidade e qualidade em uma época em que a oferta de produtos é mínima ou impossível, quando em condições de pleno campo, com técnicas convencionais.

A plasticultura tem mudado o hábito de consumidores bem como a política econômica dos países aonde é utilizada, reduzindo as importações de alimentos e favorecendo uma nutrição mais completa e racional. Também pode ser considerada um importante fator comercial, pois oferece ao produtor novas opções de cultivo com maior rentabilidade, assegurando o crescimento da produção e fixação do homem no campo, evitando assim o êxodo rural, além de, através da produção intensiva em pequenas

áreas, viabilizar a atividade agrícola em áreas periféricas a grandes centros urbanos.

Hidroponia nada mais é do que cultivar plantas sem solo empregando-se somente uma solução de nutrientes. A técnica hidropônica pode ser resumida, mesmo quando empregada com elevada tecnologia, em um fornecimento de solução (nutrientes e água) que disponibilize à planta elementos essenciais através de subirrigação. Praticamente qualquer espécie de vegetal pode ser cultivada por hidroponia: verduras folhosas, legumes, ervas aromáticas, ervas medicinais, gramíneas etc. A hidroponia é uma técnica bastante difundida em todo o mundo. No exterior além de ser empregada no cultivo de hortaliças vem sendo utilizada em floricultura.

A consciência ecológica e a necessidade de produção de alimentos forçam cada vez mais a busca aumentos de produtividade e controle de pragas e doenças com o menor dano possível no ambiente. Tudo indica que o cultivo protegido de plantas terá papel muito importante nesta tarefa, já que a população mundial está em fase de crescimento exponencial, logo, a produção alimentos deverá ter comportamento semelhante.

CAPÍTULO 02

HIDROPONIA COMO SISTEMA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA



Wellington Mary

Everaldo Zonta

Nilton Nélio Cometti

O termo hidroponia, cunhado em 1936 por Willian F. Gericke, membro da Universidade da Califórnia (USA), é uma junção de duas palavras, que vêm do grego: *hydro* = água e *ponos* = trabalho. Assim, o “trabalho com água” significa produzir plantas fora do ambiente do solo. Como o solo é um corpo natural, ou seja, só é solo quando está no local original, então, quando retiramos as plantas desse ambiente e levamos para cultivar em leitos com substrato ou em um tubo plástico com um filete de água contendo os nutrientes, estamos falando de hidroponia. O termo “cultivo sem solo” também foi muito utilizado e ganhou impulso com o lançamento do livro *The Complete Guide to Soilless Gardening* por Willian F. Gericke, em 1936. A partir dessa publicação, a produção comercial hidropônica avançou e hoje é comum em qualquer parte do mundo, inclusive no Brasil.

Em visita a Cuba, tive a oportunidade de visitar cultivos chamados hidropônicos, em que setores urbanos eram usados para construir canteiros com substrato e irrigação. Construiu-se um misto de horticultura urbana com hidroponia, que fornecia muitas hortaliças para as famílias do seu entorno.

Atualmente, sistemas hidropônicos são muito usados nos países desenvolvidos, com problemas de inverno rigoroso, como Holanda, Estados Unidos e França, ou com restrição de área, como no Japão, e com limitação hídrica, como em Israel. Os cultivos hidropônicos vêm crescendo em área principalmente em locais próximos aos grandes centros, em que o preço da terra torna-se cada vez mais limitante e há grande demanda por hortaliças.

No Brasil, em cidades de qualquer tamanho, é comum encontrarmos hortaliças provenientes de cultivos hidropônicos. Já visitamos produções hidropônicas do Amapá ao Rio Grande do Sul. Geralmente, são profissionais liberais que decidiram mudar de vida e entraram na produção agrícola mais tecnológica. Mas, há também muitos produtores que se encontram próximos aos centros consumidores e decidem pela hidroponia especialmente pelo valor agregado do produto. Há também propriedades que tradicionalmente produziam hortaliças convencionais e que passaram a produzir hidropônicos pelo apelo comercial. Encontramos também técnicos em agropecuária que aproveitaram os conhecimentos adquiridos nas escolas agrotécnicas e ganham a vida produzindo hortaliças hidropônicas. Hoje, nas redes sociais, há grupos especializados em hidroponia, que englobam todos os naipes de profissionais que ingressaram na atividade. Mesmo produtores de baixo conhecimento técnico têm se aventurado nessa técnica de cultivo de plantas. Portanto, não há uma regra para definir o perfil de produtor hidropônico.

O carro chefe da produção hidropônica é a cultura da alface, que envolve mais da metade do volume produzido, chegando, na maioria dos casos, a 70 a 80% do total. No entanto, é comum encontrarmos rúcula e cheiro-verde hidropônicos.

Com o advento da consciência ecológica, surgiu uma preocupação também com a produção agrícola limpa, segura e ecologicamente viável. Alternativas ecologicamente corretas baseiam-se principalmente na produção em cultivos “orgânicos”. Porém, a hidroponia surge também como

uma alternativa para atender tanto à demanda de produção quanto aos quesitos da produção em áreas agricolamente limitantes sem a introdução maciça de insumos, especialmente agrotóxicos. As áreas urbanas densamente povoadas, paralelamente à carência de áreas próprias para o cultivo, demandam enormes quantidades de produtos agrícolas. Se esses produtos são para consumo in natura e, intrinsecamente, possuem um tempo de prateleira relativamente curto, como é o caso das folhosas, a proximidade da região de produção ao local de consumo passa a ser economicamente muito importante. Saltando dos argumentos econômicos e logísticos para o campo filosófico, tem-se observado que as inúmeras preferências se conflitam permanentemente. Há espaço, porém, para todo o tipo de produção, e nesse interstício é que a produção hidropônica se revela e se viabiliza.

O que se observa, na prática, é que a atividade, por si só, não é um “mar-de-rosas”, e que os problemas surgidos se avolumam dia-a-dia, mesmo para os mais experientes na área. Como toda a atividade, possui vantagens, com inúmeros casos de sucesso, mas também desvantagens com grandes desafios a serem enfrentados.

A partir de meados da década de 1990, várias Escolas Agrotécnicas adotaram o sistema hidropônico NFT como parte do conteúdo programático de horticultura, utilizando casas de cultivo protegido (também chamadas de estufas), que contêm sistemas hidropônicos. A partir daí, os Técnicos em Agropecuária ganham a atribuição de atuar com os produtores de hidroponia, ou, por iniciativa empreendedora, dão consultorias ou produzem e utilizam essa tecnologia inovadora. Por isso, é necessário que haja material didático direcionado ao Técnico, com informações técnicas.

Ao longo deste livro, vamos tratar de muitas situações e experiências vividas, com o propósito de auxiliar aos colegas de profissão para que possam avançar com o máximo de sucesso na atividade agrícola de produção hidropônica, trazendo questões e conhecimentos com a necessária profundidade, mas sem um viés teórico acadêmico puro e simples, evitando, assim, que o texto deixe de atingir o objetivo. Tanto quanto possível, ilustramos as diversas fases e situações que ocorrem nos cultivos hidropônicos com registros obtidos ao longo de nossas incursões pelo mundo da hidroponia.

UM POUCO DE HISTÓRIA

O cultivo sem solo, que de certa forma se confunde com a hidroponia, tem precedentes longínquos, com citações de cultivos estabelecidos às margens do Rio Nilo no Egito, há 3000 anos, cujos plantios também eram conduzidos em jangadas de juncos com substrato, provavelmente favorecidos pela umidade francamente disponível pelo processo de capilaridade. Jardins Suspensos da Babilônia datando de 605-562 a.C., criados supostamente pelo rei Nabucodonosor em 605 a.C. para presentear sua esposa, a rainha Amyitis, na Mesopotâmia. Esses jardins consistiam em uma estrutura arquitetônica de terraços que continham uma infinidade de espécies de fauna e flora, com substrato trazido de terras distantes. Temos, ainda, os Jardins Flutuantes da China descritos por Marco Polo, há 500-700 anos. A China até hoje inclui muitos jardins suspensos em várias cidades, como no caso de Shangai, em que complexos hoteleiros se constituem em verdadeiras florestas suspensas.

A partir de meados da década de 1990, várias Escolas Agrotécnicas adotaram o sistema hidropônico NFT como parte do conteúdo programático de horticultura, utilizando casas de cultivo protegido, também chamadas de estufas, contendo sistemas hidropônicos do tipo NFT. Durante os últimos 13 anos, a Escola Agrotécnica Federal de Colatina também vem utilizando a técnica para fins didáticos e produtivos, acrescidos da pesquisa que tem sido realizada desde 2007.

Apesar de todas as iniciativas de cultivos sem solo, a falta de conhecimento de nutrição e fisiologia das plantas, bem como a falta de métodos laboratoriais para conhecer a composição das plantas, só recentemente permitiu o cultivo de plantas com pleno sucesso e controle total da sua nutrição. Apesar dessas limitações, há relatos de experimentos de nutrição de plantas por Teofrastus (372-287 a.C.). Porém, os primeiros trabalhos com cultivo em água datam de 1650, quando o belga Van Helmont, em um clássico experimento, mostrou que as plantas obtinham os nutrientes da água (SANTOS, 1998). O cultivo de plantas em um meio diferente de solo iniciou-se em 1699 com John Woodward, que cultivou uma planta da família da menta em água de diversas origens: chuva, rio, enxurrada, poço e água com um pouco de terra, e concluiu que quanto maior a quantidade de partículas em suspensão, maior era o crescimento, mostrando que alguma coisa presente na terra que não a água é que constituía os

vegetais, os seja, ele demonstrou claramente que os nutrientes vinham do solo e não da água. Muitas soluções com nutrientes foram preparadas por diversos autores, procurando atender as necessidades de plantas específicas ou a introdução de novos elementos, cuja essencialidade foi sendo comprovada. Em 1804, Nicholas Théodore Sansure usa soluções nutritivas de concentração inicial conhecida, preparada a partir de vários sais dissolvidos em água destilada (CARMELLO, 1998).

O grande impulso na hidroponia como atividade comercial vem com a publicação de *The Complete Guide to Soilless Gardening* por Willian F. Gericke da Universidade da Califórnia (USA) em 1936, inclusive instituindo a palavra “HIDROPONIA”.

Depois disso, muitos trabalhos importantes foram realizados, destacando-se:

a) A fórmula de solução de Dennis Robert Hoagland e Daniel I. Arnon em 1950, que tem servido como base para soluções nutritivas até os dias atuais.

b) Os trabalhos de C. M. Johnson e colaboradores, que propuseram uma modificação na solução nº. 2 de Hoagland e Arnon, fazendo a relação de NH_4^+ e NO_3^- ser de 1:7, mantendo assim o pH próximo de cinco (CARMELLO, 1998).

c) O grande marco no desenvolvimento econômico e comercial da hidroponia foi o conceito de NFT (*Nutrient Film Technique*), traduzido para a língua portuguesa como Técnica de Fluxo Laminar de Nutrientes, por Allen Cooper em 1965 (JONES, 1983; SANTOS, 1998), dando grande impulso ao desenvolvimento da hidroponia, tornando-a competitiva em relação a outras formas de produção comercial. Cooper introduziu a técnica do NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), na qual uma fina lâmina de água com nutrientes circula em condutos fechados ou abertos, mantendo o crescimento ativo das plantas produzidas.

O cultivo hidropônico é extremamente tecnificado em relação ao cultivo convencional, em que as plantas são muito mais dependentes do homem e susceptíveis a desbalanceamento nutricional, falta de energia, erro de manejo etc. Um dos grandes problemas atualmente é a falta de mão de obra especializada e principalmente dedicada, com paciência para enfrentar uma rotina que a hidroponia exige.

Quando se trata em aplicar a técnica para produtores convencionais, cuja maioria possui limitações culturais para compreensão de tal tecnologia, o problema é agravado ainda mais, exigindo dos técnicos uma responsabilidade maior de acompanhamento e esclarecimento. A maioria dos produtores hidropônicos são pessoas sem formação no ramo agrícola (aposentados, profissionais liberais etc.) e que encontram na hidroponia apenas uma forma de incremento na renda de suas propriedades, concorrendo com agricultores convencionais, que não estão capacitados técnica e financeiramente para adquirir tal tecnologia, podendo, portanto, causar um impacto social nas áreas rurais. Entretanto, estes “agricultores hidropônicos”, por não possuírem nenhuma tradição agrícola, aceitam e compreendem com maior facilidade as “regras” de manejo do cultivo hidropônico, garantindo o sucesso e sua difusão, facilitados pelo cultivo relativamente fácil da alface neste sistema, ou o fracasso, pois por desconhecerem as diferentes respostas da cultura quando em condições adversas ao desenvolvimento da planta, tomarem alguma atitude errada de manejo ou não tomarem atitude alguma deixando que o problema fique incontrolável. É recomendável, sempre que possível, fazer experimentos com outras culturas, diversificando a produção, pois a oferta de alface hidropônica aumentará muito, em determinadas regiões.

PRÓS E CONTRAS DO USO DA TÉCNICA DE HIDROPONIA

É muito comum encontrarem-se listas com infindáveis vantagens da utilização tanto do cultivo hidropônico como do convencional. No entanto, ao analisar essas vantagens, é necessário ser criterioso a fim de perceber o que é realmente uma vantagem na situação local de cada produtor, bem como avaliar a aplicabilidade do que está sendo proposto mediante as condições técnicas de que o produtor dispõe e às vicissitudes que a tecnologia traz ao meio agrícola.

Comumente, destacam-se as seguintes vantagens (aplicáveis ao uso dos sistemas hidropônicos em geral e resguardadas as particularidades de cada um):

- possibilidade de produção de alimentos próxima aos centros consumidores, aonde as áreas disponíveis são parcas e de alto valor imobiliário;

- melhor eficiência no uso d'água e melhor controle de sua qualidade;
- melhor eficiência na utilização dos fertilizantes;
- redução no uso de agrotóxicos devido à melhor nutrição das plantas e conseqüente menor ataque de pragas e doenças;
- maior produtividade e conseqüente redução dos custos de produção;
- possibilidade de aproveitamento de áreas inaptas ao cultivo convencional tais como zonas áridas e solos degradados (TEIXEIRA, 1996);
- cultivo livre de parasitas e microrganismos patogênicos para o ser humano provenientes de água de irrigação contaminada;
- independência do cultivo às intempéries tais como veranico, geadas, chuvas de granizo, ventos, encharcamentos e às estações climáticas, permitindo o cultivo durante todo o ano (FAQUIN, 1996);
- redução do uso de mão de obra nas atividades "braçais" tais como a eliminação de tratos culturais, capina e preparo de solo, além das atividades na hidroponia serem consideradas mais suaves (CASTELLANE e ARAÚJO, 1994);
- possibilidade de automação quase completa;
- redução de erosão e degradação do meio ambiente por liberação de fertilizantes e agrotóxicos nos solos, contaminantes potenciais de lençóis freáticos;
- produtos mais limpos e de melhor qualidade biológica, como por exemplo, folhosas com níveis de nitrato controlados nos tecidos;
- independência dos cultivos ao uso de matéria orgânica;
- antecipação da colheita devido ao encurtamento do ciclo da planta (FAQUIN, 1996);
- rápido retorno econômico (FAQUIN, 1996);
- permite um rápido controle em caso de deficiências nutricionais visíveis;

- dispensa rotação de culturas (TEIXEIRA, 1996).
- possibilidade de programação da produção.
- diminuição do ciclo de cultivo ou aumento do período reprodutivo (número de frutos/planta) com colheita precoce;
- menor emprego de mão de obra;
- redução de riscos com intempéries, por se tratar de cultivo protegido;
- não há competição por água e nutrientes entre as plantas;
- uniformidade do *stand* de cultivo.

Em contrapartida, podemos enunciar algumas desvantagens dos sistemas hidropônicos em relação aos cultivos convencionais:

- alto custo de instalação dos sistemas (SANTOS, 1998; TEIXEIRA, 1996; FAQUIN, 1996);
- necessidade de mão de obra especializada, ou no mínimo que o produtor tenha um treinamento teórico e prático adequado, não podendo prescindir de uma assistência técnica especializada (SANTOS, 1998; TEIXEIRA, 1996);
- requer um acompanhamento permanente do funcionamento do sistema, principalmente do fornecimento de energia elétrica e controle da solução nutritiva (FAQUIN, 1996);
- requer novos produtos e técnicas adequadas ao controle de pragas e doenças visto que a utilização de agrotóxicos convencionais elimina um dos atrativos comerciais do produto hidropônicos que é a qualidade biológica (TEIXEIRA, 1996);
- o sistema hidropônico torna as plantas muito susceptíveis a desbalanços nutricionais, deficiências hídricas ou de oxigenação;
- a atividade é relativamente nova e de pouca tradição no sentido de que é comum o aparecimento de situações inusitadas para as quais não há um efetivo mecanismo de controle prontamente disponível;
- custo inicial relativamente alto;

- os cuidados com os detalhes de instalação, com a rotina e disciplina, determinam o fracasso ou êxito do cultivo;
- as plantas se tornam muito dependentes do homem, sendo mais susceptíveis a desbalanceamentos nutricionais ou alterações no abastecimento de oxigênio e água;
- necessidade de mão de obra especializada, pois exige alto nível tecnológico;
- prevenção contra qualquer risco de contaminação por patógenos, caso contrário, todo o sistema será contaminado.

CULTIVO PROTEGIDO

Quando falamos em hidroponia, invariavelmente nos remetemos também ao cultivo protegido, que se constitui pelo uso de cobertura, geralmente de filme plástico transparente, para proteger a cultura das intempéries, especialmente chuvas fortes, e manter um ambiente controlado. Originalmente, o cultivo protegido era utilizado em regiões temperadas, visando proteger as plantas do frio da neve, sendo totalmente fechadas e climatizadas, como ainda acontece na maior parte do hemisfério norte. Nesse caso, as estufas, geralmente construídas em alumínio e cobertas com vidro, possuem sistemas de calefação e de iluminação adicional, pois os dias curtos não oferecem luz suficiente para a produção agrícola.



Figura 2. Utilização de estufas em ambientes frios (esquerda), sistema de calefação (centro) e estufas de alumínio e vidro (direita). Fonte: Própria (2002).

Como podemos ver pelas imagens, grande parte da tecnologia que utilizamos na agricultura, como a de cultivos protegidos, também foi importada. Inicialmente, as estufas eram também construídas em alumínio e vidro. Nas Universidades, ainda encontramos muitas delas em funcio-

namento. Essas estufas apresentavam grandes problemas relativos ao ambiente tropical. O maior deles era o superaquecimento, passando facilmente dos 50°C. O segundo grande problema é que devido ao grande volume de chuvas e altas temperaturas, rapidamente a cobertura de vidro se tornava suja com limo. Assim, as estufas evoluíram para dois aspectos: na manutenção da temperatura baixa e no material construtivo, de baixo custo e trocável. A estrutura, que inicialmente era de alumínio, passa a ser construída em madeira, e o telhado, com filme plástico transparente. Essas estruturas se popularizaram no país, permitindo que qualquer produtor rural pudesse adquirir ou construir sua própria estufa (Figura 3). A madeira evoluiu para aço zincado, de baixo custo e alta durabilidade. O plástico evoluiu para filme plástico agrícola aditivado anti-UV para aumentar sua durabilidade e ganhou, em uma versão mais moderna, cristais difratores de luz, chamado de difusor de luz. Essa tecnologia permite o aumento da luz difusa, aumentando a fotossíntese das plantas, pois há maior penetração de luz no interior da copa das plantas. Visitei uma estufa geminada (uma ao lado da outra), uma coberta com plástico difusor e outra com plástico convencional. Segundo o produtor, o ciclo da alface é bastante encurtado na estufa coberta com plástico difusor, e que em breve ele trocará o plástico convencional pelo difusor em função do aumento da produtividade.



Figura 3. Modelo de estufa popularizado no Brasil. Ver detalhe de saída de ar quente em abertura no telhado. Fonte: Própria.

A utilização do plástico para fins agrícola no Brasil teve início em 1970, restringindo-se basicamente à produção de flores em estufas, ou como cobertura morta (*mulching*) para o cultivo do morango em proteção de

viveiros de mudas. Na maioria dos casos, os agricultores eram de origem japonesa ou holandesa, que traziam as técnicas de seus países de origem (SALVETTI, 1983). Na Cooperativa Agrícola de Cotia (CAC) os primeiros ensaios para a produção em estufa ocorreu em 1978 com o plantio de pepino japonês no cinturão verde de São Paulo, a tecnologia foi logo difundida para o norte do estado do Paraná, devido ao sucesso obtido (KUMAGAIA, 1989). Um grande avanço da difusão da plasticultura teve início em 1984 com o projeto São Tomé no Rio Grande do Sul, elaborado pelo Departamento de Assistência Técnica e Desenvolvimento da Petroquímica Triunfo S/A e EMATER, com o objetivo de levar as técnicas da plasticultura para os horticultores, obtendo total êxito (SGANZERLA, 1990).

UM POUQUINHO DE TEORIA DE CULTIVO PROTEGIDO

O ambiente interno da estufa, como o próprio nome vulgar diz, é um ambiente fechado que concentra calor. No clima tropical, a luminosidade é alta (há excedente de mais de 50% para a maioria das plantas dicotiledôneas) e a alta temperatura na maior parte do Brasil está acima do ótimo da maioria das hortaliças cultivadas. Portanto, as estufas devem pressupor algumas características que as auxiliem a perder calor, geralmente pela ventilação adequada.

A luz proveniente do Sol possui um espectro (faixa de frequência dos vários comprimentos de onda da luz) com ondas variando de 390 a 750 nm (nanômetros) (Figura 4). As plantas absorvem o comprimento que varia de 400 a 700 nm para realizar a fotossíntese, cuja radiação é chamada de Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR), medida em Fluxo de Fótons Fotossintéticos (FFF) e dada em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Na parte inicial do espectro, abaixo e próximo a 390 nm, temos o ultravioleta, que são ondas curtas e altamente energéticas. No final do espectro, acima de 750 nm, temos o infravermelho, que são ondas longas e térmicas, que se traduzem em aquecimento do ambiente.

A luz incidente sobre a estufa em parte atravessa o plástico do telhado, atingindo as plantas e o solo. Parte da luz é refletida e outra parte é absorvida pelo plástico. Os plásticos atuais deixam passar em torno de 88% da luz em PAR.

À medida que uma onda curta, ultravioleta, atravessa o plástico da estufa, ao atingir os corpos internos – folhas, solo, estrutura interna – se

transforma em ondas longas, de aquecimento, sendo reemitidas de volta. A maior parte dessas ondas fica retida internamente, aquecendo a estufa. Apenas uma pequena parte escapa da estufa atravessando o plástico. Esse fenômeno de manter a temperatura enclausurada chama-se “efeito estufa”. Bem simples, não?

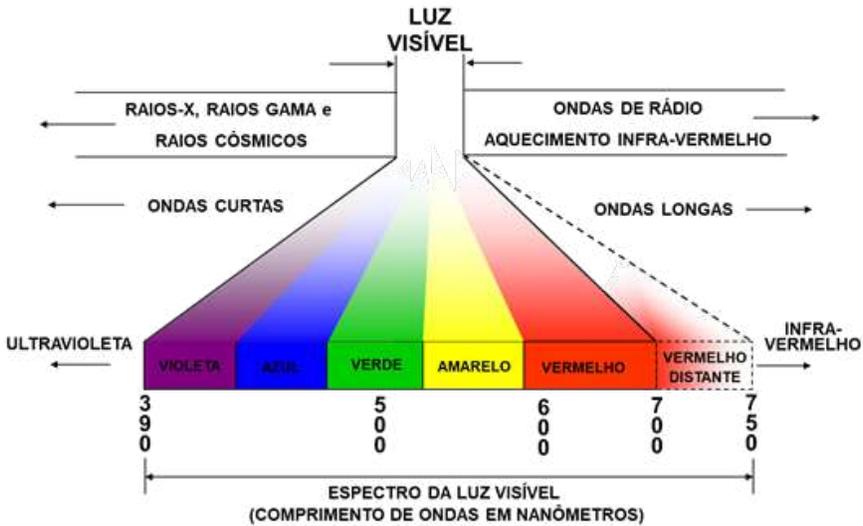


Figura 4. Espectro de luz visível. Fonte: Própria (2018)

No meio ambiente normal, o enclausuramento do calor é feito pelo vapor da água das nuvens e pelos gases de efeito estufa tais como gás carbônico e metano (Figura 5). Assim, em ambiente aberto, o balanço térmico durante o dia é positivo, pois há aquecimento do ambiente, e à noite, há perda de calor, esfriando o ambiente, ou seja, balanço térmico negativo. Em estufas, no entanto, o balanço térmico durante o dia é maior do que no sistema aberto, ou seja, mais positivo. À noite, o balanço térmico na estufa também é negativo, porém bem menor que no ambiente externo, mantendo a temperatura mais estável e por mais tempo (Figura 6). Nas regiões de clima tropical as temperaturas altas podem ser um fator limitante para o cultivo de algumas culturas. A partir do momento em que se utiliza uma estrutura de proteção, é estabelecido um envoltório, que certamente acarretará um aumento de temperatura, em relação ao ambiente. A Figura 6 mostra o comportamento da radiação solar incidente sobre uma estufa.

Como já dissemos, no ambiente tropical, o excesso de calor poderá

e elevar a temperatura tanto que inviabilizará a produção. Por isso, muitas alternativas foram desenvolvidas para refrigerar as estufas de forma mais simples e barata. A principal delas é a abertura zenital (na cobertura), muitas vezes chamado de lanternim. Por ela o ar quente sai movimentado pela convecção, já que o ar quente é menos denso e tende a se movimentar para cima (b). Além disso, a utilização de telas ao invés de plástico nas laterais permite que a ventilação ajude a retirar o ar quente da estufa (Figura 8). Para que isso funcione, as estufas não podem ser geminadas (unidas lateralmente), devendo haver um espaço entre elas.

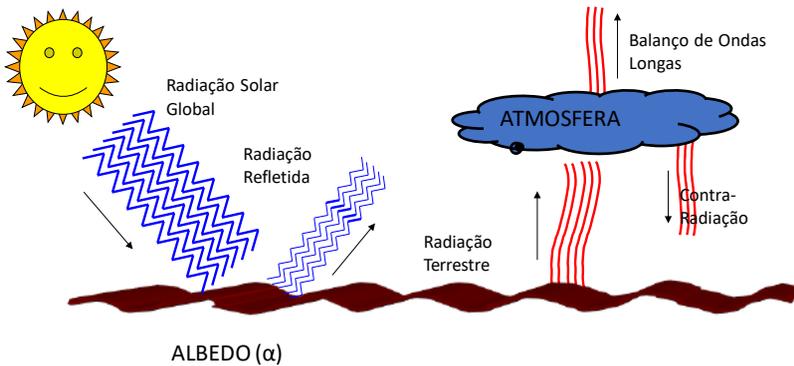


Figura 5. Princípio do balanço térmico que ocorre naturalmente. Fonte: Própria (2018).

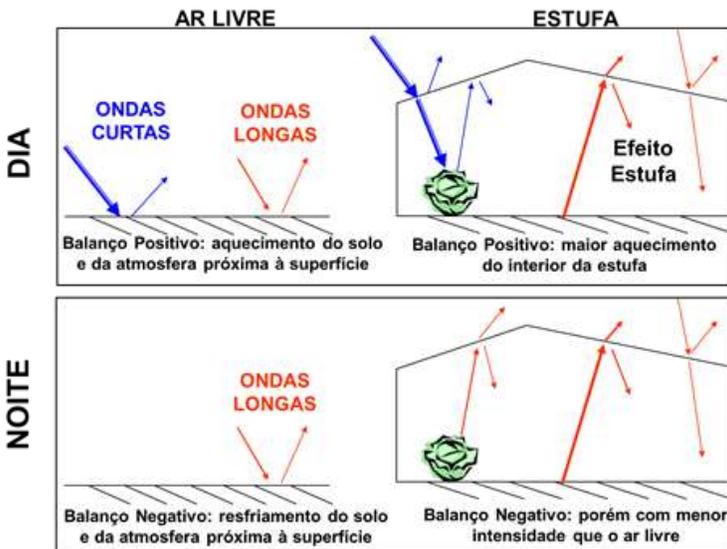


Figura 6. Balanço térmico no ambiente externo e interno da estufa.

Fonte: Própria (2018).

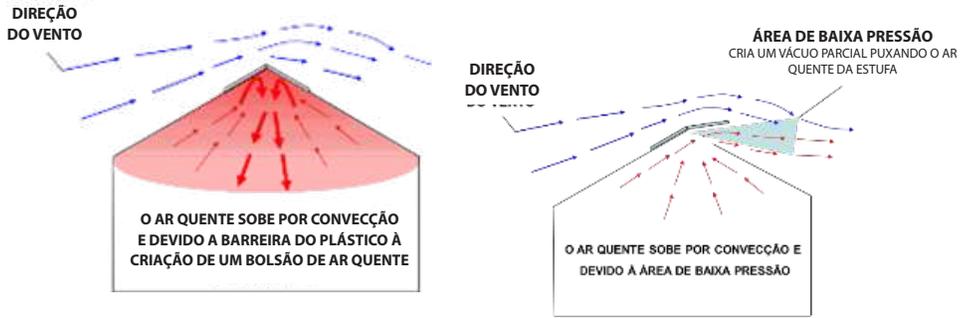


Figura 7. Bolsão de ar quente formado na estufa com cobertura fechada (esquerda) e movimento de saída do ar quente pelo lanternim (direita). Fonte: Própria (2018).

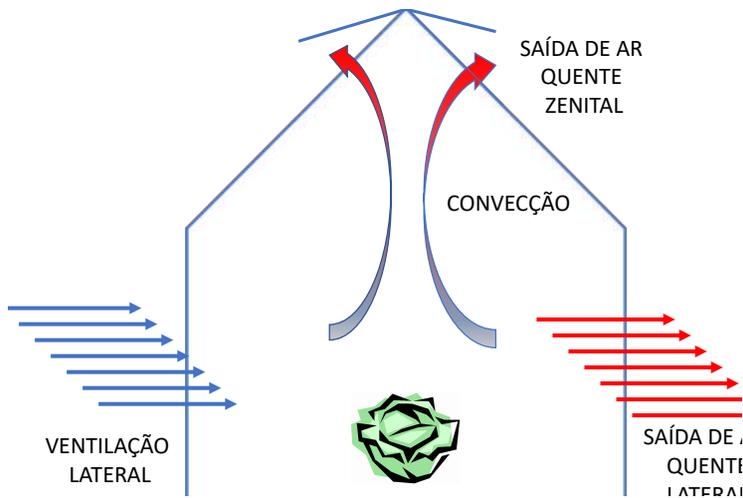


Figura 8. Saídas de ar quente da estufa pelo lanternim na parte superior ou pela tela lateral. Fonte: Própria (2018).

