

OLERICULTURA



CULTIVO HIDROPÔNICO

SISTEMA FAEP



SENAR - ADMINISTRAÇÃO REGIONAL DO ESTADO DO PARANÁ

CONSELHO ADMINISTRATIVO

Presidente: Ágide Meneguette

Membros Titulares

Rosanne Curi Zarattini
Nelson Costa
Darci Piana
Alexandre Leal dos Santos

Membros Suplentes

Livaldo Gemin
Robson Mafioletti
Ari Faria Bittencourt
Ivone Francisca de Souza

CONSELHO FISCAL

Membros Titulares

Sebastião Olímpio Santaroza
Paulo José Buso Júnior
Carlos Alberto Gabiatto

Membros Suplentes

Ana Thereza da Costa Ribeiro
Aristeu Sakamoto
Aparecido Callegari

Superintendente

Pedro Carlos Carmona Gallego

**SIMONE DA COSTA MELLO
RAFAEL CAMPAGNOL**

**OLERICULTURA:
CULTIVO HIDROPÔNICO**



2016

Depósito legal na CENAGRI, conforme Portaria Interministerial n. 164, datada de 22 de julho de 1994, e junto a Fundação Biblioteca Nacional e Senar-PR.

Autores: Simone da Costa Mello e Rafael Campagnol

Coordenação técnica: Vanessa Reinhart – CREA PR-122367 e Luis Guilherme P. Barbosa Lemes

Revisão técnica e final: CEDITEC/ SENAR-PR

Coordenação metodológica: Patrícia Lupion Torres

Normalização: Rita de Cássia Teixeira Gusso – CRB 9. /647

Fotografias: Simone da Costa Mello, Rafael Campagnol e Hidrogood Horticultura Moderna

Coordenação gráfica: Adilson Kussem

Ilustrações: Sincronia Design

Diagramação: Sincronia Design

Capa: Adilson Kussem

Catálogo no Centro de Editoração, Documentação
e Informação Técnica do SENAR-PR.

Mello, Simone da Costa ; Campagnol, Rafael.

Olericultura : cultivo hidropônico / Simone da Costa Mello [e] Rafael Campagnol.
Curitiba : SENAR - Pr., 2016. – 84 p.

ISBN 978-85-7565-138-4

1. Agricultura. 2. Olericultura. 3. Sistema NFT. 4. Água. 5. Nutrição mineral. I.
Campagnol, Rafael. II. Título.

CDU631.4

CDD633

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, por qualquer meio, sem a autorização
do editor.

IMPRESSO NO BRASIL – DISTRIBUIÇÃO GRATUITA



APRESENTAÇÃO

O Sistema FAEP é composto pela Federação da Agricultura do Estado do Paraná (FAEP), o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural do Paraná (SENAR-PR) e os sindicatos rurais.

O campo de atuação da FAEP é na defesa e representação dos milhares de produtores rurais do Paraná. A entidade busca soluções para as questões relacionadas aos interesses econômicos, sociais e ambientais dos agricultores e pecuaristas paranaenses. Além disso, a FAEP é responsável pela orientação dos sindicatos rurais e representação do setor no âmbito estadual.

O SENAR-PR promove a oferta contínua da qualificação dos produtores rurais nas mais diversas atividades ligadas ao setor rural. Todos os treinamentos de Formação Profissional Rural (FSR) e Promoção Social (PS), nas modalidades presencial e online, são gratuitos e com certificado.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1 PRINCIPAIS SEGMENTOS DE HORTALIÇAS CULTIVADAS NO SISTEMA HIDROPÔNICO NFT	9
2 DEFINIÇÃO DE HIDROPONIA	13
3 ESTRUTURAS DO SISTEMA HIDROPÔNICO NFT	15
3.1 ASPECTOS GERAIS DOS SISTEMAS	15
3.2 LOCAL DE CULTIVO	15
3.3 RESERVATÓRIOS DE SOLUÇÃO NUTRITIVA	17
3.4 BOMBAS-D'ÁGUA.....	18
3.5 FILTROS, PRODUTOS E EQUIPAMENTOS PARA TRATAMENTO DA ÁGUA	20
3.6 TEMPORIZADORES.....	21
3.7 ESTRUTURA DE SUPORTE DOS CANAIS	22
3.8 CANAIS DE CULTIVO	23
3.9 OUTROS SISTEMAS HIDROPÔNICOS NFT	26
4 PROJETO DE CULTIVO HIDROPÔNICO E CUSTO DE PRODUÇÃO.....	29
5 ETAPAS OU FASES DE PRODUÇÃO.....	35
5.1 FASE DE GERMINAÇÃO OU PRODUÇÃO DE MUDAS.....	35
5.2 FASE DE BERÇÁRIO OU DE DESENVOLVIMENTO INTERMEDIÁRIO.....	39
5.3 FASE FINAL DE CRESCIMENTO	40
6 A ÁGUA.....	41
7 NUTRIÇÃO MINERAL DAS PLANTAS	43
8 SOLUÇÃO NUTRITIVA	45
8.1 SOLUÇÕES NUTRITIVAS DE CULTIVO.....	49
8.2 SOLUÇÕES CONCENTRADAS.....	50
9 ELABORAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA	51
10 SUGESTÕES DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS	55
11 PASSO A PASSO PARA A DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE FERTILIZANTES QUE COMPORÁ A SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	57
12 PASSO A PASSO PARA O PREPARO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS	67
13 MANEJO DA SOLUÇÃO	71
13.1 NÍVEL DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	72
14 PASSO A PASSO PARA O MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA	73
15 DOENÇAS E PRAGAS NA HIDROPONIA	75
REFERÊNCIAS.....	81



INTRODUÇÃO

O consumo de hortaliças diferenciadas vem crescendo no Brasil, principalmente pelo aumento da renda familiar, pela busca por alimentações mais saudáveis e pelas mudanças nos hábitos alimentares, incluindo a procura por produtos de melhor qualidade e diferenciados. Diante disso, as hortaliças folhosas hidropônicas têm se tornado um segmento em expansão, ganhando cada vez mais espaço nas gôndolas de supermercados, lojas especializadas, varejões e feiras livres. Esses produtos oferecem vantagens aos consumidores, pois possuem maior durabilidade; são mais limpos que os produzidos em campo, pela ausência do contato com o solo e água das chuvas e irrigações; são comercializados em embalagens individualizadas, muitas vezes com marcas próprias e com rastreabilidade; e atendem à demanda por produtos especializados.

Nesse sistema de cultivo, a produção de folhosas sempre foi concentrada principalmente na alface, rúcula e agrião. Atualmente, a alface ainda domina esse segmento no país; entretanto, outras folhosas estão sendo cultivadas com elevado potencial de crescimento, como o espinafre e as espécies consideradas condimentares (manjerição, salsa, hortelã e coentro).

1 PRINCIPAIS SEGMENTOS DE HORTALIÇAS CULTIVADAS NO SISTEMA HIDROPÔNICO NFT

No segmento das alfaces, o mercado brasileiro tem sido dominado pelo uso de cultivares de alface crespa, pela sua precocidade, pelo porte grande da planta e resistência ao acondicionamento e manuseio, porém sem crocância. A crocância é um atributo de qualidade muito apreciado pelos consumidores porque estimula a secreção salivar, originando a percepção gustativa. Essa característica está associada à maior espessura das folhas e pode ser introduzida em diferentes segmentos de alface através do melhoramento genético. Os grupos de alface americana e romana desacatam-se como tipos varietais que apresentam crocância. No Brasil, o consumo de alface do tipo americana vem aumentando desde a década de 1990 e, atualmente, é o segundo segmento de maior destaque no mercado nacional, comercializado também para o preparo de lanches pelas redes de *fast food* e outros empreendimentos na forma de folhas picadas.

A alface americana, em sistemas hidropônicos, é cultivada com o objetivo de formar “cabeça” em períodos climáticos favoráveis ou formar plantas sem a formação de “cabeça”. Esse segundo segmento tem sido destinado à comercialização de folhas higienizadas em embalagens plásticas, cujo aproveitamento das folhas pode ser superior a 80%. Para isso, os produtores podem usar cultivares do tipo americana ou que apresentam características de alface crespa, com folhas flabeladas, com textura e crocância equivalentes ao da alface americana, um tipo inovador desenvolvido pelo melhorista Dr. Cyro Paulino da Costa, denominado segmento de alface crocante (SALA; COSTA, 2012). Segundo esses autores, a alface crocante contribuirá para o crescimento da produção de alface higienizada e embalada, que é uma realidade comum há muito tempo em países da Europa e Estados Unidos.

A alface romana é o tipo mais consumido nos Estados Unidos, pelo seu sabor mais adocicado, crocância e durabilidade pós-colheita. Esse grupo de alface tem sido comercializado na forma de folhas picadas e inteiras, higienizadas e embaladas, o que permite agregação de valor. Além disso, as folhas mais espessas da alface romana garantem maior rentabilidade ao produtor, consequentemente maior lucratividade, porque são comercializadas por peso e não por unidade. No Brasil, o consumo desse segmento ainda é incipiente, mas com perspectivas positivas de aumento, pelas características de qualidade da alface romana.

Outro segmento de alface é o tipo *frizze*, com folhas muito repicadas e de espessura mais grossa, pouco conhecido pelos consumidores brasileiros, com volume de comercialização ainda pequeno, mas já explorado pelos produtores hidropônicos, pois esse produto é muito usado em restaurantes na confecção de saladas com folhas diversificadas.

Também merece atenção as alfaces coloridas, além das verdes, que têm um padrão de coloração vermelha ou bicolor. Esse segmento oferece ao produtor a possibilidade de comercialização de produtos diferenciados, mais atrativos pela comercialização de alfaces bicolores, que agregam tanto a cor verde como outra cor na mesma planta, ou comercialização de uma planta verde com uma planta de outra cor (vermelha ou bicolor) na mesma embalagem.

No mercado de folhosas, outros segmentos que merecem destaque são as hortaliças em miniatura, divididas em dois grupos denominados *míni* e *baby leaf*. As mini-hortaliças são produzidas a partir de materiais genéticos que originam produtos em miniatura como a minialface. As hortaliças *baby* são obtidas pelas colheitas antecipadas dos produtos, em diferentes estádios de crescimento das plantas, que permitem a comercialização de folhas mais jovens no caso das hortaliças folhosas.

Esses segmentos são muito fortes no mercado americano e europeu, cujo estímulo veio da valorização desses produtos na cozinha *gourmet*. No Brasil, o consumo de hortaliças em miniatura cresce significativamente a cada ano, mas ainda não ultrapassa 1% do total das hortaliças comercializadas. A vantagem de se produzirem essas hortaliças se deve principalmente aos preços elevados desses produtos, por serem consumidos basicamente por classes de maior renda, ainda. A minialface está entre os produtos de destaque desse grupo, sendo uma excelente opção para os produtores hidropônicos, que têm disponibilidade de comercializar em mercados diferenciados.

O cultivo de minialfaces é feito a partir de sementes provenientes, principalmente, da Europa e dos Estados Unidos, que originam plantas de excelente sabor adocicado, folhas macias e arquitetura compacta, chegando a pesar entre 200 a 300 g por planta. A sua produção em sistema hidropônico permite a produção mais precoce e nos períodos desfavoráveis de cultivo em campo, além da comercialização da planta inteira, diferenciando o produto como hidropônico. Os produtores têm empregado espaçamento de 20 cm entre plantas e 20 cm entre linhas de cultivo (entre os centros de dois canais de cultivo) para a produção de minialface, com rendimento de 25 plantas/m². O ciclo de cultivo varia entre 25 e 40 dias e os principais fatores a serem levados em consideração para a obtenção de produtos de excelente qualidade são o manejo da nutrição e a luminosidade.

O cultivo de folhosas *baby* tem crescido substancialmente no mundo. Elas são tradicionalmente cultivadas em solo, com colheita mecanizada, em países com uso de alta tecnologia. Entretanto, o cultivo de folhas *baby* (estádio mais precoce que o primeiro) em sistemas hidropônicos NFT *floating* tem sido uma opção interessante para o produtor, por permitir maior qualidade sanitária, maior produtividade, padronização e maior controle do processo produtivo (FALLOVO et al., 2009). O sistema *floating* no Brasil é usado principalmente para a produção de mudas destinadas ao cultivo hidropônico, mas pouco explorado como tecnologia de produção de folhosas. Assim, a tecnologia de produção em sistema *floating* é mais um desafio para a hidroponia no Brasil. Além disso, a produção de folhosas *baby leaf*, como alface e rúcula, no Brasil ainda é principalmente originária de cultivares de tamanho tradicional, enquanto em outros países há produção de cultivares específicas para esse segmento, que apresentam maior vida pós-colheita, pois as plantas colhidas muito jovens têm pequena durabilidade quando provenientes de cultivares destinadas à produção de plantas adultas. Entretanto, deve-se ressaltar que várias empresas de sementes já comercializam cultivares específicas para cultivo de folhosas *baby leaf* no país.

Além da alface, rúcula e agrião, outras hortaliças com grande potencial de crescimento em sistemas hidropônicos são o espinafre verdadeiro (*Spinacia oleracea* L.) e as plantas condimentares.

O espinafre é uma hortaliça muito consumida na Europa e Estados Unidos, mas pouco explorado no Brasil, pelo fato de o espinafre-da-nova-zelândia ou falso espinafre (*Tetragonia expansa*), com folhas triangulares e verde-escuras, ter sido introduzido no Brasil e utilizado na culinária. O espinafre verdadeiro apresenta folhas simples, basais ou alternas, ovais a triangulares, maiores, próximo à base da planta e menores nas extremidades, atingindo cerca de 30 cm de altura e arredondadas, cuja temperatura ótima de crescimento está entre 16 e 20 °C. Essa espécie também necessita de temperaturas amenas para a germinação das suas sementes (faixa ótima entre 10 e 15 °C), o que tem limitado o seu cultivo em regiões de temperaturas mais elevadas.

Seu sabor amendoado, folhas tenras e espessas, rico em vitaminas C, A e minerais (USDA, 2005), faz do espinafre uma opção de grande destaque para os produtores hidropônicos. Entretanto, o seu cultivo deve atender às exigências climáticas, a fim de evitar o estiolamento e o florescimento precoce, que leva ao sabor amargo das folhas. Para o mercado, o produtor tem a possibilidade de colher a planta e comercializar na forma de maços com as raízes, assim como se faz atualmente para a rúcula, ou cortar as folhas para a comercialização do espinafre sozinho ou com outras folhas (alface, rúcula, almeirão) em embalagens com atmosfera modificada, uma vez que o espinafre é sensível à produção de odores e degradação dos tecidos vegetais, com perda de coloração verde após a colheita de folhas cortadas (ALLENDE et al., 2004).

Nas redes de *fast foods* em países como o EUA, o consumo de espinafre verdadeiro é elevado e é usado na confecção de saladas e lanches. No Brasil, essa espécie ainda é pouco utilizada, mas com grande possibilidade de se tornar uma das hortaliças folhosas mais consumidas pela indústria.

Quanto às ervas, como manjerição (*Ocimum basilicum*), salsa (*Petroselinum crispum*), coentro (*Coriandrum sativum*), cebolinha (*Allium schoenoprasom*), alecrim (*Rosemary officinals*), sálvia (*Solvia officinalis*) e hortelã (*Mentha cordifolia*), a produção em sistema hidropônico tem se tornado um grande negócio em outros países, ocupando posição de destaque em ambiente protegido em regiões como a Flórida, nos Estados Unidos. O manjerição tem sido uma das ervas mais cultivadas em sistema hidropônico pelo seu crescimento rápido e elevado valor de mercado. Entretanto, uma avaliação cuidadosa deve ser feita sobre vários fatores, incluindo clima, luminosidade, custo da energia, escala de operação e potencial de mercado.

Uma das grandes vantagens do cultivo de ervas em sistemas hidropônicos é a produção de alta qualidade sob diversas condições de cultivo. Porém, algumas ervas requerem condições específicas, como temperaturas amenas para o cultivo de coentro e elevada luminosidade para o cultivo do manjerição roxo, que apresenta coloração pálida quando cultivado em estufa agrícola com redução de luminosidade nos períodos de inverno. Outro aspecto a ser levado em consideração é a pós-colheita de ervas frescas cortadas. As ervas perdem facilmente umidade, causando murcha das folhas. Manjerição, por exemplo, mostra danos foliares, como folhas escuras e com áreas lesionadas pelo frio quando armazenado em temperaturas inferiores a 5°C.

O sistema mais indicado para o cultivo dessas plantas é o NFT em canais planos ou no sistema vertical, sendo que esse último permite maior aproveitamento da área. No entanto, em sistema vertical, deve-se cultivar plantas de porte pequeno e folhosas que podem ser colhidas mais de uma vez, sem a necessidade de replantio. O número de colheitas dependerá da espécie, pois várias colheitas podem levar à produção de plantas com florescimento precoce.

Uma nova tendência de mercado é a produção local de hortaliças hidropônicas que visa vencer a ausência de grandes áreas agricultáveis pela pressão do crescimento das cidades de médio e grande porte. A produção local permite: a relação mais próxima do consumidor com a produção; a comercialização em estabelecimentos próximos ao local de cultivo, diminuindo os custos de transporte e os riscos de perdas pós-colheita dos produtos; a produção de hortaliças especializadas para nichos de mercado, garantindo maior lucro ao produtor; entre outros benefícios. Essa nova tendência já vem se tornando uma realidade no Brasil, que deve ser analisada sob vários aspectos pelo produtor quanto ao custo de produção, mercado local, sistema de comercialização, mão de obra e gestão.

Portanto, o produtor hidropônico tem um universo grande a ser explorado, comercializando hortaliças diferenciadas, implantando sistemas de cultivo mais adequados para determinados tipos de segmentos de folhosas e conquistando novos mercados com enorme potencial de crescimento no Brasil, como o cultivo de espinafre e ervas condimentares. Cabe ressaltar, ainda, que há grande potencial de consumo a ser explorado pelo setor hortifrúti, pois os brasileiros consomem em média somente 150 g de hortaliças e frutas por dia, considerado bem abaixo da recomendação da Organização Mundial da Saúde, que é de 400 g diárias (SABIO; VENTURA; CAMPOLI, 2013).

2 DEFINIÇÃO DE HIDROPONIA

O cultivo hidropônico é uma técnica de produção de plantas sem a presença de substrato, seja solo ou materiais orgânicos e inorgânicos, cujos nutrientes são fornecidos através da água (PRIETO MARTINEZ; SILVA FILHO, 1997). O método mais conhecido de cultivo hidropônico é o NFT, abreviação em inglês de Nutrient Film Technique (técnica do fluxo laminar de nutrientes). Essa técnica de cultivo, tão difundida no mundo todo, consiste no fornecimento, de forma intermitente, de uma lâmina de água às raízes contendo todos nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas (LORENZO; MAYNARD, 1988). Esse sistema, geralmente, é realizado em canaletas, canais ou outros tipos de estruturas que permitem a passagem de uma lâmina de solução onde as raízes das plantas irão se desenvolver (FAQUIN et al., 1996). Atualmente, os materiais mais utilizados são canais ou perfis plásticos desenvolvidos especificamente para essa finalidade. Contudo, muitos produtores também usam tubos de PVC hidráulicos adaptados para o cultivo de plantas nesse sistema. Independentemente da estrutura utilizada para a condução da água, esta deve ser inclinada para que ocorra um fluxo de solução entre as raízes.

Muitos outros sistemas hidropônicos já foram descritos na literatura e utilizados comercialmente, como a aeroponia. Esse sistema consiste na distribuição de água e de nutrientes através da pulverização de uma solução nas raízes, que estão suspensas no ar. Portanto, uma das vantagens dessa técnica é a aeração eficiente, além de economizar água e nutrientes, pois o sistema de nebulização é adotado para nutrir as raízes. Porém, o sistema depende de alta frequência de pulverização das raízes, e os custos de implantação e de operação são altos. No Brasil, esse sistema tem sido empregado na produção de batata-semente.

As principais vantagens do cultivo hidropônico são:

- Melhor qualidade dos produtos, pois o ambiente de cultivo permite controle parcial ou total dos fatores ambientais e, com isso, o tamanho e a aparência de qualquer produto hidropônico podem ser semelhantes durante todo o ano.
- Facilidade de trabalho, uma vez que as bancadas favorecem a execução dos tratamentos culturais como transplante e colheita.
- Menor quantidade de mão de obra, pois diversas práticas agrícolas não são realizadas como o preparo do solo, calagem, construção de canteiros, entre outras, que são executadas no cultivo em campo; não há necessidade de rotação de cultura, uma vez que após cada cultivo os materiais podem ser limpos e desinfetados, reduzindo, assim, os riscos de incidência de doenças.
- Alta produtividade e colheita precoce, pois a circulação da solução nutritiva sem a presença de substratos permite maior disponibilidade de nutrientes às raízes.
- Menor uso de agrotóxicos, uma vez que muitas pragas e doenças de solo não ocorrem nesse sistema de cultivo. Como não há molhamento foliar pela irrigação e pela chuva (em cultivos em estufas), há uma maior permanência dos produtos sobre as folhas,

melhorando, assim, sua eficiência. Além disso, muitas doenças foliares necessitam de água livre na folha para se desenvolverem, situação que não ocorre em cultivos hidropônicos.

- Maior economia de água e de nutrientes.
- Maior higienização e controle da produção porque a planta não entra em contato com possíveis agentes contaminantes que ocorrem no solo ou com o próprio solo que gera a necessidade de lavagem das folhosas para comercialização.
- Melhor apresentação e identificação do produto para o consumo: na embalagem utilizada para acondicionamento dos produtos hidropônicos, pode-se identificar a marca, cidade de origem, nome do produtor ou responsável técnico, características do produto, entre outras informações.
- Melhor possibilidade de colocação do produto no mercado: por ser um produto de melhor qualidade, aparência e maior tamanho, torna-se um produto diferenciado, podendo agregar melhor preço e comercialização mais fácil.
- Maior tempo de prateleira: os produtos hidropônicos podem ser comercializados com as raízes, por isso tem maior vida de prateleira.
- Pode ser realizado em qualquer local, uma vez que seu cultivo não depende da qualidade do solo.

