

OLERICULTURA



**CULTIVO EM
AMBIENTE PROTEGIDO**

SISTEMA FAEP



SENAR – ADMINISTRAÇÃO REGIONAL DO ESTADO DO PARANÁ

CONSELHO ADMINISTRATIVO

Presidente: Ágide Meneguette

Membros Titulares

Rosanne Curi Zarattini
Nelson Costa
Darci Piana
Marcos Junior Brambilla

Membros Suplentes

Livaldo Gemin
Robson Mafioletti
Ari Faria Bittencourt
José Amauri Denck

CONSELHO FISCAL

Membros Titulares

Sebastião Olímpio Santarozza
Paulo José Buso Junior
Carlos Alberto Gabiatto

Membros Suplentes

Ana Thereza da Costa Ribeiro
Ciro Tadeu Alcântara
Aparecido Callegari

Superintendente Adjunto

Carlos Augusto Albuquerque

**RAFAEL CAMPAGNOL
SIMONE DA COSTA MELLO
RENES ROSSI PINHEIRO**

CULTIVO DE HORTALIÇAS EM AMBIENTE PROTEGIDO

**SENAR AR/PR
CURITIBA
2015**

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.

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

Autor: Rafael Campagnol

Simone da Costa Melo

Renes Rossi Pinheiro

Coordenação técnica: Vanessa Reinhart – CREA PR-122367/D e Luis Guilherme Paraná Barbosa Lemes

Coordenação metodológica: Patrícia Lupion Torres

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

Coordenação gráfica: Adilson Kussem

Diagramação: Sincronia Design

Capa: Adilson Kussem

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

Campagnol, Rafael et al.

Cultivo de hortaliças em ambiente protegido / Rafael Campagnol ; Simone da Costa Melo [e] Renes Rossi Pinheiro. – Curitiba : SENAR - Pr., 2015. – 72p.

ISBN: 978-85-7565-121-6

1. Agricultura. 2. Hortaliças. 3. Hidroponia. 4. Irrigação. I. Mello, Simone da Costa. II. Pinheiro, Renes Rossi. III. Título.

CDU631.4

IMPRESSO NO BRASIL



APRESENTAÇÃO

O SENAR Nacional – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – é uma instituição prevista na Constituição Federal e criada pela Lei nº 8.315, de 23/12/1991. Tem como objetivo a formação profissional e a promoção social do homem do campo para que ele melhore o resultado do seu trabalho e com isso aumente sua renda e a sua condição social.

No Paraná, o SENAR é administrado pela Federação da Agricultura do Estado do Paraná – FAEP – e vem respondendo por amplo e diversificado programa de treinamento.

Todos os cursos ministrados por intermédio do SENAR são coordenados pelos Sindicatos Rurais e contam com a colaboração de outras instituições governamentais e particulares, Prefeituras Municipais, cooperativas e empresas privadas.

O material didático de cada curso levado pelo SENAR é preparado de forma criteriosa e exclusiva para seu público-alvo, a exemplo deste manual. O intuito não é outro senão o de assegurar que os benefícios dos treinamentos se consolidem e se estendam. Afinal, quanto maior o número de trabalhadores e produtores rurais qualificados, melhor será o resultado para a economia e para a sociedade em geral.



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1 DEFINIÇÕES DE CULTIVO PROTEGIDO.....	9
2 TIPOS DE ESTRUTURAS	11
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CONSTRUÇÃO DE ESTUFAS.....	11
2.2 LOCAL DE INSTALAÇÃO DA ESTUFA.....	11
2.3 MODELOS DE ESTUFAS AGRÍCOLAS.....	12
2.4 MATERIAIS UTILIZADOS PARA COBERTURA.....	17
2.5 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO.....	18
3 PRODUÇÃO DE MUDAS	21
3.1 RECIPIENTES.....	21
3.2 SUBSTRATO.....	22
3.3 BANCADA.....	22
3.4 IRRIGAÇÃO.....	23
4 SISTEMAS DE CULTIVO DE PLANTAS.....	25
4.1 CULTIVO NO SOLO.....	25
4.2 CULTIVO HIDROPÔNICO.....	32
5 PRINCIPAIS HORTALIÇAS CULTIVADAS EM ESTUFA	43
5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	43
5.2 ALFACE.....	43
5.3 TOMATE.....	48
5.4 PIMENTÃO.....	59
6 CONTROLE FITOSSANITÁRIO	67
7 CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS.....	71



INTRODUÇÃO

Em busca da modernização, a produção de hortaliças passa a cada ano por inúmeras transformações que visam ao aumento da competitividade associada à rentabilidade. No entanto, para que essas transformações resultem em pontos positivos ao setor, é de extrema importância a identificação e a eliminação das deficiências nas áreas de organização, gerência e tecnologia. Entre os principais desafios a serem enfrentados, podemos citar a melhoria na eficiência dos sistemas de cultivo, aumento da diversidade e competitividade dos produtos, redução de riscos e dos custos da produção.

O cultivo em ambiente protegido foi inicialmente introduzido no Brasil com o objetivo de permitir a produção de hortaliças na entressafra, época na qual os produtos adquirem maior valor de mercado. No entanto, devido aos benefícios proporcionados por esse sistema de produção, o cultivo é realizado para fornecer produtos ao mercado o ano todo. Entre as principais vantagens trazidas pelo cultivo de hortaliças em estufas, podemos citar o maior controle sobre as condições climáticas do ambiente, maior eficiência do uso da água e dos fertilizantes, redução no uso de defensivos químicos e maior precocidade, qualidade e produtividade das plantas.