A utilização de sombreamento como forma de se diminuir a temperatura no interior da estufa é outra alternativa para abaixar a temperatura. GRAY (1948), citado por MASTALERZ (1977), relata uma redução média de 3,5°C na temperatura máxima ao meio dia com um sombreamento feito em estufa com cobertura de vidro, no mesmo experimento, quando utilizou tela para um sombreamento de 50% a temperatura da folha, abai-xou aproximadamente 5,3°C. MILLS *et al.* (1990) estudou o abaixamento de temperatura com tela para sombreamento, favorecendo a cultura do tomate durante o verão na região de clima subtropical, na África do Sul. A temperatura dentro da estufa, tipo túnel alto com vão central de 6,5 m e 8,0 m de largura e pé direito de 3,0 m com abertura para ventilação no vão

central ao longo da estrutura ficou cerca de 4,0°C abaixo da temperatura ambiente, utilizando um sombreamento de 40%, porém os melhores resultados de produção durante o verão foram obtidos com sombreamento de 15% na parte mais alta da estrutura, com tela de cor preta e no restante com tela de cor branca.

O grande problema quando se utiliza o sombreamento, principalmente em regiões aonde é frequente durante o verão a entrada de frentes frias, como é o caso do Rio de Janeiro e região, é o sombreamento excessivo uma vez que normalmente estas frentes frias podem deixar o céu nublado por mais de três dias, o suficiente para que ocorra o estiolamento das plantas (alongamento das folhas) em cultivos adensados ou retardando o crescimento. Já que quando a frente fria se desloca ou se dissipa, a intensidade luminosa é alta e o calor excessivo, causando “stress” às plantas. Para tanto, o ideal seria a utilização de uma tela móvel, maximizando as diferentes intensidades luminosas que oscilam durante o desenvolvimento das plantas, ou seja, abrir em dias nublados e fechar durante as horas mais quentes em dias ensolarados. Outro fator é a forma de se colocar a tela, que deve de preferência estar acima da estrutura e sem contato direto com o plástico da cobertura, porém tem-se a necessidade de se possuir outra estrutura para sua fixação. Quando se coloca a tela por dentro da estrutura a movimentação se torna mais fácil, porém gera-se mais uma fonte de absorção e reflexão de calor, acarretando em aumento de temperatura no interior da estrutura. O ideal é se utilizar telas de coloração branca ou as aluminizadas associadas a abertura zenital (lanternim), mesmo que o custo ainda seja elevado para pequenos produtores.

MATERIAIS UTILIZADOS E TIPOS DE CONSTRUÇÃO DE ESTUFAS

Os materiais utilizados para as estruturas, são aqueles prontamente disponíveis pelo agricultor em sua propriedade ou região, prevalecendo a madeira roliça ou a serrada. Comercialmente, existem firmas especializadas que utilizam estruturas de ferro galvanizado perfilado, comercializando um “kit” pré-fabricado, facilitando o transporte e a sua construção, porém a aquisição deste produto tecnológico pelo produtor ainda é muito onerosa por insuficiência de capital para investimento, mesmo no cenário atual em que o aumento da oferta de kits forçou uma queda sustentável de preços. É importante salientar que a estrutura industrializada de boa qualidade proporciona melhor relação custo benefício do que a construí-

da pelo próprio agricultor, na maioria das vezes.

Segundo Rault (1988), uma estrutura de proteção para clima tropical, deve possuir características que permitam ventilação e proteção contra chuvas pesadas (ventos fortes, chuva de granizo etc.) e, conseqüentemente, ser robusta e ainda abster-se de sofisticações de construção, ser de baixo custo, pois geralmente estas áreas localizam-se nos países em desenvolvimento em que o custo de investimento é um fator decisivo.

Materiais alternativos, como bambu, vime ou ainda tubo de P.V.C., podem também ser utilizados, porém cada material possui características peculiares, que devem ser bem estudadas antes de sua utilização.

A concepção de estufas comerciais é centrada em duas razões que justificam sua utilização: a melhoria no equilíbrio de energia em climas temperados, com o máximo de efeito estufa; o segundo é a eliminação ou redução de temperaturas altas em situações de clima quente e úmido ou seco alcançado através de métodos para o resfriamento (RAULT, 1988).

Existem diferentes modelos de estufas com diferentes *designs* estruturais que devem ser utilizados para situações próprias de cada local. Os principais são os seguintes tipos de estufas individuais (Figura 9), destacando-se o modelo capela, arco e uma água. Por outro lado, em propriedades maiores, e em ambientes mais amenos, as estufas são construídas lado a lado, também chamadas de geminadas (Figura 10). Essas são variações das estufas individuais, tais como capela geminada, arco geminada e dente de serra (múltiplas estufas de uma água).

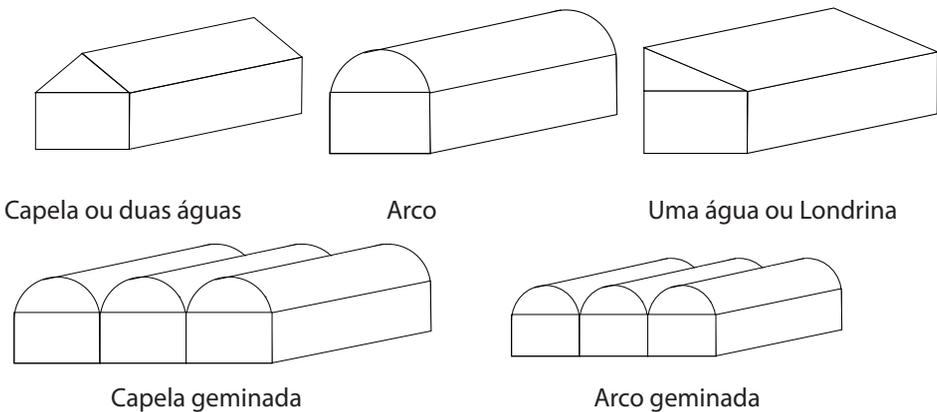
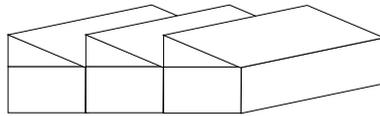


Figura 9. Modelos de estufas individuais. Própria (2018).



Dente de serra

Figura 10. Modelos de estufas múltiplas ou geminadas Fonte: Própria (2018).

Vários modelos de estufas podem ser construídos, mas no ambiente tropical, se não houver ventilação e refrigeração forçada, é fundamental a utilização de saídas de ar quente transversais (Figura 11) ou longitudinais, que são mais eficientes (Figura 12).



Figura 11. Construção de uma estufa tipo arco, com madeira e arcos em aço galvanizado (zincado). Fonte: Própria (2018).



Figura 12. Estufa em semi-arco com saída de ar quente (esquerda) e estufa tipo capela com duas águas (direita). Fonte: Própria (2018).

Com o advento do cultivo protegido, surgiram também muitas ideias e adaptações visando a atender às necessidades específicas de cada um. A mostra uma estufa construída sobre o terraço de uma casa, aproveitando a estrutura já existente de piso e cobrindo a própria casa com a cobertura da estufa. Na mesma figura, uma estufa com estrutura totalmente construída em bambu, visando economicidade e utilização de material alternativo,

fruto de uma tese de doutorado na UNICAMP, São Paulo.



Figura 13. Estufa em uma água sobre uma casa (esquerda), estufa em duas águas com estrutura em bambu (direita) Fonte: Própria (2018)

ORIENTAÇÃO DA ESTUFA

Entre os fatores mais importantes para o controle ambiental, destaca-se a orientação geográfica da estrutura, devendo-se levar em consideração a luminosidade, vento e o tipo de cultura a ser produzida. Entre esses a luminosidade é o mais importante pois dela depende a fotossíntese, estando em função do grau de transmitância, que, por sua vez, depende do ângulo de incidência dos raios solares, do tipo de material utilizado para cobertura e o tipo de estrutura (*design*). Tal fato é muito importante em certas regiões, durante o período de inverno, pois podem apresentar menor comprimento do dia e menor inclinação dos raios solares sobre a terra (Figura 14), nestas regiões deve-se minimizar este efeito construindo-se a estrutura no sentido Leste-Oeste. As plantas não devem fazer sombra umas sobre as outras, a linha de plantio deve seguir o alinhamento Norte-Sul. Por outro lado, regiões entre o Equador e os trópicos, a inclinação e o formato da cobertura não são fatores determinantes e durante o verão o alinhamento mais recomendado é o Norte-Sul (Figura 15), devido o maior aproveitamento da incidência dos raios de menor energia durante a manhã e à tarde, havendo um autossombreamento da estrutura durante as horas mais quentes do dia, com a luz se distribuindo mais uniforme ao longo do dia do que na orientação Leste-Oeste (CERMEÑO, 1990). Em cultivos onde se deseja algum sombreamento durante a maior parte do dia deve-se utilizar o sentido Leste-Oeste (Figura 16), pois se promove o autossombreamento. Em se tratando de estruturas geminadas convém analisar o sombreamento causado pelas calhas, pois se o alinhamento for

Leste-Oeste a sombra permanecerá constante em uma faixa de cultivo, já no sentido Norte-Sul a sombra é gerada por toda área.

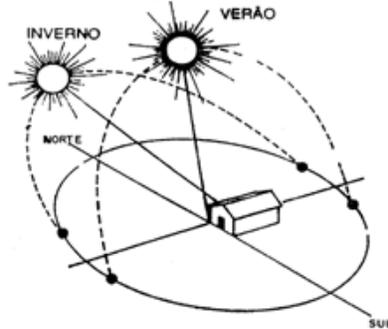


Figura 14. Ângulo azimutal em função das diferentes estações do ano (ALPI & TOGNONI 1978, adaptado por MARY 1997).

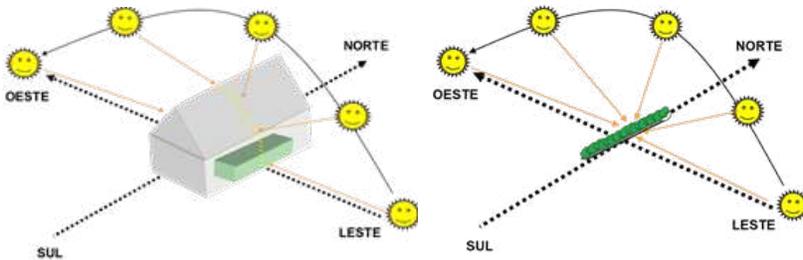


Figura 15. Estufa orientada Norte-Sul. Fonte: Própria (2018).

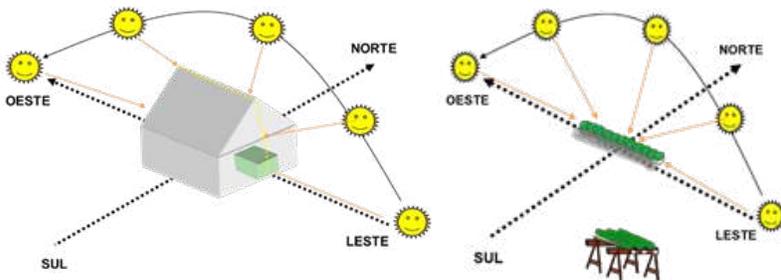


Figura 16. Estufa orientada Leste-Oeste.

O ângulo de incidência da radiação solar sobre a estufa é um fator determinante na quantidade de radiação transmitida para o interior da estufa. Assim, o modelo de telhado pode influir muito sobre o crescimento final das plantas que está diretamente relacionado com a radiação recebida para as plantas realizarem fotossíntese. Entre os diversos modelos existente, no geral o modelo em arco ainda se mostra um dos melhores, tanto pela praticidade de construção, quanto pela durabilidade quanto pelo

transmissão de radiação para o interior da estrutura (Figura 17).

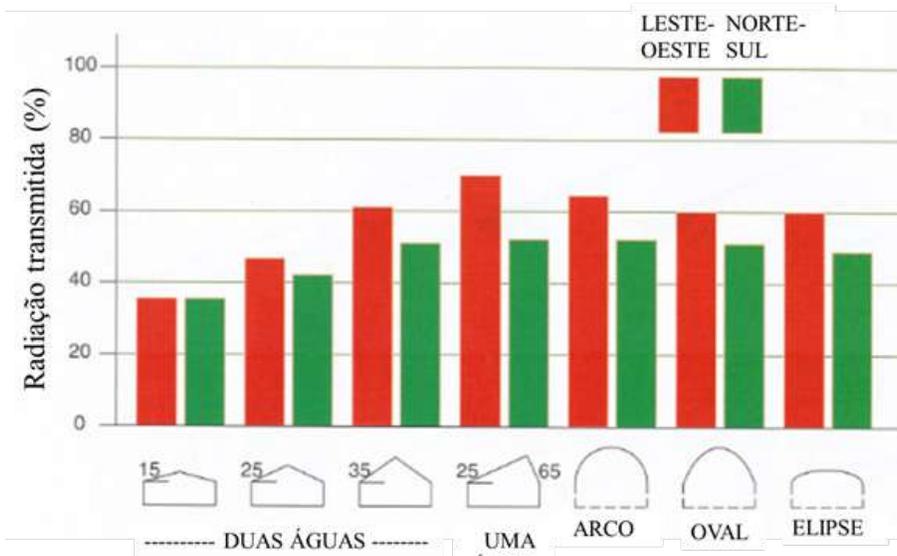


Figura 17. Radiação transmitida em função do modelo de estufa. Fonte: Mary (1997).

SISTEMAS HIDROPÔNICOS

Partindo da premissa que o sistema hidropônico seria equivalente ao sistema de cultivo sem solo (ou fora do solo), podemos dividi-los em dois grandes grupos quanto ao meio de cultivo:

- Com substrato (orgânico ou inorgânico) – são sistemas, geralmente em leitos, potes ou sacos plásticos (*bags*), contendo substrato tipo palha, casa de coco moída, lã de rocha, argila expandida, areia, etc., onde as plantas são plantadas recebendo irrigação, geralmente por gotejamento;
- Sem substrato (apenas solução nutritiva) – sistemas contendo apenas solução nutritiva (água e nutrientes), sem a presença de substratos que venham a interagir com a nutrição das plantas.

Em relação ao manejo da solução, temos dois grandes grupos:

- Sistemas abertos – nesses sistemas, que podem ser com ou sem substrato, a solução nutritiva é irrigada e drenada para o descarte (ou utilização em outras atividades agrícolas (Figura 18 – esquerda);
- Sistemas fechados – a solução é reutilizada, sendo descartada apenas de tempos em tempos, geralmente um ciclo da cultura. Nessa cate-

goria se encontram a maioria dos sistemas hidropônicos atualmente utilizados (Figura 18 – direita).

Podemos também classificar os sistemas hidropônicos quanto à movimentação da solução nutritiva, podendo ser:

- Dinâmicos ou recirculantes – a solução é bombeada fazendo um ciclo de irrigação e retorno a um reservatório, já que as raízes não ficam imersas o tempo todo na solução;
- Estáticos (Figura 19) – nesse caso, a raiz da planta fica imersa o tempo todo na solução, geralmente em potes experimentais ou em grandes piscinas de solução nutritiva, quando em uso comercial.

Além dessas classificações, muitas outras podem ser organizadas, como por exemplo o tipo de sustentação das plantas: vertical (tubos de polietileno); horizontal em canais (mais utilizado atualmente) ou em telhões de amianto (comercialmente em desuso); e aeroponia (plantas sustentadas em placas com as raízes literalmente penduradas no ar para receber a irrigação por aspersão). Nos sistemas hidropônicos em geral, também podemos classificá-los quanto à disposição dos canais ou bancadas em:

- Horizontal – o sistema mais comum, aonde os canais estão dispostos em bancadas planas, geralmente com seis a oito canais com seis a 18 m de comprimento;
- Vertical – tubos de PVC ou polietileno pendurados muito utilizado atualmente para a cultura do morango;
- Triangular – bancadas em formato triangular, em modelo de escada;
- Multiníveis (geralmente dois ou no máximo três andares de canais).

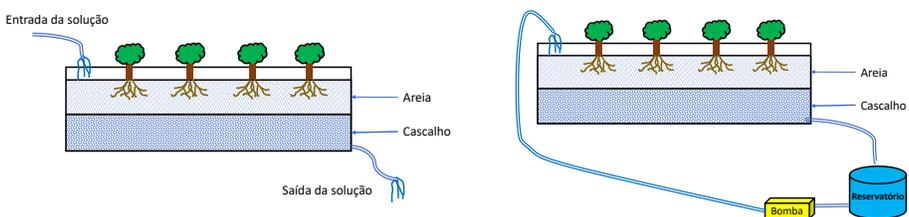


Figura 18. Sistema hidropônico em leito aberto (esquerda) e fechado (direita). Fonte: Própria (2018).

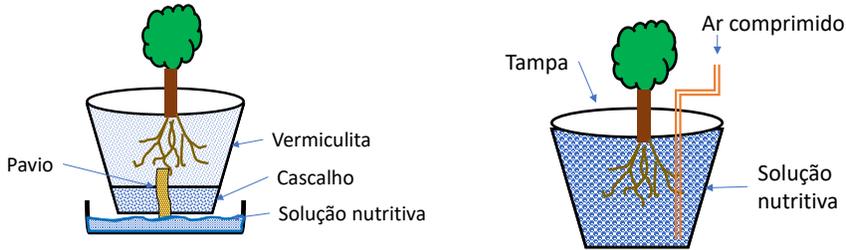


Figura 19. Sistema hidropônico fechado, em pote com irrigação por ascensão capilar (esquerda) e com arejamento forçado (direita). Fonte: Própria (2018).

Apesar do sistema NFT ser o mais difundido, sistemas hidropônicos diversos têm sido usados em todo o país, especialmente em trabalhos de pesquisa nas Universidades e Institutos Federais. Um exemplo é o plantio de uva em vasos com argila expandida (Figura 20 – esquerda) e plantio de hortaliças em leitos com substrato orgânico com irrigação aberta (Figura 20 – direita).



Figura 20. Sistema hidropônico aberto em vaso com argila expandida (esquerda) e em leitos com substrato orgânico (direita). Fonte: Própria (2004).

TÉCNICA DO FLUXO LAMINAR DE NUTRIENTES (NFT).

Essa técnica, desenvolvida por Allen Cooper em 1965 e originalmente denominada “Nutrient Film Technique” (NFT), consiste na passagem de uma lâmina de solução nutritiva por um leito contendo as plantas (Furlani, 1999; JONES, 1983). Os sistemas de produção hidropônica comercial sem substratos sólidos, em sua maioria, atualmente usam a técnica NFT. Em síntese, o sistema NFT (Figura 21) consiste num leito (bancada), em geral suspenso a uma certa altura do solo (de 0,7 a 1,0 m), podendo ser fabricado com diversos materiais: telha de cimento amianto ou fibrocimento,

tubos de PVC etc. (ZANOTELLI & MOLINO, 1997). As bancadas têm uma inclinação em torno de 3 a 5% para permitir a circulação normal da solução. Os canais (leitos) podem conter substratos, usualmente pedra brita ou argila expandida, para a sustentação das plantas, apesar de não estarem mais sendo utilizados devido à limpeza trabalhosa que se faz necessário após cada cultivo.

No Brasil, durante os anos de 1990, os canais de cultivo já não utilizavam substratos. Eram canais de PVC ou polipropileno em meia cana, ou seja, um tubo dividido ao meio. A sustentação das plantas era feita através de uma cobertura dos canais com isopor, lona plástica de dupla face ou “tetrapack®”, com orifícios para a sustentação das plantas, prevenindo a entrada de luz e aquecimento do sistema radicular das plantas (Teixeira, 1996). Mais recentemente, depois do ano 2000, aproximadamente, algumas empresas colocaram no mercado canais de cultivo em forma de tubos de polipropileno ou PVC achatados, com perfil semelhante a um retângulo, com fundo abaulado e parte superior plana, já com orifícios para a colocação das plantas. Esses canais estão em pleno uso atualmente. Com essa especialização, as empresas passaram a produzir o canal de recolhimento da solução, bem como tampas, emendas de canais e saída de solução, visando facilitar a vida do produtor ao montar o sistema hidropônico.

A irrigação num sistema com NFT é feita a partir de um reservatório contendo a solução nutritiva que é recalçada através de tubulação para o início dos canais (parte mais alta), descendo pelos tubos até o final onde é recolhida e retornada ao reservatório por um sistema de drenagem. No sistema de irrigação há uma derivação de retorno da solução para o reservatório passando por um sistema baseado no princípio de Venturi (conhecido no comércio como injetor de fertilizante) para propiciar sua oxigenação. A frequência de irrigação é controlada por um temporizador, funcionando intermitentemente por 10 ou 15 minutos, parando também 10 a 15 minutos, permitindo, assim, melhor oxigenação do sistema radicular. Atualmente o sistema hidropônico NFT é o mais utilizado a nível comercial devido a várias vantagens em relação a outros sistemas:

- menor gasto de mão de obra com limpezas, principalmente quando não utiliza substrato;
- possibilita o fornecimento adequado de nutrientes sem a necessidade de substratos;

- maior rapidez e menor custo de implantação;
- possibilidade de inúmeras modificações para ajustar à cultura;
- permite acompanhamento bem facilitado do sistema radicular quando não se usa substrato;
- permite a injeção de possíveis substâncias reguladoras de crescimento e fungicidas via solução nutritiva;
- apesar das grandes vantagens que o sistema apresenta, há problemas que merecem cuidados especiais;
- como o sistema é circulante e na maioria das vezes não usa substrato, seu funcionamento fica inteiramente dependente do suprimento de energia elétrica ou de sistemas alternativos de bombeamento da solução;
- o controle de doenças pode ser bastante dificultado pela rápida disseminação através da solução. Para a desinfecção da solução nutritiva tem aparecido no mercado vários sistemas utilizando luz ultravioleta (CARRUTHERS, 1998), ozônio (JONES, 1983), ultrafiltração e tratamento térmico, porém com custos às vezes proibitivos para os produtores.

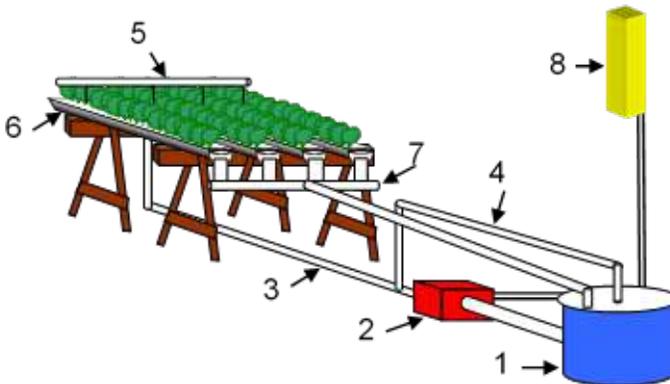


Figura 21. Esquema de Construção da Bancada de Cultivo Hidropônico do Tipo NFT.
 Fonte: Própria (2018).

1. Reservatório de Solução Nutritiva;
2. Motobomba;
3. Tubulação de Recalque de Solução;
4. Barrilete de Distribuição da Solução Nutritiva;
5. Canal de Cultivo;
6. Tubulação de Retorno da Solução;
7. Tubulação de Oxigenação da Solução;
8. Temporizador/Contator para Acionamento das Motobombas.

Uma variante do sistema NFT horizontal, experimentado por alguns produtores, tem sido o sistema com múltiplos níveis (Figura 22). Nesse caso, o produtor adiciona dois canais sobre a bancada de seis canais tradicional, aumentando a eficiência de utilização da estrutura da estufa. Com o tempo, de acordo com sua experiência, o sistema foi abandonado, pois mesmo apresentando apenas dois canais superiores, esses promoviam o sombreamento das plantas inferiores provocando estiolamento das plantas em certas épocas do ano. Além disso, não apresentava praticidade de manejo por se apresentar muito alto para o alcance das mãos no momento do transplante, tratos culturais e colheita.



Figura 22. Sistema hidropônico NFT em dois níveis. Fonte: Própria (2018).

ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DE UM SISTEMA NFT

Vamos dividir o sistema em três partes: hidráulico (reservatório, bomba e tubulação de recalque e drenagem), bancadas (canais e cavaletes) e automação.

Reservatório da Solução

O primeiro elemento do sistema hidráulico é o reservatório. Uma das técnicas de definir o tamanho do reservatório é manter o mínimo de volume de solução por planta adulta. Como uma planta adulta de alface pode perder até 350 mL de água por transpiração por dia, é conveniente que o reservatório não sofra mais do que 20% de variação de volume total, ou seja, para cada planta adulta de alface manter pelo menos 2 L de solução, e nunca baixar da relação de 1L/planta. Então, para uma estufa com 2500 plantas adultas, considere uma caixa de 5000 L.

Entretanto, não recomendamos caixas maiores do que 3000L, evitando sistemas muito grandes, pois em caso de necessidade de troca extemporânea de solução, por medida de limpeza do sistema ou doença, o volume de solução a ser trocado é muito grande. Assim, com 3000L podemos ter 1500 plantas com folga.

Na construção do reservatório, podemos usar qualquer material inerte (não interage com a solução), como por exemplo:

- fibra de vidro (Figura 23);
- plástico (PVC, Polietileno, Polipropileno);
- cimento amianto;
- aço inoxidável.

Se o tanque usado for de cimento amianto ou qualquer outro material que promova a reação química com a solução nutritiva, deve-se pintar ou revestir o mesmo com alguma pintura asfáltica (a base de água) ou qualquer outro material que não seja tóxico às plantas, como por exemplo, resina poliéster ou epóxi. Em hipótese alguma pode ser utilizado alumínio, que é tóxico para as plantas. A escolha do material também depende do tamanho do reservatório. Grandes reservatórios devem ser resistentes o bastante para suportar as intempéries, a pressão da água e o manejo da solução, tal como troca total.

O tamanho do reservatório, que está relacionado com a relação de volume de solução por planta, tem um papel importante de manter uma baixa variação de temperatura da solução ao longo do dia, a fim de se evitar o “stress” da planta. Isso é mais importante quanto maior a temperatura máxima ambiente da região, como ocorre principalmente no litoral da região Sudeste.

Em regiões aonde prevalece temperaturas acima do ideal (24-26°C) é conveniente evitar qualquer tipo de aquecimento da solução nutritiva no sistema, utilizando-se quando necessário, algum tipo de resfriamento. Alguns produtores têm usado palha de arroz carbonizada em torno do reservatório, outros fazem um banho com água corrente, quando há disponibilidade na propriedade, visando auxiliar a refrigeração da solução nutritiva.

Produtores que por ventura tenham deficiência de água, é aconselhável utilizar reservatórios sobressalentes e até mesmo utilizar a água de chuva, porém lembramos que esta deve ser devidamente tratada, a fim de se evitar impurezas e agentes fitopatogênicos (doenças).

Os reservatórios devem ficar longe do caminho de pessoas e animais, de preferência, enterrado no solo em lugar sombreado ou com uma cobertura de telha, palha, etc. (regiões de clima quente). A borda do reservatório deve estar no mínimo 20 cm acima do nível do solo e, cimentado ao seu redor, a fim de se evitar possíveis contaminações (solo, água de chuva etc.).

Para facilitar sua limpeza, o reservatório deve possuir uma saída com um tampão para que toda a água seja drenada. O nível de captação pela motobomba (válvula de pé) deve estar no mínimo 10 cm acima do fundo do reservatório, a fim de se evitar a penetração de alguma impureza na tubulação. No retorno da solução, o ideal é a instalação de um filtro que melhor se adapte ao sistema, como por exemplo de tela ou até mesmo espuma de alta densidade. Atualmente existe no mercado filtros de linha a um custo baixo.



Figura 23. Reservatórios de solução nutritiva de um sistema NFT na UFRRJ. Fonte: Própria (2018).

Conjunto Moto Bomba

O modelo de moto bomba centrífuga é o mais recomendado, se possível deve estar conectada abaixo da lâmina de água do reservatório, ou seja, trabalhando afogada, evitando-se assim a possível entrada de ar no rotor, em função de um possível mal funcionamento da válvula de recalque. Atualmente, há muitos produtores trabalhando com bombas submersas, quando reduzem o tamanho de cada sistema independente, cujo reservatório atenda a uma ou duas bancadas apenas. Essas bombas não podem possuir partes metálicas em contato com a solução. Por isso, tem sido dada preferência para bombas de aquário. O importante é dimensionar adequadamente para que a bomba forneça a vazão e altura manométrica adequada.

A vazão de cada canal de irrigação deve estar entre 1,0 a 2,0 litros de solução nutritiva/minuto (para alface, o indicado é no mínimo 1,5 L/min para os canais definitivos). Para cada cultura é recomendada uma vazão aproximada, variando conforme o porte da planta (Tabela 1).

Ao se fazer adquirir uma moto bomba, o recomendável é super dimensioná-la, uma vez que é utilizado um retorno para o reservatório a fim de possibilitar a aeração da solução nutritiva, essencial em regiões de clima quente.

Tabela 1. Densidade de plantas no berçário e nos canais definitivos, vazão e condutividade elétrica (EC) recomendadas para diversas culturas em NFT.

CULTIVO	N. DE PLANTAS POR M2 DE MESA	VAZÃO POR CANAL		EC DA SOLUÇÃO
		L . min ⁻¹		
		L . min ⁻¹		m S.cm ⁻¹
Acelga	200 - 4001	0,5 - 1,0	1,0 - 1,2	1,4 - 1,6
	8 - 112	1,5 - 2,0	1,4 - 1,6	
Agrião	200 - 400	0,5 - 1,0	1,0 - 1,2	1,4 - 1,6
	25- 64	1,5 - 2,0	1,4 - 1,6	
Cebolinha	200 - 400	0,5 - 1,0	1,0 - 1,2	1,4 - 1,6
	22 - 50	1,5 - 2,0	1,4 - 1,6	
Couve-Folhas	200 - 400	0,5 - 1,0	1,0 - 1,2	2,0 - 2,5
	1-4	2,0 - 4,0	2,0 - 2,5	
Alface	200 - 400	0,5 - 1,0	1,0 - 1,2	1,4 - 1,6
	8-16	1,5 - 2,0	1,4 - 1,6	
Salsa	200 - 400	0,5 - 1,0	1,0 - 1,2	1,4 - 1,6
	22- 50	1,5 - 2,0	1,4 - 1,6	
Rúcula	200 - 400	0,5 - 1,0	1,0 - 1,2	1,4 - 1,6
	25 - 100	1,5 - 2,0	1,4 - 1,6	
Melão	200 - 400	0,5-1,0	1,0-1,2	2,0-3,5
	1 - 4	2,0-4,0	2,0-3,5	
Morango	45 - 100	1,5-2,0	1,0-1,2	1,4-1,6
	8 - 16	2,0-4,0	1,4-1,6	
Pepino	200 - 400	0,5-1,0	1,0-1,2	2,0-3,0
	2 - 4	2,0-4,0	2,0-3,0	
Pimenta	200 - 400	0,5-1,0	1,0-1,2	2,0-3,0
	2 - 4	2,0-4,0	2,0-3,0	
Pimentão	200 - 400	0,5-1,0	1,0-1,2	2,0-3,0
	2 - 4	2,0-4,0	2,0-3,0	
Tomate	200 - 400	0,5-1,0	1,0-1,2	2,0-4,0
	2 - 4	2,0-4,0	2,0-4,0	

Fonte: Furlani et al. (1999).