Como desvantagens, podem-se citar:

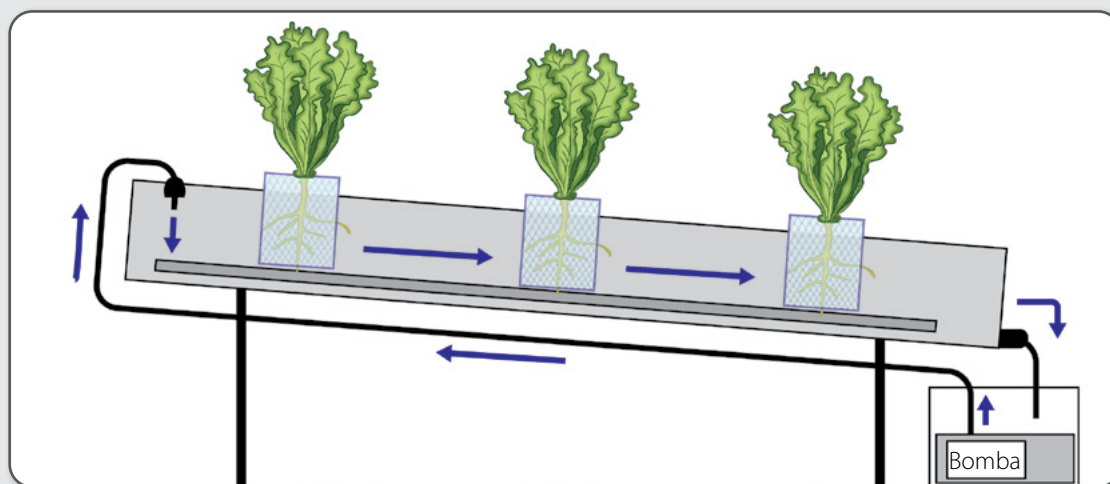
- Os custos iniciais são mais elevados em função da necessidade de terraplenagens para terrenos íngremes, construção de estufas, mesas, bancadas, sistemas hidráulicos e elétricos.
- Grande dependência de energia elétrica e períodos de queda de energia devem ser considerados no projeto. A aquisição de um gerador é recomendada para dar suporte nessas situações. A falta de energia, principalmente nos períodos mais quentes do dia, pode comprometer o desenvolvimento normal das plantas e afetar drasticamente a produção.
- Maior conhecimento técnico, pois há necessidade de conhecimento nas áreas de nutrição, ambiência e fisiologia. Em um sistema fechado, ou seja, com recirculação da solução nutritiva, a incidência de doenças em poucas plantas pode contaminar o restante da população e afetar drasticamente a produção.
- Exige rotinas regulares e periódicas de trabalho e de monitoramento e ajustes das condições nutricionais e sanitárias.
- As plantas respondem rapidamente ao desequilíbrio da solução nutritiva.

3 ESTRUTURAS DO SISTEMA HIDROPÔNICO NFT

3.1 ASPECTOS GERAIS DOS SISTEMAS

Diversos tipos de sistemas hidropônicos NFT existem ou podem ser elaborados, porém, os mais utilizados comercialmente são aqueles constituídos por canaletas rígidas para condução da solução nutritiva, sendo seu fornecimento feito na parte superior e a captação na parte inferior do canal. Essa solução é conduzida para um reservatório e bombeada novamente para a parte superior do canal (Figura 1). As canaletas são posicionadas paralelamente uma das outras, com distância entre elas que variam em função do estágio de desenvolvimento das plantas (no caso de haver a fase de berçário), da espécie cultivada e do ponto de colheita.

Figura 1 – Representação esquemática de um sistema de cultivo hidropônico NFT.



Fonte: Campagnol et al., 2015.

3.2 LOCAL DE CULTIVO

Geralmente, os cultivos hidropônicos são realizados no interior de estufas agrícolas. Diversos modelos são utilizados para isso, mas, no Brasil, as mais comuns são as estufas do tipo arco e capela. No entanto, comparando ambas, as estufas do tipo arco são mais utilizadas e mais recomendadas na hidroponia por permitirem boa distribuição de luz solar e possuírem maior resistência contra o vento. É preferível que a orientação do comprimento da estufa seja no sentido Leste-Oeste, favorável à inclinação do terreno e à entrada de vento. Todos estes são fatores importantes para controle da temperatura interna. As principais vantagens desse local de cultivo, desde que manejado de forma correta, são o maior controle das condições climáticas de cultivo (temperatura, luminosidade e umidade relativa do ar), a não incidência de chuvas e a redução da ocorrência de pragas e doenças (BLISKA JUNIOR; HONORIO, 1999).

Algumas características mais recomendadas para as estufas são: pés-direitos maiores que 3 m, utilização de lanternim (abertura na cumeeira), telas nas laterais, preferencialmente que evitem a entrada de insetos (mas com o limitante de não ser também muito fechada a ponto de dificultar a

ventilação interna) e filme com tratamento anti-UV na parte superior. Se a região for muito fria, pode-se também utilizar filmes nas laterais para reter o calor dentro da estufa durante o inverno.

Entretanto, o cultivo hidropônico também pode ser realizado fora de estufas, a céu aberto, ou sob telados (Figura 2). Em ambos os casos, o manejo do sistema deve ser diferenciado em relação ao realizado em cultivos no interior de estufas. Isso por que a incidência de chuvas pode alterar as características da solução nutritiva. Nesse caso, o sistema deve ser fechado a fim de evitar a diluição da solução nutritiva pela água da chuva, sendo esta descartada ou armazenada em outro reservatório. O manejo nutricional, bem como os turnos de irrigações devem ser adequados para cada situação de cultivo. Além disso, as espécies cultivadas em sistemas hidropônicos fora de estufas devem ser adaptadas a esse ambiente.

O cultivo hidropônico sob telados vem se destacando no Brasil, pois, geralmente, apresenta custo inferior às estufas agrícolas e traz alguns benefícios, como a redução da incidência de luz, que para algumas hortaliças folhosas é benéfico, principalmente no verão, e reduz o impacto das gotas da chuva sobre as plantas. Contudo, vale ressaltar que não são todas as hortaliças comumente cultivadas em hidroponia que apresentam bons rendimentos produtivos e qualitativos nesse ambiente de cultivo. As alfaces crespas, por serem mais rústicas, são as mais indicadas para cultivos *outdoor*, ou seja, fora de estufas.

Figura 2 – Diferentes locais de cultivo hidropônico de hortaliças. (a) estufa agrícola; (b) telados; e (c) a céu aberto.



Fonte: Mello; Campagnol, 2015; Hidrogood, 2016.

3.3 RESERVATÓRIOS DE SOLUÇÃO NUTRITIVA

O tipo, tamanho e a localização dos reservatórios para armazenamento das soluções nutritivas são de grande importância tanto para a manutenção da sua qualidade, quanto para melhor operação do sistema.

Devem ser constituídos de materiais não tóxicos ou que possam reagir com a solução nutritiva. Reservatórios de fibrocimento ou de alvenaria devem ser revestidos para evitar que a solução nutritiva (geralmente ácida) reaja com o cimento (alcalino) e resulte em uma solução com aspecto leitoso. Os materiais mais indicados para armazenamento de soluções nutritivas são de plásticos, como o PVC ou polipropileno, fibra de vidro ou confeccionado de outro material inerte.

A capacidade do reservatório deve ser calculada em função do volume de solução exigido pelas plantas em cada fase de produção. Reservatórios muito pequenos podem permitir o rápido aquecimento da solução, o que não é desejável. Ao contrário, reservatórios muito grandes também não são recomendados pela dificuldade na correção do pH e da condutividade elétrica (CE). Além disso, problemas fitossanitários disseminados via solução nutritiva são mais prejudiciais quando é utilizado um grande reservatório para fornecer solução para muitas plantas (Figura 3).

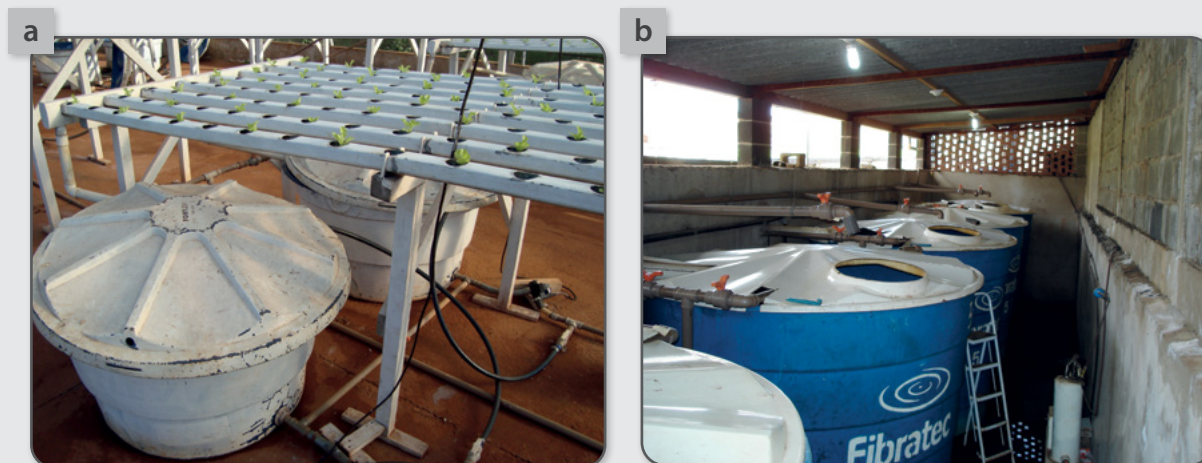
Por essa razão, muitos produtores hidropônicos optam pela maior setorização da produção, dependendo da área total de cultivo. Entretanto, quanto maior o número de setores, maior será a necessidade de mão de obra para o manejo da solução nutritiva, uma vez que seu monitoramento deve ser feito, de preferência, diariamente. Por outro lado, a setorização permite o fornecimento de soluções nutritivas específicas para cada fase de desenvolvimento das plantas e para cada espécie.

O limite mínimo de solução nutritiva recomendado por planta ($L \text{ planta}^{-1}$) é de 0,1 a 0,25 para mudas, de 0,25 a 0,5 para plantas de pequeno porte (rúcula, almeirão), de 0,5 a 1,0 para plantas de médio porte (alface, salsa, cebolinha, agrião, manjerição, morango), de 1,0 a 5,0 para plantas de maior porte (tomate, pepino, melão, pimentão). Quanto maior a relação entre o volume total de solução nutritiva do reservatório e o número de plantas nas bancadas, menores serão as variações na concentração de nutrientes e na temperatura da solução.

Os reservatórios devem ser localizados na parte mais baixa da propriedade, favorecendo o retorno da solução por gravidade. Deve-se evitar a incidência de luz solar sobre eles e sobre a solução para que não ocorra seu aquecimento e desenvolvimento de algas. O aquecimento da solução, grande problema no cultivo hidropônico na maior parte das áreas de cultivo no Brasil, é prejudicial às plantas, pois reduz sua concentração de oxigênio e favorece o desenvolvimento de fitopatógenos. Além disso, temperaturas muito elevadas da solução nutritiva podem afetar o desenvolvimento radicular e sua capacidade de absorver nutrientes.

Em vista disso, as tubulações que fornecem solução às canaletas ou perfis e aquelas que as conduzem de volta para os reservatórios devem ser enterradas. Alguns produtores optam também por enterrar os reservatórios a fim de aproveitar o efeito refrigerador do solo. Contudo, essa prática pode causar alguns empecilhos, como a dificuldade de esgotar a solução para limpeza das caixas, ou a entrada de solo, que pode ocasionar a contaminação da solução por patógenos.

Figura 3 – Tipos de reservatórios para solução nutritiva. Reservatórios plásticos de 250 litros posicionados sob a bancada (a) e reservatórios de 5000 litros localizados em galpão coberto (b).



Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

3.4 BOMBAS-D'ÁGUA

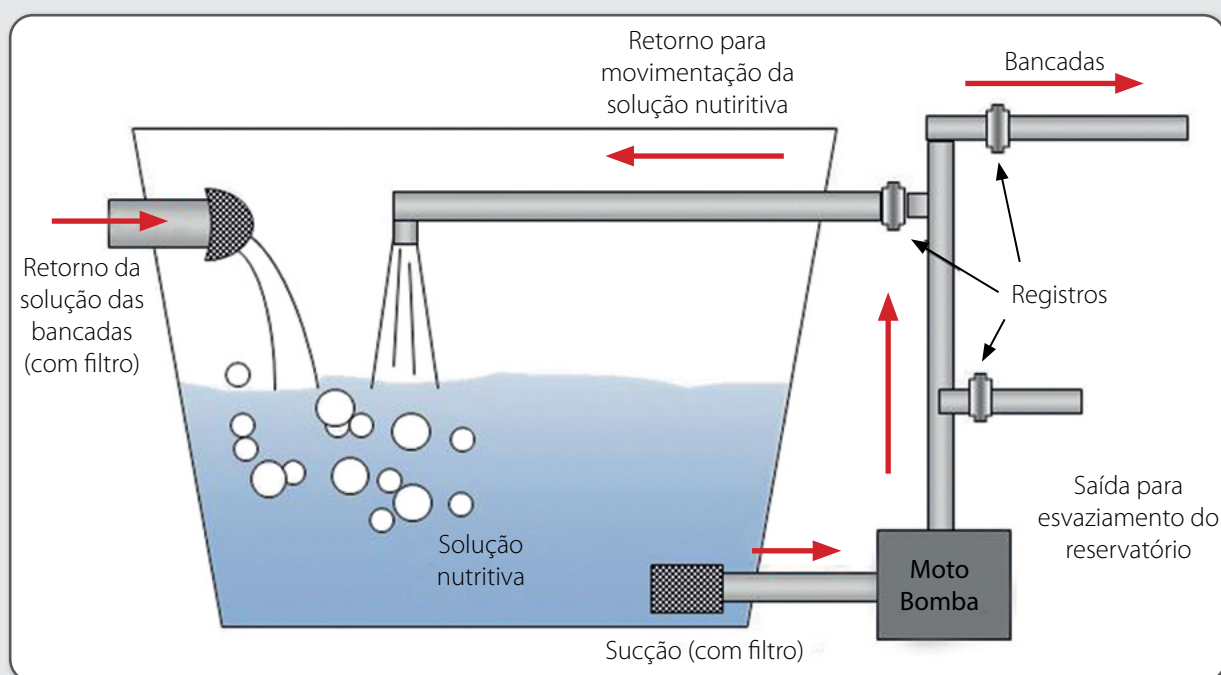
Em sistemas hidropônicos o correto funcionamento das bombas é fundamental para garantir o fornecimento de água e nutrientes às plantas. Eventuais problemas no seu funcionamento podem ocasionar sérios danos às plantas e até mesmo a perda total do cultivo. Assim, recomenda-se o monitoramento constante dos equipamentos utilizados e a manutenção de bombas sobressalentes para possíveis trocas caso o equipamento que está sendo utilizado falhe.

O tubo de sucção da solução deve ser instalado abaixo ou na lateral do reservatório, fazendo com que a bomba trabalhe constantemente afogada. Mesmo assim, parte da solução do reservatório pode não ser succionada devido à entrada de ar que ocorre em função da formação de redemoinho quando o nível de solução se aproxima do ponto de sucção. Isso pode representar cerca de 10% da solução que deixa de ser succionada. Para evitar isso, quando possível, utilizar reservatório de fundo cônico, com o tubo de sucção localizado na parte inferior do cone. Nesse caso, deve-se utilizar em conjunto filtros para reter a matéria orgânica e/ou particular que se forme na parte inferior do reservatório. Outra solução é adaptar, na entrada do tubo de sucção, um cotovelo para evitar ou reduzir a formação do redemoinho que facilita a entrada de ar na bomba.

A instalação de bombas acima dos reservatórios exige a utilização de válvulas de pé, que evitam a saída de solução da bomba por gravidade e, assim, que ela trabalhe vazia. Contudo, esse tipo de válvula pode apresentar falhas que impossibilitem a bomba de succionar solução. Isso pode ocasionar, dependendo do horário do dia, da fase da cultura e do tempo de exposição ao estresse hídrico, graves danos ao desenvolvimento das plantas. Em alguns casos, pode inviabilizar a continuidade do cultivo.

Recomenda-se também, para aumentar o arejamento da solução nutritiva, a conexão de um tubo de retorno da bomba (venturi) ao reservatório para movimentar a solução ao mesmo tempo que os perfis são irrigados (Figura 4).

Figura 4 – Representação esquemática das conexões para movimentação da solução nutritiva no reservatório.



Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

A potência da bomba deve ser suficiente para que a vazão de solução em cada canaleta seja de 1,5 a 2 L min⁻¹. Vazões menores de 1,5 L min⁻¹ fornecidas à bancada com comprimento superior a 15 m podem gerar a redução da concentração de oxigênio dissolvido na solução no final das canaletas.

Os principais problemas que podem ocorrer no sistema de fornecimento de solução nutritiva e suas possíveis causas são descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais problemas que podem ocorrer no sistema de fornecimento de solução nutritiva e suas possíveis causas.

1) Mesmo com o motor ligado, a bomba não realiza o trabalho de sucção.
Causas prováveis:
Falta de solução nutritiva no reservatório.
Não foi retirado o ar de sucção (escorva).
Entrada de ar nas conexões e acessórios.
Giro do eixo do motor com rotação invertida.
Tubulação de sucção e rotor de diâmetro pequeno.
Entrada de ar pela carcaça da bomba. Apertar parafusos.
2) Superaquecimento do motor.
Causas prováveis:
Elementos girantes excessivamente justos, rotor ou eixo emperrados, atritando com as partes estacionárias.
Gaxetas muito apertadas.
Ligação elétrica inadequada ou com defeito nos contatos.
Baixa tensão na rede.
Ocorrência de sobretensão na rede elétrica.
3) Consumo exagerado de energia elétrica.
Causas prováveis:
Ocorrência de vazamento de energia devido à presença de carga inferior à possível.
Defeitos mecânicos como eixo e rotor emperrados, elementos girantes excessivamente apertados (gaxetas).

Fonte: Bernardes, 1997.

3.5 FILTROS, PRODUTOS E EQUIPAMENTOS PARA TRATAMENTO DA ÁGUA

Diferentes filtros e equipamentos podem ser utilizados em várias partes do sistema hidropônico NFT para melhorar a qualidade da água de cultivo. Eles são importantes tanto para evitar que ocorram entupimentos do sistema como garantir uma condição adequada para o cultivo das plantas. A escolha do tipo de filtro ou do equipamento depende da necessidade do sistema. Quando a necessidade é reduzir o conteúdo de partículas na água, devem-se utilizar filtros de tela, disco ou de areia, sendo que cada tipo elimina partículas de diferentes tamanhos.

No caso de elementos químicos, podem-se utilizar filtros de osmose reversa, com resinas de troca iônica, desmineralizadores ou deionizadores. Trata-se de equipamentos de valores mais elevados, sendo que suas aquisições devem ser bem avaliadas pelo produtor, pois o custo do tratamento da água pode inviabilizar economicamente o cultivo.

Já para o tratamento biológico da água, diversos métodos podem ser utilizados, como peróxido de hidrogênio, cloro, brometo de cloro, fungicidas, ozônio, ultra microfiltração, luz ultravioleta, esterilização por calor ou pasteurização e antibióticos. Cada método apresenta

eficiências diferentes, que variam de acordo com o microrganismo presente na água, o tempo de tratamento ou a dosagem utilizada. O tratamento biológico geralmente deve ser feito após a constatação da presença do patógeno na água. Isso pode ocorrer quando a água é proveniente de fontes contaminadas ou água de reuso, ou seja, solução remanescente de outros cultivos.

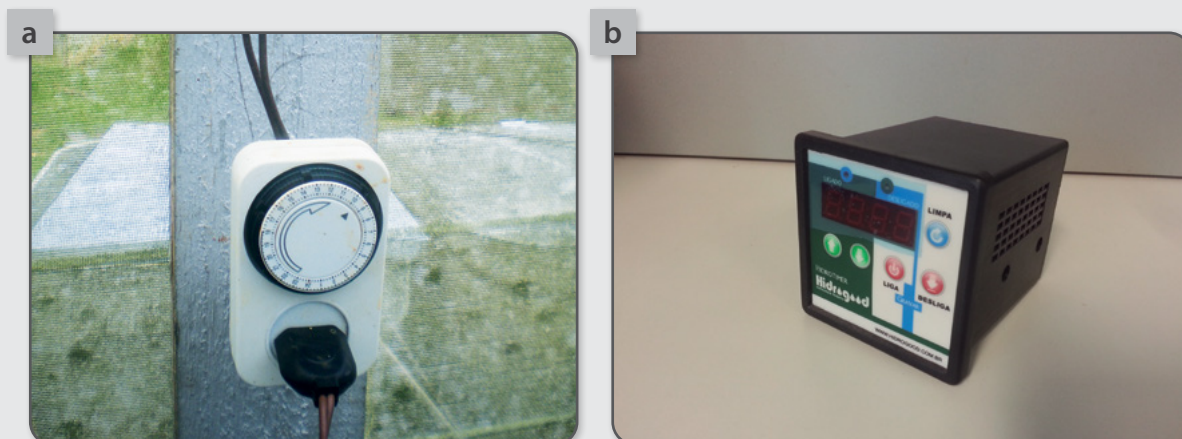
Mesmo quando a água utilizada no cultivo é isenta de patógenos e não apresenta elementos químicos limitantes, há a necessidade do uso de filtros. Esses têm o objetivo principal de evitar o entupimento do sistema e garantir o fornecimento de solução nutritiva às plantas. Assim, muitos produtores instalam filtros na tubulação de sucção para evitar a entrada de partículas no sistema, na tubulação de retorno da solução para o reservatório e na tubulação que encaminha a solução para as bancadas. Periodicamente, deve-se fazer a limpeza e manutenção dos filtros de acordo com a recomendação do fabricante para que eles funcionem de forma eficiente.