Dessa forma, esta cartilha abordará os principais fatores que interferem no cultivo de hortaliças em ambiente protegido, para que o produtor possa manejá-los corretamente e alcançar elevadas produtividades, com produtos de qualidade.

1 DEFINIÇÕES DE CULTIVO PROTEGIDO

A expressão “cultivo protegido” abrange um conjunto de práticas e tecnologias aplicadas pelos produtores para obtenção de um cultivo mais seguro, englobando as diversas culturas, entre elas as hortaliças. Segundo a literatura, cultivo em ambiente protegido pode ser definido como aquele em que é possível controlar um ou mais fatores climáticos, incluindo um conjunto de práticas e tecnologias que acarretam uma condução mais segura e protegida das plantas.

Internacionalmente, a expressão “cultivo protegido” tem um sentido mais amplo, englobando um conjunto de práticas e tecnologias, como uso do plástico para a cobertura do solo, quebra-ventos, túneis altos e baixos, sistemas de irrigação, entre outras utilizadas pelos agricultores para a condução de plantas. Sendo assim, o termo “plasticultura” também tem conceito semelhante, uma vez que acarreta benefícios por meio da utilização de produtos plásticos derivados de polímeros, como filmes plásticos, tubos de irrigação, telas, entre outros.

2 TIPOS DE ESTRUTURAS

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CONSTRUÇÃO DE ESTUFAS

O cultivo de plantas em ambiente protegido é uma atividade econômica que necessita de grandes investimentos e apresenta alto risco no cultivo, mas pode gerar maior lucro ao empreendedor. Os custos de implantação da estufa (terraplanagem, estruturas, plásticos, sistema de irrigação) são grandes, o que inibe a adoção desse sistema de cultivo por muitos produtores de hortaliças. Os riscos inerentes a essa atividade podem ser reduzidos com o correto uso da sua tecnologia, o que acarretará em aumento de produtividade aos cultivos e de renda ao produtor. Para isso, o empresário agrícola/produtor rural pode recorrer a técnicos com comprovada experiência no cultivo protegido, para auxiliá-lo no projeto e instalação da estufa. É importante que a implantação da estufa, das estruturas de condução das plantas e as atividades de apoio ao cultivo resultem de um projeto específico para o local onde será realizado.

Os principais aspectos a serem considerados na construção de uma estufa agrícola são o local de sua instalação, as condições climáticas da área, o sistema de cultivo a ser adotado, os materiais disponíveis para a construção, a incidência de ventos fortes, arquitetura da estufa, entre outros. De maneira geral, em cultivos protegidos realizados no Brasil, um dos principais desafios é o controle da temperatura no interior das estufas.

2.2 LOCAL DE INSTALAÇÃO DA ESTUFA

Como mencionado anteriormente, o planejamento de todas as etapas produtivas é fundamental para o sucesso do empreendimento. No cultivo de hortaliças em ambiente protegido, a primeira etapa desse planejamento é a escolha do local para instalação das estufas. A proximidade do local de cultivo até o mercado consumidor é muito importante, uma vez que os produtos hortícolas são perecíveis, exigindo que sejam comercializados logo após sua colheita. Além disso, quanto mais próximo do local de comercialização, menor o gasto para o transporte da produção. O local ainda deve ter disponibilidade de energia elétrica e de água de qualidade e em quantidade adequada para a produção ao longo dos anos.

Depois de verificadas a proximidade do local de comercialização, a disponibilidade de energia elétrica e a existência de água de qualidade, o passo seguinte é a escolha de um local adequado para instalação da estufa agrícola no terreno. É muito importante dispor de uma série de dados climáticos da área, contendo o histórico do clima da região. Essa informação pode ser obtida por meio de estações meteorológicas nas diversas regiões do país e com bancos de dados disponíveis na internet.

Deve-se dar preferência a locais planos com pouca declividade, pois assim o custo de instalação será menor e o ambiente terá uma distribuição uniforme da luz, além de facilitar o manejo do cultivo. Caso o produtor não disponha de áreas planas, é possível utilizar terrenos declivosos, desde que sejam observadas as limitações de sua construção, com a necessidade de realizar terraplanagens, construir terraços, com a finalidade de facilitar a implantação da estufa,

além de reduzir os riscos de erosão. O terreno deve ser livre de inundação, caso contrário dificultará o manejo cultural, assim como reduzirá a durabilidade da estufa agrícola.

A orientação da construção da estufa é outro aspecto a ser levado em consideração e que proporcionará maior durabilidade da estrutura e permitirá tirar maior vantagem da radiação solar. O primeiro fator que orienta a posição é a direção dos ventos. A estufa deve ser construída com a frente voltada em direção aos ventos predominantes, para aumentar a durabilidade da estrutura e do plástico. O segundo fator a ser considerado é a luminosidade. Em regiões com pouca insolação, o ideal é construir as estufas no sentido leste-oeste, visando à redução do sombreamento das vigas da estrutura. Assim, as estufas se tornam mais eficientes na transmissão da radiação solar. Em locais de excesso de luminosidade, é possível construí-las no sentido norte-sul. Portanto, é necessário avaliar o que é mais crítico no local da construção, se é a intensidade dos ventos ou a luminosidade, para decidir qual será a orientação da estufa.