1 Mudas (berçário) ; 2 Plantas adulta (definitivo)

DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO MOTOBOMBA

O dimensionamento da bomba, invariavelmente, parte de duas variáveis: vazão (dada em L.h⁻¹ ou m³.h⁻¹) e a altura manométrica ou pressão nominal (Bar ou m.c.a – metro de coluna d’água).

Façamos um exemplo de dimensionamento de reservatório e de bomba:

- 4 bancadas com 8 canais de cultivo (12 metros)
- aproximadamente 48 plantas por canal (4 x 12 = 48)
- 8 canais x 48 plantas = 384 plantas por bancada
- 384 plantas x 4 bancadas = 1536 plantas

RESERVATÓRIO:

- 1536 plantas x 2L de solução por planta = **3.072 L**

BOMBA:

- 8 canais x 4 bancadas = 32 canais
- 32 canais x 1,5 L/min (vazão) = 48 L/min = 2880 L/h = 2,9 m³.h⁻¹
- pressão de serviço (altura manométrica) ≈ 10 m.c.a. ou 1 kg.cm²

$$\text{POTÊNCIA DA BOMBA} = \frac{\text{VAZÃO (m}^3\text{.h}^{-1}\text{)} \times \text{ALTURA MANOMÉTRICA (m.c.a.)}}{270 \times \text{EFICIÊNCIA DA BOMBA}}$$

Admitindo uma eficiência da bomba de 70% (0,7):

$$\text{Potência} = \frac{2,9 \times 10}{270 \times 0,7} = 0,153 + 30\% \cong 0,2 \text{ cv ou } 1/5 \text{ cv}$$

Veja que a motobomba de 1/5 CV pode ser facilmente substituída por uma bomba de 1/3 ou 1/2 CV, de uso mais comercial. Assim, com a vazão de aproximadamente 3,0 m³.h⁻¹ e 10 mca de pressão, entramos na tabela de seleção de bombas e escolhemos a mais adequada.

a) *Tubulação de recalque e drenagem*

O sistema hidráulico de irrigação de uma hidroponia em NFT pode ser dividido em recalque e drenagem (Figura 24). O recalque inicia na saída da bomba, que possui um diâmetro nem sempre correspondente ao diâmetro usado na tubulação. Mesmo que a hidroponia seja grande, como os sistemas são independentes, e geralmente não ultrapassam 2500 plantas,

ou 5000 L, tubo de $\varnothing = 32 \text{ mm}$ ou 1" são suficientes, pois uma vazão de 3.000 L/h passando por essa tubulação, que atenderia a 32 canais hidropônicos com 1,5 L/min, corresponderia uma perda de pressão (carga) de 1,0 mca a cada 40 metros de distância, portanto uma perda desprezível. A tubulação de recalque pode chegar até a base da bancada com $\varnothing = 32 \text{ mm}$ e subir para o barrilete em tubo de 20mm, sempre chegando ao centro da bancada e distribuindo para as laterais, evitando que haja muita diferença de pressão entre as saídas para os canais. Do tubo de 20 mm, podemos sair, por meio de um adaptador de micro tubo para um micro-tubo de irrigação, de preferência com $\varnothing = 6 \text{ mm}$ (Figura 25). Após a montagem, ligue a bomba e faça a regulagem da vazão mínima de cada bancada, medindo a saída de cada canal, conforme indicado na Tabela 1.

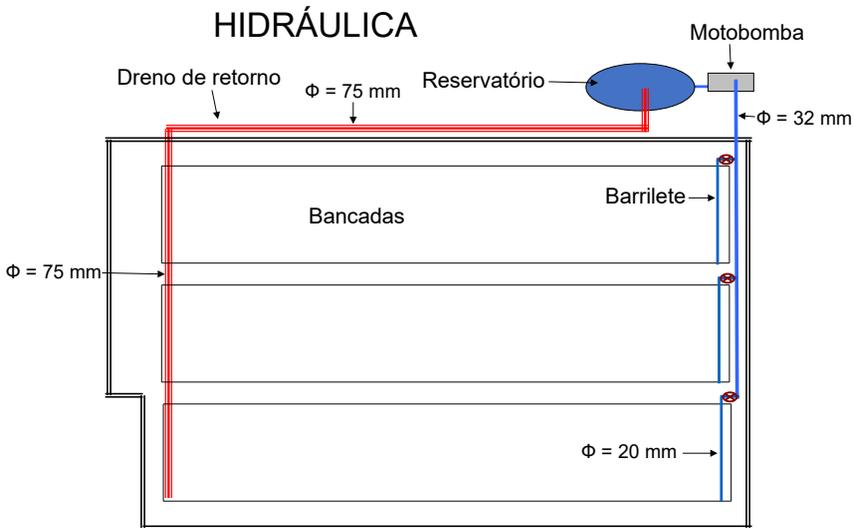


Figura 24. Sistema hidráulico de uma hidroponia em NFT.
Fonte: Própria (2018).

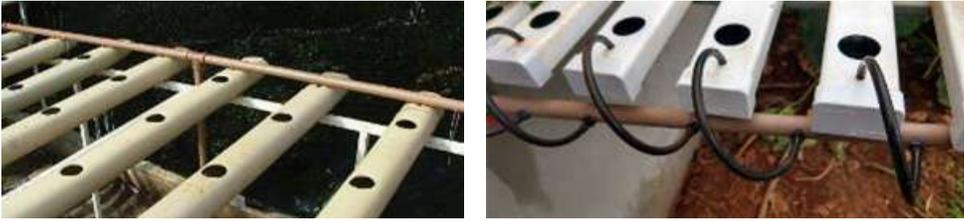


Figura 25. Barrilete de distribuição de solução nutritiva em sistema NFT.

Fonte: Própria (2018).

É fundamental adicionar certas facilidades na tubulação de recalque, logo após a saída da bomba. A primeira delas é um retorno para o reservatório para oxigenação da solução, onde deve ser instalado um dispositivo chamado Venturi, ou injetor de fertilizantes para fertirrigação. Além disso, deve haver uma saída com registro para drenar o reservatório por ocasião da troca completa da solução nutritiva. Além disso, tanto na entrada quanto na saída da bomba devem ser colocadas luvas de união visando a troca rápida da bomba, em caso de manutenção. Antes da luva de união da entrada da bomba, ou seja, entre o reservatório e a luva de união, deverá haver um registro para permitir a manutenção da bomba sem perder solução nutritiva, caso a bomba seja afogada (Figura 26).

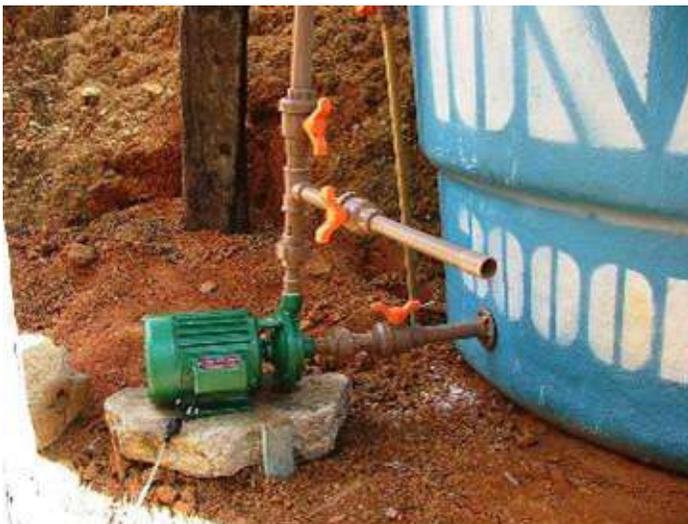


Figura 26. Montagem correta da bomba afogada, com registros, luvas de união e saída para drenagem do reservatório. Fonte: Própria (2018).

Ainda na estrutura hidráulica, é recomendado deixar uma válvula boia para manter o nível da caixa sempre adequado, evitando que se reponha água manualmente ao final do dia (Figura 27). A entrada de água automaticamente cumpre duas funções muito importantes:

- reduzir a temperatura da solução nutritiva durante o dia, com adição de água fria;
- reduzir a probabilidade de queima de bordas na alface por permitir a diluição da solução durante o dia, quando há muita perda de água pela planta, levando mais cálcio com rapidez à região do crescimento (folhas mais novas).

A drenagem se inicia com um coletor ao final dos canais de cultivo. Inicialmente, os coletores eram feitos de meio-tubo. Quando abertos, apresentavam muito crescimento de algas (Figura 28), aonde se recomendava cobertura com lona plástica de dupla face. Atualmente, esse coletor já vem sendo produzido pelas empresas para a finalidade específica (Figura 29), mantendo a solução protegida da luz. No entanto, pode ser usado um tubo de PVC para esgoto com $\varnothing = 100$ mm, que deve desembocar em um tubo de $\varnothing = 50$ a 75 mm. Os drenos de 50 mm devem entrar em uma tubulação de PVC para esgoto com $\varnothing = 75$ mm no mínimo, para retornar ao reservatório de solução nutritiva.



Figura 27. Presença da válvula boia no reservatório de solução nutritiva.

Fonte: Própria (2018).



Figura 28. Sistema NFT com coletor de solução (dreno) aberto mostrando grande quantidade de algas. Detalhe à direita: redução de Ø de 100 para 50mm. Fonte: Própria (2018).



Figura 29. Detalhe do coletor de solução ao final da bancada adaptado pelo produtor (esquerda e centro) e produzido pela empresa (direita). Fonte: Própria (2018).

b) Canais de cultivo

No Brasil, os sistemas NFT utilizavam telhas de fibrocimento para sustentar os canais, e para as plantas utilizava-se pedra brita ou argila expandida (Figura 30). Além de pesado, o sistema era de manejo trabalhoso, pois a cada ciclo, toda a brita ou argila deveria ser retirada para limpeza e desinfecção, pois muita raiz remanesce após a colheita da planta. Em meados da década de 1990 cresceu o uso de tubos de esgoto de 75mm e meio-tubo de polietileno. Esses meio-tubos ou meia-cana eram recobertos com placas de isopor ou duplalona, com os orifícios para a colocação das plantas. Geralmente os tubos eram pretos, com cobertura branca. No caso do isopor, era comum aparecerem algas por acumular solução nutritiva de respingo ou no barrilete de entrada (Figura 31).

Aos poucos, algumas empresas iniciaram a produção de canais (perfis) específicos para o cultivo hidropônico. Há diversos perfis no mercado, ou seja, as conformações dos canais são diversas, mas, na essência, possuem um fundo ligeiramente abaulado e a superfície superior geralmente plana. Algumas inovações, como guias da solução no fundo dos canais (pequenos filetes extrusados no fundo para manterem a solução correndo no centro do canal mesmo que o mesmo não esteja totalmente nivelado), canais com tampas removíveis para facilitar a limpeza e conexões específicas como tampas de entrada e de saída da solução e emendas (Figura 32).



Figura 30. Sistema NFT em telha de fibrocimento com argila expandida sustentando as plantas. Fonte: Própria (2018).



Figura 31. Sistema hidropônico NFT dos anos 90 utilizando meio-tubo de polietileno preto com cobertura de isopor. Fonte: Própria (2018).



Fonte: <https://hidrogood.com.br/>



Fonte: <http://www.gioplanta.com.br/>



Fonte: <http://www.tecnoperfil.com.br>

Figura 32. Alguns modelos de perfis disponíveis no mercado.

Vários são os materiais utilizados para confeccionar os canais de cultivo hidropônico, desde telhões de fibrocimento, polipropileno, PVC, bambu, lona de polipropileno, polietileno, tetrapack® (Figura 33) etc. Atualmente, há empresas produzindo canais próprios para hidroponia, também chamados de perfis, geralmente em PVC ou polipropileno, conforme Tabela 2. Na confecção dos canais, é conveniente utilizar algum material opaco por dentro ou por fora do canal para se evitar a penetração de luz nas raízes, pois favorecerá também o desenvolvimento de algas, que além de competir por nutrientes e oxigênio, liberam exudados tóxicos à alface.

Tabela 2. Relação de algumas empresas produtoras de canais hidropônicos no Brasil.

EMPRESA	SITE	MATERIAL
Hidrogoo	www.hidrogood.com.br	Polipropileno
Tecnoperfil	www.tecnoperfil.com.br	PVC
Schefer	www.schaeferhidroponia.com.br	Polietileno de alta densidade (PEAD)
Gioplanta	www.gioplanta.com.br	PVC



Figura 33. Sistema NFT com canais em polietileno revestidos com tectrapack® para cultivo de tomate. Fonte: Própria (2018).

O importante é que se leve em consideração o volume das raízes desenvolvidas pelas plantas ao qual varia em função da idade da planta, sendo menos profundos durante a fase inicial de crescimento ($\cong 30$ mm), e mais profundos na fase final ($\cong 50$ a 100 mm). Para a produção de mudas, os perfis possuem geralmente \varnothing (diâmetro) de 40 a 50 mm, e para a produção final, de 60 a 150 mm. Para alface, é comum a recomendação de $\varnothing = 75$ mm e para tomate $\varnothing = 150$ mm. O espaçamento também é variável com o porte da planta. Para alface, é comum utilizarmos espaçamento de 10 cm entre plantas e entre canais para mudas, enquanto para plantas adultas, 25 cm. Assim, o número de plantas por m² pode variar conforme o espaçamento, e de acordo com a Figura 34. Para hortaliças frutos, podemos usar canais com diâmetro igual ou superior a 150mm (Figura 35)



Figura 34. Sistema NFT: canais de berçário $\varnothing = 50$ mm (esquerda) e canais definitivos $\varnothing = 100$ mm (direita). Fonte: Própria (2018).



Figura 35. Sistema NFT para a produção de hortaliças frutos, com tutoramento.

Fonte: Própria (2018).

A inclinação dos canais deve estar entre 3 e 5%. Baixas inclinações podem permitir acúmulo excessivo de solução nos canais, prejudicando a oxigenação da solução, aumentando sua temperatura e provocando o aumento de doenças.

c) Bancadas de canais hidropônicos

Muitas variáveis podem influir no tamanho da bancada. Algumas vezes a estrutura de proteção (estufa) já está pronta, e as bancadas devem ser adequadas em tamanho para aproveitarem o espaço ao máximo e, ao mesmo tempo, caberem no ambiente. Então, partimos de alguns pressupostos para determinar suas medidas:

- **altura:** não deve ultrapassar 1,1m, pois acima disso, uma pessoa de porte médio entre 1,6 e 1,7 m de altura terá dificuldades em acessar às plantas nos canais centrais da bancada. Por outro lado, a altura não deve ser inferior a 60 cm, evitando que a pessoa tenha que se curvar demais para manejar a cultura, realizar colheita etc.
- **largura:** a largura de uma bancada deve ser a máxima que permita a pessoa acessar ao canal central. Então, em uma bancada de plantas adultas, com oito canais de $\varnothing = 75\text{mm}$, é possível que a pessoa acesse ao quarto canal central por cada lado da bancada. Para alface, como o espaçamento entre plantas gira em torno de 25 cm, dará 75 cm entre a borda da bancada e o centro, o que é aceitável. Utilizando esse espaçamento entre plantas, ao final teremos uma

bancada com 1,75 m de largura, conforme a Figura 36. Para bancadas de berçário, vale a mesma lógica da largura de no máximo 1,75 m, permitindo a colocação de até 18 canais de $\varnothing = 40\text{mm}$.

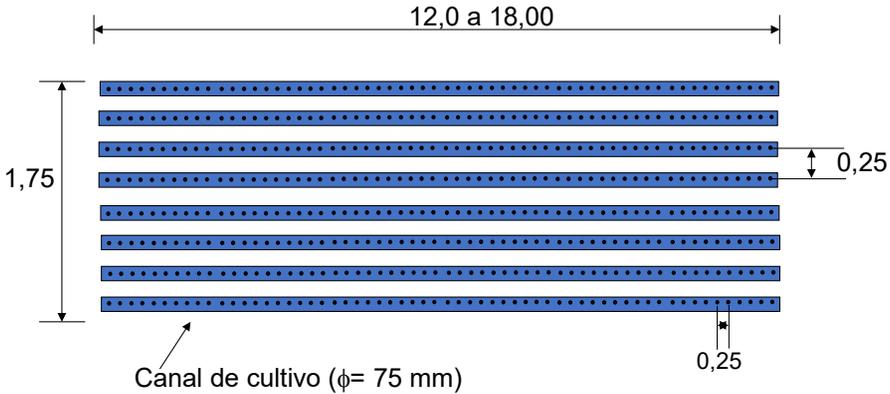


Figura 36. Distribuição dos canais e dimensões de uma bancada de cultivo definitivo para alface. Fonte: Própria (2018).

- Comprimento: o comprimento das bancadas geralmente varia de 6 a 18 m, ou seja, em múltiplos de 6 metros, pois comercialmente é a medida padrão. Atualmente, há empresas fornecendo 4 m de comprimento como medida padrão também. Caso não haja nenhuma limitação, o ideal é trabalhar com 12 m de comprimento, pois facilita o acesso ao contornarmos a bancada, melhora a oxigenação da solução que chega à última planta do canal, e permite que não haja um grande desnível entre o início e o final da bancada em caso do terreno ser plano.
- Declividade: os primeiros sistemas NFT em canais de cultivo possuíam de 2 a 3% de declividade. Com o tempo, percebeu-se que ficava muita solução acumulada nas raízes, provocando seu aquecimento e déficit de oxigenação. Atualmente, recomenda-se de 3 a 5% de declividade. A Tabela 3 mostra que uma bancada de 18 m necessita de 90 cm de desnível nominal. Isso significa que o piso estiver nivelado, a bancada iniciaria com 1,1 m de altura e terminaria com apenas 20 cm, o que é impraticável. Para resolver esta questão, o ideal é instalar a estufa em terrenos com 3 a 5% de declividade, de tal forma que a altura da bancada não varie, inician-

do com 90 cm e terminando com 90 cm. Entretanto, declividades superiores a 5% também não são interessantes, pois promovem o efeito inverso, as bancadas chegam ao final com altura superior ao ideal, como pode ser visto na Figura 37.

Tabela 3. Desnível nominal necessário para bancadas hidropônicas.

COMPRIMENTO DA BANCADA	DESNÍVEL NOMINAL	
	3%	5%
m	----- cm -----	
6	18	30
12	36	60
18	54	90



Figura 37. Sistema NFT montado em terreno com declividade > 5%.

Fonte: Própria (2018).

Cavaletes: os cavaletes de suporte dos canais definitivos devem estar a no máximo 1 m de distância entre eles, enquanto para as mudas, a distância deve ser menor, em torno de 60 a 70 cm. O mais importante é observar que os canais não “selem” devido à distância excessiva entre cavaletes, pois pode acumular solução nutritiva. Por isso, alguns canais suportam distâncias maiores, até 1,5 m. Na construção dos cavaletes podem ser utilizados inúmeros materiais: madeira, perfis de aço ou alumínio, PVC, polietileno, polipropileno etc. Atualmente as empresas que fabricam canais já ofertam os cavaletes apropriados feitos em material plástico.

d) Automação

A hidroponia, por si, é um prato feito para a automação. Na estrutura da estufa, a abertura e fechamento de cortinas, abertura de telas, ventilação, refrigeração e aquecimento, umidificação e iluminação adicional são os principais objetos de automação. Para automatizar, é necessário um sensor eletrônico para ler uma variável, como luz, temperatura ou umidade, uma placa com um processador de dados e acionamento de portas. Pelas portas, ligam-se ou desligam-se os diversos aparatos. Além disso, esses controles podem ser feitos via aplicativo de celular e os dados armazenados e visualizados via Internet, também chamada Internet das Coisas (IoT – *internet of things*). Tudo isso tem se tornado muito barato e acessível a todos.

Além da automação da estufa, o sistema NFT também possui vários pontos de automação. A mais simples é a temporização da irrigação. Usualmente, a irrigação em hidroponia é feita por bombeamento da solução nutritiva para o canal de cultivo hidropônico, realizado de forma intermitente, utilizando um temporizador analógico de acionamento da bomba. Esses temporizadores analógicos permitem fazer apenas uma programação, fixa, durante o período de 24 horas, ligando a bomba por 15 minutos e desligando pelo mesmo tempo. Após às 18:00h, ao entardecer, a temporização passa para 15 minutos ligada e uma a duas horas desligada, até o nascer do Sol. Os temporizadores digitais também fazem a temporização programada, desde que configurados corretamente. Porém, em algumas épocas do ano, a umidade relativa do ar está muito baixa, e pode provocar déficit hídrico nas plantas, assim, como a mudança do comprimento do dia (verão ou inverno), é necessário o produtor reprogramar o temporizador, pois desligar a irrigação por uma hora depois das 18:00 no inverno é possível, mas não no verão. O Grupo de Pesquisa Tecnologias Sociais, do Instituto Federal de Brasília, desenvolveu um temporizador inteligente, que faz a temporização conforme a programação, mas muda com o entardecer, ou quando a umidade relativa do ar cai muito, dependendo do nível de luz e de umidade configurado. O temporizador, configurado por aplicativo de celular, ainda permite que o produtor possa acompanhar os dados climáticos e o funcionamento da bomba. Em teste a campo, eles chegaram à conclusão que poderiam economizar até 65% de energia elétrica melhorando a temporização e aumentando a eficiência de acionamento das bombas nos momentos adequados.

Em termos de automação do controle da solução nutritiva, há sistemas totalmente automatizados em funcionamento em outros países a alguns anos. Aqui, a automação esbarra no custo do equipamento, pois os sensores de íons têm custo elevado. Então, tem sido mais econômico realizar a troca total da solução ao final de cada ciclo de cultura do que adquirir esses equipamentos. Para monitoramento da condutividade elétrica e do pH da solução, há equipamento disponível no mercado com custo razoável.



Figura 38. Sistema simples de automação para hidroponia: temporizador analógico e quadro de acionamento da bomba e monitor de pH e condutividade elétrica (esquerda e centro) e temporizador digital (direita). Fonte: Própria (2018).

CAPÍTULO 03

SOLUÇÃO NUTRITIVA



Nilton Nélío Cometti

Pedro Roberto Furlani

Gláucio da Cruz Genuncio

DEFINIÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA

A solução nutritiva é o meio que disponibilizará nutrientes ao crescimento das plantas hidropônicas. Assim, ao se adicionar a água e nutrientes necessários (essenciais) em proporções adequadas às raízes de hortaliça possibilitam-se a um amplo crescimento e desenvolvimento das hortaliças cultivadas em ambiente protegido.

A partir do instante em que a solução nutritiva é colocada em contato com as raízes, transforma-se em uma verdadeira “sopa” nutritiva, além de conter vários compostos orgânicos provenientes da atividade microbiana, em função do acúmulo de algas, ácidos orgânicos expelidos pelas raízes e da decomposição de fragmentos das mesmas. Além disso, atualmente, existe uma recomendação de adição de compostos orgânicos nos siste-

mas hidropônicos, como por exemplo, os aminoácidos, buscando-se melhor resistência e maior crescimento radicular.

Vale ressaltar que no sistema de cultivo sem solo, dois fatores são preponderantes para a produtividade: o ambiente ou o microclima é determinado pelo tipo de proteção, sobretudo a cobertura com filmes plásticos transparentes e telas de sombreamento; e a solução nutritiva, que pode estar livre (Sistema NFT) ou aplicada a um substrato (Hidroponia em substrato). Em condições normais, todos os nutrientes podem ser absorvidos da solução nutritiva pela raiz em quantidades suficientes à demanda da planta.

COMPOSIÇÃO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS

A composição da solução nutritiva é estudada há muitos anos, com relatos datando de 1865, como a solução de Knopp (RESH, 2002). Entretanto, somente a partir de 1933 houve a preocupação com o preparo de uma solução contendo micronutrientes. Em 1950, Hoagland e Arnon elaboraram uma solução nutritiva completa e balanceada para tomateiro, baseada na composição de plantas cultivadas em vasos com solução nutritiva, a qual é utilizada até os dias atuais, tanto na pesquisa científica quanto em cultivos comerciais, sendo esta considerada como uma solução universal para cultivo de hortaliças de fruto. Por outro lado, é correto e coerente afirmar que não há uma única solução nutritiva que atenda a todas as culturas, uma vez que elas são compostas por diferentes quantidades dos elementos e as plantas requerem estes elementos de forma diferenciada.

Dessa forma, para se formular uma solução adequada, devemos avaliar uma série de fatores, tais como: espécie e estágio fenológico da planta, época do ano (duração do período de luz), fatores ambientais (temperatura, umidade e luminosidade) e parte da planta colhida com interesse comercial. Além de variáveis como: pH, força iônica (), temperatura e agentes quelantes (Fe-EDTA, por exemplo).

Historicamente, a composição das soluções nutritivas foi evoluindo ao longo do tempo, com diferenças marcantes em relação às concentrações dos macronutrientes e de micronutrientes. Tal fato se deu pela necessidade de produtor de adequação às plantas aos diversos climas e microclimas presentes nas diferentes localidades do Brasil.

De modo geral, a Tabela 4 demonstra a amplitude das faixas de concentração dos nutrientes utilizadas nas soluções nutritivas utilizadas em sistema hidropônico. A diferença entre soluções nutritivas deve ser vista com base na relação entre os nutrientes e não por sua concentração, pois, em uma fórmula mais ou menos concentrada, o efeito tende a ser o mesmo, pois, como será visto mais adiante, uma solução pode ser utilizada para o cultivo em diferentes concentrações e com distintas condutividades elétricas.

Tabela 4. Faixas de concentrações encontradas em diferentes soluções nutritivas e na solução de Hoagland e Arnon (1950) modificada. Fonte: Furlani, et. al (1999).

NUTRIENTE	MASSA ATÔMICA	FAIXA DE CONCENTRAÇÃO EM DIFERENTES SOLUÇÕES NUTRITIVAS		HOAGLAND E ARNON	
		mg L ⁻¹	mmol L ⁻¹	mg L ⁻¹	mmol L ⁻¹
NO ₃	14,0	70 – 250	5,00 – 17,86	196	14,00
NH ₄	14,0	0 – 33	0,00 – 2,36	14	1,00
P	31,0	15 – 80	0,48 – 2,58	31	1,00
K	39,1	150 – 400	3,84 – 10,23	234	5,98
Ca	40,0	70 – 200	1,75 – 5,00	160	4,00
Mg	24,3	15 – 80	0,62 – 3,29	48	1,98
S	32,0	20 – 200	0,63 – 6,25	64	2,00
		mg L ⁻¹	µmol L ⁻¹	mg L ⁻¹	µmol L ⁻¹
B	10,8	0,1 – 0,6	9,26 – 55,56	0,5	46,30
Cu	63,5	0,05 – 0,3	0,79 – 4,72	0,02	0,31
Fe	55,8	0,8 – 6	14,34 – 107,53	1,0	17,92
Mn	54,9	0,5 – 2	9,11 – 36,43	0,5	9,11
Mo	95,9	0,01 – 0,15	0,52 – 1,56	0,01	0,10
Zn	65,4	0,05 – 0,5	1,53 – 7,65	0,05	0,76
Cl	35,5	1 – 188	28,17 – 5.295,77		

Para formular uma solução nutritiva, é importante entender o modo e a velocidade com que os nutrientes são absorvidos pelas plantas. Há vários sistemas de monitoramento da concentração dos íons na solução nutritiva, incluindo aqueles totalmente automatizados, compostos por sensores (eletrodos específicos para íons) e computadores, com a função de

registrar a concentração dos nutrientes e a necessidade de reposição deles. Esse monitoramento pode ser interessante, porém não é fundamental para a manutenção da solução adequada ao cultivo hidropônico. É muito comum observar a rápida absorção de um nutriente na solução em comparação aos demais e isto pode ser explicado em função das diferentes taxas de absorção destes elementos (entrada na planta), sendo a velocidade de absorção de N, P e K maior do que a dos outros nutrientes, o que pode levar ao rápido esgotamento deles e ao acúmulo de outros, especialmente S e Ca em uma solução sem reposição diária (Figura 39).

O conhecimento destas diferentes taxas com que o elemento é absorvido pode explicar por que, na análise de uma solução nutritiva, um nutriente pode estar praticamente ausente, enquanto outros ainda estão em concentrações adequadas para a cultura, mesmo que as plantas tenham crescimento exuberante e não apresentem deficiência do nutriente (CHANEY; COULOMBE, 1982). Também é importante destacar que, ao longo do ciclo de um cultivo hidropônico sem renovação da solução, os resultados de análises devem apresentar concentrações constantes dos nutrientes de absorção lenta (Figura 39 e Tabela 5), ao passo que, para os nutrientes de absorção rápida, as concentrações normalmente são baixas, mesmo com o ajuste diário da concentração da solução, podendo chegar a níveis não detectáveis, como é o caso do K.

A forma prática e utilizada pela maioria dos produtores em se estimar a concentração total dos nutrientes na solução é em função da medição da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva.

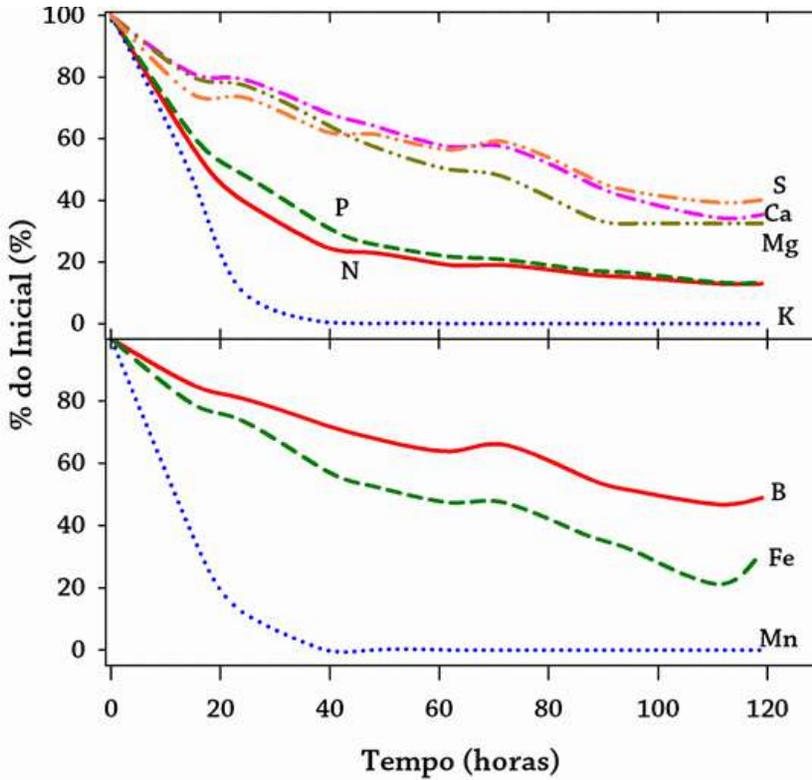


Figura 39. Variação da concentração relativa de nutrientes da solução nutritiva em NFT (técnica do filme de nutrientes) em cultivo de alface ao longo do tempo.