3.6 TEMPORIZADORES

São aparelhos (*timer*) que ligam e desligam a bomba-d'água e outros equipamentos em tempos predeterminados (Figura 5). Devem ser de qualidade, uma vez que falhas no acionamento das bombas podem causar sérios danos às plantas, e permitir a programação de acordo com a necessidade do sistema. Geralmente, os turnos de regas são mais frequentes durante o dia e mais espaçados à noite (CARRIJO et al., 1999).

Um exemplo de turno de rega para o cultivo de hortaliças folhosas como alface, rúcula, agrião, entre outras, é de 10 a 20 minutos de irrigação e intervalo de 10 a 20 minutos durante o dia. À noite, a frequência é menor, com intervalos de 2 a 4 horas e aplicação de 5 a 10 minutos de solução. A duração exata das irrigações e do intervalo entre elas pode variar em função do sistema hidropônico, do tipo de canaleta, da espécie cultivada, da época do ano e do horário do dia (temperatura, umidade e luminosidade). Em situações de alta temperatura e baixa umidade relativa ocorre uma maior transpiração da planta. Nesse caso, o tempo entre as irrigações pode ser reduzido a fim de evitar o estresse hídrico das plantas. O produtor deve realizar o acompanhamento frequente do desenvolvimento da cultura, principalmente quando se pretende definir o turno de regas.

Figura 5 – Temporizadores utilizados para acionamento do sistema hidropônico. Analógico (a) e digital (b).



Fonte: Mello; Campagnol, 2015; Hidrogood, 2016.

3.7 ESTRUTURA DE SUPORTE DOS CANAIS

Também chamadas de mesas ou bancadas, as estruturas de suporte dos canais devem ser construídas para facilitar o trabalho dos funcionários, evitar a contaminação do sistema com solo e permitir a melhor sistematização da produção e aproveitamento da área sem prejudicar o desenvolvimento das plantas.

Podem ser fabricadas de diversos materiais, como madeira, aço galvanizado ou plástico (Figura 6). Para culturas de porte pequeno, como as folhosas, recomenda-se uma altura média de 1 a 1,5 m. Para hortalças de ciclo longo e conduzidas na vertical (tutoradas), como tomate, pepino e pimentão, a altura das bancadas deve ser menor, até 0,5 m. Alturas maiores dificultarão a execução de alguns tratos culturais como a condução das hastes e a poda dos ramos excedentes.

Figura 6 – Estruturas para suporte dos canais de cultivo. Suportes feitos de madeira (a) e (b) e de plástico (c) e (d).



Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

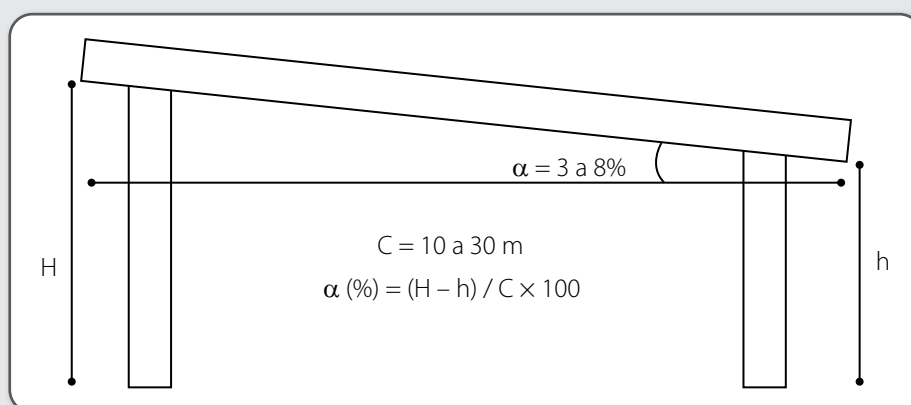
Os pés de plástico são convenientes por serem de baixo custo, fáceis de higienizar e por terem alta durabilidade. Os cavaletes de aço, geralmente mais caros, tem vantagens pela durabilidade e pela facilidade de limpeza também. Já os de madeira, são os menos recomendados. Pois em geral, apesar do baixo custo, não podem ser higienizados (dificuldade de assepsia) e têm menor durabilidade, às vezes, apodrecendo, quando a madeira não é tratada.

A declividade das bancadas deve ser de 3 a 8% (Figura 7). Ou seja, em uma bancada de 10 m de comprimento com 5% de declividade, a altura no início da bancada é de 1,5 m e a final de 1,0 m. Declividade muito elevada (maior que 12%) pode gerar um fluxo muito rápido da solução nutritiva, podendo afetar a absorção de nutrientes, ferir o sistema radicular e deslocar as mudas, quando pequenas, para o interior da tubulação. Ao contrário, pouca declividade (menor de 2%) pode reduzir demasiadamente o fluxo da solução nutritiva, propiciando o aquecimento mais rápido da solução, a redução no seu teor de oxigênio e a formação de algas e microrganismos causadores de doenças.

A largura da bancada deve ser aquela que permita a máxima eficiência do uso da área de cultivo, o fácil alcance das plantas centrais e a melhor sistematização da produção, como a movimentação de materiais, equipamentos e funcionários. Para cultivo de hortaliças folhosas, a largura média das bancadas é de 2,0 m, enquanto que para culturas de porte maior, como tomate, pepino e pimentão, que são tutoradas, a largura irá variar conforme a distribuição das plantas na área. Quando distribuídas em linhas simples, o suporte das canaletas pode ser individual, de aproximadamente 0,3 m. Quando distribuídas em linhas duplas, o suporte também pode ser individual para cada linha ou de 1,0 m para suporte das linhas duplas.

A distância entre os cavaletes ou suportes dos canais deve ser analisado a fim de evitar a formação de depressões que podem acumular água e dificultar o fluxo de solução nutritiva.

Figura 7 – Representação esquemática para cálculo da declividade da bancada.



Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

3.8 CANAIS DE CULTIVO

a) Comprimento

O comprimento dos canais pode afetar drasticamente a qualidade da solução nutritiva. Canais muito longos podem favorecer o aquecimento da solução e a redução do teor de oxigênio dissolvido. Além disso, pode ocorrer maior variação entre os teores de nutrientes fornecidos às primeiras plantas dos canais em relação às últimas. Em canais com mais de 30 m de comprimento, que comportam um grande número de plantas, a concentração de nutrientes na solução nutritiva pode ser alterada ao longo do seu percurso devido a sua absorção pelas raízes das plantas. Com isso, recomenda-se que o comprimento dos canais de cultivo tenha entre 10 e 30 m.

b) Formato

Existem diferentes formatos de perfis ou canais hidropônicos. Os mais comuns são os de fundo reto e os de fundo arredondado (Figura 8). Os canais de fundo reto podem permitir melhor desenvolvimento das raízes, pois possibilita a formação de uma lâmina de menor espessura, o que facilita a oxigenação e a movimentação da solução nutritiva. Porém, esse tipo de canal pode dificultar a limpeza em relação aos canais de fundo arredondado. Outros trabalhos, entretanto, não mostram diferença no desenvolvimento das plantas em função do formato dos canais.

Apesar de o mercado disponibilizar canais hidropônicos fabricados especificamente para esse fim, ainda há diversos produtores que realizam com sucesso o cultivo de plantas em tubos de PVC hidráulico. Contudo, por serem de seção cilíndrica, podem dificultar a estabilidade das mudas na fase inicial, quando o diâmetro do tubo é maior que 100 mm. Quando o diâmetro é menor, o crescimento do sistema radicular pode ser afetado e/ou reduzir o fluxo de solução nutritiva. Nesse caso, a fase de berçário, realizada em tubo com diâmetro menor, é utilizada para o pré-crescimento das plantas, sendo transferidas pós 10 a 15 dias, aproximadamente, para tubos de maior diâmetro para finalizar o crescimento.

Figura 8 – Diferentes formatos de canais hidropônicos. Perfil com seção circular (a), retangular (b), retangular com base levemente arredondada (c) e trapezoidal (d).



Fonte: Mello; Campagnol, 2015; Hidrogood, 2016.

c) Largura

A largura dos canais está relacionada com a espessura da lâmina de água. Geralmente, quanto menor a largura do canal, maior é a espessura da lâmina de solução nutritiva. Canais muito estreitos

podem prejudicar ou até mesmo impedir o fluxo da solução nutritiva devido ao crescimento radicular, que também pode ser afetado, interferindo no desenvolvimento das plantas.

Para hortalças folhosas, recomenda-se a largura de 6 a 16 cm. Larguras menores são recomendadas para folhosas de porte menor, enquanto que as maiores para aquelas que apresentam maior desenvolvimento radicular. Para fase de berçário, quando utilizada, recomendam-se canais mais estreitos, de 4 a 6 cm. Para hortalças de porte maior, como tomate, pepino e pimentão, por exemplo, devem-se utilizar canais mais largos, uma vez que os ciclos de produção são mais longos e os sistemas radiculares se desenvolvem mais. Para isso, recomendam-se os canais com 15 a 24 cm de largura.

Cabe ressaltar que a largura dos canais hidropônicos deve permitir o crescimento radicular sem limitações físicas e não causar ou induzir alterações químicas e biológicas na solução nutritiva. Ao mesmo tempo, deve permitir o máximo desenvolvimento das plantas com o menor uso de recursos e custo de produção.

d) Canais especializados para hidroponia

No mercado brasileiro, podem ser encontrados diversos modelos de canais (perfis) desenvolvidos especialmente para hidroponia. Algumas empresas oferecem produtos com características especificamente projetadas para permitirem uma produção mais apropriada. Algumas particularidades que podemos citar são: cor e nível de transparência (translucidez).

A cor do perfil é um fator bastante relevante para atuar na proteção contra o aquecimento. Isto porque o período no qual a solução nutritiva mais esquenta é quando ela passa por dentro das canaletas, ou seja, quando estão “divididas” em menores porções do que no reservatório, trocando mais calor com o ambiente. Já a translucidez está mais relacionada a facilidade ou dificuldade de aparecimento de algas dentro da canaleta.

A coloração escura de um canal dificulta a passagem de luz para dentro dele (perfis mais escuros tendem a ser menos translúcidos), tornando-o menos favorável ao aparecimento de algas. No entanto absorvem mais calor e geram aquecimento excessivo da solução, o que diminui a oxigenação e pode aumentar incidência de certas doenças.

Se a coloração for clara, o perfil irá refletir a luz e o calor, evitando o aquecimento da solução. Porém, a tendência é de que ele permita maior passagem de luz (seja mais translúcido), o que leva a maior formação de algas ao longo de toda a canaleta e pode trazer o maior risco de doenças. Isto acontece principalmente com tubos de PVC (tubos de esgotos), que possuem cor clara e paredes mais finas. Com o tempo, a canaleta torna-se verde devido a formação de algas, musgos e biofilme.

Por esta razão, algumas empresas especializadas fazem perfis escuros internamente (para evitar passagem de luz) com um revestimento branco por fora para refletir o calor. Estes tendem a reduzir significativamente a temperatura interna da solução nutritiva e evitar a formação de algas.

e) Disposição dos canais

Geralmente, os canais hidropônicos são dispostos paralelamente uns aos outros, contudo, existem outras disposições, como a piramidal e a sobreposta.

O sistema piramidal consiste em dispor os canais na forma de pirâmide ou A ou triangular (Figura 9), com uma angulação média de 45°. Nesse caso, o posicionamento das bancadas em relação ao sol é muito importante para evitar o sombreamento das linhas adjacentes e a redução excessiva da luminosidade sobre as plantas. Esse sistema permite o cultivo de um maior

número de plantas em relação ao sistema convencional. Contudo, há uma maior necessidade de informações técnicas para a condução das plantas e a construção do sistema. Pode ocorrer um sombreamento demasiado das plantas e, com isso, causar o seu estiolamento e a redução do seu desenvolvimento.

Já no sistema com canais sobrepostos as plantas são cultivadas em dois níveis. No nível inferior são cultivadas plantas que suportam maior sombreamento, enquanto que no nível superior, aquelas mais exigentes em luz.

Figura 9 – Diferentes disposições das bancadas. Canais hidropônicos dispostos paralelamente em um nível (a) e (b), piramidal (c) e paralelamente em dois níveis ou sobrepostos (d).



Fonte: Mello; Campagnol, 2015; Hidrogood, 2016.

3.9 OUTROS SISTEMAS HIDROPÔNICOS NFT

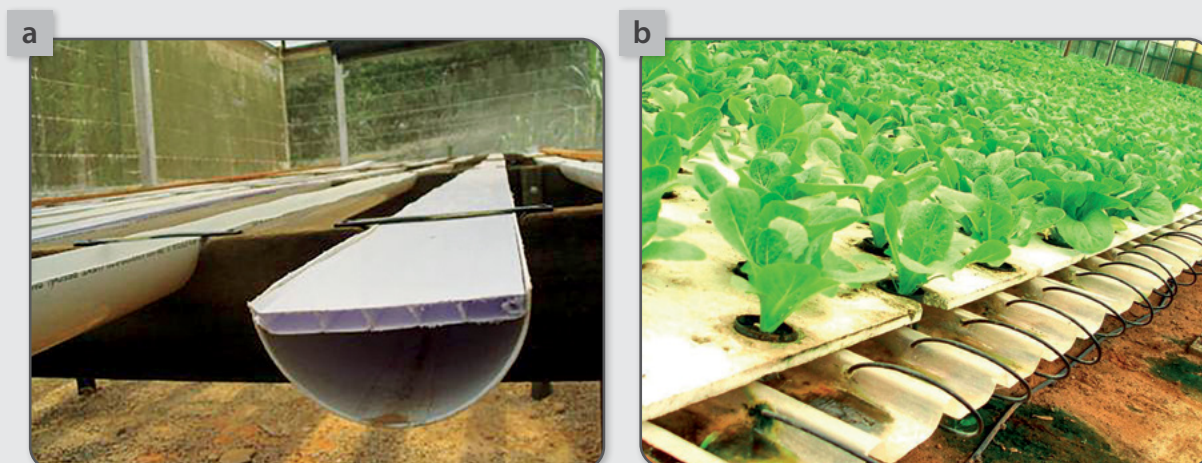
Os sistemas hidropônicos constituídos por canais são os mais utilizados no Brasil; contudo, existem outros materiais e formas de cultivo hidropônico NFT.

Como citado anteriormente, alguns produtores ainda usam tubos de PVC (Figura 10) como canais hidropônicos. Para tubos com diâmetro superior a 100 mm, é possível cortá-los ao meio, tampando a parte superior aberta com isopor ou placas de forro de PVC, que são furados de acordo com o espaçamento recomendado para cada cultura. Além de reduzir a distância entre a base da planta e a solução nutritiva, esse tipo de sistema hidropônico facilita a limpeza, já que o isopor pode ser removido.

Outro material que é utilizado por alguns produtores é a telha ondulada. Nesse caso, quando elas são constituídas de materiais que possam reagir com a solução nutritiva ou quando apresenta alguma textura, recomenda-se a aplicação de plástico ou de algum outro material vedante e inerte. A parte superior, que servirá de apoio às plantas pode ser de plástico ou algum outro material rígido, como o isopor ou placas de forro de PVC, por exemplo.

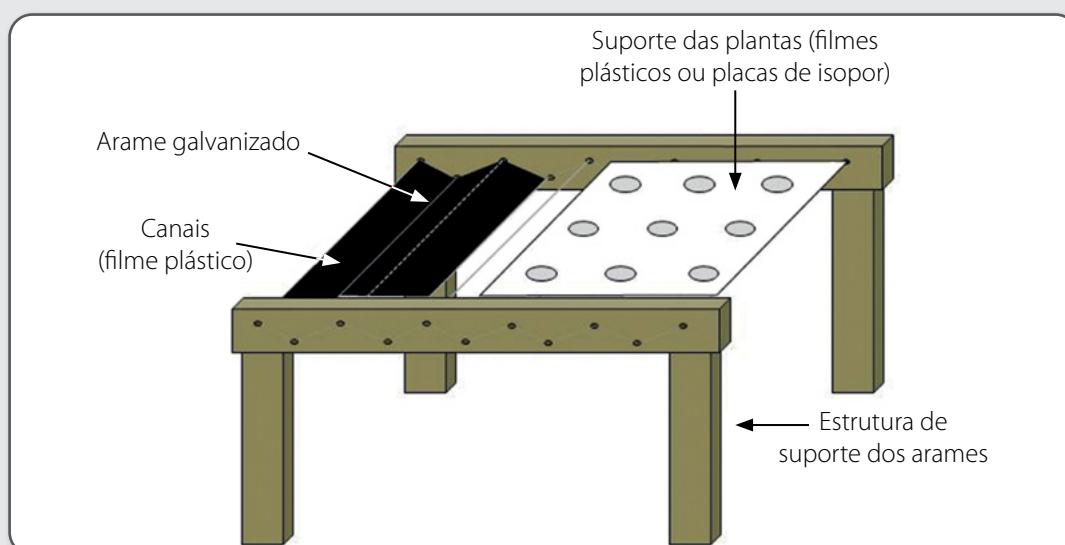
Canais hidropônicos também podem ser construídos com arame e filmes plásticos (Figura 11). Nesse caso, os arames são posicionados e esticados para permitir a formação de canaletas. Sobre essas, são colocados filmes plásticos ou algum material rígido para servir de suporte às plantas. Constitui-se de um sistema simples, barato e de fácil instalação, mas que deve ser bem avaliado, pois apresenta algumas limitações, como maior aquecimento da solução nutritiva e menor durabilidade.

Figura 10 – Canais hidropônicos constituídos de tubos de pvc cortados ao meio e cobertos com placas de forro de pvc (a) e telhas onduladas cobertas por placas de isopor (b).



Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

Figura 11 – Representação esquemática de canais hidropônicos feitos com arame e filme plásticos.



Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

4 PROJETO DE CULTIVO HIDROPÔNICO E CUSTO DE PRODUÇÃO

O custo de instalação de um sistema hidropônico irá variar em função do tipo de sistema e dos materiais e equipamentos utilizados. As Tabelas 2 e 3 apresentam os custos de instalação de três tipos de estufas e de sistema hidropônico constituído por canais comerciais de polipropileno específicos para o cultivo de hortaliças folhosas.

O sistema, projetado para o cultivo de alface, rúcula, agrião e temperos, é composto de uma casa de vegetação de 7 x 30 m, que ocupará uma área de 210 m², dividida em três fases de produção (Figura 12):

1) Fase de germinação (G) – Tempo aproximado: 1 semana.

Área necessária para essa fase de produção será de aproximadamente 1,0 m². A germinação é feita em placas de espuma fenólica, com 345 células, semeando 5 placas a cada vez. Essa área deve ser mantida sombreada por 2 dias e acomodar as placas onde será feita a irrigação com água. Depois de 2 dias são expostas ao sol e após o aparecimento da segunda folha verdadeira, são transferidas para o berçário.

2) Fase de berçário (B) – Tempo aproximado: 3 semanas.

São utilizados, para essa fase, 36 perfis pequenos (58 mm de largura) de 4,65 m, 2 a 2, formando em cada estufa 18 linhas de 9,3 m, com 92 mudas por perfil, totalizando 1.656 mudas, distribuídas em 2 bancadas de 0,70 x 9,3 m com 9 linhas cada. Espaçamento entre perfis de 2 cm e entre furos de 10 cm. A passagem para a próxima fase deve ocorrer quando as folhas começarem a se tocar. Para rúcula e agrião não há a fase de berçário.

3) Fase de crescimento (C) – Tempo aproximado: 3 semanas.

Para o cultivo de alface, são utilizados nessa fase 84 perfis de 80 mm de largura e 4,65 m de comprimento, montados de 2 a 2, formando em cada estufa 42 linhas de 9,3 m, com 36 mudas por perfil, totalizando 1.512 mudas, distribuídas em 6 bancadas de 1,40 x 9,3 m com 7 linhas cada.

Para rúcula, são 24 perfis de 65 mm de largura e 4,65 m de comprimento, montados 2 a 2, formando em cada estufa 12 linhas de 9,3 m, com 73 mudas por perfil, totalizando 876 mudas, distribuídas em bancadas de 1,75 x 9,3 m com 12 linhas cada.

Já para agrião e temperos, utiliza-se 40 perfis de 65 mm de largura e 4,65 m de comprimento, montados 2 a 2, formando em cada estufa 20 linhas de 9,3 m, com 61 mudas por perfil, totalizando 1.220 mudas, distribuídas em 2 bancadas de 1,75 x 9,3 m com 10 linhas cada.

Os espaçamentos devem ser de 13 cm entre perfis e 25 cm entre furos para alface, 7,8 cm entre perfis e 12,5 cm entre furos para rúcula e 11 cm entre perfis e 15 cm entre furos para agrião

De acordo com esse projeto, ao finalizar o primeiro ciclo de produção será possível ter as três fases em produção simultânea de forma que a cada mês será feita a colheita de, aproximadamente, 2.160 pés de alface, 876 pés de rúcula e 1.220 pés de agrião ou temperos.

Tabela 1 – Custo de instalação de três tipos de estufa de 7 x 30 m para o cultivo de hortaliças folhosas.