Em regiões com ocorrência frequente de ventos fortes, além da orientação correta da estufa, é necessário construir quebra-ventos com a finalidade de diminuir a velocidade do vento. Estes devem estar posicionados a uma distância de 8 a 10 metros da estufa para que ocorra a proteção dela e, ao mesmo tempo, não interfira na incidência de luz. No entanto, convém ressaltar que ventos moderados são importantes, pois contribuem para o arejamento do ambiente e conseqüentemente das plantas, principalmente em períodos e dias de temperatura e umidade relativa do ar elevadas. Quando os quebra-ventos são construídos por plantas, deve-se utilizar espécies que não sejam hospedeiras de pragas e doenças das culturas que serão produzidas nas estufas agrícolas.

2.3 MODELOS DE ESTUFAS AGRÍCOLAS

Definidos a orientação e o local onde a estufa será construída, o passo seguinte é a escolha do material para estrutura e modelo de estufa. Como anteriormente mencionado, a decisão de optar por estruturas de proteção de baixa, média ou alta tecnologia vai depender das exigências da cultura a ser produzida e principalmente dos recursos financeiros disponíveis pelo produtor. Portanto, é recomendável conhecer as especificações das estufas agrícolas dos diversos fabricantes, optando por uma estrutura eficiente, segura e econômica, sendo possível também o produtor construir sua estufa com matéria-prima disponível em sua propriedade.

No Brasil, os modelos de estufas mais utilizados são: arco, capela, londrina, pampeana e dente de serra, além do túnel alto e túnel baixo (Figura 1). Estas podem ser instaladas de maneira isolada ou conjugada, popularmente chamadas de geminadas. As armações das estufas agrícolas são, comumente, construídas com estruturas metálicas ou mourões de madeira (eucalipto, pinus, bambu) ou tubos de PVC.

Arco: atualmente é o modelo mais utilizado no Brasil. Apresenta a cobertura em formato semicircular, que oferece grande resistência ao vento. A desvantagem é que acumula ar quente na parte superior da estufa. Por causa de seu formato, dificulta a instalação de janelas zenitais (Figura 2).

Capela: foi um dos primeiros modelos de estufas introduzidas no Brasil. Recebe esse nome porque sua forma, com cobertura em duas águas em formato triangular, lembra uma capela. Sua estrutura muitas vezes é feita em madeira, necessitando ser reforçada em razão da pouca resistência aos ventos. É apropriada para regiões com alto índice pluviométrico e sua construção deve ser feita em lugares planos. Esse modelo facilita a colocação de janelas zenitais e lanternins, permitindo melhor manejo da temperatura do ambiente (Figura 2).

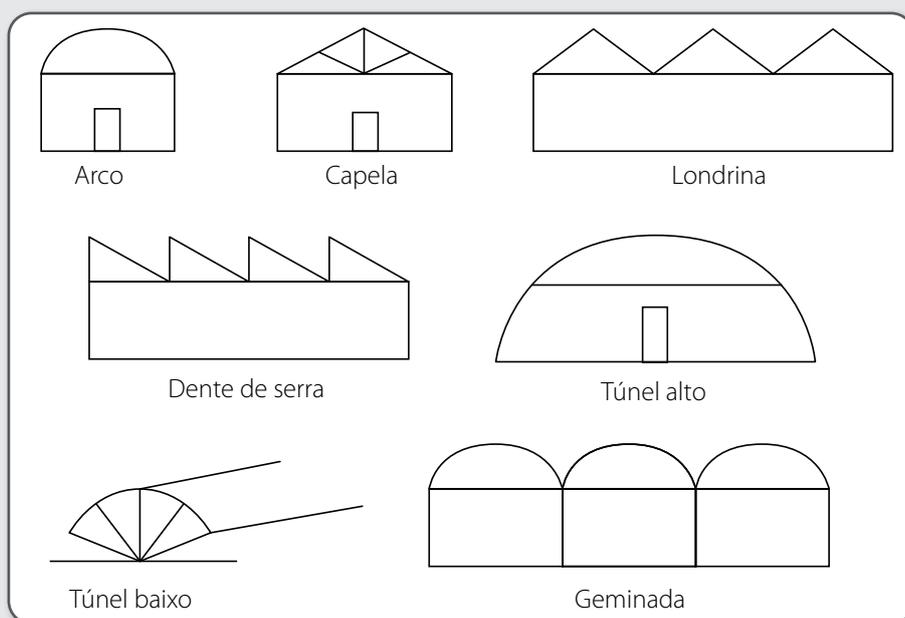
Londrina: esse modelo é construído basicamente com esteios de madeira ou bambus e arames, resultando em uma estrutura de baixo custo. A parte superior é plana (latada), sendo indicada para regiões de baixo índice pluviométrico. Isso porque a água da chuva penetra no interior da estufa em locais determinados pela própria origem do projeto. Devido à estrutura apresentar pé-direito baixo, esse modelo apresenta pouca movimentação de ar no interior do ambiente.