Tabela 5. Taxa de absorção aproximada dos nutrientes por plantas cultivadas em solução nutritiva. Fonte: Adaptado de Bugbee (1995).

GRUPO	TAXA DE ABSORÇÃO	NUTRIENTE
1	Absorção rápida	N-NO ₃ ⁻ ; N-NH ₄ ⁺ ; P, K, Mn
2	Absorção intermediária	Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mo
3	Absorção lenta	Ca, B

FORMULAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Duas informações básicas devem ser consideradas para a formulação de uma solução nutritiva: a composição da solução, que é determinada pela relação entre as concentrações dos nutrientes no tecido da planta cultivada; e a concentração ideal da solução, que é estabelecida pela transpiração na fase de crescimento da planta. Assim, estes dados são ob-

tidos, via de regra, em função de trabalhos desenvolvidos em Instituições de Pesquisa e, não ao nível de campo. Na prática, o produtor se adéqua ao uso destes dados gerados para que o cultivo se adeque as suas necessidades locais e regionais.

Outro meio que o produtor faz uso é utilizar referências bibliográficas que mostrem a demanda nutricional por cultura e, a partir da interpretação dos teores de nutrientes adequados para o crescimento e desenvolvimento, formula-se uma solução adequada à demanda específica da planta. Ao se proceder à análise das exigências nutricionais de plantas visando ao cultivo em solução nutritiva, devem ser enfocadas as relações entre os nutrientes, visto que é uma indicação da relação de extração do meio de crescimento. Assim, fica evidente que a oferta de “soluções nutritivas prontas para uso” por empresas privadas tem relação direta com anos de pesquisa e parcerias formalizadas entre estas empresas e órgão de pesquisa brasileira. Na Tabela 6 pode-se observar algumas destas soluções nutritivas comerciais e suas concentrações de nutrientes.

Tabela 6. Fertilizantes simples e compostos utilizados em Hidroponia e suas concentrações nutricionais de macro e micronutrientes. Fonte: organização dos autores.

Fertilizantes	CE ⁽¹⁾	N	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Cu	Mn	Mo	Zn	Ni	Cl
Hydrogood Fert	1,4	10	8,5	1,5	3,9	18,4	0	3,3	4,3	0	0,06	0,01	0,05	0,07	0,02	0	0
Dripsol Alfalce	1,05	8	8	0	3,96	24,4	0	2,0	1	0,2	0,03	0	0	0	0	0	0
Maxsol	1,20	8	8	0	4,84	25	0	1,6	2,9	0,2	0,02	0,004	0,04	0,004	0,02	0	0
Kristalon 6-12-36	1,3	6	4,5	1,5	5,24	23,7	0	1,8	8	0,07	0,03	0,01	0,04	0	0,03	0	0
Kristalon 15-5-30	1,3	15	11,3	3,7	2,18	19,8	0	1,8	2	0,07	0,03	0,01	0,04	0	0,03	0	0
Krista k 45	1,28	12	12	0	0	29,7	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0
Calcinit	1,18	15,5	14,4	1,1	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krista MKP	0,7	0	0	0	22,7	22,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krista MAP	0,95	11	0	11	26,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krista MAG	0,88	11	11	0	0	0	0	9,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krista SOP	1,2	0	0	0	0	29,7	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfato de magnésio	0,88	0	0	0	0	0	0	9	11	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloreto de Cálcio		0	0	0	0	0	36,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66,9
Cloreto de potássio	1,7	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
Nitrato de amônio	1,5	33	15	15	0	1,66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(1) CE para uma solução contendo 1000 g/1000L (0,1%) do sal ou fertilizante.

QUALIDADE DA ÁGUA PARA A COMPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS

Um dos aspectos de grande relevância na formulação de soluções para o cultivo de plantas é a análise química da água. Segundo Marouelli et al. (2001), a concentração de sólidos em suspensão e as substâncias dissolvidas são variáveis físicas que devem ser avaliadas, uma vez que podem ocasionar problemas nos sistemas que disponibilizam as soluções às plantas. Assim, Trani et al. (2011) destacam que a faixa de pH para uma água a ser utilizada na formulação de uma solução nutritiva deve estar entre 7,0 a 7,5, assim como a condutividade elétrica (CE, em mS cm^{-1}) não deve ultrapassar a 0,5, com tolerância máxima de 1,2. A concentração de sólidos solúveis totais de 480 mg L^{-1} e máximos de 40 mg L^{-1} de Na, 70 mg L^{-1} de Cl, $1, \text{ mg L}^{-1}$ de NO_2^- e 100 mg L^{-1} de SO_4^- . Em relação aos macronutrientes, a água de boa qualidade não deve conter concentrações, em mg L^{-1} , superiores a: 80 de Ca, 50 de Mg, 100 de K e 10 mg L^{-1} de NO_3^- . Para micronutrientes, valores de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ de Fe, Mn, Cu são aceitáveis, além de 1,0 para Zn, 0,5 para B e 0,01 para Mo.

Entretanto, em cultivos voltados para a pesquisa científica, com frequência a água é tratada com osmose reversa, e, conseqüentemente, a concentração iônica fica abaixo desses valores máximos citados. Pode-se, assim, fazer uso de alguns íons contidos na água, por exemplo, de Ca, Mg, B e Zn. Já em cultivos comerciais, a utilização de água com elevada alcalinidade e dureza totais induz a necessidade da correção do pH à faixa ideal; essa correção se faz, em regra, com o uso do ácido fosfórico (H_3PO_4). Esse procedimento pode causar a formação de sais insolúveis na forma precipitada, como os fosfatos de cálcio e magnésio, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ e $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, respectivamente. Essas águas, denominadas “duras”, ainda podem favorecer a indisponibilização de micronutrientes catiônicos, como Fe, Mn, Cu e Zn, ao formar sais de hidróxidos e, por conseguinte, induzir a deficiência desses nutrientes.

FERTILIZANTES UTILIZADOS NAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS

Em cultivos hidropônicos com finalidade comercial, os fertilizantes comumente utilizados caracterizam-se por possuírem alta solubilidade, além da ausência de resíduos que possam obstruir os emissores, da maior segu-

rança na presença de nutrientes nas concentrações previstas e da maior pureza quanto à presença de elementos contaminantes. As Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9 apresentam uma série de sais e fertilizantes utilizados como fonte de macro e micronutrientes. Para o fornecimento de macronutrientes é preferível utilizar fertilizantes que não contenham Na e Cl, os quais podem acumular-se na solução, aumentando a salinidade (CE) e reduzindo a absorção de alguns nutrientes. Por exemplo, Ca e K (MARSCHNER, 1995).

Tabela 7. Fertilizantes usados como fontes de macronutrientes para o preparo de soluções nutritivas, nutrientes fornecidos, condutividade elétrica básica da solução e quantidade de fertilizante para o preparo da solução nutritiva. Fonte: Furlani et. al (1999).

FERTILIZANTE	NUTRIENTE	TEOR	CE1	QUANTIDADE DO FERTILIZANTE(4)
		%	mS cm ⁻¹	mg
<i>Nitrato de potássio</i>	K (K ₂ O) ⁽²⁾	36,5 (44)	1,3	2,7
	N (NO ₃ ⁻)	13 (57,6)		7,7
	Mg ⁽³⁾	1		
	S (SO ₄ ²⁻) ⁽³⁾	1,2		
	P (H ₂ PO ₄ ⁻) ⁽³⁾	2		
<i>Nitrato de cálcio</i>	Ca	19	1,2	5,3
	N (NO ₃ ⁻)	14,5 (30,5)		6,9
	N (NH ₄ ⁺)	1		100
<i>Nitrato de magnésio</i>	Mg	9	0,9	11,1
	N (NO ₃ ⁻)	11 (48)		9,1
<i>Fosfato monoamônio purificado (MAP)</i>	P (P ₂ O ₅) ⁽²⁾	27 (60)	1,0	3,7
	N (NH ₄ ⁺)	12 (14)		8,3
<i>Nitrato de amônio</i>	N (NH ₄ ⁺) (NO ₃ ⁻)	35 (22,5) (77,5)	1,5	2,9
<i>Fosfato monopotássico (MKP)</i>	K (K ₂ O)	29 (35)	0,7	3,5
	P (P ₂ O ₅)	23 (53)		4,4
<i>Cloreto de potássio (branco)</i>	K (K ₂ O)	50 (60)	1,7	2,0
	Cl	47		2,1
<i>Sulfato de potássio</i>	K ₂ O	41 (50)	1,2	2,4
	S (SO ₄ ²⁻)	17 (56)		5,9

<i>Sulfato de magnésio</i>	Mg SO ₄ ²⁻	10 13	0,9	10 7,7
<i>Ácido fosfórico 85%, D = 1,7</i>	P (P ₂ O ₅)	27(61)	1,0	3,7 (2,2 mL)
<i>Ácido nítrico 53%, D = 1,325</i>	N (NO ₃ ⁻)	11,8(15,6)	1,0	8,5 (6,4 mL)

(1) Determinada em uma solução 1,0 g L⁻¹ (%). (2) Teor de K e P expressos em equivalentes de K₂O e P₂O₅, respectivamente. (3) Dependendo do fabricante, este produto pode conter também Mg, S-SO₄²⁻ ou P-PO₄³⁻. (4) Quantidade do fertilizante para obter uma solução com 1 mg L⁻¹ (1 g 1000 L⁻¹) dos nutrientes na forma elementar.

Tabela 8. Sais ou complexos usados como fontes dos micronutrientes com os respectivos teores e quantidades para preparo de uma solução com 0,1 mg L⁻¹ de cada micronutriente. Fonte: Furlani et. al (1999).

SAL OU FERTILIZANTE	MICRONUTRIENTE	TEOR	QUANTIDADE DO SAL OU COMPLEXO
		%	mg
<i>FeEDTA</i>	Fe	13	0,77
<i>Fe Ac. Orgânicos</i>		4	2,50
<i>FeEDDHA</i>		6	1,67
<i>FeEDDHMA</i>		6	1,67
<i>FeDTPA</i>		11	0,91
<i>FeHBED</i>		6,5	1,54
<i>FeEDDHSA</i>		6	1,67
<i>Ácido bórico</i>	B	17	0,59
<i>Bórax (decahidratado)</i>		11	0,91
<i>Sulfato de cobre (pentahidratado)</i>	Cu	25,4	0,77
<i>CuEDTA</i>		14,5	2,00
<i>Sulf. de Mn (tetrahidratado)</i>	Mn	25	0,38

Cloreto de Mn (tetrahidratado)		27	0,37
MnEDTA		13	2,00
Sulfato de zinco (heptahidratado)	Zn	21	0,45
Cloreto de zinco		45	0,22
ZnEDTA		14	0,71
Molibdato de sódio (di-hidratado)	Mo	39	0,26
Molibdato de amônio		54	0,19
Ácido molíbdico		66	0,15

Tabela 9. Fabricantes e produtos comerciais de misturas de micronutrientes para cultivo hidropônico e fertirrigação com respectivos teores de garantia. Fonte: organização dos autores.

FABRICANTE	PRODUTO	MICRONUTRIENTE						
		B	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Zn
Allplant/ Conplant	ConMicros Standard	1,82	1,82	7,26	1,82	0,36	0,36	0,73
	Conmicros Light	4,11	4,11	0	4,11	0,82	0,82	1,64
Basf	Librel BMX	0,88	1,7	3,35	1,7	0,02	0	0,6
Rigran	Micromix	0,7	0,3	7,5	3,4	0,1	0	0,6
TCI	Quelatec AZ	0,65	0,28	7,5	3,5	0,3	0	0,7
Nutriplant	Micros Q	0,5	0,07	5	1	0,08	0	0,4
Aquafertil	Micros	5	1	0	6,6	1,8	0	1,3
	Micros + Fe	1	0,3	4,7	1,2	0,4	0	0,4
Yara	Yara Vita BRA	2,1	0,36	2,66	2,48	0,04	0	3,38
SQM	Speedfol Equilibrio	0,85	0,5	3,4	3,2	0,06	0	4,2
COMPO	Fetrilon Combi 1	0,5	1,5	4	4	0,1	0	1,5

EXEMPLO DE FORMULAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA A CULTURA DA ALFACE

A base da formulação de qualquer solução nutritiva é a composição elementar, proveniente do resultado da análise de macro e micronutrientes da planta inteira (realizada em laboratório e através da pesquisa científica). Os quadros de avaliação nutricional indicam, em geral, os níveis de nutrientes adequados nas folhas, enquanto, para a formulação de uma solução nutritiva, utilizam-se de preferência os dados da planta inteira. Para a finalidade prática, os teores dos nutrientes nas folhas são suficientes, principalmente para hortaliças, cujas partes comercializadas são as folhas, visto que a quantidade de massa da parte aérea é bem superior à das raízes. Assim, como primeiro passo, toma-se o resultado da análise do tecido da planta e calcula-se a relação entre os nutrientes, adotando como base o K em função de sua maior quantidade na planta.

Sendo a unidade utilizada em mg kg^{-1} (em base de massa seca) para calcular a relação entre os nutrientes, dividindo o teor do nutriente pelo teor do potássio (nutriente indicador) (Tabela 10). Para o potássio, dividindo seu valor por ele mesmo, resulta na relação 1, que é a base para os demais nutrientes (Tabela 10).

Tabela 10. Relações entre os teores foliares (mg kg^{-1} , em base seca) de N, P, Ca, Mg e S e os teores de K, considerados adequados para diferentes culturas.

CULTURA	K	N	P	Ca	Mg	S
HORTALIÇAS DE FOLHAS(1)						
<i>Agrião</i>	1,00	0,83	0,17	0,25	0,07	0,05
<i>Alface</i>	1,00	0,62	0,09	0,31	0,08	0,03
<i>Almeirão</i>	1,00	0,65	0,11	0,12	0,03	-
<i>Cebolinha</i>	1,00	0,75	0,08	0,50	0,10	0,16
<i>Chicória</i>	1,00	0,82	0,11	0,36	0,07	-
<i>Couve</i>	1,00	1,20	0,16	0,62	0,14	-
<i>Espinafre</i>	1,00	1,00	0,11	0,78	0,18	0,20
<i>Repolho</i>	1,00	1,00	0,15	0,63	0,15	0,13
<i>Rúcula</i>	1,00	0,78	0,09	0,84	0,07	-
<i>Salsa</i>	1,00	1,14	0,17	0,43	0,11	-

HORTALIÇAS DE FRUTOS

<i>Berinjela</i>	1,00	1,00	0,16	0,40	0,14	-
<i>Ervilha</i>	1,00	1,67	0,20	0,67	0,17	-
<i>Feijão-vagem</i>	1,00	1,43	0,14	0,71	0,17	0,11
<i>Jiló</i>	1,00	1,57	0,14	0,57	0,11	-
<i>Melão</i>	1,00	1,14	0,14	1,14	0,29	0,08
<i>Morango</i>	1,00	0,67	0,10	0,67	0,27	0,10
<i>Pepino</i>	1,00	1,22	0,18	0,56	0,16	0,13
<i>Pimenta</i>	1,00	1,00	0,13	0,63	0,20	-
<i>Pimentão</i>	1,00	0,90	0,10	0,50	0,16	-
<i>Quiabo</i>	1,00	1,29	0,11	1,14	0,23	0,10
<i>Tomate</i>	1,00	1,25	0,15	0,75	0,15	0,16

HORTALIÇAS DE FLORES

<i>Brócolos</i>	1,00	1,50	0,20	0,67	0,17	0,18
<i>Couve-flor</i>	1,00	1,25	0,15	0,75	0,10	-

ORNAMENTAIS

<i>Antúrio</i>	1,00	1,00	0,20	0,80	0,32	0,20
<i>Azaleia</i>	1,00	2,00	0,40	1,00	0,70	0,35
<i>Begônia</i>	1,00	1,11	0,11	0,44	0,11	0,12
<i>Crisântemo</i>	1,00	1,00	0,14	0,30	0,14	0,10
<i>Gadíolo</i>	1,00	1,29	0,20	0,71	0,09	-
<i>Gloxínia</i>	1,00	1,00	0,10	0,50	0,15	0,13
<i>Hibiscus</i>	1,00	1,75	0,35	1,00	0,30	0,16
<i>Palmeira</i>	1,00	1,00	0,17	0,67	0,20	0,18
<i>Rosa</i>	1,00	1,60	0,16	0,60	0,16	0,21
<i>Schefflera</i>	1,00	1,00	0,13	0,50	0,17	0,16
<i>Violeta-africana</i>	1,00	0,90	0,10	0,30	0,12	0,11

PLANTAS DE INTERESSE EM PESQUISA DE NUTRIÇÃO(2)

<i>Arroz (INCA)</i>	1,00	1,01	0,14	0,16	0,13	0,09
<i>Feijão (EFC 25)</i>	1,00	0,77	0,22	0,16	0,04	0,04
<i>Milho (EMCAPA 201)</i>	1,00	0,71	0,17	0,08	0,06	0,03
<i>Soja (UFV 5)</i>	1,00	1,27	0,36	0,17	0,05	0,06
<i>Sorgo (BR 506)</i>	1,00	0,77	0,25	0,05	0,03	0,05
<i>Trigo (BR 15)</i>	1,00	1,54	0,34	0,08	0,07	0,07

(1) Adaptado de Raj et al. (1997). (2) Adaptado de Ruiz (1977).

No cálculo de uma solução nutritiva pelo método prático, foi escolhida a cultura da alface (Tabela 11) e, a fim de preparar a base da solução, considerou-se uma quantidade inicial de 100 g de K nessa solução. É importante observar que, para a formulação de soluções nutritivas, em geral, não são utilizadas as referências de adubação de plantas cultivadas em solo, como K_2O e P_2O_5 . Porém, a representação dos elementos é exigida na apresentação dos rótulos das embalagens de sais comerciais, nos quais usa-se a o percentual ou a concentração do elemento diretamente, como K, P, N, etc.

Assim, o percentual de N será acompanhado da forma iônica encontrada após a dissociação do sal, por exemplo, $N-NO_3^-$ ou $N-NH_4^+$, sempre se referindo ao elemento puro. Para elaborar uma solução pelo método a seguir, há planilhas automatizadas no formato Excel disponível em endereço eletrônico <http://www.niltoncometti.com.br/software/solucaonutritiva.xls> (COMETTI, 2010).

Tabela 11. Relação entre nutrientes e quantidade de nutriente para preparar a solução básica para a cultura da alface.

	K	N	P	Ca	Mg	S
Relação entre nutrientes	1,00	0,62	0,09	0,31	0,08	0,03
Relação × 100	100	62	9	31	8	3
Quantidade (g m⁻³)	100	62	9	31	8	3

Em seguida, definem-se os sais que serão usados como fonte de macronutrientes. Geralmente, utilizam-se os seguintes sais comerciais:

- nitrato de cálcio⁽³⁾ (Ca 19%, $N-NO_3^-$ 4,5%, $N-NH_4^+$ 1,0%);
- nitrato de potássio (K 36,5%, $N-NO_3^-$ 13%);
- MAP purificado ($N-NH_4^+$ 11%, P 26%) – deve ser utilizado quando o pH da solução for ligeiramente neutro ou alcalino, devido à presença do amônio, o qual pode promover a acidificação da solução⁽⁴⁾;
- MKP (K 29%, P 23%) – deve ser utilizado quando o pH da solução for ácido;
- sulfato de magnésio (Mg 10%, S 13%).

Os cálculos a seguir tomam como base a proporção de nutrientes na planta de alface (Tabela 10) e o percentual de nutrientes nos sais (Tabela 6 Tabela 7):

a) Cálculo do Ca: nitrato de Ca = $31/0,19 = 163,2 \text{ g m}^{-3}$ (o valor 31 indica a quantidade de Ca da Tabela 11; o valor 0,19 indica 19% de Ca no nitrato de cálcio da Tabela 7). Iniciou-se pelo nitrato de cálcio por ser a única fonte de Ca.

b) Cálculo do K: nitrato de potássio = $100/0,36 = 278 \text{ g m}^{-3}$.

c) Cálculo do P: MAP = $9/0,26 = 23 \text{ g m}^{-3}$.

d) Cálculo do Mg: sulfato de magnésio = $8/0,10 = 80 \text{ g m}^{-3}$.

e) Cálculo do N: N contido nos diferentes sais acima = $163,2 \times 0,145 + 278 \times 0,13 + 23 \times 0,11 = 62,3 \text{ g m}^{-3}$.

f) Caso o N resultante da soma das quantidades dos sais não seja suficiente, pode-se completá-lo com nitrato de Ca e/ou nitrato de K.

g) A composição da solução nutritiva básica, para atender à proporção entre os nutrientes, será (em g m^{-3}): 163,2 g de nitrato de Ca, 278 g de nitrato de K, 23 g de MAP e 80 g de sulfato de Mg; esta deverá ser corrigida para a condutividade elétrica (CE) desejada, $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$, por exemplo.

h) Para a estimativa da condutividade elétrica, multiplica-se a CE de uma solução em g L^{-1} de determinado sal (Tabela 7) pela quantidade do referido sal. Para a solução nutritiva básica, a CE estimada será: $163,2 \times 1,18 + 278 \times 1,28 + 23 \times 0,95 + 80 \times 0,88 = 641 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$ ou $0,64 \text{ mS cm}^{-1}$.

i) Para se obter a CE da solução nutritiva desejada ($\text{CE} = 1,5 \text{ mS cm}^{-1}$), devem ser multiplicados os valores de concentração de sais calculados no item g pelo fator de correção da CE ($\text{fce} = 1,50 / 0,64 = 2,3$), obtendo-se as concentrações finais dos sais (Tabela 12).

Tabela 12. Solução nutritiva final para a cultura da alface, corrigida para a condutividade elétrica desejada.

SAL PROPOSTO	SOLUÇÃO BÁSICA	SOLUÇÃO DESEJADA
	----- g m^{-3} -----	
<i>Nitrato de cálcio</i>	163,2	375,4
<i>Nitrato de potássio</i>	278,0	639,0
<i>MAP</i>	23,0	53,0
<i>Sulf. de magnésio</i>	80,0	184,0
<i>CE (mS cm^{-1})</i>	0,64	1,5

Para o cálculo da solução de micronutrientes, não há necessidade de correção da CE, pois as quantidades de sais alteram muito pouco a CE final da solução. Podem-se utilizar as concentrações consideradas adequadas

e preparar uma solução-estoque 10 vezes mais concentrada, chamada de “solução de micronutrientes 10X” (Tabela 13). Portanto, 1 m³ de solução nutritiva com CE de 1,50 mS cm terá: 375 g de nitrato de cálcio, 639 g de nitrato de potássio, 53 g de MAP, 184 g de sulfato de magnésio e 100 mL da solução de micronutrientes 10X.

Tabela 13. Composição de uma solução de micronutrientes 10 vezes mais concentrada, para alface.

MICRONUTRIENTE	SAL	TEOR	CONCENTRAÇÃO ADEQUADA ⁽¹⁾	QUANTIDADE DO SAL	SOLUÇÃO 10X
		%	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	g L ⁻¹
B	Ácido bórico	17	0,3	1,76	17,6
Cu	Sulfato de cobre	25	0,02	0,08	0,8
Fe	Fe-EDDHA	6	2,0	34,00	340,0
Mn	Sulfato de manganês	25	0,4	1,60	16,0
Mo	Molibdato de sódio	39	0,06	0,15	1,5
Zn	Sulfato de zinco	21	0,06	0,29	2,9

(1) Furlani et al. (1999).

Para a formulação de soluções nutritivas com a finalidade de estudos de deficiência de nutrientes, em particular dos macronutrientes, dois cuidados devem ser tomados: (i) utilizar apenas sais p.a.; (ii) utilizar apenas sais que não contenham o nutriente em estudo. Assim, quando se prepara uma solução que não contenha Ca, não se deve utilizar o nitrato de cálcio, mas nitrato de potássio e/ou nitrato de amônio, e assim por diante. Essas fórmulas com ausência do nutriente são facilmente calculadas mantendo o nutriente “zerado” na Planilha de Cálculo de Solução Nutritiva (COMETTI, 2010).

Na atualidade, há uma série de programas computacionais (incluindo aplicativos de celulares) que podem auxiliar no cálculo da formulação da solução nutritiva. Alguns deles são comercializados por universidades, como o Hidrocalc da UFV (LEITE et al., 1997) e o SOLUNUT 1.0 (MAIA & MORAIS, 1998). Entretanto, é possível a utilização de planilhas de cálculo eletrônico, como a já mencionada Planilha de Cálculo de Solução Nutritiva

e também o programa “HydroBuddy”, disponível em <<http://scienceinhydroponics.com>> (FERNANDEZ, 2018).

MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Reposição da Solução

Durante o crescimento das plantas em solução nutritiva, há absorção de água e nutrientes em proporções diferentes, com quantidades variáveis acumuladas no tecido vegetal. Os nutrientes, por sua vez, são absorvidos da solução nutritiva com velocidade diferenciada, conforme já abordado. Assim, o manejo da solução nutritiva deve contemplar essas peculiaridades a fim de alcançar o fim do ciclo de cultivo com o menor desbalançamento possível, constituindo um desafio a adequada reposição dos nutrientes e da água. Dos métodos disponíveis de reposição da solução nutritiva, podem-se listar:

a) Reposição da solução absorvida: esse método utiliza a solução básica para repor nutrientes e água absorvidos. Em condições de baixa umidade relativa do ar, alta velocidade do vento e alta temperatura, há perda de água por transpiração desproporcionalmente maior do que a absorção de nutrientes, provocando a concentração da solução nutritiva remanescente. Caso seja feita a reposição da solução na mesma concentração inicial, haverá aumento da concentração de sais na solução, elevando sua CE de modo considerável. A forma de solucionar o problema é monitorar a CE da solução e adicionar água pura para reduzi-la, quando necessário, ou efetuar a reposição com uma solução mais diluída do que a original.

b) Reposição de nutrientes e de água separadamente com análise química da solução: depois de efetuada a análise química da solução nutritiva, pode-se adicionar água para atingir o volume inicial de nutrientes por meio de soluções-estoque concentradas de cada sal. O custo de monitoramento da solução por esse método pode ser impeditivo, além de demandar certo tempo para a análise e de não traduzir de modo exato a necessidade de reposição dos íons.

c) Reposição de água e nutrientes separadamente por sistema automatizado, com uso de sensores de concentração dos íons: além do custo elevado dos eletrodos específicos para os íons, sua vida útil é

reduzida, por isso eles necessitam de calibrações frequentes. A esse método aplicam-se as considerações anteriores sobre a vida útil da solução.

d) Reposição de água e nutrientes separadamente, por meio do monitoramento da CE da solução: esse é o método mais utilizado nos dias atuais, na hidroponia comercial, além de ser aplicado às pesquisas em nutrição de plantas, pois é de baixo custo e permite acompanhamento da concentração total de sais da solução. A reposição de água pode ser efetuada de maneira instantânea, por meio de válvula de nível com boia, ou diariamente, de forma manual.

A medida da CE permite monitorar a absorção de nutrientes, pois, apesar de não fornecer a concentração de cada íon, a CE dá uma ideia da concentração total dos íons em solução. A reposição dos íons é feita com soluções-estoque concentradas, repondo-se apenas um volume de solução-estoque suficiente para elevar a CE para o valor inicial.

O descarte da solução nutritiva é efetuado apenas ao final de um ciclo de cultivo, reduzindo bastante o custo com nutrientes e análises químicas da solução. A vida útil da solução, em condições de cultivo hidropônico de hortaliças folhosas, no Brasil, tem sido entre 15 a 30 dias em sistemas NFT (técnica do filme de nutrientes), em que a solução nutritiva passa pelas raízes das plantas colocadas em um canal de cultivo e é recirculada a partir de um reservatório. Nas hidroponias comerciais, para facilitar o manejo, a troca total da solução pode ser feita a cada ciclo da cultura.

Preparo e Utilização de Soluções-Estoque

Para facilitar o manejo da reposição de nutrientes, é conveniente preparar soluções-estoque concentradas contendo todos os nutrientes na mesma proporção da solução nutritiva original. Para determinar a concentração máxima da solução-estoque, é necessário utilizar a solubilidade dos sais com o limite máximo (Tabela 14). Além disso, pode haver incompatibilidade entre sais que não permita que estes sejam colocados na mesma solução concentrada, destacando-se a incompatibilidade entre nitrato de Ca e os sais contendo P e S, por formarem precipitados de baixa solubilidade (Tabela 15).

Portanto, preparam-se duas soluções, intituladas “A” e “B”, em que o nitrato de Ca é colocado em apenas uma delas. Além disso, considerando-se

a possível presença de P e S no nitrato de K comercial, a recomendação é que ele seja parte integrante da solução B devido à possível formação de fosfatos e sulfatos de cálcio, que são sais insolúveis.

Utilizando, como exemplo de cálculo, a solução formulada para a cultura da alface e levando-se em conta que o nitrato de K possui solubilidade de 200 g L⁻¹ (Tabela 14), serão necessários 3,195 L para solubilizar os 639 g para a solução nutritiva (Tabela 16). Assim, o nitrato de K será utilizado como base para as soluções-estoque por ser o sal com maior quantidade de água necessária para solubilização.

Tabela 14. Solubilidade em água fria (0,5 °C) e quente (100 °C) e índice salino de alguns sais utilizados em hidroponia.

SAL	ÁGUA FRIA	ÁGUA QUENTE	ÍNDICE SALINO ⁽¹⁾
 g L ⁻¹		
<i>Ácido bórico</i>	19,5	389	
<i>Cloreto de potássio</i>	277	561	116
<i>Fosfato diamônio</i>	426	1063	34
<i>Fosfato monoamônio</i>	224	1730	30
<i>Nitrato de amônio</i>	1.183	8711	105
<i>Nitrato de cálcio</i>	1.000	6598	53
<i>Nitrato de potássio</i>	200	2471	74
<i>Nitrato de sódio</i>	-	-	100
<i>Sulfato de amônio</i>	704	1033	69
<i>Sulfato de cálcio</i>	Insolúvel		8
<i>Sulfato de magnésio(2)</i>	700	906	2
<i>Sulfato de manganês</i>	516	696	
<i>Sulfato de potássio</i>	67	239	46

Índice de salinidade relativo ao nitrato de sódio = 100. (2) Temperatura diferenciada para o sal: água fria = 20 °C; água quente = 40 °C. Fonte: Adaptado de Boodley (1996) e Resh (2002).

Tabela 15. Compatibilidade (C), compatibilidade reduzida (R) e incompatibilidade (I) entre diferentes fertilizantes. Fonte: Cometti et. al (2006).