Descrição dos materiais	Quantidade	Tipo de estufa		
		Standard	Reforçada	Lanternim
Parte aérea de 7 m x 30 m com <i>lock</i> , sem filme	1,00	4.253,25	5.591,20	7.325,53
Pés metálicos centrais de 5,75 m	2,00	370,00	370,00	370,00
Pés metálicos laterais de 3,80 m	22,00	1.980,00	1.980,00	1.980,00
Cabeamento completo p/ reforço da estufa	1,00	666,83	666,83	666,83
Filme Ginegar (Israel) difusor 60% com 5 camadas, 24 meses de garantia, antiestático (reduz poeira) de 8,6 x 32 m x 0,12 ou 5 m x 32 m x 0,12	1 ou 2	855,87	855,87	1.251,20
Tela lateral Polysombra preta 35% de 4 x 100 m	1,00	1.104,00	1.104,00	1.104,00
Custo Total		9.229,95	10.567,90	12.697,56

Obs.: Os valores apresentados podem sofrer alteração em função da escala do projeto, dos tipos e quantidades de materiais necessários e do período de cotação. Os dados apresentados foram fornecidos pela empresa Hidrogood® em 25 de maio de 2015.

Fonte: Hidrogood, 2015.

Tabela 2 – Custo de instalação de sistema hidropônico NFT, contendo materiais permanentes, equipamentos para monitoramento da solução nutritiva e materiais de consumo para o cultivo de hortaliças folhosas.

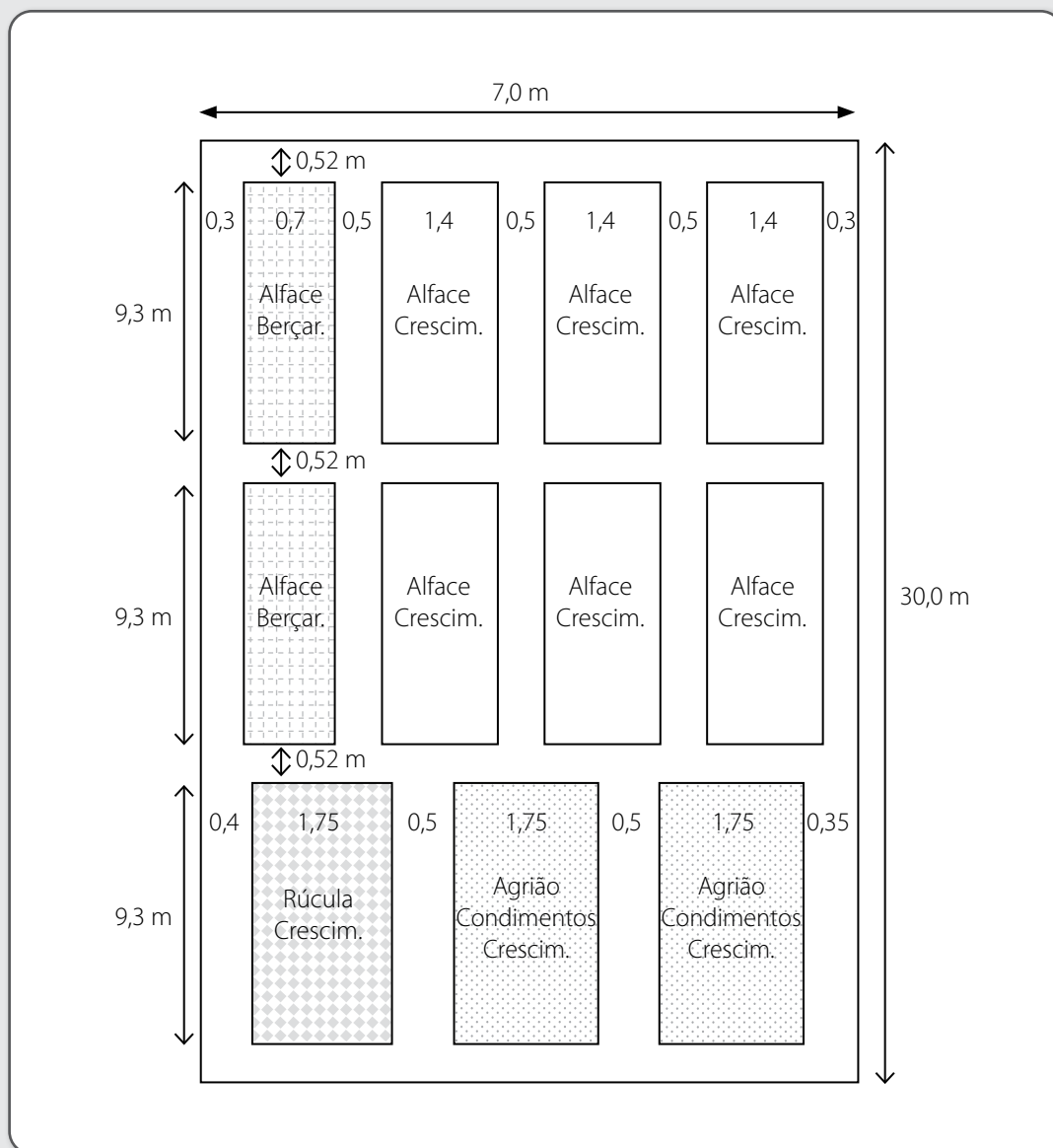
Descrição dos materiais	Quantidade	Valor total (R\$)	
		Sem friso	Com friso
Materiais permanentes			
Perfis de 58 mm (TP58) e 4,65 m com furo de 10,0 cm	36,00	470,39	470,39
Perfis de 80 mm (R80) e 4,65 m com furo de 25,0 cm	84,00	1.730,36	1.902,22
Perfis de 65 mm (R65) e 4,65 m com furo de 12,5 cm	24,00	396,18	448,63
Perfis de 65 mm (R65) e 4,65 m com furo de 15,0 cm	40,00	660,30	747,72
Tampões para perfil de 58 mm (TP58)	18,00	14,58	14,58
Tampões para perfil de 80 mm (R80)	42,00	57,96	67,20
Tampões para perfil de 65 mm (R65)	32,00	39,04	48,32
Perfis de recolhimento de 0,75 m x 9 encaixes (TP58)	2,00	24,00	24,00
Perfis de recolhimento de 1,45 m x 7 encaixes (R80)	6,00	139,20	139,20
Perfis de recolhimento de 1,80 m x 12 encaixes (R65)	1,00	28,80	28,80
Perfis de recolhimento de 1,80 m x 10 encaixes (R65)	2,00	57,60	57,60
Suporte para perfil TP58	108,00	62,64	62,64
Suporte para perfil R80	168,00	117,60	131,04
Suporte para perfil R65	160,00	104,00	112,00
Perfis para bancada – barras de 0,70 m (travessa de cavalete)	20,00	70,00	70,00
Perfis para bancada – barras de 1,40 m (travessa de cavalete)	42,00	294,00	294,00
Perfis para bancada – barras de 1,75 m (travessa de cavalete)	21,00	183,75	183,75
Pés de bancada de 1,20 m (pé de cavalete)	166,00	996,00	996,00
Canos em PP especial 25 mm x 6 m	6,00	84,12	84,12
Canos em PP especial 50 mm x 6 m	6,00	142,02	142,02
Sistema injetor de solução completo	92,00	197,80	197,80
Equipamento para emendas de perfis**	1,00	610,00	610,00
Painel elétrico com rele, contadora, timer, liga-desliga	2,00	1.290,00	1.290,00
Bomba centrífuga (1/2 CV) monofásica. Sucção ¾" / recalque ¾" / vazão máxima: 6,7 m³/h	1,00	423,00	423,00
Bomba centrífuga (3/4 CV) monofásica. Sucção 2" / recalque 1 ½" / vazão máxima: 19,1 m³/h	1,00	981,00	981,00
Sela calha acrílica, 280 g	2,00	25,40	25,40
Custo materiais permanentes		9.199,74	9.551,43
Equipamentos para monitoramento da solução nutritiva			
pHmetro digital HM PH200	1,00		318,00
Condutivímetro digital HM COM100	1,00		264,00
Custo equipamentos para monitoramento			582,00

Descrição dos materiais	Quantidade	Valor total (R\$)	
		Sem friso	Com friso
Materiais de consumo			
Bandejas para espuma fenólica	5,00	56,00	
Solução Nutritiva Hidrogood Fertilizante Van Iperen – saco de 25 kg	1,00	133,00	
Nitrato de Calcio – saco de 25 kg	1,00	56,00	
Ferro DTPA 11% – 1 kg	1,00	56,00	
Espuma fenólica Oasis (caixa com 10.350 células)	1,00	89,00	
Custo materiais de consumo		390,00	
Materiais de consumo opcionais			
Tela lateral Chromatinet vermelha 35% 4 x 100 m	1,00	1.644,00	
Aluminet 35% superior de 7 x 50 m – superior	1,00	2.513,00	
Tela lateral Clarinet branca 30% de 4 x 100 m	1,00	992,00	
Torre de resfriamento trifásica	1,00	4.350,00	
Mesa de germinação para 10 placas, de 1,15 x 1,80 m	1,00	673,00	
Semeadora para sementes peletizadas	1,00	466,00	
Kit de limpeza interna de perfis (conexão 1/4" ou 5/16")	1,00	80,00	
Ácido fosfórico para redução do pH (21 L)	1,00	136,00	
Kit de soluções de calibração para pH 4, pH 7 e condutividade (500 ml)	1,00	180,00	
Sementes para alface crespa “caipira” – 5 mil	1,00	73,00	
Sementes para rúcula “cultivada” (500 g)	1,00	42,00	
Custo materiais de consumo opcionais		11.149,00	

Obs.: Não estão incluídos registros de esfera de 25 mm para as bancadas, reservatório 2.500 L em material inerte para alface, agrião e temperos e reservatório 500 L em material inerte para rúcula. O painel elétrico atende bombas de até 1 CV monofásica ou 2 CV trifásicas. Outros casos devem ser consultados. O dimensionamento da canalização foi estimado apenas para a parte exposta. O dimensionamento de bombas foi para altura manométrica até 8 m. Outros casos devem ser analisados. Os valores apresentados podem sofrer alteração em função da escala do projeto, dos tipos e quantidades de materiais necessários e do período de cotação. Os dados apresentados foram fornecidos pela empresa Hidrogood® em 25 de maio de 2015.

Fonte: Hidrogood, 2015.

Figura 12 – Diagrama de distribuição das bancadas de cultivo hidropônico de alface, rúcula, agrião e temperos em estufa de 210 m² (7 x 30 m).



Fonte: Hidrogood, 2015.

5 ETAPAS OU FASES DE PRODUÇÃO

A produção hidropônica de hortaliças folhosas pode ser dividida em fases, sendo mais comum dividi-las em duas ou três. As fases são: germinação ou produção de mudas; berçário ou crescimento intermediário e crescimento final. A fase de berçário, mais utilizada no cultivo de alface, pode ser eliminada quando se utilizam canais hidropônicos de menor altura, que permite maior estabilidade das mudas nos estádios iniciais de desenvolvimento, ou por interesse do produtor, uma vez que reduz a necessidade de mão de obra para o transplante de uma fase para outra. Contudo, o uso dessa fase intermediária pode reduzir o ciclo de cultivo, uma vez que permite a transferência antecipada das mudas para o berçário e uma nutrição mais apropriada para essa fase, bem como, pode aumentar a eficiência do uso da área, pois o período da fase de crescimento final é reduzida e é ela que ocupa a maior área da estufa.

5.1 FASE DE GERMINAÇÃO OU PRODUÇÃO DE MUDAS

Essa fase vai da sementeira até a transferência das mudas aos canais do berçário ou de crescimento final. Quando se utiliza berçário, as mudas geralmente são produzidas em espuma fenólica e transferidas para os canais do berçário quando surge a primeira folha verdadeira, que ocorre entre 7 a 10 dias após a sementeira (DAS). Quando não se utiliza a fase de berçário, as mudas podem ser produzidas em outro tipo de substrato e são transferidas para os canais de crescimento final entre 15 a 30 (DAS), dependendo da espécie, cultivar e condições climáticas e de cultivo. As mudas também podem ser adquiridas de produtores ou empresas especializadas e idôneas na produção de mudas.

No caso de o produtor optar por produzir sua própria muda, devem-se adquirir as sementes de empresas idôneas e escolher as espécies e variedades adequadas às condições climáticas da região e de cultivo (MINAMI, 1995). As sementes devem ser armazenadas em locais apropriados para evitar incidência de patógenos, a perda de vigor e seu envelhecimento acelerado. Deve-se sempre fechar bem as embalagens e mantê-las em ambiente com baixa umidade relativa do ar e temperatura em torno de 10 °C.

O uso de sementes peletizadas apresenta algumas vantagens, como maior uniformidade de germinação, já que esse tipo de semente recebe tratamento (*priming*) que acelera esse processo, e maior facilidade na sementeira, pois esse tipo de semente é maior devido ao seu recobrimento.

As mudas devem ser produzidas em estufa adequada para essa finalidade, preferencialmente com altura de pé-direito igual ou superior a 4 m, coberta por filme plástico aditivado anti-UV, fechada lateralmente por tela antiafídeos e com antecâmara. Esse local deve sempre permanecer limpo e muito bem fechado, evitando-se a entrada de pessoas que possam trazer qualquer tipo de contaminação.

A produção de mudas em bandejas para cultivo hidropônico NFT é feita de maneira semelhante à produção destinada ao cultivo em solo ou substrato. As bandejas utilizadas podem

ser de isopor ou de plástico (Figura 13). Atualmente, as bandejas de isopor estão sendo substituídas pelas de plásticos recicláveis que são utilizadas uma única vez. Isso evita a transmissão de doenças pelo reuso de bandejas mal-higienizadas, que acontece facilmente com as bandejas de isopor mais velhas pelo fato de o material ser poroso e permitir a entrada de raízes, de substratos e de outros materiais orgânicos, que dificultam a desinfecção.

Primeiramente é colocado substrato nas bandejas e, em seguida, procede-se à semeadura. O substrato escolhido deve apresentar boas características físicas, químicas e biológicas para o desenvolvimento das plântulas. Os substratos mais usados para isso são a fibra de coco, casca de pinus, turfa e vermiculita. Sua granulometria deve favorecer o preenchimento completo das células da bandeja sem que se formem espaços vazios. Isso é muito importante, pois no momento do transplante, os espaços vazios prejudicam a integridade do sistema radicular e favorecem o desprendimento de substrato na solução nutritiva. A colocação do substrato nas bandejas pode ser feita manualmente ou através de máquinas automatizadas que além de fazer o seu enchimento com substrato, realiza a semeadura. Esses equipamentos são mais comuns em empresas especializadas na produção de mudas.

O número de sementes por célula depende da espécie e do tipo de semente. Na Tabela 3 são apresentadas as quantidades de sementes por célula e o período médio para a produção das mudas.

Tabela 3 – Número de sementes por célula, número de células por bandeja e período de produção das mudas de algumas hortaliças folhosas.

Hortaliça	Número de sementes por célula	Período (dias)
Alface semente peletizada	1	30 a 40
Alface semente nua	2 a 3	30 a 40
Rúcula	12 a 20	15 a 30
Salsa	8 a 12	20 a 30
Coentro	8 a 13	20 a 30
Manjerição	1 a 2	25 a 35

Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

Após a semeadura, as bandejas devem ser mantidas em câmara de germinação ou em local com umidade elevada e temperatura apropriada para cada espécie vegetal. Para a grande parte das hortaliças folhosas, a temperatura ideal encontra-se entre 20 e 25 °C. Alguns produtores de mudas mantêm as bandejas empilhadas para aumentar a capacidade da câmara de acomodar as bandejas e facilitar seu transporte até a estufa. O período de permanência nesse local geralmente é de 1 a 2 dias e deve permitir a hidratação da semente e favorecer a sua germinação, mas sem a emergência da parte aérea da planta. As bandejas ao serem transferidas para a casa de vegetação devem ser mantidas por um período de 1 a 2 dias sob condições de menor intensidade luminosa. Para isso, as estufas agrícolas devem possuir telas de sombreamento ou telas termorrefletoras que permitem a redução de luminosidade para aclimação das plantas na fase inicial de desenvolvimento. Posteriormente, as telas de sombreamento são recolhidas para permitir a entrada máxima de radiação solar necessária para a produção de mudas de hortaliças de qualidade.

A irrigação das mudas geralmente é feita por aspersão, sendo comum a adição de fertilizantes junto a água, técnica conhecida como fertirrigação. A frequência de irrigação ou fertirrigação depende das condições climáticas, como temperatura e luminosidade, principalmente, mas normalmente varia de uma a três irrigações diárias. O volume de água aplicado é definido em função da experiência do produtor que leva em consideração a umidade do substrato avaliada visualmente, cuja quantidade de água empregada deverá permitir a drenagem das bandejas para garantir que todo o substrato contido em cada célula seja uniformemente umedecido.

A prática da irrigação com base no monitoramento dos fatores climáticos (temperatura e luminosidade para ambiente protegido) depende de um sistema automatizado, cujo custo ainda é elevado para a maioria do viveiristas.

O ciclo de produção de mudas de hortaliças pode variar de 15 a 45 dias, dependendo da espécie e das condições de cultivo, sendo que a precocidade é desejável para o viveirista otimizar a sua atividade. Entretanto, mudas mais precoces devem ter sistemas radiculares bem desenvolvidos que suportam as condições adversas do ambiente após o transplante, como elevadas temperaturas e precipitações. Para isso, as raízes devem preencher todo o volume de substrato da célula e serem mais grossas para evitar danos as mesmas no momento da retirada das mudas das bandejas.

Figura 13 – Detalhes da produção de mudas em bandejas plásticas com substrato. Disposição das bandejas plásticas em empresa especializada na produção de mudas de hortaliças (a) e (b), detalhe do ponto de transplante da alface para canais de cultivo definitivo (c) e detalhe do sistema radicular de muda de alface (d).



Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

A produção de mudas também pode ser realizada em espuma fenólica (Figura 14), material inorgânico, que se degrada lentamente sem contaminar a solução nutritiva. Esse material é comercializado em placas com células destacáveis, que variam quanto ao número e altura: 54 (5 x 5 x 3,8 cm), 216 (2,5 x 2,5 x 3,0 cm ou 2,5 x 2,5 x 3,8 cm) ou 345 (2,0 x 2,0 x 2,0 cm ou 2,0 x 2,0 x 3,8 cm).

Os fabricantes devem informar se a espuma fenólica é lavada ou não, pois durante o processo de fabricação resíduos tóxicos à germinação das sementes podem reduzir significativamente o *stand* de plântulas na placa. Algumas espumas possuem os orifícios marcados para a colocação das sementes. Caso as células não estejam perfuradas, efetuar as perfurações usando qualquer tipo de marcador com diâmetros e profundidades máximas de 1,0 cm. Os orifícios de forma cônica possibilitam uma melhor acomodação das sementes, evita compactação da base e favorece a penetração das raízes na espuma. O número de sementes por célula depende do tamanho do orifício presente na célula da espuma fenólica.

Inicialmente, as placas devem ser umedecidas para a realização da semeadura. Elas devem ser mantidas em local apropriado para a germinação das sementes. Após essa etapa, as placas podem ser transferidas para um sistema *floating*, para a irrigação por capilaridade. Para isso, uma fina lâmina de água é mantida no sistema enriquecida ou não com nutrientes para permitir o desenvolvimento das mudas. Quando as mudas iniciarem a emissão da primeira folha verdadeira, que ocorre entre 7 a 10 dias após a semeadura, elas devem ser transplantadas para a mesa de desenvolvimento intermediário ou berçário.

Figura 14 – Detalhes da produção de mudas em espuma fenólica. Bancada tipo *floating* para produção de mudas em espuma fenólica (a), detalhe da germinação de rúcula (b), ponto de transplante de rúcula para berçário (c) e mudas de diversas culturas produzidas em espuma fenólica (d).



Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

5.2 FASE DE BERÇÁRIO OU DE DESENVOLVIMENTO INTERMEDIÁRIO

Essa fase nem sempre é necessária. Muitos produtores optam por realizar o transplante das mudas diretamente para as bancadas de crescimento final, pois exigem menos mão de obra para a mudança de uma bancada para outra. Para canais de cultivo mais profundos, entretanto, há necessidade de mudas produzidas em recipientes mais altos que garantem maior altura do substrato, consequentemente da muda, para evitar que ela seja conduzida pelo fluxo de água que percorre os canais.

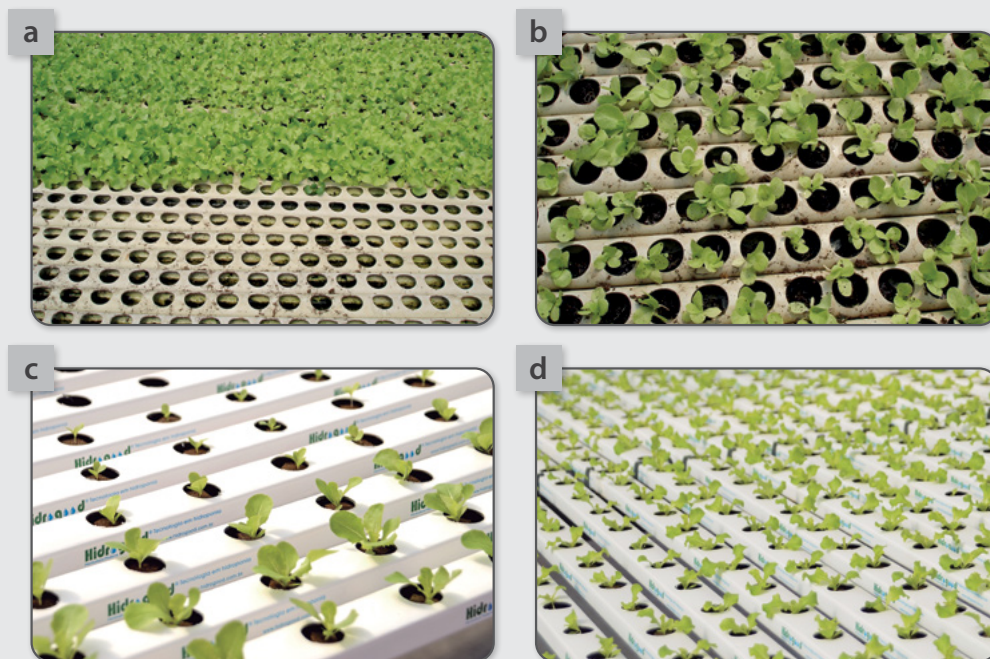
A fase de berçário (Figura 15) pode reduzir o ciclo de produção, resultando em maior eficiência do uso da área e, consequentemente, maior lucratividade do empreendimento.