Dente de serra: pela sua forma, esse modelo permite ventilação eficiente. Normalmente, sua instalação é feita no sentido dos ventos predominantes da região, de modo que, nos vãos de um dente e outro, se forme uma pressão diferencial que retira o ar do seu interior. Entretanto, é uma estrutura que reduz a incidência de radiação solar.

Túnel alto: estrutura em forma de túnel com altura entre 3 e 4 m. Normalmente, é construído de forma rústica e bastante econômica. Os arcos podem ser feitos de tubos de ferro galvanizado ou PVC. Sua instalação é rápida e apresenta bom aproveitamento de luz. A desvantagem desse modelo é a dificuldade de controlar a temperatura e a umidade relativa do ar no interior do túnel (Figura 2).

Túnel baixo: é um modelo simples e de pouco investimento, feito com arcos de PVC, bambu ou ferro galvanizado. A largura varia de 1 a 1,20 m e a altura é de 0,60 m. Tem sido utilizado para o cultivo de hortaliças folhosas, morango e produção de mudas de fumo em sistema *floating*. O calor excessivo e a umidade relativa do ar alta são os inconvenientes desse modelo.

Figura 1 – Modelos de estufas agrícolas mais comumente utilizados no Brasil.



Fonte: Adaptado de Rodrigues, 2002.

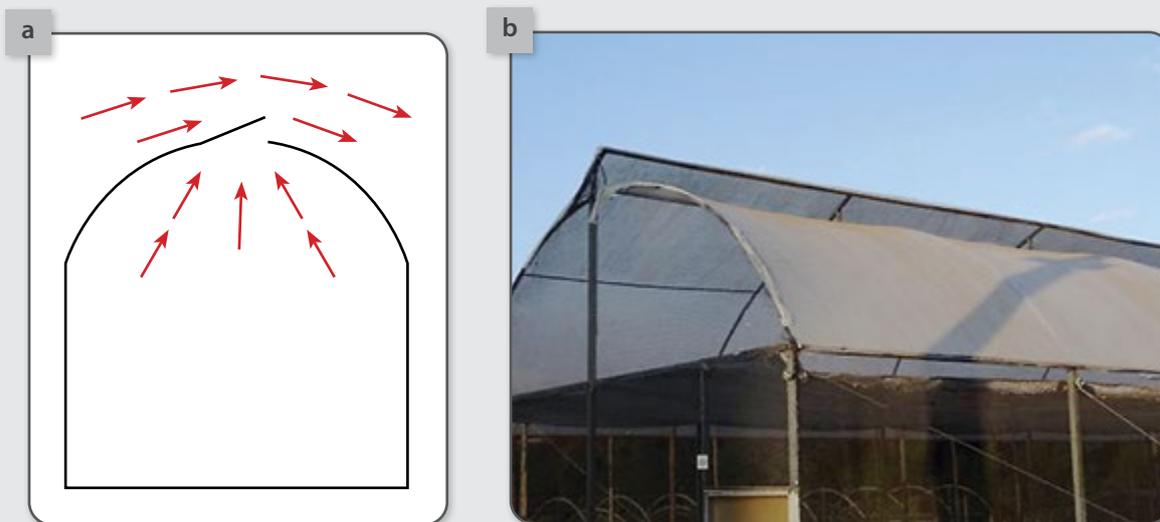
Estufas agrícolas dotadas de janelas zenitais ou lanternim auxiliam a retirada do ar quente que se acumula na parte superior do ambiente, favorecendo a ventilação (Figuras 3 e 4). O uso dessa tecnologia de baixo custo é altamente recomendável em regiões de climas tropical e subtropical, caracterizado por elevadas temperaturas e alta umidade do ar, ao contrário do que ocorre nos países de clima temperado, onde o aquecimento do ambiente é um dos principais objetivos dessas estruturas.

Figura 2 – Tipos de estufas agrícolas. Vista externa e interna de estufa tipo arco (A e B); vista externa e interna de estufa tipo capela (C e D); vista externa e interna de túnel alto (E e F).



Fonte: Campagnol et al., 2015.

Figura 3 – Diagrama da circulação de ar em estufas com janela zenital (lanternim) ao longo da cumeeira.



Fonte: Campagnol et al., 2015.

Figura 4 – Diferentes tipos de aberturas para remoção do ar quente do interior das estufas.



Fonte: Campagnol et al., 2015.

O resfriamento da estufa pode também ser conseguido pelo uso de sistemas de resfriamento evaporativo, como Pad & Fan e nebulizadores. Porém, o uso de tais tecnologias deve ser analisado criteriosamente, uma vez que seu custo de aquisição é elevado e o objetivo almejado nem sempre é alcançado. Uma opção de menor custo para controle de temperaturas elevadas são as malhas de sombreamento ou termo refletoras. Entretanto, para escolha do tipo de malha deve se levar em consideração a hortaliça que será cultivada, a região e a época de cultivo, pois as malhas reduzem a luminosidade no interior das estufas (Figura 5).

Figura 5 – Estufa com tela termo refletora (A); telado com nebulizadores (B); estufa equipada com sistema de resfriamento tipo Pad & Fan (C e D).



Fonte: Campagnol et al., 2015.

As laterais das estufas devem ser fechadas por telas antiáfídeos, o que evita a entrada de insetos-praga como mosca branca, pulgões e *tripes*, que são transmissores de viroses. O uso de telas tecidas em rafia, apesar de permitir maior ventilação no interior da estufa, não impede a entrada de insetos. É também de grande valia a construção de antecâmara no acesso à estufa agrícola, contribuindo para o controle fitossanitário da estufa (Figura 6).