Quelato de ferro, zinco, cobre e manganês														
C	Sulfato de ferro, zinco, cobre e manganês													
I	C	Ácido nítrico												
C	C	C	Ácido sulfúrico											
R	I	C	C	Ácido fosfórico										
C	C	C	C	C	Sulfato de magnésio									
R	I	C	C	C	I	Fosfato monoamônio (MAP)								
R	I	C	C	C	I	C	Fosfato diamônio (DAP)							
C	R	C	R	C	R	C	C	Sulfato de potássio						
C	R	C	R	C	R	C	C	C	Cloreto de potássio					
C	R	C	R	C	R	C	C	C	C	Nitrato de potássio				
C	I	C	I	C	I	I	I	I	C	C	Nitrato de cálcio			
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	Sulfato de amônio		
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	Nitrato de amônio		
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	Ureia

Tabela 16. Volume mínimo necessário para solubilizar os sais da solução nutritiva para a cultura da alface.

SAL	SOLUBILIDADE	SOLUÇÃO DESEJADA	VOLUME MÍNIMO
	g L ⁻¹	g 1000 L ⁻¹	L
Nitrato de cálcio	1000	375	0,375
Nitrato de potássio	200	639	3,195
MAP	220	53	0,24
Sulfato de magnésio	700	184	0,26

De acordo com as características de compatibilidade de soluções concentradas de fertilizantes, devem ser preparadas duas soluções concentradas A e B. Na solução A, há o nitrato de cálcio e a solução de micronutrientes, e na solução B, os demais: nitrato de potássio, MAP e sulfato de magnésio (Tabela 17).

O volume mínimo de água para dissolver os adubos da solução B é resultante da soma dos volumes para dissolver o nitrato de potássio (3,195 L), o MAP (0,24 L) e o sulfato de magnésio (0,26 L), ou seja, 3,695 L. Para simplificar, arredonda-se o volume para 5,0 L e dissolvem-se esses três fertilizantes e mais a solução de micronutrientes 10X. Para evitar erros e facilitar as diluições, é utilizado também o mesmo volume para dissolver

o nitrato de cálcio e o quelato de ferro. Para preparar 1.000 L de solução nutritiva com CE igual a $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$, podem ser utilizados 5 L da solução A mais 5 L da solução B.

Para a reposição da solução consumida, corrige-se o nível da solução com água pura, homogeneiza-se e mede-se a condutividade elétrica da solução por meio de um condutivímetro manual. A cada 10% de queda na CE ($0,15 \text{ mS cm}^{-1}$), utilizam-se 500 mL de cada solução-estoque para a correção da CE ao nível original em 1.000 L de solução nutritiva.

Tabela 17. Soluções-estoque A e B com sais individuais.

SOLUÇÕES-ESTOQUE	FERTILIZANTE	CONCENTRAÇÃO
		g L^{-1}
Solução A	Nitrato de cálcio	75
	Fe-EDDHA	6,8
Solução B	Nitrato de potássio	127,8
	MAP	10,6
	Sulfato de magnésio	36,8
	Micronutrientes 10X (mL)	20

De forma semelhante, para utilizar sais comerciais (Tabela 18), podemos preparar soluções estoque, adicionando 500 mL da solução A e 500 mL da solução B, para repor a CE $\cong 0,14 \text{ mS cm}^{-1}$ em 1000 L de solução nutritiva.

Tabela 18. Soluções-estoque A e B de fertilizantes comerciais.

FERTILIZANTE	SOLUÇÃO ESTOQUE (5 LITROS)	
	A	B
	Nitrato de Cálcio + Fe-ED-DHA	Hidrogood Fert
<i>Hidrogood Fert</i>	500 g + 30g	660g
<i>Dripsol Alface</i>	500 g + 10g	660g ⁽¹⁾
<i>Maxsol</i>	500 g + 30g	660g
<i>Kristalon 6-12-36</i>	500g	660g ⁽²⁾

(1) Adicionar 12 g de Conmicros Light; (2) Adicionar 25 g de Tensococktail.

CARACTERÍSTICAS DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS

Algumas características das soluções nutritivas são fundamentais para o crescimento das plantas, em especial a concentração, o pH e a temperatura da solução. Assim, para entender o comportamento de uma planta crescendo em uma solução nutritiva, é fundamental conhecer essas características para saber como manejá-las e como obter os resultados desejados, tanto nos experimentos dos estudos de pesquisa quanto na produção comercial em sistemas hidropônicos.

Concentração da Solução Nutritiva

A definição da concentração dos nutrientes na solução nutritiva é o segundo passo para sua formulação. A concentração adequada, independentemente da relação entre os nutrientes, vai depender, em primeiro lugar, do consumo de água, estabelecido pela taxa transpiratória da planta. Uma boa estimativa da água transpirada em relação ao crescimento de plantas de alface em hidroponia está em torno de 300 a 400 ml de água transpirada por planta dia.

Em condições de clima tropical, a alta transpiração contribui ainda mais para a redução do volume e o aumento da concentração da solução nutritiva. A absorção dos nutrientes, por sua vez, é determinada pela taxa de crescimento da planta. Por isso, é muito comum haver desequilíbrio entre a quantidade de água e a de nutrientes que a planta absorve da solução, ocorrendo aumento da CE da solução ao longo do dia, quando não há reposição da água, principalmente em regiões mais quentes do Brasil.

As primeiras soluções nutritivas utilizadas para o cultivo comercial de hortaliças são, atualmente, consideradas muito concentradas. Atualmente e para o sistema NFT (Técnica do Filme de Nutrientes) é possível reduzir de modo considerável sua concentração. Enquanto as primeiras soluções utilizavam CE de 2,5 a 3,0 mS cm⁻¹ para o cultivo da alface, na atualidade é comum a utilização de CE em torno de 1,0 a 1,5 mS cm⁻¹ (COMETTI, 2003).

A aplicação prática da concentração da solução na produção agrícola é especialmente importante em ambiente tropical. Altas concentrações, com temperaturas elevadas, podem levar ao aparecimento de queima de bordas em hortaliças folhosas ou deficiência induzida de Ca, enquanto baixas concentrações podem acarretar redução de sólidos solúveis em hortaliças de frutos, com consequente diminuição da qualidade comercial do produto (COMETTI et. al, 2018).

Em trabalho realizado em condições de alta temperatura do Estado do Rio de Janeiro, Cometti e outros autores (2008) encontraram o maior crescimento da alface com a solução proposta por Furlani (1997), diluída a 75% da concentração original, o que corresponde à CE próxima a $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$, porém sem diferença significativa entre plantas que foram cultivadas de $0,98$ a $1,84 \text{ mS cm}^{-1}$. No norte do Espírito Santo, também em condições de alta temperatura, as plantas de alface apresentaram maior crescimento em soluções com CE variando de $0,75$ a $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$ (Figura 2), também sem diferença estatística dentro dessa faixa de CE (BARBIERI et al., 2010).

Já Genuncio e outros autores (2006), ao cultivarem três híbridos de tomate em sistema hidropônico NFT, em altas temperaturas, verificaram que as diferentes concentrações iônicas das soluções nutritivas (50 a 100% da solução de Hoagland e Arnon) não influenciaram na produtividade e no acúmulo de massa dos tomateiros.

Portanto, em condições de altas temperaturas de ambiente tropical, as concentrações das soluções nutritivas devem ser adaptadas, com força iônica menor do que inicialmente preconizado nas formulações originadas de países de clima temperado. Assim, pondera-se que em climas tropicais, quanto maior a quantidade de sais na solução, maior será a restrição à absorção de água pelas raízes e, portanto, de nutrientes. Se a concentração de sais for muito alta, os vegetais poderão até mesmo perder água para o meio, ocorrendo injúrias que, dependendo da intensidade, podem causar morte das raízes e da planta.

O efeito salino de cada sal é variável, sendo utilizado, em geral, o nitrato de sódio como referência. Na prática, em soluções nutritivas, a salinidade pode se tornar um problema apenas quando a circulação da solução é interrompida por longos períodos em momentos de alta transpiração, podendo ocorrer acúmulo de sais na superfície das raízes.

A CE da solução também varia com sua temperatura. A cada cinco graus de temperatura, há o aumento da CE em torno de 11%. Dessa forma, uma solução com CE de 1 mS cm^{-1} a 25°C deverá apresentar, aproximadamente, CE de $1,11 \text{ mS cm}^{-1}$ a 30°C .

Temperatura da Solução Nutritiva

A temperatura da solução nutritiva apresenta três grandes implicações para as plantas, influenciando:

- a) diretamente na atividade metabólica, pois a temperatura é fator decisivo na atividade enzimática;
- b) diretamente na absorção dos íons, porque a absorção iônica pelas proteínas de transporte também segue o modelo da cinética de atividade enzimática e é dependente da temperatura;
- c) na oxigenação da solução, pois quanto maior a temperatura, menor a quantidade de gases dissolvidos, reduzindo a oxigenação e a respiração celular, responsável pela produção de energia para os processos metabólicos.

Em geral, a temperatura da solução nutritiva reflete a temperatura do ambiente, pois raramente os sistemas hidropônicos, comerciais ou de pesquisa possuem controle de temperatura. Assim, o conjunto de variáveis ambientais, associadas à temperatura, pode colaborar para a ocorrência de várias situações desfavoráveis ao metabolismo das plantas. Bremenkamp (2011) esquematizou a influência de temperaturas altas e baixas da solução nutritiva nas mudanças anatômicas e fisiológicas nas plantas (Figura 40).

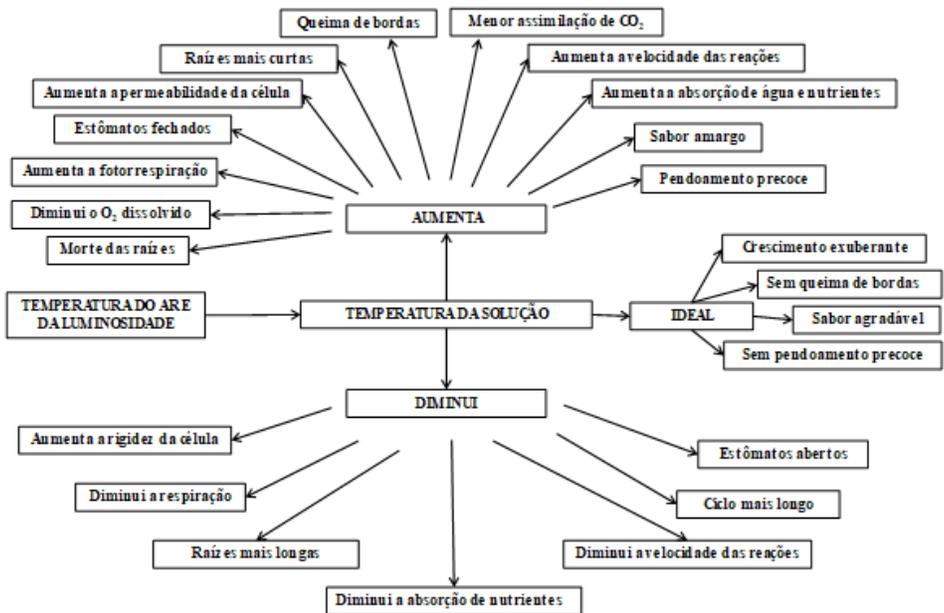


Figura 40. Esquema ilustrando os fatores que são afetados pela variação da temperatura da solução nutritiva. Fonte: Adaptada de Bremenkamp (2011).

Em geral, uma elevação de 10°C, na faixa entre 5 e 25°C, dobra a respiração das raízes. Por outro lado, abaixo de 5°C, há uma diminuição drástica da respiração das raízes, enquanto ao redor de 30°C ocorre um aumento considerável, porém não tão rápido como na faixa de 5-25°C. Temperaturas próximas ou superiores a 40°C diminuem a eficiência de respiração (BUCKERIDGE, 2008). Por outro lado, mudanças relativamente pequenas na temperatura da solução nutritiva podem ter impactos positivos no desenvolvimento das raízes (RODRIGUES, 2002).

A quantidade de oxigênio (O₂) dissolvido na solução nutritiva é inversamente proporcional à sua temperatura, pois, com o aumento da temperatura, o O₂ dissolvido desprende-se para a atmosfera. A ausência de oxigênio na solução pode levar à morte do sistema radicular. O teor de oxigênio dissolvido na solução nutritiva considerado ótimo para a maioria das culturas é de 8,6 mg L⁻¹, não devendo ser menor do que 5 mg L⁻¹, sendo esse valor considerado o limítrofe (JENSEN, 1997).

Assim, a temperatura ideal da solução nutritiva depende da cultura e da cultivar. Para alface, por exemplo, Bremenkamp (2011) concluiu que temperaturas máximas da solução nutritiva em torno de 24 a 26°C estão na faixa ideal e que apenas o controle da temperatura da solução nutritiva é suficiente para manter o crescimento das plantas, mesmo que a temperatura do ar em contato com a parte aérea alcance temperaturas maiores, acima de 30°C. No entanto, essas plantas, quando crescidas em temperatura da solução nutritiva acima de 30°C, mostraram redução no crescimento. Tal fato denota a importância no controle da temperatura da solução nutritiva, associado ao monitoramento e ao controle da temperatura do ar, em contato com a parte aérea, especialmente quando se trata de temperaturas acima de 30°C, para o cultivo da alface. Contudo, temperaturas mais baixas também reduzem o crescimento das plantas, ainda mais se estiverem abaixo de 15°C, por induzir a redução geral na velocidade do metabolismo. Além disso, há uma temperatura, chamada de “basal”, abaixo da qual a planta não consegue crescer, que, para a alface, está entre 6 e 7°C.

Várias técnicas de controle da elevação da temperatura da solução nutritiva podem ser utilizadas, tanto em vasos de experimentos quanto em sistemas comerciais:

- a) uso de serpentinas contendo líquido refrigerante interno mergu-

lhadas na solução, observando que não devem ser de cobre para não provocar toxidez do micronutriente;

b) refrigeração da própria solução em trocadores de calor;

c) refrigeração da solução em torres evaporativas;

d) banho dos vasos ou do reservatório da solução com líquido refrigerante (Figura 41);

e) torre de resfriamento (Figura 42).



Figura 41. Reservatórios de solução nutritiva banhados a água para refrigeração.

Fonte: Própria (2004).



Figura 42. Torre de resfriamento de solução nutritiva. Fonte: Própria (2004).

Independentemente do sistema de refrigeração utilizado, é fundamental evitar o contato da solução nutritiva com tubulações metálicas que possam liberar nutrientes, evitar a exposição da solução à luz, pois decompõe os agentes quelatantes, e manter a solução dentro de uma faixa ótima de temperatura para a espécie ou cultivar.

pH da Solução Nutritiva

Altas concentrações de H^+ na solução nutritiva podem desestabilizar as membranas celulares, provocando perda de íons e morte das células da raiz. As plantas podem suportar faixas de pH entre 4,5 e 7,5, sem grandes efeitos fisiológicos. Entretanto, efeitos indiretos, como a redução na disponibilidade de nutrientes, podem comprometer seriamente o crescimento das plantas, pois mudanças de pH podem favorecer a formação de espécies iônicas que não são transportadas de imediato para o interior das células, comprometendo a absorção do nutriente.

Além disso, e dependendo do pH da solução, há formação de complexos insolúveis. Em pH acima de 6,5, ocorre redução na disponibilidade de Mn, Cu, Zn, B, P e, sobretudo, Fe, enquanto há pequena redução na disponibilidade de P, K, Ca e Mg em pH abaixo de 5,0. Portanto, o pH da solução nutritiva recomendado para a maioria das culturas está entre 5,8 e 6,2, condição que permite a máxima disponibilidade dos nutrientes em geral (BUGBEE, 1995). Em solução nutritiva, Inoue e outros autores. (2000) observaram que a redução do pH abaixo de 4,2 afetou de maneira significativa o crescimento da parte aérea e do sistema radicular de alface.

Em plantas supridas com NH_4^+ e NO_3^- , o pH da solução pode cair no início em função da absorção NH_4^+ , mas, logo em seguida, voltar a subir assim que a absorção de NO_3^- se torne maior que a de NH_4^+ (Figura 43). Devido à queda do pH com a absorção do NH_4^+ , recomenda-se o suprimento apenas parcial do N na forma amoniacal (MAP, por exemplo), tornando a solução mais tamponada.

Portanto, é mais conveniente manter a solução nutritiva equilibrada em cátions e ânions para atender à demanda da planta do que tentar manter o pH em uma faixa estreita de valores por meio do uso de ácidos (sulfúrico, fosfórico, nítrico ou clorídrico) e bases fortes (hidróxido de Na, K ou NH_4^+) para reduzir ou elevar o pH do meio de crescimento, respectivamente.

A utilização de doses pequenas e contínuas de N-NH_4^+ de uma solução de sulfato de amônio pode manter o pH em $5,5 (\pm 0,5)$ durante todo o ciclo da cultura, sem que haja necessidade de lançar mão de ácidos fortes para baixar o pH da solução e sem comprometimento da produtividade da cultura (MARTINS et al., 2002).

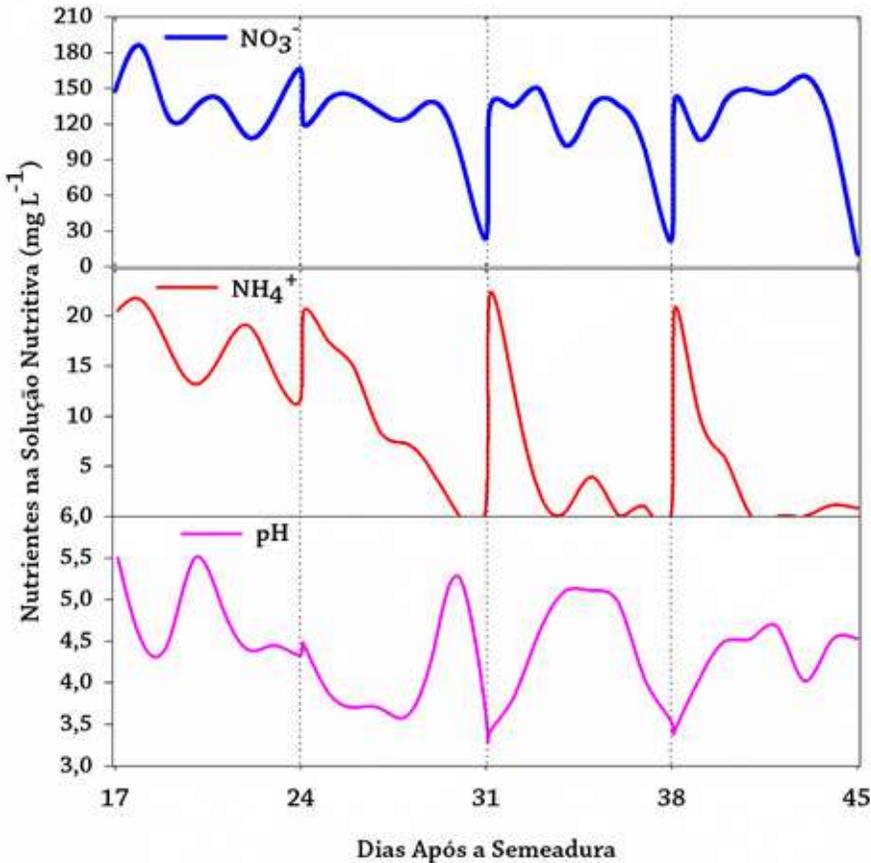


Figura 43. Variação na concentração de nitrato, amônio e pH da solução nutritiva em cultivo hidropônico (NFT) com alface cultivar Vera. A solução foi renovada por completo a cada sete dias e ajustada diariamente pela condutividade elétrica e pH com solução de hidróxido de sódio. Fonte: Cometti (2003).

CAPÍTULO 04

MANEJO DE PLANTAS EM NFT



Nilton Nélio Cometti

Gláucio da Cruz Genuncio

Pedro Roberto Furlani

Nesse item, vamos tratar do cultivo de alface em sistema NFT, desde a semeadura à colheita, apresentando as tecnologias mais simples e atuais.

A produção hidropônica, assim como a convencional, se inicia pela produção de mudas. A primeira tarefa é a escolha da variedade. Para alface, há muitas variedades do mercado, do tipo lisa, crespa, repolhuda, baby etc. As cultivares mais consumidas são as crespas. Tanto as lisas quanto as crespas, possuem variedades de inverno e verão. Como a maior parte do país possui um clima quente, as variedades de verão são objeto de estudo, pois a alface produz bem com temperaturas até 26°C. A partir daí, é um grande desafio para os produtores em hidroponia.

Algumas variedades de alface se consolidaram nos cultivos hidropônicos, dentre elas, Regina, Verônica, Vera (crespa), Vitória de Santo Antão,

Wanda etc. Após alguma experiência no cultivo hidropônico, o próprio agricultor deve fazer testes, para identificar qual variedade mais adaptada para sua região.

PRODUÇÃO DE MUDAS

O produtor pode comprar as mudas de empresas idôneas ou produzir suas próprias mudas utilizando sementes de boa qualidade, também de empresas idôneas. Para o cultivo hidropônico é conveniente a produção das próprias mudas, uma vez que normalmente as comercializadas são cultivadas em substratos orgânicos, que além de terem que passar por uma adaptação ao sistema, ainda podem causar algum tipo de problema de ordem fitossanitária ou entupimentos por liberar substrato.

Os primeiros sistemas NFT utilizavam uma piscina rasa com solução nutritiva, mantendo-se uma lâmina d'água de aproximadamente 5,0 cm, impermeabilizadas com filme plástico ou confeccionada em fibra de vidro, aonde eram colocadas bandejas de confecção de mudas de isopor. Nas células da bandeja eram colocados pequenos chumaços de algodão aonde era depositada a semente, que germinava e emitia as primeiras raízes. Depois essa mudinha era transplantada para o berçário.

Atualmente, a espuma fenólica é a tecnologia mais usada. As placas de espuma são encontradas em vários tamanhos, dependendo da cultura que se vai implantar. A espuma para alface vem em placas de 2 cm de altura, todas pré-marcadas em células de 2 x 2 cm, perfazendo, geralmente, 345 células por placa, e caixa com 15 placas (5175 células por caixa). Algumas espumas ainda vêm com muita acidez, portanto, devem ser bem lavadas para não provocar má germinação (Figura 44). A lavagem imperfeita de espuma pode acarretar má germinação, ou germinação desuniforme sobre a placa (Figura 45).

Semente é colocada em um orifício feito pelo agricultor numa profundidade de 5 mm, com a espuma previamente umedecida. A semeadura pode ser manual, mas há semeadoras mecânicas de fácil utilização que podem ser muito úteis em sistemas hidropônicos comerciais (Figura 46). Depois da germinação, a espuma semeada deve ser irrigada com água até a germinação. Então, passa a ser irrigada com solução nutritiva até o transplante.



Figura 44. Lavagem da espuma fenólica. Fonte: Própria (2003).



Figura 45. Má germinação devido à lavagem deficiente da espuma fenólica. Fonte: Própria (2015).



Figura 46. Sequência de semeadura utilizando a semeadora mecânica. Da esquerda para a direita: furação da espuma, distribuição das sementes, espuma semeada com semente de alface peletizada. Própria (2015).

Muitos produtores colocam as placas de espuma fenólica já germinada em bandejas aonde escorre solução nutritiva, reduzindo o trabalho de irrigação manual (Figura 47). Depois de aproximadamente 10 dias, essas

mudas, já com duas folhas verdadeiras, são destacadas (célula a célula) e transplantadas para o berçário (bancada com canais de $\varnothing= 40\text{mm}$), em espaçamento em torno de $10 \times 10 \text{ cm}$. O transplante deve iniciar sempre pelo início da bancada (berçário) descendo para o final mantendo sempre uma linha transversal de mudas (Figura 48). Para o transplante, escolhem-se inicialmente as mudas maiores, procurando homogeneidade pelo tamanho, pois nem sempre as mudas estão muito homogêneas em tamanho.



Figura 47. Bancada de irrigação para a germinação em espuma fenólica.

Fonte: Própria (2016).



Figura 48. Bancada de berçário com mudas de alface (esquerda), e pimentão (direita).

Fonte: Própria (2002).

Existem experimentos, ao qual é fornecida luz suplementar artificial durante o período noturno, visando à redução do ciclo vegetativo, já que a fase de “*seedling*” (sementeira) corresponde a cerca de 50% do ciclo da alface. Essa fase é encurtada durante os meses mais ensolarados e quentes. Geralmente são utilizadas lâmpadas de vapor de sódio de 1000 W. Há várias lâmpadas de LED específicas sendo desenvolvidas que emitem o comprimento de ondas entre 400 e 700 nm, visando fornecer luz de qualidade para as plantas. Esses LED, no entanto, ainda possuem limitação em potência para manter cultivos comerciais.

Depois de 15 a 20 dias, quando as mudas apresentarem 6 a 8 folhas verdadeiras, são novamente transplantadas, dessa vez para os canais definitivos de diâmetro e espaçamento maiores. Para alface, geralmente os canais são de $\varnothing=75\text{mm}$. Assim, na bancada definitiva, as plantas passam em torno de 20 dias (Figura 49). Nesse momento, toma-se o cuidado para não ferir as raízes durante o transplante, pois possibilita a entrada de fitopatógenos. O espaçamento pode ser variável na fase de crescimento, em função do tipo de variedade utilizada, condições locais de luminosidade, tipo de produto final desejado (pé de alface ou “maço de alface”) etc., normalmente os mais utilizados são: 18x20 cm; 25x25 cm e 30x30 cm. Em cultivo convencional, o ciclo da cultura da alface pode chegar a 70 dias. Na hidroponia, raramente passa de 50 dias (Tabela 19). No inverno, o ciclo da alface se alonga mais, e no verão pode ser muito encurtado, em torno de até 30%, em função da luminosidade e da temperatura ambiente. Caso o ciclo se alongue demais, deve ser checado se a solução nutritiva está corretamente balanceada, se a oxigenação e a vazão dos canais estão corretas, ou, finalmente, se não está ocorrendo algum problema fitossanitário (pragas e doenças).



Figura 49. Mudas recém transplantadas para o canal definitivo em NFT.

Fonte: Própria (2016).

Tabela 19. Resumo das principais fases do manejo de plantas em sistema NFT

FASE	O QUE ACONTECE	LOCAL	DURAÇÃO (DIAS)
<i>Semeadura</i>	Lavar bem a espuma fenólica e depositar a semente	Bandeja regada duas a três vezes por dia	-
<i>1º transplante</i>	Transplante das mudas com duas folhas verdadeiras para o berçário	Canais menores (Ø = 50 mm)	5 a 10
<i>Formação das mudas</i>	As mudas crescem lentamente	Canais menores (Ø = 50 mm)	10 a 20
<i>2º transplante</i>	As mudas são transplantadas com 6 a 8 folhas verdadeiras	Canais maiores (Ø = 75 mm)	-
<i>Crescimento final</i>	As plantas crescem rapidamente	Canais maiores (Ø = 75 mm)	20 a 30
<i>Colheita</i>	Plantas com porte de mercado entre 20 e 40 folhas, ou 200 e 400 g.		-
Total			50

COLHEITA

A atividade de colheita em hidroponia é um grande diferencial em relação ao cultivo convencional. A ergonomia das bancadas permite que a colheita seja feita em postura ereta, sendo algo prazeroso. A primeira coisa a fazer é fechar o registro de entrada da solução, inicia-se a colheita sempre pela parte da bancada aonde as plantas estão maiores (início da bancada), descendo para o final. Após a retirada da alface da bancada, é importante realizar a toailete, ou seja, retirar folhas queimadas, excesso de raiz, ou impurezas diversas (Figura 50).

Depois disso, as plantas são acondicionadas em embalagens específicas. Hoje, há sacos plásticos cônicos e perfurados, para evitar condensação de vapor interno, permitindo melhor exposição do produto (Figura 51). Nesse caso, é importante deixar as raízes dentro da embalagem para evitar a desidratação excessiva e rápida do produto, além de identificar a planta como tendo sido produzida em hidroponia devido à presença do

sistema radicular. Após a embalagem, as plantas são acondicionadas em caixas plásticas de supermercados, na proporção de 10 plantas por caixa. A entrega das caixas com as alfaces deve ser feita em no máximo três horas após a colheita.



Figura 50. Colheita de alface em NFT – planta necessitando toailete (esquerda), acondicionamento da colheita em caixas plásticas (centro) e bancada após a retirada das plantas. Fonte: Própria (2017).



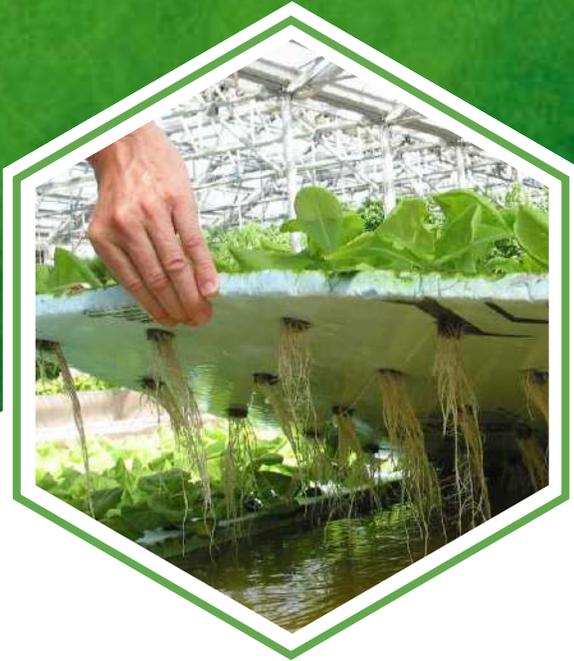
Figura 51. Alface hidropônica em embalagem específica. Fonte: fotos dos autores. Fonte: Própria (2018).

Na colheita, todas as plantas são retiradas, pois ao final da colheita a bancada deve ser limpa e, de preferência, sanitizada com cloro ativo (água sanitária). Depois da utilização de água sanitária, é obrigatório a passagem de água limpa para retirar qualquer resíduo de cloro. Caso seja possível, deixar a bancada em descanso por um dia, permitindo que qualquer resíduo de cloro volatilize.

Em regiões de altas temperaturas e presença de ventos, fatores que promovem a evapotranspiração excessiva da planta, convém diminuir a condutividade da solução nutritiva em relação a recomendada pela literatura, por observações próprias, sugerimos trabalhar na faixa de 0,7 à 1,3 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. O efeito de se trabalhar com uma solução entre 2,0 a 2,5 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ para as condições da baixada Fluminense, foi o murchamento das plantas nas horas mais quentes do dia. O ideal, porém, de difícil controle, seria o manejo diferenciado de concentrações, ou seja, ao longo do dia, uma solução mais diluída e nas horas de menor evapotranspiração, utilizar uma mais concentrada, porém, seria necessário a construção de outro reservatório. Este método, favorece o resfriamento da solução nutritiva utilizada nas horas mais quente, durante o período noturno, principalmente quando se utiliza de energia para tal fim (MARY, 1997).