Quando as mudas atingem o tamanho adequado e o sistema radicular está bem desenvolvido, elas são transferidas para as mesas de desenvolvimento intermediário. Nesse local, elas são mantidas em maior densidade em relação a fase de crescimento final. Com isso, o espaço necessário para essa fase é menor que para a fase final.

A duração dessa fase depende da espécie cultivada, do estágio de desenvolvimento das mudas, das condições climáticas durante o período de cultivo e do espaçamento entre plantas (distância entre canais e entre orifícios). Quando as folhas de uma planta se encostam às das outras, elas devem ser transplantadas para as bancadas de crescimento final. Após esse estágio, as plantas começam a competir por luz e podem estiolar.

A mudança das plantas de uma bancada para outra deve ser feita com cuidado para evitar lesões e desidratação do sistema radicular. Proceder a essas mudanças preferencialmente no final do dia ou de manhã bem cedo.

Figura 15 – Detalhe dos canais hidropônicos do berçário. Canais hidropônicos confeccionados com tubo de pvc (a) e (b) e canais comerciais, específicos para a fase de berçário (c) e (d).



Fonte: Mello; Campagnol, 2015; Hidrogood, 2016.

5.3 FASE FINAL DE CRESCIMENTO

Essa é a fase de maior duração. Para alface, ela dura de 15 a 45 dias. Isso dependerá do uso ou não da fase de berçário, do tipo de alface cultivada, do sistema hidropônico utilizado, da adubação e das condições climáticas do ambiente.

As bancadas utilizadas nessa fase (Figura 16) apresentam as menores densidades de plantas em comparação às das outras fases. A solução nutritiva geralmente é feita no início do cultivo e ajustada ao longo do ciclo de acordo com sua condutividade elétrica e seu pH. A mesma solução nutritiva pode ser utilizada de 45 até 60 dias. Posteriormente, ela é descartada ou reutilizada em outras áreas de produção de plantas. O reuso da solução de descarte evita o desperdício de água e de fertilizantes e a contaminação do lençol freático ou das águas superficiais.

Figura 16 – Bancadas utilizadas na fase final de crescimento. Bancadas prontas para receber as mudas (a), mudas com uma semana depois de serem transplantadas para as bancadas de crescimento final (b) e plantas de alface no ponto de colheita (c) e (d).



Fonte: Hidrogood, 2016.

6 A ÁGUA

Ao elaborar uma solução nutritiva para cultivo de plantas no sistema hidropônico, além de conhecer as exigências nutricionais das plantas, que pode ser obtida através de marchas de acúmulo de nutrientes, de testes de soluções, da experiência de algum produtor ou da literatura, deve-se, primeiramente, conhecer a água disponível na propriedade.

Em cultivo sem o uso do solo, a qualidade da água é fundamental, sendo decisiva para o sucesso ou o fracasso da atividade. O produtor deve conhecer as suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas e verificar se há algum fator que pode vir a limitar o cultivo de plantas como pH, alcalinidade, sais solúveis, cálcio, magnésio, boro, flúor, cloreto, sulfatos, sódio, bicarbonato, ferro, bactérias heterotróficas, coliformes fecais, *Escherichia coli*, e materiais sólidos orgânicos e inorgânicos. Recomenda-se enviar amostras de água para o laboratório para a sua caracterização. A Tabela 4 apresenta os valores máximos de padrões de qualidade da água recomendado quanto a algumas características químicas para os cultivos hidropônicos.

Além da água potável e de poço artesiano, pode-se utilizar água de superfície, urbana e a recolhida de chuvas (LEJEUNE; BALESTRAZZI, 1992 apud CASTELLANE; ARAÚJO, 1995). Em função dos problemas de disponibilidade de água nos mananciais, é recomendado que os projetos hidropônicos atuais sejam elaborados considerando a captação e o uso da água das chuvas (Figura 17).

Figura 17 – Tanques para armazenamento de água das chuvas confeccionados com material impermeável de cor preta (a) e branca (b) e reservatórios para armazenamento de água tratada (c) e (d).



Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

Tabela 4 – Valores máximos de padrões de qualidade da água recomendados para os cultivos hidropônicos.

Elemento químico	mg L ⁻¹
Sódio	11,50
Cloro	35,50
Cálcio	80,20
Magnésio	12,20
Sulfato	48,10
Bicarbonato	244,00
Ferro	0,03
Manganês	0,55
Cobre	0,06
Zinco	0,33
Boro	0,27
Flúor	0,48
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹) a 25 °C	0,50

Fonte: Benoit, 1992.

Quando a água contém teores de um ou mais nutrientes em quantidades não desprezíveis, as concentrações deles devem ser levadas em consideração para a elaboração da solução nutritiva. Recomenda-se considerar o teor de um macronutriente e de micronutriente quando o seu valor na água representar no mínimo 25% e 50%, respectivamente, do teor a ser empregado para compor a solução.

A condutividade elétrica (CE) da água deve ser menor que 0,5 mS cm⁻¹, com uma concentração total de sais inferior a 350 ppm (CASTELLANE; ARAÚJO, 1995). Valores elevados de CE da água dificultará a formulação de uma solução nutritiva, pois seu valor poderá exceder o ideal para a cultura quando os fertilizantes forem adicionados.

Quando a água apresenta um teor elevado de íons bicarbonatos (água dura), o pH será elevado, resultando em precipitação de nutrientes, que se tornam indisponíveis para as plantas.

7 NUTRIÇÃO MINERAL DAS PLANTAS

Para que as plantas sejam capazes de se desenvolver e completar seu ciclo biológico elas precisam dos elementos químicos carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco. Além desses elementos considerados essenciais, há outros que são esporadicamente considerados benéficos, como o sódio, o silício e o cobalto. O carbono, hidrogênio e oxigênio são incorporados ao metabolismo vegetal através da água e do ar atmosférico. Os demais elementos são fornecidos pela solução nutritiva e absorvidos pelas raízes. Para que isso ocorra, os elementos devem estar presentes em níveis adequados no meio radicular e em formas assimiláveis pelas plantas.

A disponibilidade dos nutrientes no meio depende da sua concentração e relação entre os íons, do pH, da temperatura e do nível de oxigênio na água, temperatura e do ar, radiação solar e umidade relativa do ar (ADAMS, 2004).

8 SOLUÇÃO NUTRITIVA

Em cultivos hidropônicos, todos os nutrientes estão disponíveis na solução nutritiva, que será composta por fertilizantes sólidos ou líquidos. Os fertilizantes sólidos solúveis são os mais empregados no Brasil e devem ser escolhidos no mercado em função das seguintes características:

- **Forma química** – A forma ou formas dos nutrientes presentes no fertilizante (Tabela 5). Essas formas químicas têm diferentes comportamentos na planta, no solo ou substrato e na solução nutritiva. O nitrogênio, por exemplo, pode ser fornecido como nitrato e/ou amônio. As plantas absorvem ambas as formas. O amônio, quando absorvido, pode ser incorporado diretamente pela planta, enquanto que o nitrato deve ser transformado em amônio para assim ser incorporado, o que gera um gasto de energia pela planta. Contudo, em altas concentrações o amônio pode ser tóxico para as plantas ou ocasionar um crescimento excessivo quando a luminosidade do ambiente é baixa. Além disso, dependendo da forma de N ofertado pela solução nutritiva, pode ocorrer um aumento ou redução do seu pH, que, por sua vez, pode afetar a disponibilidade de outros nutrientes. Para hortaliças folhosas, como a alface, a quantidade de N na forma de amônio não deve ser superior a 5% do total de N na solução nutritiva. Os elementos que compõem os fertilizantes nem sempre são utilizados integralmente, podendo acumular na solução e causar toxidez às plantas. As quantidades de íons cloro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}) e sódio (Na^+) ou outros elementos que compõem alguns fertilizantes, como o cloreto de potássio, sulfato de magnésio e nitrato de sódio, por exemplo, podem acumular na solução e atingir níveis tóxicos às plantas ou afetar a absorção de outros nutrientes. Esse fato pode ser comum em sistemas hidropônicos com solução recirculante (sistema fechado), em que a reposição dos nutrientes é feita baseada na condutividade elétrica e não na concentração de cada elemento.
- **Solubilidade em água** – Os fertilizantes utilizados em cultivos hidropônicos devem ser altamente solúveis em água, uma vez que para serem absorvidos pelas plantas, os nutrientes devem estar dissociados (Tabela 5).
- **Higroscopicidade** – Consiste na capacidade do fertilizante em absorver a umidade do ar. Vários são higroscópicos, como o nitrato de cálcio e o sulfato de magnésio, por exemplo. Quando a umidade do ar do ambiente onde os fertilizantes são armazenados é elevada e a embalagem não é adequada ou está danificada ou aberta, o fertilizante absorve umidade, o que altera a disponibilidade do nutriente no fertilizante, pois ocorrem perdas por solubilização de parte do produto. Os locais onde são armazenados os fertilizantes devem ser bem ventilados para evitar o acúmulo de umidade e as embalagens devem ser adequadamente armazenadas sob estrado de madeira ou em prateleiras. Quando abertos, devem ser colocados em recipientes que não permitam a entrada de umidade ou bem fechados depois do uso.
- **Grau de pureza** – O grau de pureza do fertilizante refere-se, de acordo, com a legislação.
- **Poder acidificante e alcalinizante** – Os fertilizantes apresentam diferentes comportamentos quando dissolvidos em água e podem aumentar ou reduzir o pH da

solução nutritiva (Tabela 6). Por exemplo, os fertilizantes amoniacais acidificam a solução nutritiva enquanto os nítricos alcalinizam.

- **Poder salinizante** – Praticamente todos os fertilizantes minerais elevam a pressão osmótica da solução nutritiva e, com isso, aumentam a dificuldade de as raízes absorverem água (Tabela 6). Entretanto, alguns apresentam maior poder salinizante que outros. Na escolha dos fertilizantes para fazer uma solução nutritiva, é recomendado aqueles que apresentam um menor poder de salinização, principalmente quando a água apresenta uma alta concentração de sais superior ao equivalente a $0,5 \text{ dS m}^{-1}$.
- **Poder de corrosão** – A ação corrosiva dos fertilizantes pode afetar os equipamentos (como motobombas) e materiais confeccionados de metais corrosivos. Os materiais plásticos são mais resistentes à corrosão que os metálicos. O alumínio sofre maior ação de soluções alcalinas e do ácido fosfórico, enquanto que o aço inoxidável não é afetado. Os fertilizantes apresentam diferentes poder de corrosão em relação a diversos materiais, como verificado na Tabela 7.

Tabela 5 – Composição de fertilizantes usados em hidroponia.

Fertilizante	Fórmula	Teor do elemento (%)	Solubilidade (g L ⁻¹)	
			20 °C	25 °C
Nitrogenados				
Nitrato de amônio	NH ₄ NO ₃	33(N)	1.950	
Nitrato de cálcio	Ca(NO ₃) ₂	15(N) 20(Ca)	1.220	3.410
Nitrato de sódio	NaNO ₃	16(N)	730	920
Sulfato de amônio	(NH ₄) ₂ SO ₄	20(N) 24(S)	710	
Ureia	CO(NH ₂) ₂	45(N)	1.030	1.190
Fosfatados				
Superfosfato simples	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ · 2H ₂ O+CaSO ₄	18(P ₂ O ₅) 20(Ca)12(S)	20	
Superfosfato triplo	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ · 2H ₂ O	43(P ₂ O ₅) 12(Ca)1(S)	40	
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄	55(P ₂ O ₅)	460	5.480
Potássicos				
Cloreto de potássio	KCl	60(K ₂ O)	347	
Sulfato de potássio	K ₂ SO ₄	50(K ₂ O) 18(S)	110	
Sulfato duplo de potássio e magnésio	K ₂ SO ₄ · 2MgSO ₄	26(K ₂ O) 10(Mg) 15(S)	250	
Nitrogenados-Fosfatados				
Fosfato monoamônico (MAP)	NH ₄ H ₂ PO ₄	10(N) 52(P ₂ O ₅)	230	
MAP cristal (purificado)	NH ₄ H ₂ PO ₄	11(N) 60(P ₂ O ₅)	370	
Fosfato diamônico (DAP)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	17(N) 44(P ₂ O ₅)	430	
Fosfato de ureia	CO(NH ₂) ₂ H ₃ PO ₄	18(N) 44(P ₂ O ₅)	625	Alta
Nitrogenados-Potássicos				
Nitrato de potássio	KNO ₃	13(N) 44(K ₂ O)	320	
Salitre potássico	NaNO ₃ KNO ₃	15(N) 14(K ₂ O)	623	

Fertilizante	Fórmula	Teor do elemento (%)	Solubilidade (g L ⁻¹)	
			20 °C	25 °C
Fosfo-Potássicos				
Fosfito de potássio	KH ₂ PO ₃	58(P ₂ O ₅) 38(K ₂ O)	alta	alta
Fosfato monopotássico (MKP)	KH ₂ PO ₄	51(P ₂ O ₅) 33(K ₂ O)	230	330
Fosfato bipotássico	K ₂ HPO ₄	40(P ₂ O ₅) 53(K ₂ O)	1.670	
Cálcicos				
Cloreto de cálcio penta-hidratado	CaCl ₂ · 5H ₂ O	20(Ca)	670	
Cloreto de cálcio bi-hidratado	CaCl ₂ · 2H ₂ O	27(Ca)	980	
Sulfato de cálcio (gesso)	CaSO ₄ · 2H ₂ O	18(Ca) 16(S)	2,4	
Magnesianos				
Nitrato de magnésio	Mg(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O	9(Mg) 11(N)	720	
Sulfato de magnésio	Mg(SO ₄) ₂ · 7H ₂ O	9,5(Mg) 12(S)	710	
Micronutrientes				
Bórax	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	11(B)	21 ⁽¹⁾	
Solubor	Na ₂ B ₈ O ₁₃ · 4H ₂ O	20(B)	220 ⁽¹⁾	
Ácido bórico	H ₃ BO ₃	17(B)	63 ⁽²⁾	
Molibdato de sódio	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	39(Mo)	580	
Molibdato de amônio	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ 4H ₂ O	54(Mo) 7(N)	430 ⁽¹⁾	
Sulfato de cobre	CuSO ₄ · 5H ₂ O	25(Cu) 12(S)	240	
Sulfato ferroso	FeSO ₄ · 7H ₂ O	19(Fe) 10(S)	330	
Sulfato de ferro	Fe ₂ (SO ₄) ₃ · 4H ₂ O	23(Fe) 18(S)	240	
Cloreto férrico	FeCl ₃ · 6H ₂ O	20(Fe) 30(Cl)	92	
Sulfato de manganês	MnSO ₄ · 4H ₂ O	25(Mn) 14(S)	1.050 ⁽¹⁾	
Sulfato de zinco hepta-hidratado	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	21(Zn) 11(S)	960	
Sulfato de zinco mono-hidratado	ZnSO ₄ · H ₂ O	35(Zn) 17(S)	670	
Sulfato de cobalto	CoSO ₄ · 7H ₂ O	22(Co) e o 11(S)	330	

⁽¹⁾ Solubilidade a 0 °C.

⁽²⁾ Solubilidade a 30 °C.

Fonte: Adaptado de Trani; Trani, 2011.

Tabela 6 – Índice salino, condutividade elétrica, índice de acidez e alcalinidade e pH de fertilizantes comerciais.

Fertilizantes	Índice salino ⁽¹⁾	Condutividade elétrica ⁽²⁾ (mS.cm ⁻¹)	Índice de acidez e alcalinidade ⁽³⁾	pH em água (1:10)
Nitrato de amônio	105	1,5	62	5,6
Ureia	75	-	71	7,3
Sulfato de amônio	69	2,1	110	4,2
Nitrato de cálcio	52	1,2	20	
Nitrato de sódio	100	-	29	9,6
Uran	-	1,1	57	
Fosfato monoamônico (MAP)	30	0,8	58	4,5
Fosfato diamônico (DAP)	34		75	75
Fosfato de ureia	-	1,2	-	2,7
Ácido fosfórico (54% P ₂ O ₅)		1,7	110	2,6
Cloreto de potássio	116	1,7	0	5,8
Sulfato de potássio	46	1,4	0	5,7
Nitrato de potássio	74	1,3	-	6,5
Sulfato de potássio e magnésio	43	-	0	5,3
Salitre potássico	92	-	29	
Fosfato monopotássico (MKP)	8	0,7	0	4,5

⁽¹⁾ Índice relativo ao nitrato de sódio (valor 100).

⁽²⁾ Determinada na concentração de 1 g de fertilizante por litro de água.

⁽³⁾ Sinal + (acidez): kg de CaCO₃ necessário para neutralizar 100 kg de fertilizante; Sinal - (alcalinidade): kg de CaCO₃ “adicionados” pela aplicação de 100 kg de fertilizante.

Fonte: Trani et al., 2011;

Tabela 7 – Corrosão relativa dos fertilizantes dissolvidos na água em relação a diversos metais.

Fertilizante	pH	Alumínio	Cobre	Bronze	Aço	Aço galvanizado	Aço inoxidável
Ureia (solução)	8,0	C	SC	C	SC	SC	SC
Nitrato de amônio	7,0	BC	BC	BC	BC	BC	BC
Ureia-nitrato de amônio	8,0	C	C	C	C	BC	BC
Amônia líquida	9,0	SC	BC	BC	SC	SC	SC
Sulfato de amônio	5,0	BC	MC	MC	MC	MC	MC
Nitrato de cálcio	5,0	SC	BC	BC	BC	C	SC
Nitrato de sódio	8,0	C	SC	SC	BC	BC	SC
Ácido fosfórico	1,0	MC	MC	MC	MC	MC	SC
Fosfato diamônico (DAP)	6,0	MC	MC	MC	-	-	BC
Polifosfato de amônio	6,0	C	BC	BC	SC	BC	SC

SC = sem corrosividade; BC = baixa corrosividade; C = corrosividade a elevada concentração; MC = muito corrosivo.

Fonte: Borges; Silva, 2011.

8.1 SOLUÇÕES NUTRITIVAS DE CULTIVO

A solução nutritiva que é fornecida às raízes das plantas, deve conter todos os nutrientes, em concentrações e proporções ideais para cada estágio fenológico da planta.

As características dessa solução podem variar ao longo do ciclo de cultivo de acordo com o requerimento nutricional da planta. Para hortaliças folhosas, os produtores, utilizam uma ou duas soluções nutritivas diferentes, de maneira geral, durante o ciclo produtivo. Os produtores que fazem o uso da fase de berçário utilizam uma solução específica para ela e outra para a fase de crescimento final. Para hortaliças de porte maior, como o tomate, pepino e pimentão, o número de soluções pode ser maior, uma para a fase de crescimento vegetativo, uma para a fase de produção e outra para fase de final de ciclo. Entretanto, isso não é regra, havendo produtores que usam apenas duas soluções ou mesmo uma e obtêm bons resultados produtivos.

O preparo e manejo da solução levam em consideração os custos dos fertilizantes bem como da energia elétrica para circular a solução e para a sua substituição.

Os produtores podem preparar a solução final para nutrir as plantas nos canais de cultivo de duas formas: a) dissolvendo todos os fertilizantes necessários para compor a solução nutritiva final em um único reservatório; ou b) dissolvendo os fertilizantes compatíveis entre si para compor as soluções concentradas, que serão utilizadas para a confecção da solução nutritiva final. Para isso, há necessidade de, no mínimo, dois reservatórios, uma vez que fertilizantes à base de Ca não podem ser misturados com fertilizantes que contenham sulfato ou fosfato na sua composição, pois pode ocorrer a formação de precipitados na forma de sulfato de cálcio ou fosfato de cálcio.

O manejo da solução em ambos os sistemas consiste na reposição de nutrientes que foram consumidos durante o dia pelas plantas com base na leitura da condutividade elétrica da solução no reservatório após a reposição da água. Para isso, diariamente a medição da CE é realizada após reservatório ter sido completado com água para retornar ao seu volume inicial. Em função da redução da CE, soluções nutritivas concentradas são adicionadas em quantidades proporcionais à essa redução, conforme será demonstrado posteriormente. Entretanto, esse processo de reposição não leva em consideração as concentrações dos nutrientes remanescentes na solução, o que gera, ao longo do tempo, acúmulo de determinados nutrientes pela absorção diferenciada entre cátions e ânions pelas raízes. Esse acúmulo pode ocasionar um desequilíbrio entre os nutrientes, diminuindo a absorção de determinados elementos pela presença de outros em elevadas concentrações ou pela formação de precipitados. Para resolver esse problema, o produtor pode descartar a solução nutritiva final a cada 40 ou 50 dias, em média. A solução nutritiva a ser descartada pode ser reaproveitada em outras áreas de produção comercial para evitar o desperdício de água e de nutrientes e a contaminação do ambiente. Para isso, técnicas de manejo precisam ser desenvolvidas nas nossas condições para garantir ao produtor o aproveitamento da solução de descarte de forma eficiente.