Figura 6 – Detalhe da antecâmara no acesso à estufa agrícola.



Fonte: Campagnol et al., 2015.

2.4 MATERIAIS UTILIZADOS PARA COBERTURA

Embora o vidro tenha sido o primeiro material a ser utilizado na cobertura de ambiente protegido, apresentando boas características de transmissão da radiação solar, o custo limita o uso desse material apenas para cultivos específicos. Atualmente, no Brasil, a cobertura das estufas é feita com filmes plásticos especiais, os quais permitem a passagem da maior parte da luz. Existe no mercado uma grande variedade de materiais plásticos, desde os plásticos difusores de luz, até os repelentes de poeiras. No Brasil, os principais materiais produzidos e comercializados são: filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) e de alta densidade (PEAD), etileno vinil acetato (EVA) e polietileno linear.

O filme mais utilizado em cultivo protegido é o PEBD, que tem boa transparência à radiação solar e é muito permeável à radiação térmica. A espessura do plástico tem pouca influência na transparência do PEBD, apresentando influência apenas na resistência do mesmo. As espessuras normalmente utilizadas variam entre 100 e 200 μm . O plástico PEBD por ser um produto derivado da Nafta, necessita de aditivos contra a radiação ultravioleta (aditivo denominado anti-UV) para aumentar a resistência do material à fotodegradação causada pela radiação solar. Os plásticos, além desse aditivo, podem apresentar em sua composição outros aditivos que podem ser importantes na escolha do material. Dessa forma, os plásticos recebem nomes diferentes em função dos tipos de aditivos que possuem para que o produtor identifique mais facilmente o material a ser comprado para a cobertura das suas estufas. Os filmes plásticos mais comuns no Brasil para o cultivo de hortaliças são:

Filme difusor de luz: em sua composição, apresenta aditivos orgânicos que difundem a radiação solar, diminuindo a incidência de radiação direta no interior da estufa. A luz difusa emite raios solares em todas as direções, os quais podem ser melhor aproveitados pelas folhas situadas nas porções mais inferiores das plantas, que estão sujeitas ao sombreamento. Com isso, o produtor pode aumentar a produtividade e qualidade dos produtos a serem colhidos. Entretanto, o filme

difusor deve ser utilizado em regiões de alta luminosidade para o cultivo das hortaliças que são exigentes em luz, para não causar o estiolamento das plantas, que é comum quando a intensidade de radiação solar é baixa.

Filme térmico: são filmes de polietileno de multicamadas, muitas vezes com camadas de EVA (acetato de vinil etileno), que diminuem os riscos da inversão térmica, mantendo o calor no interior da estufa, o que beneficia a produção de hortaliças que não se desenvolvem bem em temperaturas noturnas e diurnas muito baixas, como o pepino, as abobrinhas, o pimentão, entre outras. Esse filme é indicado para regiões frias e sujeitas a geadas.

Filme antigotejo: possui aditivo químico que evita a formação de gotas d'água no plástico da cobertura, que poderiam cair e molhar as plantas, favorecendo a incidência de doenças foliares. Esse tipo de filme é ideal para regiões frias que favorecem a condensação da água na superfície do plástico.

Filmes antifungos e/ou antiveto: possuem aditivos que reduzem drasticamente a transmissão da radiação ultravioleta para o interior das estufas, que é necessária para que alguns insetos possam se locomover, uma vez que eles precisam desse tipo de radiação para poder enxergar.

Filme antiestático: possui aditivos que reduzem a tensão estática dos filmes plásticos, com isso diminui a atração da poeira, permitindo a manutenção da transparência do material por um tempo maior;

Independentemente do material utilizado, a limpeza da cobertura plástica deve ser realizada periodicamente, evitando que as partículas presentes no ar se acumulem sobre o filme plástico e impeçam a máxima luminosidade no interior da estrutura. A redução da luminosidade no interior da estufa pode afetar a produtividade das culturas. A limpeza pode ser feita com água, vassoura de espuma que pode ser envolvida em um rodo. A limpeza é feita, normalmente, uma vez por ano, de acordo com as condições de cada propriedade. Estruturas protegidas por quebra ventos e distantes de estradas de terra, geralmente pode ter esse período estendido.

2.5 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

A produtividade das culturas, tanto no solo quanto em substratos agrícolas, é intensamente influenciada pelas condições climáticas e pela umidade do ar e do solo ou substrato. A reposição de água por meio da irrigação na quantidade adequada, de forma correta e no momento certo, é decisiva para o sucesso da produção de hortaliças. Em cultivos realizados em estufa, a irrigação é a única forma de fornecimento de água às plantas. Nesse sistema de cultivo, a principal forma de irrigação é via gotejamento.

A irrigação por gotejamento compreende os sistemas em que a água é aplicada próximo à planta, em regime de alta frequência e baixo volume, sem molhar toda a superfície do solo da estufa, resultando em economia de água. Fertilizantes e alguns defensivos podem ser aplicados

via água de irrigação. O custo inicial é relativamente alto, sendo recomendado para culturas de elevado valor econômico. É um método que permite elevado grau de automação, o que requer menor emprego de mão de obra na operação. No gotejamento, os emissores mais utilizados são os gotejadores integrados, tubos de emissão, microtubos ou espaguete, podendo ainda ser utilizados outros tipos de emissores disponíveis no mercado (Figura 7).