CAPÍTULO 05

SISTEMA FLOATING OU "PISCINÃO"



Gláucio da Cruz Genuncio

Nilton Nélio Cometti

Pedro Roberto Furlani

Esse sistema é uma variação do *deep flow* (fluxo profundo). Sua constituição é muito simples. Um reservatório com uma profundidade que varia de 20 a 50 cm tipo piscina comporta toda a solução. Sobre a solução, placas flutuantes (geralmente de isopor) sustentam as plantas (Figura 52). O sistema possui algumas vantagens:

- a)** possui menor flutuação da temperatura da solução nutritiva devido ao volume;
- b)** corre menos riscos de perda de produção por falta de energia elétrica devido às raízes ficarem submersas o tempo todo;
- c)** possui menos possibilidade de perdas de solução por vazamentos que ocorrem no sistema hidráulico;
- d)** constitui-se em melhor aproveitamento do espaço sob a estufa.

Em contrapartida, o sistema tem apresentado algumas dificuldades, especialmente no ambiente tropical:

- a)** maior incidência de doenças, especialmente *Pythium*, devido ao excesso de umidade;
- b)** dificuldade em manter a oxigenação adequada às plantas;
- c)** possui o risco de perda de grande volume de solução em função de contaminação ou desbalanço iônico.

Em termos de aplicabilidade comercial, grande parte dos sistemas implantados no país sofreram revezes e foram descontinuados. Porém, ainda há produtores que utilizam o sistema com sucesso.



Figura 52. Sistema hidropônico estático tipo *floating* ou “piscinão”.
Fonte: Própria (2002).

CAPÍTULO 06

SISTEMA VERTICAL DE HIDROPONIA



Gláucio da Cruz Genuncio

Nilton Nélio Cometti

Pedro Roberto Furlani

Um sistema modificado do sistema tradicional de leitos horizontais é a Hidroponia Vertical, aonde tubulões com 15 a 30 cm de diâmetro de polietileno na posição vertical, preenchidos ou não com substratos (Figura 53), sustentam as plantas em orifícios ao longo do tubo. Nesse sistema a solução entra pela parte superior e desce por gravidade até um leito aonde é recolhida como no sistema NFT tradicional. Esse sistema, atualmente, é mais utilizado na produção de morango, aonde os tubos de polietileno flexível são preenchidos com palha de arroz carbonizada.

Apesar da possibilidade do cultivo de grande número de plantas por área, produtores que utilizaram o sistema não obtiveram sucesso em nível comercial, devido principalmente ao sombreamento das plantas da parte inferior.



Figura 53. Sistema hidropônico vertical e horizontal em camadas para morangueiro.
Fonte: Própria (2006).

CAPÍTULO 07

SISTEMA HIDROPÔNICO EM BANCADA TRIANGULAR



Nilton Nélio Cometti

É muito comum as pessoas nos perguntarem em cursos de capacitação sobre o melhor aproveitamento da estufa com sistemas hidropônicos em bancadas com seção triangular (muitos chamam piramidal). Há muitas iniciativas para seu uso, mas, comercialmente, não parece ser uma boa ideia pelo fato de que há um supersombreamento sobre uma das laterais do suporte, ou mesmo das plantas superiores sobre as inferiores. Além disso, a base mais larga do triângulo dificulta o manejo das plantas dos canais superiores. Na Figura 54, à direita, no cultivo de alface em bancada do seção triangular, é fácil notar o autossombreamento e sombreamento de uma bancada sobre a outra.



Figura 54. NFT com seção triangular de morango (esquerda) e alface (direita). Fotos dos autores. Fonte: Própria (2002).

CAPÍTULO 08

POSSIBILIDADES DIVERSAS EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS



Everaldo Zonta

Nilton Nélio Cometti

Wellington Mary

Como já havíamos comentado no início, os primórdios do cultivo sem solo remontam milênios. Porém, com as demandas atuais da sociedade, novas oportunidades também se abrem para a produção hidropônica além do que já se faz tradicionalmente em NFT, direcionado particularmente para a produção de hortaliças. Durante alguns momentos de estiagem, em algumas regiões brasileiras, os produtores de gado de leite lançaram mão da produção de milho hidropônico, suprindo a oferta de volumoso para o gado a partir do milho recém germinado (Figura 55).



Figura 55. Produção de milho hidropônico. Fonte: Própria (2004)

Na mesma linha da produção do milho hidropônico, para a alimentação humana há um crescente consumo de brotos, cujas sementes germinadas ganham qualidade nutricional, reduzindo alguns fatores antinutricionais e aumentando a presença de proteínas e vitaminas. Essa produção, em grande parte orgânica e feita em substrato, necessita conhecimentos e cuidados dedicados ao cultivo sem solo (Figura 56).



Figura 56. Brotos para consumo humano. Fonte: Própria (2018).

Além da alimentação, há vários produtores de flores utilizando a técnica, que também vem sendo utilizada em decoração de ambientes (Figura 57).



Figura 57. Cultivo de flores em NFT. Fonte: Própria (2004).

CAPÍTULO 09

NUTRIÇÃO MINERAL: PRODUTIVIDADE,
QUALIDADE E RESISTÊNCIA À PRAGAS E
DOENÇAS EM OLERÍCOLAS



Everaldo Zonta

Nilton Nélio Cometti

INTRODUÇÃO

A nutrição das plantas é interdisciplinar, relacionando-se a outras disciplinas, entre elas, as das Ciência do Solo, Fisiologia Vegetal, Bioquímica, Biologia, Química etc. Para a produção de vegetais, é necessário um entendimento de como as plantas adquirem, assimilam e utilizam os nutrientes, seja do solo, seja em sistema hidropônico. Os elementos sem os quais uma planta não se desenvolve (completa um ciclo) são denominados elementos essenciais. Estes por sua vez, de acordo com a “quantidade” requerida dividem-se em macro e micronutrientes. Fisiologicamente, cada um desses elementos exerce uma ou mais funções no metabolismo das plantas, e em consonância com os demais fatores de produção, o conjunto desses elementos garante o desenvolvimento/produção vegetal.

Na Tabela 20 pode-se visualizar os macro e micro nutrientes, suas principais funções e alguns compostos aonde estão presentes nas plantas.

Tabela 20. Macro e micronutrientes, funções fisiológicas e alguns compostos aonde estão presentes. Fonte: HAAG, 1987.

NUTRIENTE	FUNÇÃO	COMPOSTO
N	Participa de todo metabolismo vegetal.	Aminoácidos e proteínas, aminas, amidas, alcalóides, coenzimas, vitaminas, pigmentos.
P	Armazenamento e transferência de energia; papel estrutural	Ácidos nucleicos, fosfolipídeos, nucleotídeos
K	Regulação osmótica, síntese e estabilidade de proteínas, síntese de carboidratos	Encontrado principalmente na forma iônica nos vacúolos
Ca	Ativação enzimática, formação parede celular-permeabilidade	Pectatos, fitatos, oxalatos
Mg	Atividade enzimática, fotossíntese	Clorofila
S	Grupo ativo de enzimas e coenzimas	Cisteína, metionina, sulfolipídeos, coenzimas
B	Transporte de CHO, coordenação de fenóis	Borato
Cl	Fotossíntese	Cloreto
Cu	Enzimas, fotossíntese	Plastocianina, umecianina
Fe	Grupo ativo em enzimas, transportadores de e-	Ferrosóxina, peroxidase, redutase do nitrato, nitrogenase
Mn	Fotossíntese, metabolismo de ácidos orgânicos	Manganina
Mo	Fixação de N ₂ , redução de NO ₃ ⁻	Redutase do nitrato, nitrogenase
Zn	Enzimas	Anidrase carbônica, aldolase

Alguns elementos atualmente são considerados benéficos. Pode-se citar como exemplo, o Co, Na e Si. Sem esses elementos as plantas completam seu ciclo de “semente a semente”, porém, na presença deles, pode haver aumento substancial na produtividade, na qualidade ou resistência a pragas e doenças.

O estado nutricional em que a cultura se encontra, gerencia os efeitos fisiológicos que culminam, em última instância, na produção e qualidade, que passa diretamente pela “status” fitossanitário das plantas. O “status” nutricional, é em primeira instância um reflexo da disponibilidade dos elementos no substrato, e como consequência final, o desenvolvimento das plantas. Por outro lado, além da disponibilidade de nutrientes no substrato, claro está, que fatores relativos a eficiência do sistema absorptivo, intrínseco de cada espécie e/ou variedade contribuem no suprimento adequado de nutrientes a planta (Figura 58).

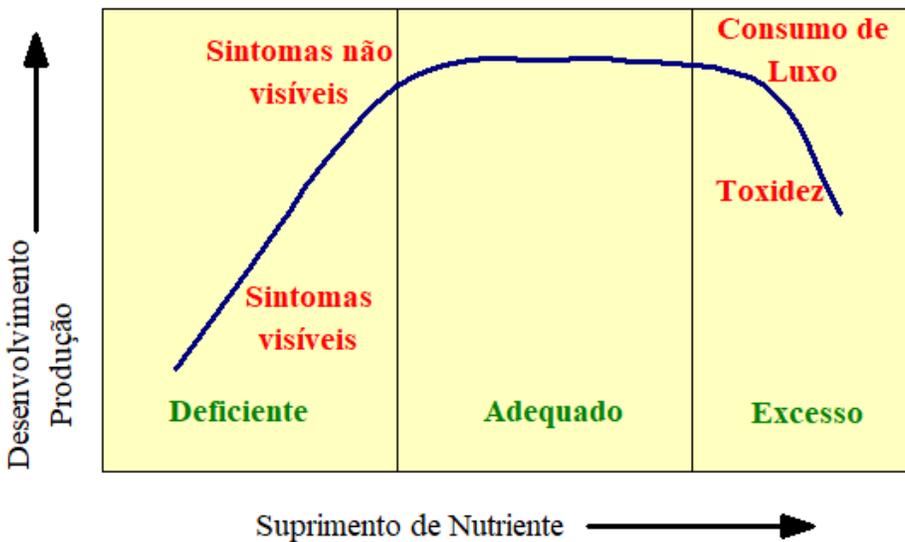


Figura 58. Relação entre disponibilidade de nutrientes e crescimento vegetal. Fonte: ilustração dos autores. Fonte: Própria (2018).

O substrato utilizado será sempre responsável por oferecer um suprimento adequado de nutrientes as plantas e o meio usual de reconstituir a parcela de nutrientes exportados pela colheita é a fertilização, seja ela na forma mineral ou orgânica. A forma racional de aplicação de fertilizantes, requer informações da disponibilidade destes elementos no solo, no mo-

mento da implantação da cultura. Por outro lado, quando já instalada, ou no caso de cultivo hidropônico, se faz necessário acompanhar o “*status*” nutricional das plantas. O uso de técnicas de análise do tecido vegetal tem gerado inúmeras pesquisas, determinando níveis adequados de cada elemento, para as diferentes fases de desenvolvimento da cultura. Frequentemente nos deparamos com plantas desnutridas, aonde o processo produtivo foi mal planejado desde a sua concepção. Surge então a necessidade de uma explanação aos sintomas visuais de deficiência ou toxidez. Porém, em culturas olerícolas, de retorno rápido, é possível, quando detectado na fase inicial reverter esse quadro.

Os sintomas de deficiência manifestam-se predominantemente nas folhas velhas ou novas, dependendo se o nutriente é em questão é facilmente translocado. Dessa forma pode-se considerar:

- Móveis: N, P, K, Mg, Cl, Mo;
- Pouco móveis: S, Cu, Fe, Mn, Zn;
- Imóveis: Ca, B.

Essa maior ou menor mobilidade tem relevância prática no seguinte sentido:

a) Ocorrendo diminuição do suprimento (solo/solução -> raiz), aparecem os sintomas de carência:

- Elementos móveis: folhas velhas
- Pouco móveis: folhas velhas (geralmente)
- Imóveis: Folhas e órgão mais novos

b) A cultura, exige um suprimento contínuo dos elementos pouco móveis e imóveis e havendo interrupção ou diminuição no suprimento, não haverá mobilização suficiente do nutriente para os novos órgãos.

Partindo-se deste princípio e tendo a clorose e necrose como critérios para a diagnose visual, obteve-se meios para visualizar desordens nutricionais (Tabela 21).

O motivo pelo qual o sintoma é quase sempre que típico, deve-se ao fato que um dado elemento exerce sempre as mesmas funções, qualquer que seja a espécie de planta.

Como regra, pode-se dizer, que a deficiência nutricional é mais específica do que a toxidez dos elementos, a menos que a toxidez de um elemento induza à deficiência de outro. Porém, para se fazer uma diagnose visual precisa, é necessário que se recorra a informações adicionais, como análise de solo e da planta, umidade do solo, condições climáticas, aplicação de fertilizantes, fungicidas, inseticidas, pesticidas, e, em alguns casos, o tipo de fertilizante que foi usado.

Tabela 21. Chave de princípios da diagnose visual das desordens nutricionais. Fonte: Marschner, 1995.

PARTE DA PLANTA	SINTOMAS PREVALECENTES	DESORDEM	
<i>(Deficiência)</i>			
Folhas maduras e velhas	Clorose	Uniforme	N (S)
		Internerval ou manchas	Mg (Mn)
	Necrose	Ponta ou marginal	K
		Internerval	Mg (Mn)
Apses e Folhas Novas	Clorose	Uniforme	Fe (S)
		Internerval ou manchas	Zn (Mn)
	Necrose		Ca, B (Cu)
	Deformações		<u>Mo</u> (Zn, B)
<i>(Toxidez)</i>			
Folhas Maduras e velhas	Necroses	Pontas	Mn (B)
		Pontas e Margens	B
	Clorose ou Necrose		Toxidez não específica

A seguir, descrevemos os principais sintomas de alguns macro e micronutrientes:

Deficiência de N

- Folhas amareladas (clorose), inicialmente nas mais velhas. Falta de clorofila.
- Crescimento reduzido e lento
- Queda de folhas (senescência precoce)

Deficiência de K

- Margens e pontas das folhas amareladas. Primeiramente as mais velhas
- Reduz altura da planta
- Sementes e frutos murchos e tamanho reduzido

Deficiência de P

- Arroxamento ou bronzeamento na planta, ou ainda cor verde azulada
- Crescimento raquítico
- Número reduzido de frutos e sementes
- Atraso no Florescimento

Deficiência de Ca

- Amarelecimento entre as nervuras e bordas de folhas novas, às vezes necrose (pontas queimadas em folhas novas de alface).
- Crescimento não uniforme da folha, emergência em forma de concha, tortas, as vezes com um gancho da ponta.
- Murchamento e morte das gemas terminais
- Desenvolvimento deficiente da raiz: cessação e morte das pontas; pelos inchados
- Nos frutos: reduz frutificação ou produção de frutos anormais; podridão

Deficiência de Mg

- Clorose severa entre as nervuras das folhas mais velhas, seguido de morte (necrose). Em algumas espécies, folhas amarelas viram alaranjadas, vermelhas ou roxas

Deficiência de Micronutrientes

Boro

- Folhas pequenas deformadas, com clorose irregular ou sem clorose, às vezes cor vermelho ou roxo.
- Morte dos ponteiros
- Chochamento dos bulbos (alho); cavidades negras nas raízes (cenoura); “cabeça” manchada e lesões negras (couve-flor); rachadura dos frutos (tomate).
- Quando em excesso causa necrose em folhas velhas

Zinco

- Redução de crescimento de folhas, caules e ramos e ramos laterais ou plantas anãs.
- Folhas novas pequenas com clorose entre as nervuras.
- Toxidez: redução dos internódios (similar à deficiência).

Manganês

- Pouco móvel, folhas novas cloróticas, entre as nervuras, seguidas branqueamento.
- Deficiência aguda: folhas anormais e necrose
- Toxidez: clorose (folhas cloróticas por carência de Fe; interação com este elemento), manchas necróticas ao longo das nervuras e encarquilhamento das folhas.

Ferro

- Clorose em folhas novas com nervuras verdes seguida de esbranqueamento.

Cobre

- Folhas verde escuras ou com pontas e margens cloróticas; folhas enrugadas
- Alface: “cabeças” menores

Molibdênio

- Clorose geral malhada, manchas amarelo esverdeadas em folhas mais velhas e depois necrose.
- Café: murcha das margens e encurvamento do limbo para baixo
- Tomate: encurvamento do limbo para cima.

NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUTIVIDADE

É indiscutível o efeito da nutrição mineral das plantas na qualidade dos produtos olerícolas, pois como já exposto, a perfeita integração dos processos fisiológicos culmina na produção. Uma planta está em perfeito estado nutricional apresenta em seus tecidos todos os macro e micronutrientes em quantidades e proporções não limitantes para o crescimento e produção em todas as fases de seu ciclo de vida. A dificuldade funcional de se esclarecer quais as quantidades e proporções, pode hoje ser afastada, já que uma vasta bibliografia se encontra a disposição, abrangendo uma variedade de estudos com relação aos elementos essenciais, interações entre estes e com o meio ao qual a planta está submetida.

A importância de cada elemento no processo produtivo é resenhada abaixo, de forma resumida, sem entrarmos no mérito das interações.

As Tabela 22 e Tabela 23 nos fornecem um panorama global dos principais efeitos dos nutrientes para as plantas.

Em alface, no caso de deficiência nutricional, o crescimento é retardado, há má formação da cabeça, e coloração verde-pálida das folhas, o que destitui de valor comercial o produto. Em tomate, o N e o P aumentam o número de frutos por planta (SILVA *et al*,1996) (Figura 59).

Tabela 22. Participação dos macronutrientes na formação e na qualidade da colheita.
 FONTE: Malavolta *et al*, 1989.

ELEMENTO	EFEITO
Nitrogênio	Estimula a formação e desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas; maior vegetação e perfilhamento; aumenta teor de proteína
Fósforo	Acelera formação de raízes; aumenta a frutificação; apressa a maturação dos frutos; aumenta o teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteína; ajuda a fixação simbiótica de nitrogênio
Potássio	Estimula desenvolvimento vegetativo; aumenta teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas; estimula o enchimento de grãos, diminuindo chochamento; promove armazenamento de açúcar e amido; aumenta a utilização de água; aumenta a resistência a secas, geadas, pragas e moléstias
Cálcio	Estimula o desenvolvimento das raízes; aumenta a resistência a pragas e moléstias; auxilia a fixação simbiótica de nitrogênio; maior pegamento das floradas;
Magnésio	Atua conjuntamente com o fósforo
Enxofre	Aumenta a vegetação e a frutificação; aumenta o teor de óleos, gorduras e proteínas;

Tabela 23. Participação dos micronutrientes na formação e na qualidade da colheita.

FONTES: Malavolta *et al*, 1989.

ELEMENTO	EFEITO
Boro	Colabora com o cálcio; germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico; motor pegamento da florada; aumenta granação; menor esterilidade masculina e chochamento de grãos
Cobre	Aumenta a resistência a doenças
Ferro	Fixação de nitrogênio
Manganês	Aumenta a resistência a doenças
Molibdênio	Fixação simbiótica de nitrogênio
Zinco	Estimula crescimento e frutificação

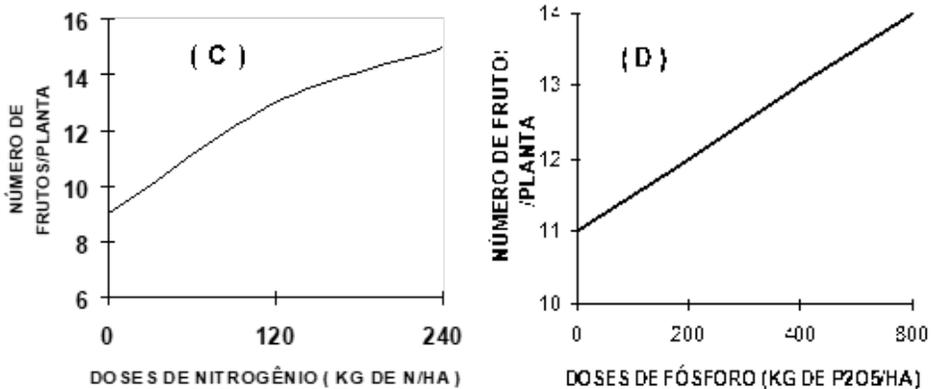


Figura 59. Efeito de nitrogênio e fósforo sobre o tomateiro. Fonte: Silva *et al*, (1997).

NUTRIÇÃO MINERAL E QUALIDADE

A qualidade da produção pode ser avaliada de duas formas distintas:

- qualidade nutricional;
- qualidade de mercado.

Tanto uma quanto a outra são importantes, seja para o produtor na procura de melhores preços, seja para o consumidor, na procura de produtos mais nutritivos e saudáveis. O perfeito estado nutricional das olerícolas na maioria dos casos (já que depende de outros fatores – climáticos e edáficos), garante produtos de excelente qualidade visual e nutricional.

Em pepino, carência de N pode gerar frutos deformados. Deficiência de K, em tomate, provoca desuniformidade dos frutos, bem como menor quantidade de polpa. Por outro lado, o K pode exercer efeitos indesejados nesta cultura, como esverdeamento dos frutos (HAAG, 1992).

O boro tem papel preponderante no aumento de triptofano das folhas de alface (Tabela 24).

Tabela 24. Relação entre suprimento de Boro e concentração de triptofano na matéria seca de alface. Fonte: Haag, 1992.

B na solução (mg L ⁻¹)	Triptofano na matéria seca (mg Kg ⁻¹)
0,00	1,27
0,22	1,36
0,44	2,17
1,08	2,55

NUTRIÇÃO MINERAL E RESISTÊNCIA A PRAGAS E DOENÇAS

O efeito do nível nutricional das plantas que é quase sempre analisado em termos de aumento de produtividade, tem também efeitos na qualidade do produto colhido e na resistência a pragas e doenças (Figura 60).

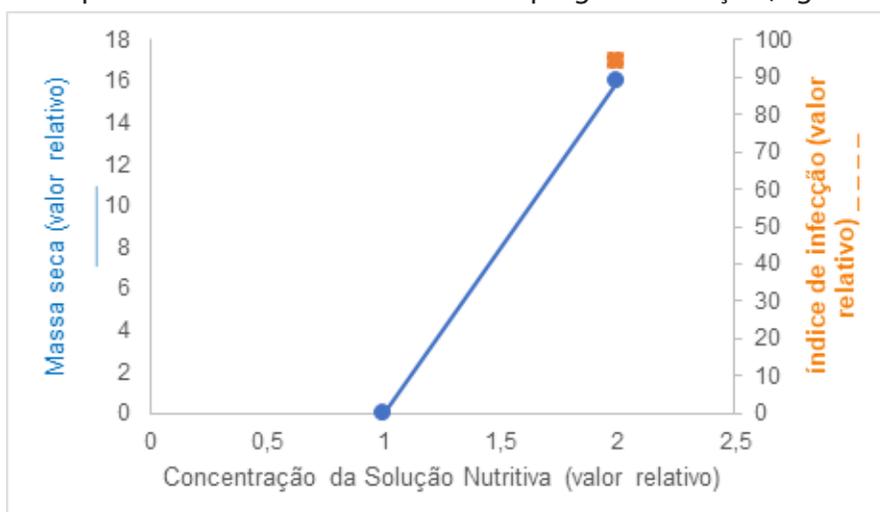


Figura 60. Efeito da concentração da solução nutritiva na produção e índice de infecção por *Xanthomonas* sp (Marschner, 1995).

Princípio da Resistência

Devido ao efeito no padrão de crescimento, na morfologia e anatomia e particularmente na composição química das plantas, os nutrientes podem aumentar ou diminuir a resistência das plantas às pragas e doenças (Figura 61).

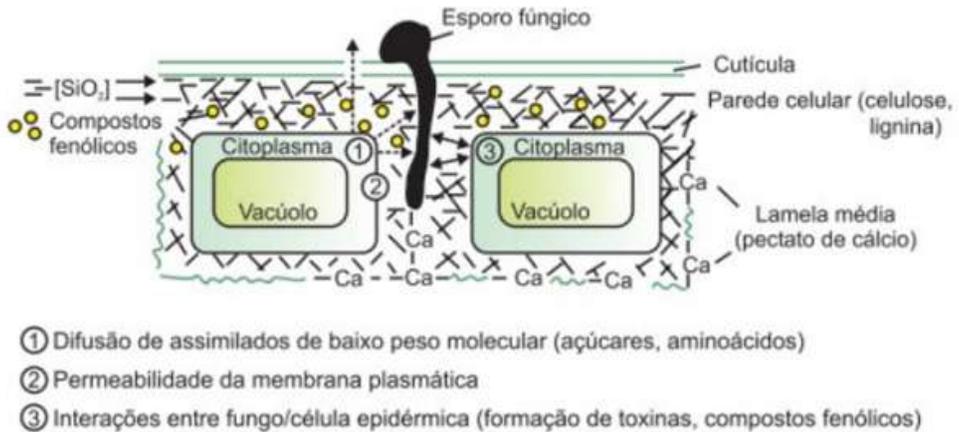


Figura 61. Representação esquemática da penetração de uma hifa de fungo da superfície da folha em direção à camada de células epidérmicas (via apoplasto) e alguns fatores que afetam a penetração e a taxa de crescimento da hifa, relacionados com a nutrição mineral da planta. (Fonte: Adaptado de Marschner, 1995).

A resistência pode ser aumentada por mudanças na anatomia (por exemplo: células epidérmicas mais espessas e com maior grau de lignificação e/ou silificação). A resistência pode ser particularmente aumentada pela alteração nas respostas da planta aos ataques parasíticos por meio do aumento da formação de barreiras mecânicas (lignificação) e da síntese de toxinas (fitoalexinas). Uma aparente resistência pode ser alcançada quando existe uma assincronia entre os estágios de crescimento mais suscetíveis da planta hospedeira e o período de maior atividade dos patógenos e pragas, ou seja, quando a sazonalidade dos dois fatores não coincide (MARSCHNER, 1995). De acordo com ele, há pouca informação sobre o efeito do estado nutricional da planta nos mecanismos de defesa contra bactérias e viroses. No entanto, há claras evidências da ação contra doenças causadas por fungos e contra o ataque por pragas.

As substâncias que participam do sistema de defesa são oriundos do chamado “metabolismo secundário” e a sua síntese demanda um consumo adicional e considerável de nutrientes. A Teoria da Trofobiose estuda a dependência estreita entre o estado nutricional da planta e seu parasita. Mas, está claro, que no caso das doenças fisiológicas nas superfícies de raízes e folhas, a proteção por meio da nutrição mineral balanceada será o resultado de:

- eficiente barreira física, evitando a penetração das hifas, através de cutícula espessa lignificação e/ou acumulação de silício na camada de células epidemais;
- melhor controle da permeabilidade da membrana citoplasmática, evitando assim a saída de açúcares e aminoácidos (de que se nutrem os patógenos) para o apoplasto, ou espaço intercelular;
- formação de compostos fenólicos, com distintas propriedades fungistáticas.

O papel dos nutrientes na prevenção de doenças

A alta concentração de nitrogênio reduz a produção de compostos fenólicos (fungistáticos) e de lignina das folhas, diminuindo a resistência as doenças

O excesso N aumenta também a concentração compostos nitrogenados nas plantas, que aparentemente têm maior influência no desenvolvimento das doenças fúngicas, de acordo com a Tabela 25.

Tabela 25. Efeitos dos níveis de nitrogênio e de potássio na severidade de doenças em hidroponia. Fonte: Kiraly (1976).

Doença	Nível de N		Nível de K	
	Baixo	Alto	Baixo	Alto
<i>Erysiphe</i> sp	+	+++	++++	+
<i>Alternaria</i> spp.	+++	+	++++	+
<i>Fusarium oxysporum</i>	+++	+	++++	+
<i>Xanthomonas</i> spp.	+++	+	++++	+

++++: indica menor resistência a doença e dano mais severo

O potássio tem ação clara, bem definida, na resistência às doenças causadas por fungos e bactérias. Quanto ao fósforo, apesar de estar en-

volvido na formação de uma série de compostos bio-orgânicos, a sua ação na resistência as doenças é variável e permanece não ser muito evidente (KIRALY, 1976).

Nitrogênio

A alta concentração de nitrogênio reduz a produção de compostos fenólicos (fungistáticos) e de lignina das folhas, diminuindo a resistência aos patógenos obrigatórios, mas não dos facultativos. O excesso N aumenta também a concentração de aminoácidos e de amidas no apoplasto e na superfície foliar, que aparentemente tem maior influência que os açúcares na geminação e no desenvolvimento dos conídios (MARSCHNER, 1995), favorecendo, pois, o desenvolvimento das doenças fúngicas. Kiraly (1976) mostra que o efeito do nitrogênio alto predispõe as plantas às doenças fúngicas enquanto aumenta sua resistência a doenças bacterianas (Tabela 26 e Tabela 27).

Em sentido inverso, como regra, todos os fatores que favorecem as atividades metabólicas e de síntese das células hospedeiras e que atrasam a senescência da planta hospedeira (por exemplo: boa oferta de nitrogênio) também aumentam a resistência aos parasitas facultativos, que preferem tecidos senescentes, assim, um perfeito equilíbrio na nutrição mineral das olerícolas pode-se levar a produções ótimas.

Tabela 26. Efeitos dos níveis de nitrogênio e de potássio na severidade de doenças em hidroponia. Fonte: Kiraly (1976).

Doença	Nível de N		Nível de K	
	Baixo	Alto	Baixo	Alto
<i>Erysiphe</i> sp	+	+++	++++	+
<i>Alternaria</i> spp.	+++	+	++++	+
<i>Fusarium oxysporum</i>	+++	+	++++	+
<i>Xanthomonas</i> spp.	+++	+	++++	+

++++: indica menor resistência a doença e dano mais severo

Tabela 27. Sumário tentativo dos efeitos dos níveis de nitrogênio e potássio na severidade de doenças causadas por patógenos. (Fonte: Kiraly, 1976).

Patógeno e doenças	Nível de N		Nível de K	
	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Patógenos obrigatórios				
<i>Puccinia</i> spp. (ferrugens)	+	+++	++++	+
<i>Erysiphe graminis</i> (oídios)	+	+++	++++	+
Patógenos facultativos				
<i>Alternaria</i> spp. (manchas foliares)	+++	+	++++	+
<i>Fusarium oxysporum</i> (murcha e podridão)	+++	+	++++	+
<i>Xanthomonas</i> spp. (manchas e murcha bacteriana)	+++	+	++++	+

Observação: +++++ = dano mais severo ou menor resistência às doenças

Potássio

A deficiência de potássio provoca o acúmulo de aminoácidos (que contribuem para a degradação dos fenóis) e de açúcares solúveis, que são nutrientes de patógenos. Ela também retarda a cicatrização das fendas, favorecendo a penetração dos patógenos. O potássio tem ação clara, bem definida, na resistência às doenças causadas tanto pelos patógenos obrigatórios; como pelos facultativos (Tabela 27).