8.2 SOLUÇÕES CONCENTRADAS

Em relação à solução nutritiva estoque, denominada **solução estoque ou concentrada**, a concentração de nutrientes é bem maior, podendo ser de 50 a 200 vezes mais concentrada que a solução nutritiva que é fornecida às raízes das plantas (solução nutritiva final). A solução estoque pode ser utilizada para o preparo das soluções nutritivas finais e reposição dos nutrientes que são consumidos diariamente na solução nutritiva final.

As soluções nutritivas concentradas para compor e repor as soluções nutritivas finais proporcionam otimização do processo produtivo, pois reduzem o uso de mão de obra para a pesagem de fertilizantes necessária para repor diariamente os nutrientes consumidos na solução nutritiva final.

As soluções estoque são, geralmente, divididas em A e B ou A, B e C, de acordo com a compatibilidade entre os fertilizantes (Figura 18) e o estágio de desenvolvimento da cultura. Como essas soluções são mais concentradas que as soluções de cultivo, é muito importante se atentar na compatibilidade, uma vez que, dependendo da mistura de fertilizantes, pode haver a formação de compostos de baixa solubilidade ou de pares iônicos, reduzindo a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Após a separação dos grupos de fertilizantes de acordo com sua compatibilidade, faz-se a dissolução em água. Para isso, deve-se conhecer a solubilidade de cada sal (Tabela 5).

Figura 18 – Compatibilidade de misturas de fertilizantes comerciais para cultivo hidropônicos.

	Ureia	Nitrato de amônio	Sulfato de amônio	Nitrato de cálcio	Nitrato de potássio	Cloreto de potássio	Sulfato de potássio	Fosfato monomônico (MAP)	Sulfato de Fe, Zn, Cu e Mn	Quelato de Fe, Zn, Cu e Mn	Sulfato de magnésio	Ácido fosfórico	Ácido sulfúrico	Ácido nítrico
Ureia	Incompatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Nitrato de amônio		Incompatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Sulfato de amônio			Incompatível	Incompatível	Compatível	Compatível	Solubilidade reduzida	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Nitrato de cálcio				Incompatível	Incompatível	Solubilidade reduzida	Solubilidade reduzida	Solubilidade reduzida	Solubilidade reduzida	Solubilidade reduzida	Solubilidade reduzida	Compatível	Incompatível	Compatível
Nitrato de potássio					Incompatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Cloreto de potássio						Incompatível	Solubilidade reduzida	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
Sulfato de potássio			Solubilidade reduzida	Incompatível		Solubilidade reduzida	Incompatível	Compatível	Solubilidade reduzida	Compatível	Solubilidade reduzida	Compatível	Solubilidade reduzida	Compatível
Fosfato monoamônico (MAP)				Incompatível			Incompatível	Incompatível	Solubilidade reduzida	Solubilidade reduzida	Solubilidade reduzida	Compatível	Compatível	Compatível
Sulfato de Fe, Zn, Cu e Mn				Incompatível			Solubilidade reduzida	Incompatível	Incompatível	Compatível	Compatível	Incompatível	Incompatível	Compatível
Quelato de Zn, Cu e Mn				Solubilidade reduzida			Solubilidade reduzida	Compatível	Compatível	Incompatível	Compatível	Solubilidade reduzida	Compatível	Incompatível
Sulfato de magnésio				Incompatível			Solubilidade reduzida	Solubilidade reduzida	Compatível	Compatível	Incompatível	Compatível	Compatível	Compatível
Ácido fosfórico								Compatível	Solubilidade reduzida	Solubilidade reduzida	Compatível	Incompatível	Incompatível	Compatível
Ácido sulfúrico				Incompatível			Solubilidade reduzida	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Incompatível	Incompatível
Ácido nítrico									Compatível	Incompatível	Compatível	Compatível	Compatível	Incompatível



Incompatível

Solubilidade reduzida

Compatível

9 ELABORAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA

Não existe uma solução nutritiva ideal para todas as espécies vegetais e condições de cultivo. Cada espécie tem sua própria exigência nutricional (TEIXEIRA, 1996), que, por sua vez, é influenciada por diversos fatores. A formulação e a manutenção da solução nutritiva dependem das seguintes variáveis (RODRIGUES, 2002):

- espécie vegetal;
- cultivares dentro de uma mesma espécie;
- estágio fenológico da planta;
- fatores ambientais (temperatura, intensidade luminosa e umidade relativa do ar);
- época do ano (fotoperíodo)
- qualidade da água;

Quando se analisa as exigências nutricionais de culturas produzidas em sistemas hidropônicos deve-se atentar para as relações entre os nutrientes nas plantas. Essa relação indica a proporção dos nutrientes absorvidos da solução de cultivo, sendo suas quantidades totais de importância secundária, uma vez que se procura manter constantes suas concentrações na solução.

Na Tabela 8 são apresentadas as relações entre os teores foliares de N, P, Ca, Mg e S com os teores de K para algumas hortaliças que podem ser cultivadas em sistemas hidropônicos NFT. Podemos verificar que a relação entre os macronutrientes pode variar de acordo com a espécie. Isso significa que a solução nutritiva para cada cultura ou grupo de culturas deve ser ajustada para que elas tenham um desenvolvimento adequado. A utilização de uma única solução para culturas com diferentes relações de extração pode gerar desequilíbrios nutricionais, com acúmulo de nutrientes que são menos adsorvidos da solução. Esse fator é ainda mais relevante para culturas de ciclo mais longo e quando a solução nutritiva não é renovada integralmente.

Tabela 8 – Relações entre os teores foliares de N, P, Ca, Mg e S com os teores de K para algumas hortaliças que podem ser cultivadas em sistemas hidropônicos NFT.

Cultura	Relação com o teor de K na matéria seca					
	K	N	P	Ca	Mg	S
Hortaliças de folhas						
Agrião	1,00	0,83	0,17	0,25	0,07	0,05
Alface	1,00	0,62	0,09	0,31	0,08	0,03
Almeirão	1,00	0,65	0,10	0,12	0,03	-
Cebolinha	1,00	0,75	0,08	0,50	0,10	0,16
Chicória	1,00	0,82	0,10	1,36	1,07	-
Couve	1,00	1,20	0,16	0,62	0,14	-
Espinafre	1,00	1,00	0,10	0,78	0,18	0,20
Repolho	1,00	1,00	0,15	0,63	0,15	0,13
Rúcula	1,00	0,78	0,09	0,84	0,07	-
Salsa	1,00	1,14	0,17	0,43	0,10	-

Cultura	Relação com o teor de K na matéria seca					
	K	N	P	Ca	Mg	S
Hortaliças de frutos						
Berinjela	1,00	1,00	0,16	0,40	0,14	-
Melão	1,00	1,14	0,14	1,14	0,29	0,08
Morango	1,00	0,67	0,10	0,67	0,27	0,10
Pepino	1,00	1,20	0,18	0,56	0,16	0,13
Pimenta	1,00	1,00	0,13	0,63	0,20	-
Pimentão	1,00	0,90	0,10	0,50	0,16	-
Tomate	1,00	1,25	0,15	0,75	0,10	-
Hortaliças de flores						
Brócolis	1,00	1,50	0,20	0,67	0,17	0,18
Couve-flor	1,00	1,25	0,15	0,75	0,10	-

Fonte: Adaptado de Rajj et al.,1997.

Deve-se salientar que as relações entre os nutrientes na planta variam de acordo com o seu estágio de desenvolvimento. Plantas mais jovens podem apresentar relações de extração diferentes de plantas adultas. Para tomate, por exemplo, a relação de extração de nutrientes durante a fase de desenvolvimento inicial (fase vegetativa), quando a planta não apresenta frutos, é diferente que na fase em que elas estão desenvolvendo os frutos (fase de produção) e também da fase final, quando as plantas já foram podadas, não há o desenvolvimento de novas folhas e a quantidade de frutos é decrescente. Em função disso, ajustes na solução nutritiva de acordo com as necessidades de cada fase irão promover um melhor balanço nutricional e desenvolvimento da planta, resultando em maior produtividade e eficiência do uso dos fertilizantes.

Outro fator importante que deve ser considerado na elaboração de uma solução nutritiva é a susceptibilidade de certas espécies ou variedades a deficiências nutricionais. Algumas variedades de alface são mais susceptíveis a deficiência de Ca (*Tip Burn*) que outras. O mesmo ocorre com tomate (podridão apical). Nesses casos, a concentração desse nutriente na solução nutritiva pode ser aumentada, tomando-se cuidado para não causar grande competição entre outros nutrientes como o magnésio e o potássio.

O primeiro passo na elaboração de uma solução nutritiva é saber as necessidades nutricionais da espécie que será cultivada, que pode ser obtido em marcha de acúmulo de nutrientes. Entretanto, essas informações, específica para cada variedade ou cultivar, pode não estar disponível para os produtores. Nesse caso, pode-se utilizar marchas de acúmulo de outras variedades disponíveis ou mesmo os teores de nutrientes das soluções nutritivas utilizadas em outros cultivos ou por outros produtores. Informações disponíveis na literatura também podem ser utilizadas, lembrando-se que o acompanhamento da cultura ao longo do ciclo de cultivo e os ajustes na solução de cultivo são essenciais para garantir o bom desenvolvimento das plantas, independente da origem ou forma de elaboração da solução nutritiva.

No caso de se utilizar a marcha de acúmulos de nutrientes, o produtor deverá estabelecer as relações entre os nutrientes e exportá-la para a solução nutritiva. Ou seja, as mesmas proporções entre N, K, P, Ca, Mg, S e micronutrientes que são verificadas na marcha devem ser mantidas na solução nutritiva. Isso pode ser feito, por exemplo, multiplicando-se os valores das relações por 100, como verificado na Tabela 9. Isso é feito para chegarmos a um teor de nutrientes próximo ao que deve estar presente na solução nutritiva. Essas quantidades de nutrientes devem ser convertidas em fertilizantes, conforme descrito detalhadamente no item 10.

O ajuste exato da concentração de nutrientes deve ser feito baseado na condutividade elétrica ideal para cada cultura. Uma forma fácil de fazer esse ajuste é dissolver as quantidades dos fertilizantes calculados (Tabela 10) em meio litro de água, mesmo sabendo que esses valores deveriam ser diluídos em 1 L. Depois de feito essa diluição, deve-se aferir a sua condutividade elétrica e ir adicionando água até que o seu valor atinja o adequado para a cultura. Atingido o valor de CE desejado, verificar o quanto de água foi adicionado. Por exemplo: para atingir a CE de 1,5, foi adicionado 1,4 L. Isso significa que as quantidades de fertilizantes calculados pela marcha de acúmulo de nutrientes, que deveriam ser diluídos em 1,0 L, na verdade deverão ser diluídos em 1,4 L. Então, para corrigir os valores dos fertilizantes, eles deverão ser divididos por 1,4. Dessa forma, quando as quantidades de fertilizantes forem adicionadas no reservatório, tanto a relação entre os nutrientes quanto a condutividade elétrica estarão adequados para a cultura.

Tabela 9 – Cálculos para elaboração de solução nutritiva baseada na marcha de acúmulos de nutrientes para a cultura da alface.

Cultura	Relação com o teor de K na matéria seca					
	K	N	P	Ca	Mg	S
Alface	1,00	0,62	0,09	0,31	0,08	0,03
Multiplicar por 100						
Concentração (mg L ⁻¹)	100,00	62,00	9,00	31,00	8,00	3,00
Fertilizantes (mg L ⁻¹)						
Nitrato de cálcio (15% N; 20% Ca)	150,00					
Nitrato de potássio (13% de N; 36,6 K)	275,00					
Sulfato de magnésio (9,5% Mg; 12% S)	85,00					
MAP (11% N; 26,2% P)	35,00					
Total de nutrientes fornecidos pelos fertilizantes						
Concentração (mg L ⁻¹)	100,65	62,10	9,17	30,00	8,08	10,20

Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

Apesar de apresentar as mesmas relações de extração de nutrientes na planta, essa solução nutritiva deverá ser ajustada de acordo com o desenvolvimento das plantas ao longo do ciclo de cultivo. O monitoramento nutricional das plantas é fundamental para garantir seu bom desenvolvimento, evitar desbalanços nutricionais e o aumento da salinidade do meio radicular. Ele pode ser feito visualmente, quando o produtor é experiente, ou com o auxílio de alguns equipamentos, como os pHmetros, condutivímetros, medidores de íons específicos e medidores de clorofila.

Como verificado na Tabela 9, as relações entre os nutrientes na solução nutritiva são semelhantes às relações na matéria seca da planta, exceto para o enxofre (S). O fechamento da solução nutritiva, ou seja, o fornecimento exato de todos os nutrientes é muito difícil de ser obtido, sendo comum exceder as quantidades para um dos nutrientes. Isso ocorre, pois os fertilizantes são sais solúveis que apresentam em sua composição mais de um elemento químico, assim, a adição de um fertilizante irá fornecer, geralmente, dois nutrientes. Entre os macronutrientes, o enxofre (S) é o que menos afeta o desenvolvimento da planta quando aplicado em maior quantidade (desde que essa concentração não seja muito excessiva para a cultura), sendo, portanto, o último nutriente a ser calculado.

Muitos produtores se baseiam em soluções já utilizadas por outros produtores, fornecidas por empresas do setor, por consultores ou obtidas na literatura. Muitas dessas soluções apresentam somente as quantidades dos nutrientes e não as dos fertilizantes. Para converter os valores de nutrientes em fertilizantes, primeiramente o produtor deve saber as concentrações de todos os nutrientes nos fertilizantes que ele tem disponível na propriedade ou que irá adquirir. Essas informações podem variar entre as empresas, mesmo se tratando do mesmo fertilizante.

Sabendo dessas informações, deve-se realizar os cálculos das quantidades de fertilizantes necessários para fornecer todos os nutrientes necessários para as plantas. O cálculo inicia-se com o nitrato de cálcio, por ser, na maioria das vezes, o único fertilizante fornecedor de Ca. Em seguida procede-se os cálculos do P, K, Mg e N. O enxofre, dependendo das fontes de fertilizantes utilizados (sulfatos, nitratos ou cloreto) pode exceder ou faltar.

Com relação aos micronutrientes, sua quantificação também pode ser feita com base nas quantidades observadas na marcha de acúmulo de nutrientes da planta. Geralmente, eles são quantificados após os macronutrientes, pois não alteram o pH e a CE da solução nutritiva devido a sua baixa concentração. Eles podem ser fornecidos através de sais solúveis ou fertilizantes quelatados. Os sais solúveis são mais baratos, contudo, precisam ser calculados e pesados individualmente, o que dificulta a tarefa. Uma opção mais prática e que vem sendo cada vez mais utilizada pelos produtores hidropônicos devido aos bons resultados obtidos é o uso de fertilizantes comerciais contendo todos os micronutrientes, a maioria quelatados. Por serem quelatados, apresentam alta solubilidade em água e disponibilidade em uma faixa mais ampla de pH da solução nutritiva em comparação aos nutrientes fornecidos via sais solúveis.

Há também no mercado soluções nutritivas ainda mais simples de se preparar, pois já são quase que totalmente dosadas de fábrica. Alguns adubos que são vendidos comercialmente já possuem os micro e macro nutrientes misturados nas quantidades adequadas, reduzindo todos os componentes da solução para apenas 2 ou 3. Deste modo, ao invés de calcular as quantidades, pesar e dosar cada micro e macro nutriente em uma solução, basta realizar os procedimentos com o adubo composto em 2 ou 3 componentes, de acordo com a variedade cultivada e a fase de desenvolvimento das plantas.

Tais adubos possuem a versatilidade de não precisar fazer a pesagem e controle de cada componente, economizando tempo e adicionando praticidade ao manejo diário da solução. No entanto, por já possuírem dosagens pré-misturas, não são disponíveis para todos os tipos de culturas (em geral, mais fácil de encontrar para folhosas como alface, temperos e rúcula).

10 SUGESTÕES DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS

Na Tabela 10 são apresentadas sugestões de soluções nutritivas recomendadas para o cultivo de alface, rúcula, coentro, salsa e manjerição.

Tabela 10 – Soluções nutritivas para o cultivo de alface, rúcula, coentro, salsa e manjerição.

Nutriente	Cultura				
	Alface ¹	Alface ²	Rúcula ³	Rúcula ⁴	Coentro, salsa e manjerição ⁵
	Fase de produção (mg L ⁻¹)				
N	160,00	198,00	281,42	203,68	210,00
P	43,00	39,00	26,99	40,65	80,00
K	180,00	183,00	253,64	309,26	225,00
Ca	131,00	142,00	240,00	160,00	180,00
Mg	20,00	38,00	25,25	36,93	60,00
S	50,00	52,00	34,20	74,40	70,00
B	1,00	0,30	0,59	0,44	0,50
Cu	0,50	0,02	0,15	0,44	0,50
Fe	2,50	2,00	4,18	5,34	2,50
Mn	0,40	0,40	0,15	0,44	0,50
Mo	0,08	0,06	0,03	0,09	0,10
Zn	0,20	0,06	0,06	0,18	0,50
Ni	0,07	0,00	0,05	0,09	0,05

Fonte: ¹Mello; Campagnol, 2015; ²Furlani et al., 1999; ³Matsuzaki, 2013; ⁴Pinheiro et al., 2014; ⁵Nakata et al., 2010, Ferezini et al., 2010 e Despontin et al; 2010.

11 PASSO A PASSO PARA A DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE FERTILIZANTES QUE COMPORÁ A SOLUÇÃO NUTRITIVA

1º passo: Determinar as quantidades de nutrientes da solução nutritiva.

Isso pode ser feito através das relações de nutrientes obtidas pela marcha de acúmulo, de recomendações de outros produtores ou de informações disponíveis na literatura. Nesse exemplo, utilizaremos as quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura da alface, apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 – Solução nutritiva para o cultivo de alface.

Quantidade de nutrientes (g 1000 L ⁻¹)												
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Ni
160	43	180	131	20	50	1	0,5	2,5	0,4	0,08	0,2	0,07

Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

2º passo: Definir os fertilizantes que serão utilizados e o quanto de nutrientes cada um deles fornecerá.

O produtor pode adquirir diversos fertilizantes a fim de suprir todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas. Nesse exemplo, utilizaremos fertilizantes comumente utilizados em cultivos hidropônicos (Tabela 12).

Tabela 12 – Fertilizantes utilizados na elaboração da solução nutritiva.

Fertilizante	Fórmula	Teor do elemento (%)
Macronutrientes		
Nitrato de cálcio	Ca(NO ₃) ₂	15(N) 20(Ca)
Nitrato de amônio	NH ₄ NO ₃	33(N)
Nitrato de potássio	KNO ₃	13(N) 44(K ₂ O)
Fosfato monopotássico (MKP)	KH ₂ PO ₄	51(P ₂ O ₅) 33(K ₂ O)
Sulfato de magnésio	Mg(SO ₄) ₂ · 7H ₂ O	9,5(Mg) 12(S)
Micronutrientes		
Ácido bórico	H ₃ BO ₃	17(B)
Coquetel de micros	Micronutrientes quelatados	1,8(B) 1,8(Cu) 7,3(Fe) 1,8 (Mn) 0,4 (Mo) 0,7 (Zn) 0,4 (Ni)
Ferro quelatado	Fe EDDHMA	6,5(Fe)

Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

3º passo: Converter as quantidades de nutrientes em quantidades de fertilizantes.

Geralmente, o primeiro nutriente convertido em fertilizantes é o cálcio devido às poucas opções de fertilizantes solúveis que contém esse nutriente com preços mais acessíveis pelo produtor, até o momento no mercado nacional. Em seguida, procede-se aos cálculos do P, K, Mg, N, S e os micronutrientes.

Antes de iniciar os cálculos, devem-se converter as porcentagens de P_2O_5 e K_2O dos fertilizantes para K e P, uma vez que na recomendação de solução nutritiva os nutrientes são expressos dessa forma. Para isso, deve-se dividir o valor em P_2O_5 por 2,29138 e o de K_2O por 1,20458, conforme exemplo abaixo.

Conversão de P_2O_5 e K_2O em P e K, respectivamente:

Exemplo:

Fosfato monopotássico (MKP):

51% de P_2O_5 → dividir por 2,29138 → 22,3% de P

33% de K_2O → dividir por 1,20458 → 27,4% de K

a) Quantificação dos macronutrientes

Cálcio (Ca)

Necessidade:

131 g de Ca em 1000 L⁻¹ de água

Fertilizantes utilizados:

Nitrato de cálcio, que contém 20% de Ca e 15% de N.

Então: 100 g de nitrato de cálcio ----- 20 g de Ca

X ----- 131 g de Ca

X = 655 g de nitrato de cálcio

Além do cálcio, esse fertilizante fornecerá nitrogênio.

100 g de nitrato de cálcio ----- 15 g de N

655 g de nitrato de cálcio ----- X

X = **98,25 de N** (ainda faltam 61,75 g de N)

Nutrie.	Recomendado	Calculado
	g 1000 L ⁻¹	
N	160	98,3
P	43	
K	180	
Ca	131	131 ✓
Mg	20	
S	50	
B	1	
Cu	0,5	
Fe	2,5	
Mn	0,4	
Mo	0,08	
Zn	0,2	
Ni	0,07	

Fósforo (P)

Necessidade:

43 g de P em 1000 L⁻¹ de água

Fertilizantes utilizados:

Fosfato monopotássico (MKP), que contém 22,3% de P e 27,4% de K.

Então: 100 g MKP ----- 22,3 g de P

X ----- 43 g de P

X = 192,8 g de MKP

Além do fósforo, esse fertilizante fornecerá potássio.