Figura 7 – Diferentes tipos de gotejadores. Fitas gotejadoras em linha dupla (A) e simples (B); gotejo tipo espaguete (C) e gotejo autocompensante com microtubo e lança gotejadora (D).



Fonte: Campagnol et al., 2015.

3 PRODUÇÃO DE MUDAS

Para que o cultivo de grande parte das espécies de hortaliças tenha sucesso e seja desenvolvido com eficiência, torna-se imprescindível que este inicie com uma muda de alta qualidade. Portanto, para que se obtenha um produto de melhor qualidade, a produção de mudas deve ser realizada em ambiente protegido, devendo ser feito controle fitossanitário e nutricional rigorosos, resultando em plantas de alta sanidade, vigorosas e produtivas.

3.1 RECIPIENTES

O desenvolvimento da horticultura nos patamares de hoje só foi possível com a produção de mudas em recipientes, resultando em maior equilíbrio entre a parte aérea e o sistema radicular, maior rendimento e aproveitamento da mão de obra, maior uniformidade da cultura, e aumento da produtividade. Em sua maioria, os recipientes utilizados são bandejas plásticas ou de poliestireno (isopor) (Figura 8). As bandejas plásticas levam vantagem em relação às de isopor por não apresentarem rugosidade em sua superfície. A rugosidade do isopor dificulta sua limpeza e desinfecção, além de ser um material de difícil reciclagem, muitas vezes poluindo o ambiente.

Figura 8 – Bandeja de polietileno (plástico) (A e B) e poliestireno expandido (isopor) (C e D).

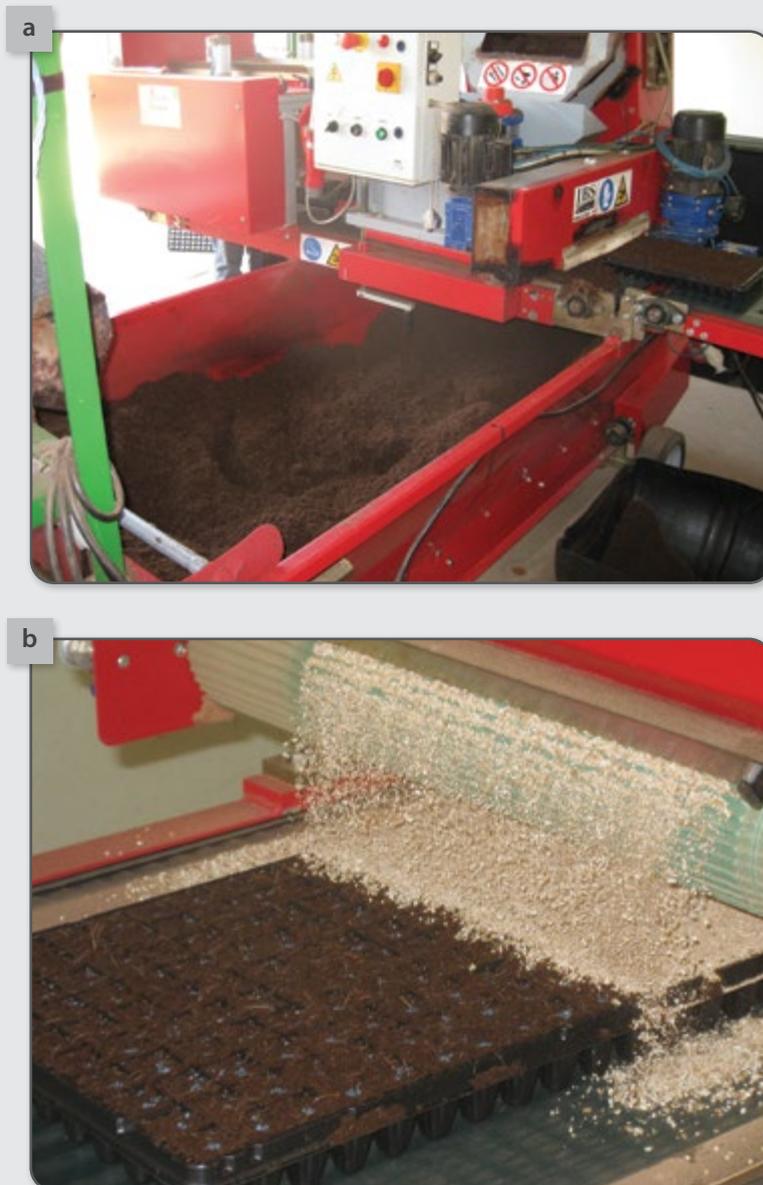


Fonte: Campagnol et al., 2015.

3.2 SUBSTRATO

O substrato influencia na formação da arquitetura do sistema radicular e no estado nutricional das mudas, afetando profundamente a qualidade delas. O substrato tem como principal função sustentar a planta e permitir a troca gasosa do sistema radicular. Os substratos devem ser isentos de patógenos e de sementes de plantas daninhas. No mercado, são encontrados diferentes substratos comerciais recomendados para diferentes culturas e elaborados por empresas especializadas (Figura 9). Geralmente, são formulados a partir de casca de pinus, fibra de coco, turfa, vermiculita e perlita. As diferenças entre eles ocorrem em função da variação na presença e proporções dessas matérias-primas, devendo o produtor escolher o substrato que melhor se adequa a suas condições de cultivo, irrigação e cultura a ser produzida.