Fósforo

Apesar de estar envolvido na formação de uma série de compostos bio-orgânicos e em processos metabólicos de vital importância para planta, sua ação na resistência às doenças é variável e parece não ser muito evidente (KIRALY, 1976). No entanto, é preciso lembrar que no solo o fósforo pode reduzir a disponibilidade de Fe, Mn e Zn, os quais estão envolvidos no mecanismo de resistência das plantas às doenças. Assim, indiretamente, um desbalanço (excesso) de fósforo poderia afetar a sanidade das plantas.

Cálcio

O conteúdo de cálcio no tecido das plantas afeta a incidência das doenças parasíticas de duas maneiras:

- o cálcio é essencial para a estabilidade das biomembranas: quando seu nível é baixo, há aumento do efluxo de compostos de baixo peso molecular do citoplasma para o apoplasto;
- os poligalacturonatos de cálcio são requeridos na lamela média para a estabilidade da parede celular. Muitos fungos parasíticos e bactérias invadem o tecido vegetal através da produção extracelular de enzimas pectolíticas como a poligalacturonase, que dissolvem a lamela média. A atividade dessa enzima é inibida pelo cálcio.

O cálcio é essencial para a estabilidade das biomembranas, o que confere a estabilidade do funcionamento de toda a planta. O cálcio está envolvido na resistência a várias doenças, conforme mostra a Tabela 28.

Tabela 28. Efeito do cálcio sobre algumas doenças (Fonte: Kiraly, 1976).

Patógeno	Baixo Ca	Alto Ca
<i>Erwinia phytophthora</i>	++++	+
<i>Rhizoctonia solani</i>	++++	+
<i>Sclerotium rolfsii</i>	++++	++
<i>Fusarium oxysporum</i>	++++	+

Observação: ++++ = dano mais severo ou menor resistência às doenças

Silício

Apesar de não ser um nutriente reconhecido como essencial, o silício é um elemento presente em grande quantidade na maioria das plantas. Basta dizer que o nível considerado crítico na folha do arroz é de 5%. O seu papel na resistência parece estar diretamente relacionada com a concentração de silício na solução e nas folhas jovens. À medida que a folha envelhece, sua resistência intrínseca aumenta rapidamente e se torna virtualmente completa, tanto com baixo como com alto suprimento de Si (Volk et al., 1958).

Micronutrientes

De acordo com Marschner (1995), os mesmos princípios governam o efeito tanto de macro como de micronutrientes na resistência às doenças: a deficiência nutricional leva ao acúmulo de substâncias orgânicas de baixo peso molecular que reduzem a resistência das plantas. Atuam também

na lignificação e na síntese de fitoalexinas. Na prática, os resultados de pesquisas citados na literatura têm sido contraditórios e ainda inconclusivos. Isto poderia ser devido a uma série de interferências que os micronutrientes sofrem na disponibilidade e absorção.

Sabendo-se da importância dos micronutrientes nos processos bioquímicos que conferem resistência das plantas as doenças, é preciso tomar todas as precauções para evitar possíveis deficiências.

Mais que a ação isolada de cada nutriente, o equilíbrio nutricional parece ser de suma importância à sanidade vegetal, devido à complexidade dos efeitos antagônicos e/ou sinérgicos existentes entre os macro e os micronutrientes.

CAPÍTULO 10

GESTÃO DA PRODUÇÃO HIDROPÔNICA



Nilton Nélio Cometti

A maioria dos livros sobre hidroponia trata muito bem os processos de produção pela planta, pelo sistema e pela estrutura, mas não abordam a gestão da produção. Controlar o que se produz, custo de produção e regularidade na entrega do produto também é fundamental para o sucesso do negócio. Não vamos aprofundar em administração agrícola, mas vamos tratar de algumas dicas legais para o negócio.

A produção de uma hidroponia pode ser controlada por dia ou por semana. Como as entregas geralmente são semanais, em cada local se entrega duas a três vezes por semana, agrupar a quantidade de maços de verduras ou mesmo pés de alface por semana, pode ser uma estratégia mais interessante. Assim, muitos produtores colocam etiquetas em pequenas plaquetas para indicar a idade das plantas nas bancadas. Mas, antes disso,

as bancadas serão numeradas, visando o controle mais global da produção. Cada bancada, em uma hidroponia comercial, geralmente é transplantada ou colhida integralmente, às vezes são várias bancadas colhidas por dia. Assim, devemos ter dois controles: o primeiro é o controle por bancada, sabendo-se exatamente como ela se comporta ao longo do tempo. Por isso é fundamental ter a data de entrada e de saída, ou seja, a data de transplante e de colheita (Tabela 29). Além desse controle por bancada, necessitamos um controle mais global, que totalize as mudas transplantadas e colhidas naquela semana (Tabela 30). Nessa planilha, para os berçários anotamos o valor quando as mudas foram retiradas, e para a produção (bancadas definitivas), quando as plantas foram colhidas para serem comercializadas. Com essa tabela, o produtor pode anotar semanalmente qual bancada teve sua produção concluída. Com isso, ele pode totalizar e fazer uma previsão da produção, pois a cada 15 a 20 dias o berçário semeado poderá ser transplantado, e a cada 15 a 20 dias, a bancada definitiva transplantada será colhida. A Tabela 30 possui 5 semanas, que totalizariam um mês, mas poderia ter muito mais, dependendo do interesse do produtor. A última linha da planilha é o totalizador da semana. À medida que a hidroponia segue na produção, por esses totalizadores, o produtor acompanha a evolução da produção semana-a-semana, permitindo tanto saber o que está sendo produzido, o desempenho das bancadas e a programação de produção para as semanas seguintes.

Tabela 29. Exemplo de planilha usada por produtor em uma hidroponia com 28 bancadas para controle de produção de mudas e de plantas adultas por bancada.

BANCADA	TIPO	NÚMERO DE FUROS	DATA			TOTAL
			Entrada	Saída prevista	Saída ocorrida	
1	Berçário	986				
2	Berçário	1188				
3	Berçário	1260				
4	Berçário	1045				
5	Produção	462				
6	Produção	462				
7	Produção	468				
8	Produção	468				

9	Produção	474				
10	Produção	474				
11	Produção	539				
12	Produção	546				
13	Produção	539				
14	Produção	539				
15	Produção	553				
16	Produção	560				
17	Produção	546				
18	Produção	553				
19	Produção	462				
20	Produção	456				
21	Produção	535				
22	Produção	529				
23	Produção	507				
24	Berçário	1356				
25	Produção	560				
26	Produção	560				
27	Produção	656				
28	Produção	656				
TOTAL	Berçário	Produção				
	5835	12104				

Tabela 30. Exemplo de planilha usada por produtor em uma hidroponia com 28 bancadas.

BANCADA	TIPO	NÚMERO DE FUROS	SEMANA					TOTAL
			1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	
1	Berçário	986						
2	Berçário	1188						
3	Berçário	1260						
4	Berçário	1045						
5	Produção	462						
6	Produção	462						
7	Produção	468						
8	Produção	468						
9	Produção	474						
10	Produção	474						
11	Produção	539						
12	Produção	546						
13	Produção	539						
14	Produção	539						
15	Produção	553						
16	Produção	560						
17	Produção	546						
18	Produção	553						
19	Produção	462						
20	Produção	456						
21	Produção	535						
22	Produção	529						
23	Produção	507						
24	Berçário	1356						
25	Produção	560						
26	Produção	560						
27	Produção	656						
28	Produção	656						
TOTAL	Berçário	Produção						
	5835	12104						

Além do acompanhamento da produção, o produtor deve ter o controle de receitas e despesas, visando manter a máxima eficiência econômica do sistema. Assim, o produtor deve ter um controle mensal das vendas e da receita gerada, que pode ser acompanhada pela Tabela 31. Da mesma forma, deve haver uma planilha para as despesas mensais, como a Tabela 32.

Tabela 31. Planilha de acompanhamento das vendas e das receitas mensais de uma hidroponia.

DATA	LOCAL DE ENTREGA	PRODUTO	QUANTIDADE	RECEITA (R\$)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Total				

Tabela 32. Planilha de acompanhamento das despesas mensais de uma hidroponia.

	Data	MATERIAL ADQUIRIDO OU SERVIÇO REALIZADO	Custo unitário (R\$)	Quantidade	Despesa (R\$)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Total					

Ao final do mês, o balanço final é feito entre receitas e despesas, resultando no valor líquido, que é o lucro. Para calcular o lucro, basta diminuir a despesa da receita (Tabela 33). Tudo isso deve ser adaptado à realidade de cada um, mas na essência, a administração dos recursos é bem simples, mas deve ser feita.

Tabela 33. Planilha de acompanhamento do lucro mensal de uma hidroponia.

	MÊS	RECEITAS (R\$)	DESPESAS (R\$)	LUCRO (R\$)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
Total				

CAPÍTULO 11

HIDROPONIA CASEIRA



Nilton Nélio Cometti

A hidroponia ganha cada vez mais adeptos nas cidades. Por isso, torna-se uma forma urbana de produzir alimentos saudáveis em pequenos espaços. Empresas de hidroponia também se ocupam em produzir pequenos sistemas, vendendo para cidadãos comuns que não tem relação alguma com o perfil de agricultor, mas que tem produzido com sucesso. Então, para um técnico que atue no segmento, vamos dedicar um espaço para a hidroponia urbana e detalhar a construção de uma bancada a partir material facilmente encontrado em lojas de material de construção, casas de PET, casas de produtos agrícolas e de equipamento de irrigação.

Nosso objetivo, agora, é a construção de uma bancada hidropônica, tipo caseira. Os conhecimentos adquiridos anteriormente serão úteis, porém, neste capítulo, trataremos de conhecimentos simplificados para que leigos possam construir e manejar com sucesso uma hidroponia caseira.

CONHECIMENTOS DE PLANTAS E HIDROPONIA PARA LEIGOS

a) O que é hidroponia?

Hidroponia é cultivar as plantas fora do solo. Nós, aqui, vamos aprender a construir um sistema simples para crescer plantas fora do solo e sem solo, apenas usando tubos de PVC e solução nutritiva.

b) O que as plantas precisam para crescer?

Vamos dividir as plantas em duas partes: parte aérea e raízes. Na parte aérea, mais precisamente nas folhas, as plantas possuem clorofila que faz fotossíntese, produzindo tudo que a planta precisa para crescer. Então, na parte aérea são produzidos os açúcares, as proteínas, os lipídeos, as vitaminas etc. Nas raízes, as plantas não produzem, mas gastam energia para crescer e absorver os nutrientes necessários.

Pela parte aérea as plantas absorvem, normalmente, o gás carbônico e a luz. Pelas raízes, absorvem a maior parte da água, dos nutrientes e do oxigênio para a respiração.

c) E quais são os nutrientes necessários ao crescimento das plantas?

As plantas precisam de alguns nutrientes em maior quantidade (macronutrientes) e outros em menor (micronutrientes), totalizando 13 nutrientes. Em maior quantidade são: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Já os micronutrientes são o boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn).

Além de tudo isso, a temperatura ideal (geralmente próxima a 25oC para a maioria das culturas) é fundamental.

Portanto, para crescerem bem, as plantas precisam de temperatura, luz, água, nutrientes e oxigenação da raiz.

QUE SISTEMA HIDROPÔNICO IREMOS CONSTRUIR?

Iremos construir o sistema hidropônico chamado NFT (*Nutrient Film Technique*, que traduzido para a língua portuguesa ficou como "técnica do filme de nutrientes"). Nesse sistema, a solução nutritiva é bombeada de um reservatório para um canal de PVC inclinado, com furos para a colocação das mudas de plantas, aonde a solução escorre formando uma pequena lâmina ou filme, passa pelas raízes e retorna por gravidade para o reservatório (Figura 62).

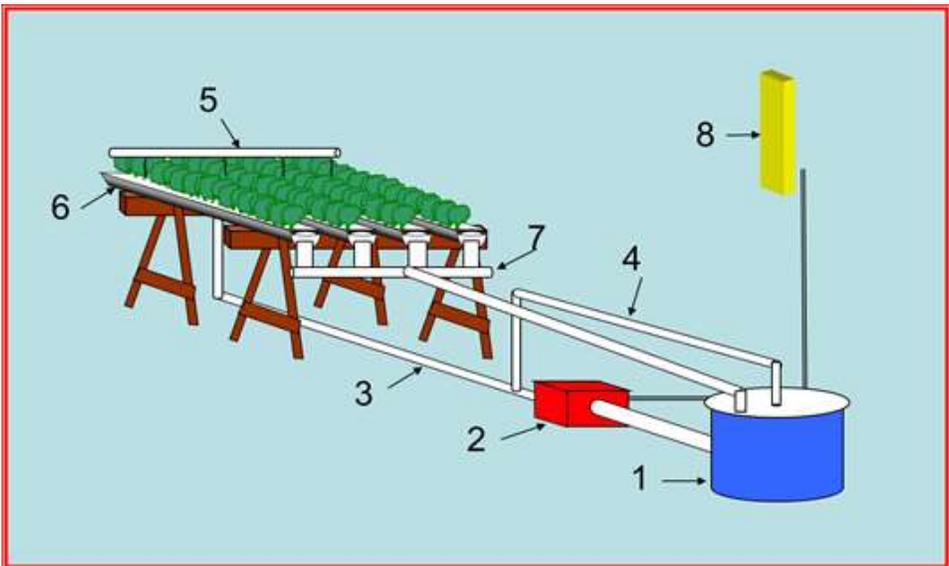


Figura 62. Sistema hidropônico NFT. Fonte: Própria (2003).

1. Reservatório de solução
2. Bomba hidráulica
3. Tubulação de distribuição da solução
4. Tubo de retorno para oxigenação da solução
5. Barrilete de distribuição da solução nos canais
6. Canal de cultivo das plantas
7. Dreno para recolhimento da solução nutritiva
8. Controle e automação (temporizador)

VAMOS FALAR UM POUCO SOBRE CADA PARTE DO SISTEMA.

a) Reservatório de solução

O reservatório pode ser uma caixa de PVC, fibra de vidro, fibrocimento, polietileno, ou qualquer outro material plástico inerte. Nunca deveremos usar metal ou qualquer material que libere metais nutrientes ou material tóxico para as plantas. O tamanho do reservatório varia com o número de plantas. Por exemplo, para cada planta de alface (adulta), devemos prever no mínimo dois litros de solução nutritiva. Para nossa bancada de hidroponia, com 15 plantas de alface adulta, deveremos usar um balde plástico de 30 L.

b) Bomba hidráulica

A bomba hidráulica, geralmente é do tipo centrífuga, podendo ser periférica ou submersa. O cálculo da bomba envolve dois valores para chegar ao seu tamanho. O primeiro é a altura manométrica (pressão). Como a bancada não terá mais do que um metro de altura, uma bomba que dê a pressão de 10 metros de coluna de água (m.c.a.) é suficiente para a maioria dos sistemas hidropônicos. Para a nossa bancada, que terá 70cm de altura, podemos usar uma bombinha submersa de aquário que atinja 1,5 m.c.a. O outro valor necessário é a vazão da bomba. Para cada canal de cultivo de plantas adultas de alface, por exemplo, necessitamos uma vazão de pelo menos 1,5 L/min. Como teremos 6 canais, devemos ter pelo menos 9 L/min, ou 540 L/hora. Assim, vamos utilizar uma bombinha de aquário da marca Sarlo Better, modelo S520, com de 1,4 mca e 520 L/h, que atenderá bem a uma bancada curta como a nossa.

c) Tubulação de distribuição da solução

A solução é bombeada do reservatório para os canais por meio de um tubo, geralmente de PVC. Em sistemas hidropônicos comerciais, geralmente é utilizado um tubo de 32mm de diâmetro (\emptyset). Para nossa bancada, usaremos uma mangueira flexível de borracha com $\emptyset = \frac{1}{2}$ " (polegada).

d) Tubo de retorno para oxigenação da solução

Logo depois da saída de água da bomba, os sistemas comerciais utilizam uma saída de água que retorna ao reservatório antes de ir para os ca-

nais de cultivo com a finalidade de oxigenar a solução. Nele, há uma peça com estreitamento e um furo para entrada do oxigênio, chamada tubo de Venturi. Na nossa bancada, por ser pequena e com rápido retorno da solução, não há necessidade de oxigenação adicional. O retorno da solução para o reservatório já faz a agitação e oxigenação da solução.

e) Barrilete de distribuição da solução nos canais

A solução bombeada pelo tubo deve ser distribuída nos canais. O meio mais simples é colocar um tê de $\varnothing = 20$ mm no meio da bancada com dois tubos fechados por caps. Neles, fazemos furos de 8mm e colocamos a chula de borracha com o adaptador para microtubo. A chula é colocada no furo e depois enroscamos a chula.

f) Canal de cultivo das plantas

A solução nutritiva é distribuída nos canais de cultivo, que sustentam as plantas. Os canais hidropônicos comerciais, geralmente são de perfil triangular, com fundo abaulado e parte superior plana e diâmetro de 75 mm para plantas adultas e 40 a 50 mm para mudas de alface. Nós utilizaremos tubos de PVC para esgoto, com $\varnothing = 50$ mm para mudas e $\varnothing = 75$ mm para o crescimento final. Para o espaçamento de alface, faremos furos de $\varnothing = 30$ mm a cada 10 cm para as mudas, e de $\varnothing = 50$ mm a cada 25 cm para o crescimento final. Esses furos serão feitos com as serras copos. Para um bom retorno da solução, a declividade do canal deve estar próxima a 5%, ou seja, 5 cm de desnível em um metro de comprimento.

g) Dreno para recolhimento da solução nutritiva

A solução que escorre pelo canal por gravidade deve retornar ao reservatório. Para isso, a solução deve ser recolhida por um dreno. Esse coletor, na hidroponia comercial, já vem em perfil quadrado ou retangular, com furos para encaixe dos canais e um furo inferior para saída da solução. No nosso caso, vamos utilizar um tubo de PVC de esgoto $\varnothing = 100$ mm. Faremos os furos para encaixe dos tubos de $\varnothing = 75$ mm, fechando com caps, e drenando por um “espigão” de $\frac{3}{4}$ ” (adaptador rosca x mangueira). Este espigão será enroscado em um furo e colado com “sela calha”.

h) Controle e automação (temporizador)

O funcionamento da bomba pode ser intermitente, visando economizar energia elétrica e permitir a oxigenação do canal. Para isso, utilizamos um temporizador. Os temporizadores mais comuns são os analógicos, muito utilizados em piscinas (Figura 63). São de baixo custo e temporização fixa. Em geral, podem fazer a temporização mínima de 15 minutos. No cultivo hidropônico podemos usar 15 x 15 min ligado x desligado durante o dia, e 15 x 45 a 60 min ligado x desligado à noite. Cada pino baixado acionará a bomba por 15 min. Depois de baixar todos os pinos, rodar o dial para colocar no horário atual. Ligar o automático e ligar a tomada da bomba no temporizador, e o temporizador na tomada de energia elétrica.



Figura 63. Temporizador analógico para acionamento da bomba de aquário.

Fonte: Própria (2018)

CÁLCULO DO TAMANHO DA BANCADA

Para calcular o tamanho da bancada, precisamos saber quantas plantas queremos produzir por um determinado tempo, aqui vamos calcular para um mês. (Tabela 34). Vamos produzir em torno de uma planta de alface a cada dois dias, ou seja, 15 pés de alface por mês. Assim, vamos entender um ciclo de produção de um pé de alface em hidroponia, considerando um clima tropical com temperatura média entre 25 e 30°C.

Tabela 34. Resumo das fases de manejo de uma hidroponia caseira

FASE	O QUE ACONTECE	LOCAL	TEMPO (DIAS)
<i>Semeadura ao transplante</i>	A semente é depositada na espuma fenólica para germinar e emitir o primeiro par de folhas definitivas	Bandeja, regadas duas a três vezes por dia	5 a 10
<i>Berçário</i>	As mudas são transplantadas e devem atingir em torno de 3 a 4 pares de folhas	Canais menores (Ø = 50 mm)	10 a 20
<i>Crescimento final</i>	As plantas crescem rapidamente e atingem de 20 a 40 folhas, 200 a 400 g.	Canais maiores (Ø = 75 mm)	20 a 30

Para isso, a bancada deve ter 15 a 16 furos para crescimento final (canais de Ø = 75 mm). Da mesma forma, teremos pelo menos 15 furos nos canais menores, para as mudas (canais de Ø = 50 mm). Assim, vamos construir uma bancada com 4 canais maiores e dois menores, com aproximadamente 1 m de comprimento. Para um perfeito ajuste, vamos usar 1 m e 7 cm (107cm). Entre os canais maiores, vamos usar 22,5 cm de distância, e entre os canais menores, 10 cm. Construiremos uma bancada utilizando tubos e conexões de esgoto de Ø = 40 mm. No total, a bancada terá em torno de 1 m de largura (Figura 64). A altura da bancada será de 70 a 80 cm, com declividade em torno de 5%, para permitir o escoamento da solução.



Figura 64. Bancada hidropônica caseira depois de pronta. Fonte: Própria (2018)

Antes de iniciarmos, vamos listar as ferramentas necessárias (Tabela 35). Algumas podem ser substituídas, dependendo da disponibilidade e da habilidade de cada um. Além das ferramentas, necessitamos tubos, conexões, bomba de aquário, temporizador e adubos para a solução nutritiva (Tabela 36). Muito desse material servirá para a construção do cavalete de sustentação dos canais de cultivo das plantas, podendo ser substituído por cavaletes de madeira, metal entre outros, desde que mantenha os canais alinhados e desnivelados (3 a 5%) corretamente.

Tabela 35. Lista de ferramentas necessárias para construir a bancada hidropônica caseira.

ITEM	DESCRIÇÃO
1	Furadeira com broca 8mm e serra copo de 50mm e 30mm
2	Serrinha (segueta)
3	Estilete ou faquinha afiada
4	3 folhas de lixa de madeira n. 80

Tabela 36. Lista de material necessário para construir a bancada hidroponônica caseira.

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO APROXIMADO(R\$)
1.	Tubo esgoto Ø 40 mm	12,5cm	1	0,50
2.	Tubo esgoto Ø 40 mm	7,5cm	1	0,50
3.	Tubo esgoto Ø 40 mm	10cm	2	1,00
4.	Tubo esgoto Ø 40 mm	40cm	2	4,00
5.	Tubo esgoto Ø 40 mm	61cm	2	6,00
6.	Tubo esgoto Ø 40 mm	66cm	2	6,00
7.	Tubo esgoto Ø 40 mm	46cm	8	18,00
8.	Tubo esgoto Ø 40 mm	71cm	2	6,00
9.	Tubo esgoto Ø 75mm	107 cm	4	30,00
10.	Tubo esgoto Ø 50 mm	107 cm	2	15,00
11.	Tubo esgoto Ø 100 mm	105 cm	1	10,00
12.	Cap esgoto Ø 100 mm		2	15,00
13.	Adaptador mangueira/ rosca (espigão) Ø ¾"		1	3,00
14.	Tê esgoto 40 mm		8	25,00
15.	Joelho esgoto 90° 40 mm		8	20,00
16.	Tubo água Ø 20 mm	40 cm	2	2,00

17.	Tê água L/R 20 mm com saída de ½"		1	2,00
18.	CAP água Ø 20 mm		2	2,00
19.	Adaptador mangueira/ rosca (espigão) Ø ½"		1	2,00
20.	Microtubo Ø 5mm	30 cm	6	3,00
21.	Adaptador microtubo para tubo água com rosca 5mm (com chula, borrachinha, de vedação)		6	3,00
22.	Mangueira de borracha flexível Ø ¾"	100cm	1	2,00
23.	Mangueira de borracha flexível Ø ½"	100cm	1	2,00
24.	Abraçadeira de nylon	40 cm	9	2,00
25.	Abraçadeira de nylon	30 cm	6	2,00
26.	Balde de água 30 L		1	25,00
27.	Bomba submersa de aquário > 520 L/h Hmax > 1,4m.c.a.		1	60,00
28.	Temporizador analógico 15 x 15 min		1	42,00
29.	Kit fertilizante		1	20,00
	Total			329,00

PASSO-A-PASSO DA CONSTRUÇÃO DA HIDROPONIA CASEIRA

O primeiro passo é cortar os tubos de esgoto de Ø =40 mm (itens 1 a 8) conforme as medidas, utilizando a serrinha. Apare as rebarbas do corte usando a lixa. Em seguida cortar os canais maiores, marcar e furar (item 9). Depois de cortar os quatro tubos, marcar com uma régua deixando 10 cm no início e marcando os furos a cada 25 cm (Figura 65).



Figura 65. Tubos de esgoto $\varnothing = 75$ mm para servir de canais de cultivo, com as devidas marcas a cada 25 cm. Fonte: Própria (2018).

Cortar os canais menores, marcar e furar (item 10). Da mesma forma, marcar os furos iniciando o primeiro com 7 cm e marcando um furo a cada 10 cm (Figura 66 e Figura 67).



Figura 66. Tubos de esgoto $\varnothing = 75$ mm para servir de canal de berçário para as mudas marcados a cada 10 cm (esquerda), detalhe da furação com serra copo (centro), retirada das rebarbas de PVC (direita). Fonte: Própria (2018).



Figura 67. Canais de cultivo final e de mudas com a furação final. Fonte: Própria (2018).

Depois de perfurados, os canais devem ter o fundo dobrado. Esquente no fogo e use uma espátula para dobrar. Essa dobra evitará que se use um CAP para fechá-lo e evitará que a solução retorne e caia fora do canal, principalmente quando as plantas tiverem adultas com muitas raízes. Na

outra ponta, na saída do canal, também esquentaremos no fogo e com um instrumento de metal estreita faremos um “bico” que servirá de pingador, para que evite que a solução não retorne escorrendo por baixo do canal.



Figura 68. Detalhe do início do canal (esquerda) e pingador do final (direita). Fonte: ilustração e fotos dos autores. Fonte: Própria (2018)



Figura 69. Canais preparados. Observar que há furos desencontrados para aumentar o espaçamento entre as plantas. Fonte: Própria (2018).

Preparar o coletor final de solução: cortar o tubo de esgoto $\varnothing = 100$ mm, marcar, furar e parafusar o adaptador de mangueira de $\frac{3}{4}$ ” (itens 11 a 13) (Figura 70). Para facilitar a montagem, use o guia (Usar o número do desenho de acordo com o item da lista de material (Tabela 36).



Figura 70. Esquema de montagem do coletor final de solução nutritiva da hidroponia caseira (esquerda); coletor pronto (direita). Fonte: Própria (2018).

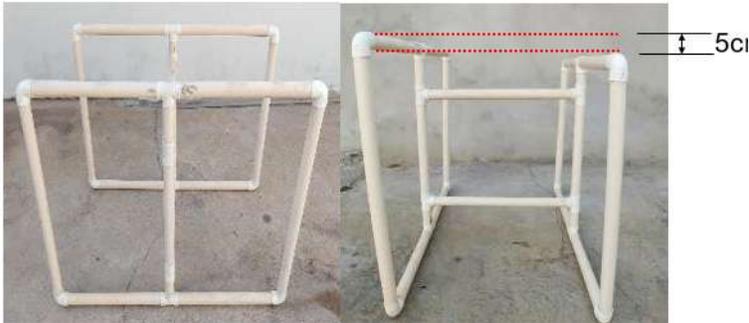


Figura 73. Caveleto da bancada de hidroponia caseira montado. Observar detalhe do desnível de 5 cm à direita. Fonte: fotos dos autores. Fonte: Própria (2018).

Montagem da bancada: agora, vamos colocar os canais hidropônicos sobre o caveleto, observando a furação do coletor para posicionar os canais definitivos e de mudas. Depois de distribuir os canais sobre o caveleto, podemos fixá-los utilizando tiras de abraçadeiras de nylon (*tie up*), ou pedaços de arame galvanizado com bitola 14 AWG ou 1,38 mm, conforme Figura 74. Depois, fixar o barrilete na parte mais alta, colocando os microtubos nos furos de $\varnothing=8\text{mm}$ feitos no início dos canais (Figura 75).



Figura 74. Bancada de hidroponia caseira montada. Fonte: Própria (2018).



Figura 75. Detalhe da posição do barrilete e dos microtubos. Fonte: Própria (2018)..

Montagem do reservatório e bomba: posicionar balde sob a bancada, conectando a mangueira de $\varnothing = \frac{3}{4}$ " no coletor e colocar no balde (item 22) (Figura 76). Colocar bomba submersa no balde conectado à mangueira de recalque $\varnothing = \frac{1}{2}$ " (itens 23 e 27), e conectando-a ao barrilete.



Figura 76. Montagem do reservatório e da bomba. Fonte: Própria (2018).

Ligar a bomba ao temporizador e configurá-lo (item 28 Figura 77). Para configurar o temporizador, basta baixar os pinos relativos ao tempo ligado, e deixar suspensos os pinos relativos ao tempo desligado. Ao colocar o temporizador na tomada, atualizar a hora girando o relógio para o lado direito até que a hora correta esteja posicionada junto à marca. Caso queira ligar a bomba sem o temporizador, o mesmo possui uma chave lateral que pode ser ligada e desligada (Figura 63).

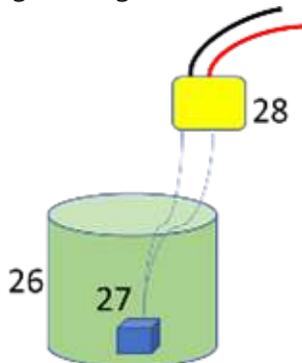


Figura 77. Ligação da bomba ao temporizador. Fonte: Própria (2018).

Preparo da solução nutritiva: usar água sem cloro. Caso a água seja tratada, deve ficar em repouso por 24h visando reduzir a níveis não tóxicos. Caso tenha filtro de água de carvão ativado, pode usar a água imediatamente. Para os kit disponíveis no mercado, em geral, são 500 g de Nitrato

de Cálcio e 660 a 700 g da mistura dos demais nutrientes para preparar 1000 L de solução nutritiva. A melhor alternativa é preparar uma garrafa PET com soluções concentradas antes de diluir. Em uma garrafa PET DE 2 Litros, ponha 100 g de Nitrato de Cálcio e complete com água (Solução A). Em outra garrafa, ponha 132 g da mistura dos outros nutrientes e complete a 2 L (Solução B). Para preparar uma solução com uma condutividade elétrica (CE) de aproximadamente 1,36 mS/cm, usar 100 mL dessa solução concentrada para cada 10 L de solução nutritiva final. Assim, para 30L, usar 300 mL da solução A e 300 mL da solução B. Sempre ponha cada solução na água separadamente, nunca as misture na forma concentrada, pois o cálcio se complexa com o sulfato e forma gesso, que é insolúvel e se precipita.