100 g de MKP ----- 27,4 g de K

192,8 g de MKP ----- X

X = **52,83 de K** (ainda faltam 127,17 g de K)

Nutrie.	Recomendado	Calculado
	g 1000 L ⁻¹	
N	160	98,3
P	43	43,0 ✓
K	180	52,8
Ca	131	131,0 ✓
Mg	20	
S	50	
B	1	
Cu	0,5	
Fe	2,5	
Mn	0,4	
Mo	0,08	
Zn	0,2	
Ni	0,07	

Potássio (K)

Necessidade:

180 g de K em 1000 L⁻¹ de água – 52,83 g (MKP) = 127,17 g de K

Fertilizantes utilizados:

Nitrato de potássio, que contém 36,5% de K e 13% de N.

Então: 100 g de nitrato de potássio ----- 36,5 g de K

X ----- 127,17 g de K

X = 348,4 g de nitrato de potássio

Além do potássio, esse fertilizante fornecerá nitrogênio.

100 g de nitrato de potássio ----- 13 g de N

348,4 g de nitrato de potássio ----- X

X = **45,29 de N** (ainda faltam 16,4 g de N)

Nutrie.	Recomendado	Calculado
	g 1000 L ⁻¹	
N	160	143,6
P	43	43,0 ✓
K	180	180,0 ✓
Ca	131	131,0 ✓
Mg	20	
S	50	
B	1	
Cu	0,5	
Fe	2,5	
Mn	0,4	
Mo	0,08	
Zn	0,2	
Ni	0,07	

Nitrogênio (N)

Necessidade:

160 g de N em 1000 L⁻¹ de água – 98,25 g (nitrato de cálcio) – 45,29

(nitrato de amônio) = 16,4 g

Fertilizantes utilizados:

Nitrato de amônio, que contém 33% de N

Então: 100 g de nitrato de amônio ----- 33 g de N

X ----- 16,4 g de N

X = 49,7 g de nitrato de amônio

Nutrie.	Recomendado	Calculado
	g 1000 L ⁻¹	
N	160	160,0 ✓
P	43	43,0 ✓
K	180	180,0 ✓
Ca	131	131,0 ✓
Mg	20	
S	50	
B	1	
Cu	0,5	
Fe	2,5	
Mn	0,4	
Mo	0,08	
Zn	0,2	
Ni	0,07	

Magnésio (Mg)

Necessidade:

20 g de Mg em 1000 L⁻¹ de água

Fertilizantes utilizados:

Sulfato de magnésio, que contém 9,5% de Mg e 12% de S

Então: 100 g de sulfato de magnésio----- 9,5 g de Mg

X ----- 20 g de Mg

X = 210,5 g de sulfato de magnésio

Nutrie.	Recomendado	Calculado
	g 1000 L ⁻¹	
N	160	160,0 ✓
P	43	43,0 ✓
K	180	180,0 ✓
Ca	131	131,0 ✓
Mg	20	20,0 ✓
S	50	25,3
B	1	
Cu	0,5	
Fe	2,5	
Mn	0,4	
Mo	0,08	
Zn	0,2	
Ni	0,07	

Além do magnésio, esse fertilizante fornecerá enxofre.

100 g de sulfato de magnésio ----- 12 g de S

210,5 g de sulfato de magnésio ----- X

X = **25,26 de S** (ainda faltam 24,74 g de S)

O enxofre (S) é o último elemento que deve ser considerado na composição da fórmula, pois nem sempre é possível adicionar a quantidade desse elemento recomendada na solução nutritiva dependendo das fontes de fertilizantes que você utilizou. Dessa forma, é possível aplicar uma dose abaixo ou acima da recomendada que, até certo limite, não interfere no desenvolvimento da planta.

b) Quantificação dos micronutrientes

Como comentado anteriormente, os micronutrientes podem ser fornecidos através de sais solúveis ou fertilizantes quelatizados. Os sais solúveis são mais baratos, contudo, precisam ser calculados e pesados individualmente, o que dificulta a tarefa. A forma mais comum de fornecer micronutrientes é através dos coquetéis que contém todos os elementos. Entretanto, quando esses produtos são utilizados é preciso levar em consideração as concentrações de cada micronutriente para saber se elas atendem as doses recomendadas na sua solução nutritiva. Normalmente, o Fe e o B são exigidos em maiores concentrações que os demais micronutrientes. Se a quantidade do produto recomendada pelo fabricante para a sua cultura não atender as exigências em Fe e B, ou outro micronutriente, há necessidade de complementar com outras fontes de fertilizantes que contenham esses elementos.

Como exemplo, iremos adotar um produto que contém 1,8% B; 1,8% Cu; 7,3% Fe; 1,8% Mn; 0,4% Mo; 0,7% Zn e 0,4% Ni, cuja dose recomendada pelo fabricante é de 25 g 1000 L⁻¹.

Micronutrientes

Necessidade:

1,0 g de B; 0,5 de Cu; 2,5 de Fe; 0,4 de Mn; 0,08 de Mo; 0,2 de Zn e 0,07 de Ni em 1000 L⁻¹ de água

Fertilizantes utilizados:

25 g de 1000 L⁻¹ de coquetel de micronutrientes quelatados, que contém 1,8% de B; 1,8% de Cu; 7,3% de Fe; 1,8% de Mn; 0,4% de Mo; 0,7% de Zn e 0,4% de Ni.

Boro (B)

100 g de coquetel de micros	-----	1,8 g de B
25 g de coquetel de micros	-----	X

X = 0,45 g de B (ainda faltam 0,55 g de B)

Cobre (Cu)

100 g de coquetel de micros	-----	1,8 g de Cu
25 g de coquetel de micros	-----	X

X = 0,45 g de Cu

Ferro (Fe)

100 g de coquetel de micros	-----	7,3 g de Fe
25 g de coquetel de micros	-----	X

X = 1,83 g de Fe (ainda faltam 0,68 g de Fe)

Manganês (Mn)

100 g de coquetel de micros	-----	1,8 g de Mn
25 g de coquetel de micros	-----	X

X = 0,45 g de Mn

Molibdênio (Mo)

100 g de coquetel de micros	-----	0,4 g de Mo
25 g de coquetel de micros	-----	X

X = 0,10 g de Mo

Zinco (Zn)

100 g de coquetel de micros	-----	0,7 g de Zn
25 g de coquetel de micros	-----	X

X = 0,18 g de Zn

Níquel (Ni)

100 g de coquetel de micros	-----	0,4 g de Ni
25 g de coquetel de micros	-----	X

X = 0,10 g de Ni

Boro

Necessidade:

$$1,0 \text{ g de B} - 0,45 \text{ (coquetel de micros)} = 0,55 \text{ g}$$

Fertilizantes utilizados:

Ácido bórico, que contém 17% de B.

Então:	100 g de ácido bórico	-----	17 g de B
	X	-----	0,55 g de B

$$X = 3,24 \text{ g de ácido bórico}$$

Ferro

Necessidade:

$$2,5 \text{ g de Fe} - 1,83 \text{ (coquetel de micros)} = 0,67 \text{ g}$$

Fertilizantes utilizados:

Ferro quelatado, que contém 6,5% de Fe.

Então:	100 g de ferro quelatado	-----	6,5 g de Fe
	X	-----	0,67 g de Fe

$$X = 10,31 \text{ g de ferro quelatado}$$

As concentrações de micronutrientes calculadas utilizando os fertilizantes coquetel de micros, ácido bórico e ferro quelatizado estão descritas abaixo (Tabela 13). Apesar das concentrações de Mn, Mo e Ni não terem atingido o valor exato, seus valores ficaram próximos do ideal.

Tabela 13 – Concentração recomendada e calculada de nutrientes na solução nutritiva.

Nutrientes	Recomendada	Calculada	
		g 1000 L ⁻¹	
N	160	160	✓
P	43	43	✓
K	180	180	✓
Ca	131	131	✓
Mg	20	20	✓
S	50	25,3	↓
B	1	1,0	✓
Cu	0,5	0,5	✓
Fe	2,5	2,5	✓
Mn	0,4	0,5	↑
Mo	0,08	0,1	↑
Zn	0,2	0,2	✓
Ni	0,07	0,1	↑

Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

As quantidades de fertilizantes calculadas para a elaboração da solução nutritiva são apresentadas abaixo (Tabela 14).

Tabela 14 – Quantidades de fertilizantes para elaboração da solução nutritiva recomendada para o cultivo de alface hidropônica.

Fertilizantes	g 1000 L ⁻¹
Nitrato de cálcio	655,0
Nitrato de amônio	50,0
Nitrato de potássio	348,4
Fosfato monopotássico (MKP)	192,8
Sulfato de magnésio	210,5
Ácido bórico	3,3
Coquetel de micros	25,0
Ferro quelatado	10,3

Fonte: Mello; Campagnol, 2015.

4º passo: Determinar a condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva.

A condutividade elétrica da solução nutritiva deve estar adequada para a espécie cultivada. Para alface, o valor ideal da CE deve estar entre 1,0 e 2,0, dependendo do estágio de desenvolvimento, cultivar e época do ano.

A determinação da CE pode ser feita de duas formas, direta ou indiretamente.

c) Determinação direta da CE

Dissolver os fertilizantes recomendados em 1 litro de água e medir a condutividade elétrica diretamente através de um condutivímetro.

Caso os valores de fertilizantes recomendados estejam em g 1000 L⁻¹, como no exemplo acima, basta dissolver os mesmos valores, entretanto, em mg L⁻¹.

d) Determinação indireta da CE

A determinação indireta ou estimativa da CE é feita utilizando os valores de condutividade elétrica apresentados na Tabela 8 e conforme descrito a seguir.

Estimativa da condutividade elétrica

Nitrato de cálcio (NC)

1000 g 1000 L ⁻¹ (1,0 g L ⁻¹) de NC	-----	1,2 mS cm ⁻¹
655 g 1000 L ⁻¹ de NC	-----	X

$$X = 0,79 \text{ mS cm}^{-1}$$

Nitrato de amônio (NA)

1000 g 1000 L ⁻¹ (1,0 g L ⁻¹) de NA	-----	1,5 mS cm ⁻¹
50 g 1000 L ⁻¹ de NA	-----	X

$$X = 0,08 \text{ mS cm}^{-1}$$

Nitrato de potássio (NP)

1000 g 1000 L ⁻¹ (1,0 g L ⁻¹) de NP	-----	1,3 mS cm ⁻¹
348,4 g 1000 L ⁻¹ de NP	-----	X

$$X = 0,45 \text{ mS cm}^{-1}$$

Fosfato monopotássio (MKP)

1000 g 1000 L ⁻¹ (1,0 g L ⁻¹) de MKP	-----	0,7 mS cm ⁻¹
192,8 g 1000 L ⁻¹ de MKP	-----	X

$$X = 0,13 \text{ mS cm}^{-1}$$

Sulfato de magnésio (SMg)

1000 g 1000 L ⁻¹ (1,0 g L ⁻¹) de SMg	-----	0,7 mS cm ⁻¹
210,5 g 1000 L ⁻¹ de SMg	-----	X

$$X = 0,15 \text{ mS cm}^{-1}$$

Nitrato de cálcio	→	0,79 mS cm ⁻¹
Nitrato de amônio	→	0,08 mS cm ⁻¹
Nitrato de potássio	→	0,45 mS cm ⁻¹
Fosfato monopotássico	→	0,13 mS cm ⁻¹
Sulfato de magnésio	→	0,15 mS cm ⁻¹
CE Total	→	1,60 mS cm ⁻¹

12 PASSO A PASSO PARA O PREPARO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS

a) Solução nutritiva de cultivo

1º passo: Pesar os fertilizantes individualmente e separá-los de acordo com suas compatibilidades (Figura 18).

2º passo: Encher o reservatório até 50% da capacidade.

3º passo: Dissolver cada fertilizante, individualmente, e acrescentá-lo ao reservatório. Deve-se evitar dissolver os fertilizantes diretamente no reservatório, principalmente quando este for de grande capacidade, devido à dificuldade de agita-lo.

4º passo: Completar o reservatório até 100% da capacidade.

5º passo: Aferir a condutividade elétrica e ajustar o pH. O ajuste do pH, quando necessário, é feito com soluções ácidas ou básicas. Esse deve ser mantido entre 5,5 e 6,5.

Solução básica → Solução de hidróxido de sódio (NaOH) à 1 mol L⁻¹.

Solução ácida → Solução de ácido clorídrico a 10%.

A colocação da solução ácida ou básica na solução nutritiva contida no reservatório deve ser feita gradativamente para que o valor do pH não ultrapasse o ideal. Deve-se fazer a homogeneização de toda a solução para que a leitura seja confiável.

6º passo: Após a aferição da CE e ajuste do pH deve-se abrir os registros para que a solução abasteça o sistema.

b) Solução nutritiva concentrada ou estoque

A solução nutritiva concentrada ou estoque deve, preferencialmente, conter as mesmas relações de nutrientes da solução nutritiva de cultivo.

1º passo: Determinar as solubilidades de todos os fertilizantes utilizados para elaboração da solução nutritiva. No caso dos fertilizantes que fornecerão os micronutrientes, devido a sua baixa concentração, geralmente não apresentam problemas com sua solubilidade.

	Solubilidade a 20 °C
Nitrato de cálcio	→ 1.220 g L ⁻¹
Nitrato de amônio	→ 1.950 g L ⁻¹
Nitrato de potássio	→ 320 g L ⁻¹
Fosfato monopotássico	→ 230 g L ⁻¹
Sulfato de magnésio	→ 710 g L ⁻¹

2º passo: Definir quantas vezes esses fertilizantes serão concentrados, respeitando a sua solubilidade máxima. Deve-se atentar ao fato de que os valores de solubilidades podem ser reduzidos quando incluídos outros fertilizantes no mesmo reservatório. Nesse exemplo, iremos concentrar os nutrientes em 300 vezes em relação à solução nutritiva de cultivo.

Fertilizantes		Solução nutritiva de cultivo (g 1000 L ⁻¹)	Solução concentrada (300 x) (g L ⁻¹)
Nitrato de cálcio	→	655,0	196,5
Nitrato de amônio	→	50,0	15,0
Nitrato de potássio	→	348,4	104,5
Fosfato monopotássico (MKP)	→	192,8	57,8
Sulfato de magnésio	→	210,5	63,2
Ácido bórico	→	3,3	1,0
Coquetel de micros	→	25,0	7,5
Ferro quelatado		10,3	3,1

3º passo: Separar os fertilizantes de acordo com sua compatibilidade em A e B (ou A, B e C quando necessário).

A	B
Nitrato de cálcio	Fosfato monopotássico (MKP)
Nitrato de amônio	Sulfato de magnésio
Nitrato de potássio	Ácido bórico
	Coquetel de micros
	Ferro quelatado

4º passo: Definir o volume dos reservatórios para armazenamento da solução concentrada. O volume de solução concentrada deve ser suficiente para realizar as correções necessárias da solução de cultivo por no mínimo uma semana. Assim, considerando que 1 litro de cada solução concentrada é suficiente para fazer 300 litros de solução de cultivo, o volume de solução concentrada para manejar um sistema hidropônico que contém um reservatório de solução nutritiva de cultivo de 5.000 litros (5.000 a 10.000 plantas) deve ser de aproximadamente 50 litros, considerando uma reposição média diária de 2.000 litros de solução nutritiva.

- 1 litro de solução concentrada → 300 litros de solução de cultivo
- Capacidade máxima do reservatório de solução nutritiva → 5.000 litros
- Taxa média diária de reposição de solução nutritiva → 2.000 litros

Qual o volume do reservatório de solução concentrada para repor a solução consumida durante 1 semana (7 dias)?

$$\text{Vol}_{\text{reservatório}} = (2.000 / 300) \times 7 = 46,67 \approx 50 \text{ litros}$$

5º passo: Pesar separadamente as quantidades de fertilizantes necessárias para preparar os reservatórios (50 L) de soluções concentradas A e B.

Fertilizantes	Solução concentrada (300 x) (g L ⁻¹)	x 50 L
Nitrato de cálcio	196,5	9.825
Nitrato de amônio	15,0	750
Nitrato de potássio	104,5	5.225
Fosfato monopotássico (MKP)	57,8	2.890
Sulfato de magnésio	63,2	3.160
Ácido bórico	1,0	50
Coquetel de micros	7,5	375
Ferro quelatado	3,1	155

6º passo: Dissolver separadamente cada fertilizante. Após a sua dissolução, adicioná-lo ao reservatório (não pode haver depósito de partículas no fundo) A ou B de acordo com sua compatibilidade. Ao final da adição dos fertilizantes nos reservatórios A e B completar os volumes até 50 litros e homogeneizar as soluções.

Fertilizantes	x 50 L (g)	Solubilidade (g L ⁻¹)	Volume de água (L)
Solução A			
Nitrato de cálcio	9.825	1.220	8,1
Nitrato de amônio	750	1.950	0,4
Nitrato de potássio	5.225	320	16,3
Volume total			24,8
Solução B			
Fosfato monopotássico (MKP)	2.890	230	12,6
Sulfato de magnésio	3.160	710	4,4
Ácido bórico	50	–	–
Coquetel de micros	375	–	–
Ferro quelatado	156	–	–
Volume total			17,0

7º passo: Ajustar o pH da solução concentrada para 5,5 a fim de evitar a precipitação de nutrientes. Prática feita com o uso de soluções ácidas ou básicas, conforme descrito para solução nutritiva de cultivo.

13 MANEJO DA SOLUÇÃO

Depois de preparada, a solução nutritiva deve ser fornecida às plantas. Em sistemas hidropônicos NFT esse fornecimento ocorre de maneira intermitente durante todo o ciclo de cultivo. A solução nutritiva é bombeada para a parte superior das canaletas de cultivo e escorre através das raízes das plantas até a parte inferior, onde é canalizada de volta ao reservatório, sendo bombeada novamente para a parte superior das canaletas, constituindo, assim, um sistema hidropônico fechado. Ao passar pelas raízes das plantas, parte dos nutrientes dissolvidos e da água é absorvida. Ao longo do ciclo de cultivo ambos devem ser repostos para garantir o bom desenvolvimento das plantas.

Após o preparo da solução nutritiva, para que ocorra o completo e perfeito desenvolvimento das plantas e o aproveitamento máximo da solução nutritiva, existem alguns fatores que devem ser controlados:

Temperatura: para que ocorra a máxima absorção de nutrientes pelas raízes, a temperatura da solução não deve ultrapassar os 30 °C, sendo que o ideal para a planta é ao redor de 20 °C. Temperaturas muito acima ou abaixo desse limite podem afetar o desenvolvimento das plantas devido à redução na absorção de nutrientes.

Oxigênio: em cultivos hidropônicos a solubilidade do oxigênio é afetada pela temperatura da solução, diminuindo significativamente com o seu aquecimento. A falta de O₂ na solução causa injúrias e/ou morte das raízes. Dessa forma, a temperatura da solução deve ser mantida ao redor de 20 °C. Para aumentar o nível de O₂ na solução pode ser feita a aplicação de ar comprimido no reservatório ou promover sua agitação. Recomenda-se assim, que o sistema hidropônico apresente uma tubulação de retorno, que, além de favorecer a mistura dos fertilizantes, promove a oxigenação da solução.

Pressão osmótica: a aplicação de sais fertilizantes causa o aumento da pressão osmótica da solução nutritiva. Quanto maior a concentração de sais na solução, maior será a dificuldade das plantas absorverem água. Por isso, a solução nutritiva deve conter os nutrientes nas proporções e concentrações adequadas para cada espécie vegetal.

Condutividade elétrica: a condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva apresenta relação direta com a concentração de íons totais na solução nutritiva. O equipamento que mede a CE é o condutivímetro. Ele é muito utilizado pelos produtores hidropônicos para o manejo nutricional das plantas. Seus valores indicam, de maneira geral, o consumo de água e nutrientes pelas plantas. A CE da solução deve ser mantida dentro dos valores ideais ao longo do ciclo de cultivo.

pH: o pH da solução nutritiva é outro parâmetro muito importante, ele indica se a solução está ácida (pH < 7) ou alcalina (pH > 7). De maneira geral, a faixa ideal de pH da solução nutritiva encontra-se entre 5,5 e 6,5. Valores abaixo ou acima do ideal podem afetar drasticamente o desenvolvimento das plantas, causando lesões nas células da raiz e/ou redução na disponibilidade de nutrientes às plantas. Ajustes podem ser feitos quando necessário aplicando-se ácidos ou bases à solução. Para aumentar o pH, pode-se usar hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio

(KOH) e para diminuir pode usar ácido nítrico (HNO_3), ácido fosfórico (H_3PO_4), por exemplo. O uso de ácido clorídrico ou sulfúrico deve ser feito com muito cuidado, pois são ácidos fortes e podem causar danos à saúde.

13.1 NÍVEL DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Ao longo do desenvolvimento das plantas ocorre o consumo da solução nutritiva e observa-se uma redução do seu volume no reservatório. Esse volume consumido deve ser repostado todos os dias. Geralmente, principalmente em dias ensolarados e quentes, ocorre um maior consumo de água do que o de nutrientes, causando o aumento da concentração de sais na solução, que deve ser controlado para evitar prejuízos ao desenvolvimento normal das plantas. Quando isso ocorre, as plantas cessam seu crescimento, não devido à falta de nutrientes, mas sim a um elevado potencial osmótico no sistema radicular. Para evitar essa situação, o produtor deve adicionar água pura à solução até que o valor de sua condutividade elétrica atinja o valor ideal.

Entretanto, há condições em que o consumo de nutrientes é maior do que o de água, ocasionando a redução da concentração de sais na solução nutritiva, ou seja, ocorre redução do valor da condutividade elétrica. Essa correção é feita adicionando solução concentrada (solução estoque) no reservatório juntamente com água e ajustando a CE até o valor ideal.