Figura 9 – Substratos comerciais utilizado no enchimento (fibra de coco) (A) e recobrimento (vermiculita) (B) de bandejas plásticas para produção de mudas de hortaliças.

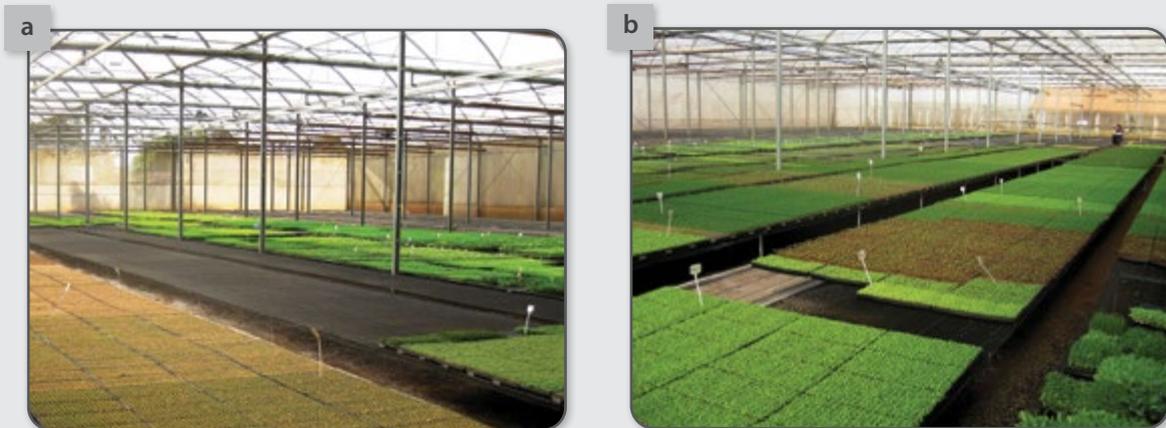


Fonte: Campagnol et al., 2015.

3.3 BANCADA

A produção de mudas em bandejas não deve ser realizada diretamente em contato com o solo, devendo ser realizada sobre bancadas, que podem ser constituídas com mourões de madeira e fios de arame, ou qualquer outro material mais acessível na região de produção (Figura 10). Estas devem estar posicionadas, no mínimo, a 30 cm do solo, embora possam ser confeccionadas a uma altura que facilite o manuseio pelos operadores. O sistema mais comum e de baixo custo para construção dos suportes consiste em esticar fortemente dois ou três fios paralelos de arame de aço galvanizado, distanciados a cerca de 30 cm, para sustentar cada fileira de bandejas. Devem ser colocados suportes para evitar o arqueamento dos fios.

Figura 10 – Bancadas para suporte das bandejas utilizadas na produção de mudas de hortaliças (A e B).



Fonte: Campagnol et al., 2015.

3.4 IRRIGAÇÃO

O manejo de irrigação das mudas deve ser realizado de maneira criteriosa e precisa, pois qualquer restrição no suprimento de água afeta a germinação das sementes, a emergência e o crescimento das plântulas. A irrigação deve ser feita de maneira uniforme, com gotas pequenas, evitando-se o excesso de água. As irrigações devem umedecer todo o volume do substrato contido na célula da bandeja, com o objetivo de não limitar o desenvolvimento do sistema radicular. Raízes finas e pouco desenvolvidas resultam em mudas menos resistentes às condições de estresse por falta de água ou por temperaturas elevadas. Em empresas especializadas na produção de mudas, a principal forma de irrigação das bandejas é por meio de barras móveis ou por microaspersores (Figura 11).

Figura 11 – Irrigação por meio de barra móvel (A) e por microaspersores (B).



Fonte: (A) IBS mudas, 2014; (B) Campagnol et al, 2015.

4 SISTEMAS DE CULTIVO DE PLANTAS

4.1 CULTIVO NO SOLO

A forma mais utilizada e comum de cultivo de plantas é diretamente no solo. O solo é um meio complexo, constituído de resíduos da decomposição de rochas através do processo de intemperismo, material orgânico em vários estádios de degradação, organismos, ar e água. Por isso, dependendo da sua origem e localização, pode apresentar diferentes características físicas (compactação, aeração, drenagem), químicas (disponibilidade de nutrientes, acidez) e biológicas (microrganismos benéficos e prejudiciais), o que, em certas situações, pode limitar o seu uso na agricultura.

De maneira geral, um solo para o cultivo de hortaliças deve apresentar boa drenagem e boa capacidade de retenção de água, ser isento de microrganismos, metais pesados ou outros compostos prejudiciais às plantas ou ao ser humano e apresentar um bom conteúdo de matéria orgânica.

Matéria orgânica

A matéria orgânica no solo tem várias funções benéficas. Do ponto de vista biológico, fortalece a microbiologia do solo, melhora o enraizamento das plantas e aumenta a resistência das plantas a secas, doenças e pragas. Entre os atributos físicos, destacam-se o aumento da porosidade total, infiltração e retenção de água, atenuação dos efeitos erosivos do solo, redução dos problemas com encharcamento, compactação e variações de umidade e temperatura do solo. No aspecto químico, a matéria orgânica aumenta a capacidade de troca de cátions, favorecendo a eficiência do uso de adubos minerais e diminuindo os riscos de salinização.