Ajuste da solução: caso possua um condutímetro, poderá ajustar a solução da seguinte forma: corrigir o nível da água ao final do dia e corrigir a concentração dos nutrientes após medir a condutividade elétrica. A cada 0,136 mS/cm baixado do original, usar 10 mL de cada solução A e B. Por exemplo: caso a medição tenha sido 1,08 mS/cm, faça a conta:

$1,36 - 1,08 = 0,28$. Assim, $0,28/0,136 = 2$. Então, colocar $10 \times 2 = 20$ mL da solução A e 20 mL da solução B. Caso não tenha condutímetro, medir o volume de água repostada e fazer proporcionalmente. A cada 1 L de solução, colocar 10 mL de solução A e 10 mL de solução B. Assim, trocar a solução toda a cada 30 dias.

Resumo do manejo da hidroponia:

- Lavar a espuma fenólica exaustivamente, pois é muito ácida.
- Semear a alface na espuma fenólica.
- Irrigar diariamente.
- Preparar a solução nutritiva e ligar a bomba.
- Transplantar as mudas para o berçário.
- Transplantar para os canais definitivos.
- Realizar a reposição de água e nutrientes todos os dias.
- Colher.

Após a montagem da bancada, e ao colocá-la para funcionar, podemos construir uma estrutura de proteção com plástico transparente. Além

do plástico, algum sombreamento com tela preta (até 35%), será bem-vindo. Sombreamento de 50% já é excessivo.

ALGUMAS PERGUNTAS COMUNS

a) Posso plantar qualquer cultura em hidroponia?

Sim. Apesar da maioria das hidroponias cultivar folhosas, algumas produzem frutos, tais como tomate, pimentão, pepino etc. Na foto abaixo, há várias culturas: alface, rúcula, cebolinha verde e rabanete! (Figura 78).



Figura 78. Bancada de hidroponia caseira pronta e com plantas diversas.

Fonte: Própria (2018).

b) Aonde posso adquirir material para o funcionamento da hidroponia?

Para a aquisição de nutrientes, espuma fenólica e outros insumos para hidroponia, além do Mercado Livre, há sites especializados:

- <https://hidrogood.com.br>
- <https://www.saladashop.com.br>
- <https://www.megagrow.com.br>
- <https://www.hortibras.com.br>
- <http://www.vegaeflora.com.br>
- <https://www.flordosul.net>
- <https://www.cultivoindoor.com.br>
- <http://tudohidroponia.net>

c) Aonde posso aprender mais sobre solução nutritiva?

Para estudar mais sobre solução nutritiva, recomendo a leitura do capítulo IV - SOLUÇÕES NUTRITIVAS: FORMULAÇÃO E APLICAÇÕES, de autoria de Nilton Nélio Cometti , Pedro Roberto Furlani, Hugo Alberto Ruiz e Elpídio Inácio Fernandes Filho. Esse capítulo faz parte do livro Nutrição Mineral de Plantas, publicado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Está disponível na Internet no endereço: <https://goo.gl/86RK88>

REFERÊNCIAS

- ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultura em estufas**. Espanha: Presença, 1978. 157p.
- Barbieri E, Melo DJF, Andrade LF, Pereira EWL, Cometti NN. Condutividade elétrica ideal para o cultivo hidropônico de alface em ambiente tropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. 2010, Guarapari, ES. Anais... Guarapari: ABH, 2010. CD ROM.
- BOODLEY JW. **The commercial greenhouse**. 2 ed. Albany: Delmar Publishers, 1996. 612p.
- BREMENKAMP DM. **Resfriamento e concentração da solução nutritiva na produção de alface em cultivo hidropônico**. Alegre, 2011. Dissertação (Mestrado em produção vegetal. Universidade Federal do Espírito Santo.
- BUCKERIDGE MS. Mudanças climáticas, biodiversidade e sociedade: como a teoria de redes pode ajudar a compreender o presente e planejar o futuro? **Multiciência**, 8:88-107, 2008.
- BUGBEE, B. Nutrient management in recirculating hydroponic culture. In: ANNUAL CONFERENCE ON HYDROPONICS, 16. 1995, Tucson, Arizona (EUA). **Proceedings**... Tucson: Hydroponic Society of America, 1995. p. 15-30.
- CARMELLO, Q. A. de C. **Cultivo Protegido: hidroponia, manejo e instalações**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 38, Petrolina. Apostila de Minicurso. Petrolina: SOB, 1998. 43 p.
- CASTELLANE, P.D. & ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo** – hidroponia. Jaboticabal, FUNEP/UNESP, 1994. 43 p.
- CARRUTHERS, S. Ultraviolet Light Disinfection. **Practical Hydroponics & Greenhouses**, 38: 44-45, 1996.
- CASTILHO, F. B. El uso del Plastico en la Produccion Mundial de Alimentos. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PLASTICULTURA, Jaboticabal, 1989. Anais... Jaboticabal: FUNEP, 1989. p.1-20.
- CERMEÑO, Z.S. **ESTUFA: Instalações e Maneio**. Lisboa: Litexa, 1990. 355p.

CHANEY, R. & COULOMBE, B. Effect of phosphate on regulation of F e-stress in soybean and peanut. *J. Plant Nutr.*, v 5, p. 467-487, 1982.

COMETTI NN. **Planilha de cálculo de solução nutritiva**. 2010 [acesso em 2 nov 2018]. Disponível em: www.niltoncometti.com.br/software/solucao-nutritiva.xls

COMETTI, N. N. **Nutrição Mineral da Alface** (*Lactuca sativa* L.) em Cultura Hidropônica - Sistema NFT. Seropédica, 2003. 106 p. Tese (Doutorado em Nutrição de Plantas). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

COMETTI, N. N.; FURLANI, P. R. ; GENUNCIO, G.C. **Soluções Nutritivas: composição, formulação, usos e atributos**. In: FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R., SANTOS, L.A. (Org.). *Nutrição Mineral de Plantas*. 2 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018, cap. 2 , p. 30-60.

COMETTI, N. N.; FURLANI, P. R. ; RUIZ, H. A. ; FERNANDES FILHO, E. I. . *Soluções Nutritivas: formulação e aplicações*. In: MANLIO SILVESTRE FERNANDES. (Org.). **Nutrição Mineral de Plantas**. 1ed.Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, cap. 4 , p. 89-114.

COMETTI NN, MATIAS GCS, ZONTA E, MARY W, Fernandes MS. Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico - sistema NFT. *Hortic Bras.*, Brasília, v. 26, n. 2, p. 252-7, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362008000200027>

FAO. *FAO Production Yearbook*. Rome: Food and Agriculture Organization, 1997, 307p.

FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; VILELA, L.A.A. **Produção de Alface em Hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50 p.

FERNANDEZ D. HydroBuddy v 1.5: an open source nutrient calculator for hydroponics and General agriculture. 2018 Disponível em: <http://scienceinhydroponics.com>. Acesso em 1 maio 2018.

FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia** -NFT. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 30 p. (Boletim técnico, 168).

FURLANI, P.R., SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidro-**

pônico de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 52 p. (Boletim técnico, 180).

GENUNCIO GC, MAJEROWICZ N, ZONTA E, SANTOS AM, GRACIA D, AHMED CRM, SILVA MG. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em função da concentração iônica da solução nutritiva. **Hortic Bras.**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 175-9, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362006000200010>

HAAG HP. **A nutrição mineral e o ecossistema.** In: CASTRO, R. C. et al. Eco-fisiologia da produção agrícola. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987, p. 49-69.

HAAG, H.P. Nutrição mineral e qualidade de produtos agrícolas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20 Piracicaba, 1992. **Anais...** Piracicaba: SBCS/Fundação Cargill, 1992. p. 405-425.

INOUE Y, YAMAOKA K, KIMURA K, SAWAI K, ARAI T. Effects of low pH on the induction of root hair formation in young lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Grand Rapids) seedlings. **J Plant Res.** V. 113, n. 1, p.39-44, 2000. <http://dx.doi.org/10.1007/PL00013909>.

JENSEN MH. Hydroponics. **HortScience.** v.32, n. 6, p.1018-21. 1997

JONES Jr., J. B. **A Guide for the Hydroponic & Soilless Culture Grower.** Portland: Timber Press, 1983. 124 p.

KIRALY, Z. **Fertilizer use and plant health.** Bern, Switzerland: International Potash Institute, 1976. 330p.

KUMAGAIA, P. Plasticultura na Cooperativa Agrícola de Cotia - Cooperativa Central. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PLASTICULTURA, Jaboticabal, 1989. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1989. p.53-55.

LEITE RA, MARTINEZ EPM, PEREIRA PRG. **HIDROCALC:** sistema para cálculo de soluções nutritivas para hidroponia. Belo Horizonte: AGROSOFT, 1997. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/trabalhos/ag97/c3t1330.htm> Acesso em 29 jul 2016.

MAIA CE, MORAIS ERC. SOLUNUT 1.0. Sistema para cálculo e manejo de solução nutritiva em experimentos de casa de vegetação. **Rev Ceres**. v.45, n.259, p. 277-86. 1998

MAROUELLI WA, SILVA WLC, SILVA HR. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPH, 2001. 111p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINS LR, COMETTI NN, MATIAS GCS, MACHADO PPC, ZONTA E, FERNANDES MS. Efeito de amônio e nitrato usado num sistema computadorizado de controle de pH sobre o crescimento da alface em sistema hidropônico NFT. In: FERTBIO. 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. CD-ROM.

MARY, W. **Produção sazonal de alface sob estrutura de proteção tipo túnel alto, em clima tropical, com dois tipos de cobertura morta**. Seropédica, 1998. 85 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

MASTALERZ, J.W. The greenhouse environment. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1977.

MILLS, P.J.W.; SMITH I.E.; MARAIS, G. A greenhouse for a cool subtropical climate with mild winters based on microclimatic measurements of protected environments. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 281, p.83-94, 1990.

RAIJ BV, CANTARELLA H, QUAGGIO JA, FURLANI AMC. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. (Boletim Técnico; n. 100).

RAULT, P.A. Protected crops in humid tropical regions how could we avoid or reduce excessive temperatures? How could we select the cladding materials and the greenhouse design? **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.230, p.565-572, 1988.

RESH, H.M. **Hydroponic Food Production**. 6 ed. Califórnia, EUA: Woodbridge Press, 2002. 567 p.

RODRIGUES LRF. **Cultivo pela técnica de hidroponia**: técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido. Jaboticabal: FUNEP, 2002.

RUIZ, H.A. Relações molares de macronutrientes em tecidos vegetais como base para a formulação de soluções nutritivas. **Revista Ceres**, v. 44, n. 255, p. 533-546, 1977.

SALVETTI, M.G. **O polietileno na agropecuária brasileira**, 2 ed. Porto Alegre: Palloti, 1993. 154p.

SANTOS, O. S. dos. Conceito e histórico. In: SANTOS, S. dos S. (Ed.). **Hidroponia da Alface**. Santa Maria: UFSM, 1998. p. 1-3.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com plásticos**. 2 ed. Porto Alegre: Petroquímica Triunfo, 1989. 303p.

SILVA, E.C.; ALVARENGA, M.A.R.; CARVALHO, J.G. Produção e podridão apical do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) podado e adensado sob influência da adubação nitrogenada e potássica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 21, n. 3, p. 324-333, 1997.

TEIXEIRA, N.T. **Hidroponia: uma alternativa para pequenas áreas**. Guaíba: Agropecuária, 1996. 86p.

TRANI PE, TIVELLI SW, CARRIJO OA. **Fertirrigação em hortaliças**. Campinas: Instituto Agrônomo. v. 2, p.14-5. 2011

VOLK, R.J., KAHN, R.P. & WEINTRAUB, R.L. Silicon content of the rice plant as a factor in influencing its resistance to infection by the rice blast fungus, *Piricularia oryzae*. **Phytopathology**, v. 48, p. 121-178. 1958.

ZANOTELLI, M. F. & MOLINO, J.A. **Hidroponia básica** – treinamento. In: Encontro de Produtores Rurais, 6, 1997, Colatina, ES. Apostila. Colatina: EAF-Col, 1997. 6 p. (Apostila).

DADOS BIBLIOGRÁFICOS DOS AUTORES

Nilton Nélio Cometti - Instituto Federal de Brasília, *Campus Planaltina*. Brasília, DF. *E-mail*: nilton.cometti@gmail.com

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (1985), mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (1989) e doutorado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, com estágio no exterior na *Utah State University* (2003). Tem experiência como produtor e pesquisador em hidroponia. Atuou como Pró-Reitor de Ensino do Instituto Federal de Brasília. Atuou como Coordenador Geral de Planejamento e Gestão da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica no Ministério da Educação. Atualmente é professor do *Campus Planaltina* do Instituto Federal de Brasília e Coordenador do Curso Técnico em Agropecuária.

Pedro Roberto Furlani - Instituto Agronômico Campinas. Campinas, SP. *E-mail*: pfurlani@conplant.com.br

Engenheiro agrônomo (ESALQ, USP, 1969), com mestrado e doutorado em agronomia pela universidade de Nebraska, eua (1977 e 1981) pesquisador científico aposentado do IAC, atualmente diretor das empresas Conplant Consultoria e Conplant Ferti. Especialidade em nutrição mineral de plantas com ênfase em hidroponia e fertirrigação em cultivos protegidos.

Glauccio da Cruz Genuncio – Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, MT. *E-mail*: glauciogenuncio@gmail.com

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1998), mestrado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2005) e doutorado em Agronomia (Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2009). Atualmente é professor Adjunto na Faculdade de Agronomia e Zootecnia, da UFMT e responsável pela cadeira de fruticultura e plantas perenes.

Everaldo Zonta - Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ. *E-mail:* ezonta@ufrj.br

Possui graduação em Engenharia Agrônoma e em Licenciatura em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1993), mestrado (1996) e doutorado (2003) em Agronomia (Ciências do Solo). Atualmente é Professor Associado da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo (Nível 6 - CAPES) É Docente Permanente do Curso de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, ambos da UFRRJ e também Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da UFF. Ainda, na UFRRJ, é colaborador do Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola. Coordena e participa de projetos de pesquisa na área Fertilidade do Solo e nutrição mineral de plantas, biomediação e uso de resíduos na agricultura. É Coordenador do Laboratório de Estudo das Relações Solo-Planta (LSP) da UFRRJ.

Wellington Mary - Departamento de Arquitetura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ. *E-mail:* wmary@ufrj.br

Graduado em Engenharia Agrônoma na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1988), Mestre em Fitotecnia pela mesma Universidade em 1995 na área de Produção Vegetal e Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (2005) na área de Construções Rurais e Ambiente. Atualmente é professor adjunto da UFRuralRJ no Departamento de Arquitetura e Urbanismo nas disciplinas de Geometria Descritiva/ Desenho Técnico e Projeto de Paisagismo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistemas gerais de agricultura – **pg. 14**

Figura 2. Utilização de estufas em ambientes frios (esquerda), sistema de calefação (centro) e estufas de alumínio e vidro (direita). Fonte: fotos dos autores – **pg. 25**

Figura 3. Modelo de estufa popularizado no Brasil. Ver detalhe de saída de ar quente em abertura no telhado. Fonte: fotos dos autores – **pg. 26**

Figura 4. Espectro de luz visível. Fonte: ilustração dos autores – **pg. 28**

Figura 5. Princípio do balanço térmico que ocorre naturalmente. Fonte: ilustração dos autores – **pg. 29**

Figura 6. Balanço térmico no ambiente externo e interno da estufa. Fonte: ilustração dos autores – **pg. 29**

Figura 7. Bolsão de ar quente formado na estufa com cobertura fechada (esquerda) e movimento de saída do ar quente pelo lanternim (direita). Fonte: ilustração dos autores – **pg. 30**

Figura 8. Saídas de ar quente da estufa pelo lanternim na parte superior ou pela tela lateral. Fonte: ilustração dos autores – **pg. 30**

Figura 9. Modelos de estufas individuais (Fonte: ilustração dos autores) – **pg. 32**

Figura 10. Modelos de estufas múltiplas ou geminadas (Fonte: ilustração dos autores) – **pg. 33**

Figura 11. Construção de uma estufa tipo arco, com madeira e arcos em aço galvanizado (zincado). (Fonte: fotos dos autores) – **pg. 33**

Figura 12. Estufa em semi-arco com saída de ar zenital de ar quente (esquerda) e estufa tipo capela com duas águas (direita) (Fonte: fotos dos autores) – **pg. 33**

Figura 13. Estufa em uma água sobre uma casa (esquerda), estufa em duas águas com estrutura em bambu (direita) (Fonte: fotos dos autores) – **pg. 34**

Figura 14. Ângulo azimutal em função das diferentes estações do ano (ALPI & TOGNONI 1978, adaptado por MARY 1997) – **pg. 35**

Figura 15. Estufa orientada Norte-Sul. Fonte: ilustração dos autores – **pg. 35**

Figura 16. Estufa orientada Leste-Oeste – **pg. 35**

Figura 17. Radiação transmitida em função do modelo de estufa. Fonte: Mary (1997) – **pg. 36**

Figura 18. Sistema hidropônico em leito aberto (esquerda) e fechado (direita). Fonte: ilustração dos autores – **pg. 37**

Figura 19. Sistema hidropônico fechado, em pote com irrigação por ascensão capilar (esquerda) e com arejamento forçado (direita). Fonte: ilustração dos autores – **pg. 38**

Figura 20. Sistema hidropônico aberto em vaso com argila expandida (esquerda) e em leitos com substrato orgânico (direita). Fonte: fotos dos autores – **pg. 38**

Figura 21. Esquema de Construção da Bancada de Cultivo Hidropônico do Tipo NFT. Fonte: ilustração dos autores – **pg. 40**

Figura 22. Sistema hidropônico NFT em dois níveis. Fonte: fotos dos autores – **pg. 41**

Figura 23. Reservatórios de solução nutritiva de um sistema NFT na UFR-RJ. Fonte: foto dos autores – **pg. 44**

Figura 24. Sistema hidráulico de uma hidroponia em NFT. Fonte: ilustração dos autores – **pg. 47**

Figura 25. Barrilete de distribuição de solução nutritiva em sistema NFT. Fonte: fotos dos autores – **pg. 48**

Figura 26. Montagem correta da bomba afogada, com registros, luvas de união e saída para drenagem do reservatório. Fonte: foto dos autores – **pg. 48**

Figura 27. Presença da válvula boia no reservatório de solução nutritiva. Fonte: foto dos autores – **pg. 49**

Figura 28. Sistema NFT com coletor de solução (dreno) aberto mostrando grande quantidade de algas. Detalhe à direita: redução de Ø de 100 para 50mm. Fonte: fotos dos autores – **pg. 50**

Figura 29. Detalhe do coletor de solução ao final da bancada adaptado pelo produtor (esquerda e centro) e produzido pela empresa (direita). Fonte: fotos dos autores – **pg. 50**

Figura 30. Sistema NFT em telha de fibrocimento com argila expandida sustentando as plantas. Fonte: foto dos autores – **pg. 51**

Figura 31. Sistema hidropônico NFT dos anos 90 utilizando meio-tubo de polietileno preto com cobertura de isopor. Fonte: foto dos autores – **pg. 51**

Figura 32. Alguns modelos de perfis disponíveis no mercado – **pg. 52**

Figura 33. Sistema NFT com canais em polietileno revestidos com tectrapack® para cultivo de tomate. Fonte: foto dos autores – **pg. 53**

Figura 34. Sistema NFT: canais de berçário $\varnothing = 50\text{mm}$ (esquerda) e canais definitivos $\varnothing = 100\text{mm}$ (direita). Fonte: foto dos autores – **pg. 53**

Figura 35. Sistema NFT para a produção de hortaliças frutos com canais de $\varnothing = 150\text{mm}$, com tutoramento. Fonte: foto dos autores – **pg. 54**

Figura 36. Distribuição dos canais e dimensões de uma bancada de cultivo definitivo para alface. Fonte: ilustração dos autores – **pg. 55**

Figura 37. Sistema NFT montado em terreno com declividade $> 5\%$. Fonte: foto dos autores – **pg. 56**

Figura 38. Sistema simples de automação para hidroponia: temporizador analógico e quadro de acionamento da bomba e monitor de pH e condutividade elétrica (esquerda e centro) e temporizador digital (direita). Fonte: fotos dos autores – **pg. 58**

Figura 39. Variação da concentração relativa de nutrientes da solução nutritiva em NFT (técnica do filme de nutrientes) em cultivo de alface ao longo do tempo. – **pg. 63**

Figura 40. Esquema ilustrando os fatores que são afetados pela variação da temperatura da solução nutritiva. Fonte: Adaptada de Bremenkamp (2011) – **pg. 82**

Figura 41. Reservatórios de solução nutritiva banhados a água para refrigeração. Fonte: fotos dos autores – **pg. 84**

Figura 42. Torre de resfriamento de solução nutritiva. Fonte: foto dos autores – **pg. 84**

Figura 43. Variação na concentração de nitrato, amônio e pH da solução nutritiva em cultivo hidropônico (NFT) com alface cultivar Vera. A solução foi renovada por completo a cada sete dias e ajustada diariamente pela

condutividade elétrica e pH com solução de hidróxido de sódio. Fonte: Cometti (2003) – **pg. 86**

Figura 44. Lavagem da espuma fenólica. Fonte: fotos dos autores – **pg. 89**

Figura 45. Má germinação devido à lavagem deficiente da espuma fenólica. Fonte: fotos dos autores – **pg. 89**

Figura 46. Sequência de semeadura utilizando a semeadora mecânica. Da esquerda para a direita: furação da espuma, distribuição das sementes, espuma semeada com semente de alface peletizada. Fonte: fotos dos autores – **pg. 89**

Figura 47. Bancada de irrigação para a germinação em espuma fenólica. Fonte: fotos dos autores – **pg. 90**

Figura 48. Bancada de berçário com mudas de alface (esquerda), e pimentão (direita) – **pg. 90**

Figura 49. Mudas recém transplantadas para o canal definitivo em NFT. Fonte: foto dos autores – **pg. 91**

Figura 50. Colheita de alface em NFT – planta necessitando toailete (esquerda), acondicionamento da colheita em caixas plásticas (centro) e bancada após a retirada das plantas. Fonte: fotos dos autores – **pg. 93**

Figura 51. Alface hidropônica em embalagem específica. Fonte: fotos dos autores – **pg. 93**

Figura 52. Sistema hidropônico estático tipo floating ou “piscinão”. Fonte: foto dos autores – **pg. 96**

Figura 53. Sistema hidropônico vertical e horizontal em camadas para morangueiro. Fonte: foto dos autores – **pg. 98**

Figura 54. NFT com seção triangular de morango (esquerda) e alface (direita). Fotos dos autores. Fonte: fotos dos autores – **pg. 100**

Figura 55. Produção de milho hidropônico. Fonte: fotos dos autores – **pg. 102**

Figura 56. Brotos para consumo humano. Fonte: fotos dos autores – **pg. 102**

Figura 57. Cultivo de flores em NFT. Fonte: foto dos autores – **pg. 102**

Figura 58. Relação entre disponibilidade de nutrientes e crescimento vegetal. Fonte: ilustração dos autores – **pg. 105**

Figura 59. Efeito de nitrogênio e fósforo sobre o tomateiro. Fonte: Silva et al, (1997) – **pg. 112**

Figura 60. Efeito da concentração da solução nutritiva na produção e índice de infecção por *Xanthomonas* sp (Marschner, 1995) – **pg. 113**

Figura 61. Representação esquemática da penetração de uma hifa de fungo da superfície da folha em direção à camada de células epidermais (via apoplasto) e alguns fatores que afetam a penetração e a taxa de crescimento da hifa, relacionados com a nutrição mineral da planta. (Fonte: Adaptado de Marschner, 1995) – **pg. 114**

Figura 62. Sistema hidropônico NFT. Fonte: ilustração dos autores – **pg. 128**

Figura 63. Temporizador analógico para acionamento da bomba de aquário. Fonte: foto dos autores – **pg. 131**

Figura 64. Bancada hidropônica caseira depois de pronta. Fonte: foto dos autores – **pg. 132**

Figura 65. Tubos de esgoto $\varnothing = 75$ mm para servir de canais de cultivo, com as devidas marcas a cada 25 cm. Fonte: foto dos autores – **pg. 135**

Figura 66. Tubos de esgoto $\varnothing = 75$ mm para servir de canal de berçário para as mudas marcados a cada 10 cm (esquerda), detalhe da furação com serra copo (centro), retirada das rebarbas de PVC (direita). Fonte: fotos dos autores – **pg. 135**

Figura 67. Canais de cultivo final e de mudas com a furação final. Fonte: foto dos autores – **pg. 135**

Figura 68. Detalhe do início do canal (esquerda) e pingador do final (direita). Fonte: ilustração e fotos dos autores – **pg. 136**

Figura 69. Canais preparados. Observar que há furos desencontrados para aumentar o espaçamento entre as plantas. Fonte: foto dos autores – **pg. 136**

Figura 70. Esquema de montagem do coletor final de solução nutritiva da hidroponia caseira (esquerda); coletor pronto (direita). Fonte: ilustração e foto dos autores – **pg. 136**

Figura 71. Esquema de montagem do barrilete de distribuição da solução nutritiva nos canais (esquerda); barrilete pronto (direita). Fonte: ilustração e foto dos autores – **pg. 137**

Figura 72. Esquema de montagem do cavalete para a bancada de hidroponia caseira. Fonte: ilustração dos autores – **pg. 137**

Figura 73. Cavalete da bancada de hidroponia caseira montado. Observar detalhe do desnível de 5 cm à direita. Fonte: fotos dos autores. Fonte: fotos dos autores – **pg. 138**

Figura 74. Bancada de hidroponia caseira montada. Fonte: fotos dos autores – **pg. 138**

Figura 75. Detalhe da posição do barrilete e dos microtubos. Fonte: foto dos autores – **pg. 138**

Figura 76. Montagem do reservatório e da bomba – **pg. 139**

Figura 77. Ligação da bomba ao temporizador – **pg. 139**

Figura 78. Bancada de hidroponia caseira pronta e com plantas diversas – **pg. 141**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Densidade de plantas no berçário e nos canais definitivos, vazão e condutividade elétrica (EC) recomendadas para diversas culturas em NFT – **pg. 45**

Tabela 2. Relação de algumas empresas produtoras de canais hidropônicos no Brasil – **pg. 52**

Tabela 3. Desnível nominal necessário para bancadas hidropônicas – **pg. 56**

Tabela 4. Faixas de concentrações encontradas em diferentes soluções nutritivas e na solução de Hoagland e Arnon (1950) modificada. Fonte: Furlani, et. al (1999) – **pg. 61**

Tabela 5. Taxa de absorção aproximada dos nutrientes por plantas cultivadas em solução nutritiva. Fonte: Adaptado de Bugbee (1995) – **pg. 63**

Tabela 6. Fertilizantes simples e compostos utilizados em Hidroponia e suas concentrações nutricionais de macro e micronutrientes. Fonte: organização dos autores – **pg. 65**

Tabela 7. Fertilizantes usados como fontes de macronutrientes para o preparo de soluções nutritivas, nutrientes fornecidos, condutividade elétrica básica da solução e quantidade de fertilizante para o preparo da solução nutritiva. Fonte: Furlani et. al (1999) – **pg. 67**

Tabela 8. Sais ou complexos usados como fontes dos micronutrientes com os respectivos teores e quantidades para preparo de uma solução com 0,1 mg L⁻¹ de cada micronutriente. Fonte: Furlani et. al (1999) – **pg. 68**

Tabela 9. Fabricantes e produtos comerciais de misturas de micronutrientes para cultivo hidropônico e fertirrigação com respectivos teores de garantia. Fonte: organização dos autores – **pg. 69**

Tabela 10. Relações entre os teores foliares (mg kg⁻¹, em base seca) de N, P, Ca, Mg e S e os teores de K, considerados adequados para diferentes culturas – **pg. 70**

Tabela 11. Relação entre nutrientes e quantidade de nutriente para preparar a solução básica para a cultura da alface – **pg. 72**

Tabela 12. Solução nutritiva final para a cultura da alface, corrigida para a condutividade elétrica desejada – **pg. 73**

Tabela 13. Composição de uma solução de micronutrientes 10 vezes mais concentrada, para alface – **pg. 14**

Tabela 14. Solubilidade em água fria (0,5 °C) e quente (100 °C) e índice salino de alguns sais utilizados em hidroponia – **pg. 77**

Tabela 15. Compatibilidade (C), compatibilidade reduzida (R) e incompatibilidade (I) entre diferentes fertilizantes. Fonte: Cometti et. al (2006) – **pg. 78**

Tabela 16. Volume mínimo necessário para solubilizar os sais da solução nutritiva para a cultura da alface – **pg. 78**

Tabela 17. Soluções-estoque A e B com sais individuais – **pg. 79**

Tabela 18. Soluções-estoque A e B de fertilizantes comerciais – **pg. 79**

Tabela 19. Resumo das principais fases do manejo de plantas em sistema NFT – **pg. 92**

Tabela 20. Macro e micronutrientes, funções fisiológicas e alguns compostos onde estão presentes. Fonte: HAAG, 1987 – **pg. 104**

Tabela 21. Chave de princípios da diagnose visual das desordens nutricionais. Fonte: Marschner, 1995 – **pg. 107**

Tabela 22. Participação dos macronutrientes na formação e na qualidade da colheita. FONTE: Malavolta et al, 1989 – **pg. 111**

Tabela 23. Participação dos micronutrientes na formação e na qualidade da colheita. FONTE: Malavolta et al, 1989 – **pg. 112**

Tabela 24. Relação entre suprimento de Boro e concentração de triptofano na matéria seca de alface. Fonte: Haag, 1992 – **pg. 113**

Tabela 25. Efeitos dos níveis de nitrogênio e de potássio na severidade de doenças em hidroponia. Fonte: Kiraly (1976) – **pg. 115**

Tabela 26. Efeitos dos níveis de nitrogênio e de potássio na severidade de doenças em hidroponia. Fonte: Kiraly (1976) – **pg. 116**

Tabela 27. Sumário tentativo dos efeitos dos níveis de nitrogênio e potássio na severidade de doenças causadas por patógenos. (Fonte: Kiraly, 1976) – **pg. 117**

Tabela 28. Efeito do cálcio sobre algumas doenças (Fonte: Kiraly, 1976) – **pg. 118**

Tabela 29. Exemplo de planilha usada por produtor em uma hidroponia com 28 bancadas para controle de produção de mudas e de plantas adultas por bancada – **pg. 121**

Tabela 30. Exemplo de planilha usada por produtor em uma hidroponia com 28 bancadas – **pg. 123**

Tabela 31. Planilha de acompanhamento das vendas e das receitas mensais de uma hidroponia – **pg. 124**

Tabela 32. Planilha de acompanhamento das despesas mensais de uma hidroponia – **pg. 124**

Tabela 33. Planilha de acompanhamento do lucro mensal de uma hidroponia – **pg. 125**

Tabela 34. Resumo das fases de manejo de uma hidroponia caseira – **pg. 132**

Tabela 35. Lista de ferramentas necessárias para construir a bancada hidropônica caseira – **pg. 133**

Tabela 36. Lista de material necessário para construir a bancada hidropônica caseira – **pg. 133**

EDITORA