Essa forma de manejo, adicionando água quando a CE aumenta ou solução concentrada quando ela reduz, apesar de ser a mais praticada entre os produtores hidropônicos no Brasil e proporcionar bons resultados produtivos, não é a ideal. As plantas podem absorver nutrientes em proporções diferentes às que existem na solução nutritiva, sendo que ao longo do ciclo de cultivo isso resultará em desequilíbrios nutricionais. Para contornar esse desequilíbrio, deve-se realizar uma análise química da solução nutritiva e efetuar as correções reestabelecendo as proporções entre os nutrientes iniciais, ou então renovar a solução nutritiva.

A renovação da solução nutritiva também é recomendada quando a concentração de matéria orgânica está muito elevada (restos de planta, exsudados de raízes e crescimento de algas). Isso pode favorecer o desenvolvimento de doenças e comprometer o cultivo. Além disso, quando a água utilizada no preparo da solução nutritiva apresentar CE elevada, pode haver a presença de sais dissolvidos (carbonatos, bicarbonatos, Na, Ca, K, Mg, S, etc.). Ao longo do cultivo, com a constante adição de água para repor as perdas evapotranspiradas, poderá haver o acúmulo desses elementos indesejáveis que poderá prejudicar o desenvolvimento normal das plantas.

14 PASSO A PASSO PARA O MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

1º passo: Desligar o sistema e esperar a solução que está nas canaletas voltar ao reservatório.

2º passo: Completar o reservatório até 90 a 95% da sua capacidade e homogeneizar a solução nutritiva. Não é recomendável encher completamente o reservatório, pois assim é possível adicionar água para reduzir a condutividade elétrica da solução caso seu valor fique acima do ideal após a reposição dos fertilizantes.

Reservatório de 5.000 L → encher até 4.500 L (90% da capacidade)

3º passo: Medir a CE em 200 ml de amostra retirada do reservatório. Após o enchimento do reservatório, a CE geralmente está abaixo do valor ideal.

4º passo: Calcular a porcentagem de fertilizantes consumidos após o enchimento do reservatório em 90%.

Supondo que:

CE da solução nutritiva atual (após o enchimento do reservatório) = **1,1 mS cm⁻¹**

CE desejável = **1,6 mS cm⁻¹**

1,6 mS cm ⁻¹	-----	100%
1,1 mS cm ⁻¹	-----	X

X = 68,75%

Ou seja, 100% – 68,75% (ainda restam na solução) = **31,25% dos fertilizantes foram consumidos e devem ser repostos.**

5º passo: Calcular a quantidade de solução concentrada necessária para repor os nutrientes consumidos.

1 L de solução concentrada A e B	→	300 L de solução de cultivo
X	→	4.500 L (90% do reservatório)

X = 15 litros de cada solução concentrada (A e B)

15 L solução concentrada	→	100%
X	→	31,25% (quantidade consumida)

X = 4,68 litros de cada solução concentrada (A e B)

6º passo: Acrescentar separadamente os volumes calculados de solução concentrada A e B ao reservatório e homogeneizar a solução nutritiva.

7º passo: Aferir a CE da solução nutritiva em amostra de 200 ml. Caso a CE esteja abaixo do ideal, calcular novamente a necessidade de soluções concentradas para elevá-la até o valor desejado, conforme descrito anteriormente. Quando o valor da CE fica acima do desejado, acrescentar água gradativamente até alcançar o valor desejado.

8º passo: Ajustar o pH da solução nutritiva, mantendo-o entre 5,5 a 6,5. Procedimento feito de maneira semelhante para o ajuste do pH da solução nutritiva inicial e concentrada, como descrito anteriormente.

9º passo: Abrir os registros, caso algum tenha sido fechado, e liga o sistema para o fornecimento de solução às plantas.

15 DOENÇAS E PRAGAS NA HIDROPONIA

A incidência de pragas e doenças em cultivos hidropônicos geralmente é menor. Isso se deve ao maior controle das condições climáticas, principalmente a ausência de chuvas, a redução da entrada de insetos praga e a ausência de solo no cultivo das plantas. Além disso, esse sistema de cultivo permite a limpeza de todas as estruturas e, com isso, a eliminação de possíveis fontes de contaminação. O fácil manejo nutricional, também proporcionado pelo cultivo hidropônico, permite a obtenção de plantas bem nutridas e mais resistentes às pragas e doenças. Contudo, falhas no manejo do ambiente, na nutrição das plantas e na fiscalização da entrada de materiais e pessoas no interior da estufa podem favorecer a incidência de pragas e doenças e, conseqüentemente, comprometer economicamente o cultivo (ZAMBOLIN, 2000).

Estufas malprojetadas ou um manejo inadequado do ambiente, como as cortinas laterais podem favorecer a incidência de doenças. Uma altura do pé-direito reduzida também favorece o aumento da temperatura do ar no interior da estufa e, conseqüentemente a incidência de pragas e doenças. Em um ambiente que além de quente é úmido e mal ventilado, a ocorrência de doenças é ainda maior. A temperatura da solução nutritiva interfere na incidência de algumas doenças, como o *Pythium*, uma das principais doenças de diversas espécies cultivadas em sistemas hidropônicos, que ocorre durante todo o ano, mas que é agravada seriamente no verão devido ao aquecimento da solução nutritiva.

Os tratos culturais, a movimentação de materiais, equipamentos e pessoas entre as estufas e o monitoramento frequente das condições fitossanitária e nutricionais das plantas também são aspectos muito importantes no controle de pragas e doenças em cultivos hidropônicos. Na hidroponia, uma vez estabelecida a doença, a sua disseminação é rápida na área de produção, pois a solução nutritiva é recirculante.

Para que uma doença ou praga ocorra em cultivos hidropônicos, deve haver a presença do patógeno ou praga no ambiente, condições climáticas para o seu desenvolvimento e reprodução e plantas susceptíveis. O uso de materiais resistentes e a manutenção das condições climáticas não adequadas para os patógenos ou pragas nem sempre são possíveis. Por esse motivo, evitar a introdução de patógenos e pragas nas estufas é uma das melhores formas de controle fitossanitários das plantas. As principais formas de introdução de alguns patógenos em cultivos hidropônicos e como solucioná-las são apresentadas na Quadro 2.

Quadro 2 – Formas de introdução de patógenos em cultivos hidropônicos.

De onde podem vir?	Como evitá-las
Em sementes	Muitas espécies de bactérias, fungos e vírus fitopatogênicos são transmitidas pela semente. Por esse motivo, é essencial que as sementes usadas para a produção de mudas seja de boa qualidade. Elas devem ser obtidas de empresas idôneas, que garantem sua qualidade através de testes de comprovação de sanidade. Pode ser comum uma doença aparecer somente na fase adulta. Nesse caso, é mais difícil diagnosticar a sua origem.
Em mudas	É cada vez mais comum a aquisição de mudas produzidas por produtores especializados. Estes devem apresentar capacidade técnica e garantir a qualidade das mudas, principalmente sanitária. Em caso de dúvida é recomendado visitas ao viveiro antes da entrega das mudas.
No substrato	Substratos agrícolas usados na produção de mudas podem ser fontes de inóculo se não forem esterilizados ou forem contaminados durante o armazenamento em condições inadequadas. Substratos infestados geralmente causam grandes perdas porque permitem a infecção das plantas ainda muito jovens.
Na água	A água utilizada no preparo da solução nutritiva deve estar livre de agentes patogênicos. Caso contaminada, distribui os propágulos dos patógenos na solução circulante e pode ter efeito devastador. Por isso, a água deve ser de boa qualidade química, física e biologicamente. Preferencialmente, deve ser oriunda de poços artesianos ou ser filtrada antes de entrar no sistema. É primordial também que a água seja armazenada em caixas limpas e higienizadas regularmente.
Nas ferramentas	As ferramentas usadas nos tratos culturais, como a desbrotas, por exemplo, transmitem principalmente vírus e bactérias após o contato com planta doente. Assim, devem ser desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio ou outro desinfestante toda vez que plantas suspeitas de infecção forem tocadas.
Nas caixas	Caixas utilizadas para a colheita podem ser infectadas durante o transporte, armazenamento e/ou comercialização, causando riscos de contaminação se não forem limpas e desinfestadas eficientemente antes de serem introduzidas novamente na estufa.
Em calçados	Partículas de solo, principalmente quando úmido, podem ser introduzidos no ambiente de cultivo por meio de calçados sujos, liberando propágulos de patógenos que chegarão aos tecidos, levados por correntes de vento ou respingos. Antes de entrar nas áreas de cultivos ou estufas, os calçados devem ser limpos e desinfestados em caixa contendo cal virgem (pé de lúvio). Pode-se também deixar um par de calçados para ser usado somente no interior da estufa.
De estufas ou campos vizinhos	Fungos que afetam a parte aérea das plantas, como <i>Cercospora lactucae</i> da alface e <i>Phytophthora infestans</i> do tomateiro, são facilmente carregados pelo vento para dentro da estrutura a partir de fontes próximas de inóculo. As áreas de cultivo hidropônico devem ser afastadas de campos de produção e de qualquer local que possa conter plantas mais velhas sendo cultivadas. Folhas velhas de alface descartadas durante a “toilete” são eficazes fontes de inóculo de doenças foliares; devem, portanto, ser retiradas do ambiente e destruídas por enterrio ou fogo. Embora devam ser evitadas, as pulverizações com fungicidas especificados para cada doença podem ser usados, com os cuidados que a aplicação de agrotóxicos requer, principalmente em ambientes fechados.
De plantas daninhas	Muitos patógenos de hortaliças e vetores, principalmente de vírus, sobrevivem e multiplicam-se em plantas daninhas. O interior da estrutura e os arredores devem ser mantidos limpos e o ambiente deve ser mantido fechado e sem rasgos no plástico.
Do solo	Inúmeros patógenos de solo podem contaminar o sistema através do respingo de água no solo ou por partículas levadas pelo vento. Para evitar esse problema, recomenda-se que o solo seja coberto com cimento, rafia de solo ou brita.
Nas mãos	Ao tocarem em plantas doentes, as mãos ficam contaminadas e podem espalhar diversas doenças. Dessa forma, os funcionários devem-se periodicamente lavar as mãos com água e detergente, principalmente após tocarem plantas doentes fora ou dentro da estufa.

Fonte: Adaptado de Lopes et al., 2005.

Os principais problemas fitossanitários que ocorrem em cultivos hidropônicos afetam principalmente as raízes (contaminação da fonte de água) e, uma vez introduzidas, são altamente favorecidas pelo sistema, pelas seguintes razões:

- Cultivo adensado. A proximidade entre as plantas permite o contato das sadias com as contaminadas.
- Temperatura e umidade favoráveis ao desenvolvimento do patógeno. A temperatura da solução nutritiva pode aquecer com facilidade, principalmente no verão, favorecendo o desenvolvimento dos patógenos.
- Facilidade de disseminação em todo o sistema, pois a solução é recirculante.
- As plantas liberam de exsudatos que são atrativos para os patógenos.

Quando a contaminação do sistema hidropônico ocorre, o controle é difícil, pois os patógenos se disseminam rapidamente principalmente através da solução nutritiva. As principais medidas recomendadas para evitar a incidência e o desenvolvimento de doenças e pragas em cultivos hidropônicos são:

- manter toda a instalação limpa;
- controlar a temperatura da solução nutritiva (20 a 25 °C);
- retirar imediatamente as plantas contaminadas;
- identificar a doença ou praga incidente e pesquisá-las a fim de saber como ocorrem, como evitá-las e como controlá-las.
- realizar a desinfecção dos reservatórios e tubulações periodicamente;
- utilizar mudas e sementes sadias;
- treinar os funcionários quanto à limpeza das mãos, ferramentas e movimentação de materiais e equipamentos de uma estufa para outra;
- identificar o que pode ser melhorado nas estruturas, no manejo e na solução nutritiva;
- registrar a época de ocorrência da contaminação para se prevenir no próximo ano;
- tentar evitar que as condições de cultivo fiquem ótimas para o desenvolvimento do patógeno e ao mesmo tempo adequadas para a cultura;
- utilizar água de boa qualidade;
- utilizar variedades resistentes;
- utilizar substratos inertes;
- controlar a entrada de insetos, principalmente na área de produção de mudas;
- evitar ou controlar a entrada de pessoas externas na estufa;
- evitar que fumem no interior da estufa, pois o fumo pode conter vírus e contaminar as plantas, como o tomateiro, por exemplo.

Recomenda-se que os produtores façam o manejo integrado de pragas e doenças (MIPD) para atingir um alto nível de controle fitossanitário. O MIPD é uma técnica muito eficiente e sustentável, que visa não somente ao controle químico do patógeno ou praga, mas à utilização de diferentes métodos para evitar sua ocorrência e disseminação. O uso de defensivos químicos deve ser bem planejado e utilizado somente quando outros métodos de controle não puderem ser aplicados ou não sejam eficientes. Quando necessário, a utilização desses produtos deve feita sob a orientação de um engenheiro agrônomo. É fundamental o uso de produtos devidamente registrados para a espécie cultivada, preferencialmente, com ação seletiva e menos tóxicos ao homem e ao ambiente. Também é essencial aplicar os defensivos químicos de acordo com a dose recomendada na bula do produto e respeitar o seu período de carência. Deve-se evitar o uso repetido de produtos com o mesmo mecanismo de ação sobre o patógeno ou praga para que não ocorra o surgimento de indivíduos resistentes.

Como alternativa complementar ou substituta a esse tipo de produto, pode-se usar produtos alternativos e o controle biológico. Cabe ressaltar que as boas práticas culturais, ou seja, o uso racional de insumos com fertilizantes, defensivos, água e outros materiais devem ser aplicadas na produção hidropônica de hortaliças, pois é mais sustentável, segura, econômica e contribui para a agregação de valor ao produto.

No Quadro 3, são apresentadas algumas das doenças que ocorrem em cultivos hidropônicos. Entretanto, outros problemas fitossanitários, não citados abaixo, também podem causar sérios danos econômicos. Apesar de não serem realizadas em solo, plantas cultivadas em hidroponia estão sujeitas, praticamente, às mesmas doenças que ocorrem tanto em cultivo protegido como no sistema convencional.

Quadro 3 – Principais doenças observadas em cultivos hidropônicos no estado do Paraná.

Nome comum da doença	Agente causal	Época do ano de ocorrência
Queima da saia, rizoctoniose ¹	<i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn	Ano todo. Maior ocorrência na primavera/outono/inverno.
Oídio ¹	<i>Oidium</i> sp., forma anamórfica de <i>Erysiphe cichoracearum</i> DC.	Ano todo. Maior ocorrência na primavera/verão.
Míldio ¹	<i>Bremia lactucae</i> Regel	Ano todo. Maior ocorrência na primavera/outono/início do inverno.
Podridão de esclerotínia, mofo branco ¹	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) De Bary.	Maior ocorrência na primavera/outono/inverno.
Podridão mole, podridão bacteriana ¹	<i>Pectobacterium carotovorum</i> (Jones) Waldee = <i>Erwinia carotovora</i> pv. <i>carotovora</i>	Maior ocorrência na primavera/verão.
Espessamento clorótico das nervuras (complexo) ¹	Vírus Mirafiori da alface (<i>Mirafiori lettuce vírus</i> , MiLV) e vírus associado do espessamento clorótico (<i>Lettuce big vein associated vírus</i> , LBVAV)	Maior ocorrência na outono/inverno.
Podridão radicular ²	<i>Pythium</i> sp.	Ano todo. Maior ocorrência no verão.

Fonte: ¹Silva & Lima Neto (2007); ²Severino (2005).

As principais pragas que afetam os cultivos protegidos são tripses, pulgões, moscas-branca, ácaros, lagartas e brocas, sendo as três primeiras possíveis vetores de viroses em hortaliças. Geralmente os cultivos hidropônicos são realizados em estufas, sendo menor a incidência de pragas quando esse ambiente é fechado por tela antiafídeos, que impede a entrada de praticamente todos os insetos, até mesmo tripses. Entretanto, pode haver a entrada dessas pragas através de furos na tela e pela porta da estufa. Para evitar isso, recomenda-se que seja feita a vistoria frequente da condição das telas laterais e a construção de antecâmara na estufa.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, P. Aspectos de la nutrición mineral em cultivos sin suelo em relación al suelo. In: GAVILÁN, M.U. (Coord.). **Tratado de cultivo sin suelo**. Madrid: Mundi Prensa, 2004. cap. 3, p. 81-111.
- ALLENDE, A. et al., Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. **Postharvest Biol. Technol.**, Amsterdam, v. 33, p. 51-59, 2004.
- BENOIT, F. Practical guide for simple culture techniques. Sint-Katelijne-Water: Eropean Vegetable R & D Center, 1992. 72p.
- BERNARDES, L. J. L. **Hidroponia da alface**: uma história de sucesso. Charqueada: Estação Experimental de Hidroponia "Alface e Cia", 1997. 135 p.
- BLISKA JUNIOR, A.; HONORIO, S. L. Local de instalação e construção de estufas para cultivo de hortaliças. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p.11-14, 1999.
- BORGES, A.L.; SILVA, D.J. Fertilizantes para fertirrigação. IN: SOUSA, V. F. et al. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 771p.
- CAMPAGNOL, R. et al. **Cultivo protegido de hortaliças**. Curitiba: SENAR-PR, 2015. 87 p.
- CARRIJO, O. A. et al. Manejo da água do solo na produção de hortaliças em cultivo protegido: cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p.45-51, 1999.
- CASTELLANE, P.D. ARAUJO, J.A.C. **Cultivo sem solo**: hidroponia. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 1995. 43 p.
- DESPONTIN, et al. Relação K: Ca e aplicação de silício na solução nutritiva para o cultivo hidropônico de salsa. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 2010, Guarapari. **Horticultura Brasileira**. Brasília: Associação Brasileira de Horticultura, 2010. v. 28. p. S3926-S3932.
- FALLOVO, C. et al., Nutrient solution concentration and growing season affect yield and quality of *Lactuca sativa* L. var. *acephala* in floating raft culture. **J. Sc. Food Agric.**, London, v. 89, p. 1682-1689, 2009.
- FAQUIN V. et al. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50 p.
- FEREZINI, G. et al. Relação K: Ca e aplicação de silício na solução nutritiva para o cultivo hidropônico de manjerição. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 2010, Guarapari. **Horticultura Brasileira**. Brasília: Associação Brasileira de Horticultura, 2010. v. 28. p. S3912-S3918.
- FURLANI, P. R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 52 p. (Boletim Técnico IAC, 180).
- HIDROGOOD. Informação pessoal. Mensagem recebida por <rcampagnol@usp.br>. Em: 25 maio 2015.
- LOPES, et al. **Contaminação com patógenos em sistemas hidropônicos**: como aparecem e como evitar. Embrapa Hortaliças: Brasília. 2005 4 p. (Comunicado Técnico, 31).

LORENZ O. A.; MAYNARD D.N. **Handbook for vegetable growers**. 3. ed. New York: John Wiley-Interscience Publication.

MINAMI K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: TA. Queiroz, 1955. 135 p.

MEDEIROS, J.F. et al. Determinação e preparo da solução de fertilizantes para fertirrigação. IN: SOUSA, V. F., et al. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 771 p.

NAKATA, B. et al. Relação K:Ca e aplicação de silício na solução nutritiva para o cultivo hidropônico de coentro. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 2010, Guarapari. **Horticultura Brasileira**. Brasília: Associação Brasileira de Horticultura, 2010. v. 28. p. S3897-S3906.

PINHEIRO, R. R. et al. **Número de sementes por muda na produção de rúcula hidropônica**. In: Simpósio Brasileiro de Hidroponia, 1º, 2014, Florianópolis. Anais (em negrito). Florianópolis, 2014.

PRIETO MARTINEZ, H.E.; SILVA FILHO, J.B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. Viçosa, 1997. 52 p.

RAIJ, B. van; et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RODRIGUES, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep, 2002. 762 p.

SABIO, R.P.; VENTURA, M.B.; CAMPOLI, S.S. Pequenas só no tamanho! O potencial do mercado de mini e *baby* hortaliças é gigante. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba: CEPEA, n. 120, p.8-20, 2013.

SALA, F. C.; COSTA, C.P. Retrospectiva e tendência da alfaceicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 187-194, 2012.

SEVERINO, J. J. et al. Podridão de *Pythium sp.* causando severos danos em alface hidropônica. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. S141, 2005.

SILVA, M. S. C.; LIMA NETO, V. C. Doenças em cultivos hidropônicos de alface na região metropolitana de Curitiba/PR. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, p. 275-283, 2007.

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

TRANI, P. E.; TRANI, A. L. **Fertilizantes**: cálculo de fórmulas comerciais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011. 29 p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 208).

TRANI, P.S. et al. Fertirrigação em hortaliças. **Boletim Técnico IAC**, Campinas, n. 196, p. 1-51, 2011.

USDA. 2005. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 18.

ZAMBOLIM, L. et al. **Controle de doenças de plantas**: hortaliças. Viçosa: Editora UFV, 2000. v. 1, 2. 879 p.



ANOTAÇÕES





SISTEMA FAEP



Rua Marechal Deodoro, 450 - 16º andar
Fone: (41) 2106-0401
80010-010 - Curitiba - Paraná
e-mail: senarpr@senarpr.org.br
www.sistemafaep.org.br



Facebook
Sistema Faep



Twitter
SistemaFAEP



Youtube
Sistema Faep



Instagram
[sistema.faep](https://www.instagram.com/sistema.faep)



Linkedin
[sistema-faep](https://www.linkedin.com/company/sistema-faep)



Flickr
SistemaFAEP