O revolvimento do solo através das práticas de preparo deve ser o menor possível, pois sua estrutura está relacionada com a atividade biológica. Os microrganismos fornecidos pela matéria orgânica atuarão na estruturação do solo, aumentando sua porosidade e aeração, contribuindo para o fornecimento de oxigênio, indispensável para a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, para o desenvolvimento das plantas.

Em cultivos intensivos, como ocorre em ambientes protegidos, as condições físicas do solo geralmente são deficientes, principalmente por causa da baixa atividade biológica resultante da escassez de biomassa, ou seja, de matéria orgânica. Portanto, é fundamental o fornecimento contínuo de biomassa para a recuperação física desses solos.

No cultivo de hortaliças, que geralmente apresentam ciclo produtivo relativamente curto e com altas produções por área, a demanda por biomassa no solo é muito mais intensa. Embora a matéria orgânica seja a fornecedora natural de nutrientes, ela não é essencialmente um adubo, mas sim um condicionador do solo. Deve-se conhecer as características do material orgânico que será utilizado, a fim de realizar uma adubação equilibrada em função das necessidades das culturas, evitando o excesso ou a falta de nutrientes. Quando ocorre uma nutrição desequilibrada, a planta fica mais suscetível ao ataque de doenças e pragas.

Vários resíduos orgânicos podem ser utilizados, como esterco de animais como os bovinos, suínos e aves. Deve-se ter o cuidado de evitar materiais contaminados com patógenos, pragas, sementes, metais pesados e substâncias tóxicas (fenóis, resinas, terpenos, taninos etc.). Por isso, o uso

de produtos orgânicos comerciais é mais indicado, uma vez que as empresas idôneas garantem a qualidade dos materiais aos produtores.

Adubação verde

Outra forma de aumentar a biomassa do solo é através do cultivo de adubos verdes (Quadro 1). Essa técnica, apesar de pouco realizada em cultivos protegidos, devido ao alto custo de se manter a área sem produzir, apresenta bons resultados, pois promove a reciclagem de nutrientes, ameniza os problemas com salinização e reduz a fonte de inóculo de doenças e pragas, principalmente as de solo. Recomenda-se realizá-la a cada dois anos, com a posterior incorporação das plantas ao solo.

Quadro 1 – Características de alguns adubos verdes.

Adubo Verde	Características
Aveia-amarela / Aveia-preta	Recomendada para adubação verde de inverno. Seu cultivo prejudica o desenvolvimento de pragas, doenças e nematoides e elimina ervas daninhas. Boa produção de biomassa.
Crotalária-junceca	Leguminosa anual de verão, de crescimento muito rápido e vigoroso. É a espécie que produz a maior quantidade de biomassa no menor tempo, fornecendo nitrogênio em grande quantidade. Apresenta bom controle de ervas daninhas e é má hospedeira de nematoides do gênero <i>Meloidogyne</i> .
Crotalária-ochroleuca	Leguminosa anual de verão. Agressiva, rústica e com raízes capazes de romper as camadas adensadas do solo. Contribui para a diminuição da população de nematoides do cisto, das galhas e das lesões radiculares. Apresenta boa produção de biomassa e fixação de nitrogênio.
Crotalária-spectabilis	Leguminosa anual de verão. Boa eficiência no controle de nematoides, com destaque para galhas, cisto e lesões radiculares. Destaca-se também pela capacidade de fixação biológica de nitrogênio atmosférico e produção de biomassa.
Feijão-de-porco	Leguminosa de verão com crescimento inicial e fechamento rápido. Excelente no controle de ervas daninhas, principalmente da tiririca (<i>Cyperus rotundus</i>). É boa produtora de biomassa e na fixação de nitrogênio.
Guandu-forrageiro	Leguminosa de verão de porte alto e ciclo semiperene. Apresenta sistema radicular agressivo e robusto que cresce em profundidade, reciclando nutrientes e descompactando solos adensados. Rústica, boa produtora de biomassa e fixadora de nitrogênio.
Milheto	É uma gramínea de verão anual com amplo período de semeadura. Versátil, rústica e de crescimento rápido. Produz grande quantidade de biomassa.
Mucuna-anã	Leguminosa anual de verão de porte baixo e crescimento determinado (não trepadora). Ótima para adubação verde e cobertura vegetal.
Mucuna-cinza / Mucuna-preta	Leguminosa anual de verão com hábito de crescimento indeterminado (trepadora). Controla bem o desenvolvimento de ervas daninhas e é má hospedeira de nematoides de galha, cisto e reniforme. Rústica, ótima para adubação verde e fornecimento de nitrogênio.
Nabo-forrageiro	Espécie anual da família das <i>Brassicas</i> , muito utilizada para adubação verde no inverno. Muito vigorosa, cobre o solo rapidamente, controlando ervas daninhas, produzindo grande volume de palha e descompactando solos adensados em profundidade. Não fixa nitrogênio, mas tem elevada capacidade de reciclar nutrientes.
Puerária (Kudzu Tropical)	Leguminosa perene de verão. Excelente produtora de biomassa e na fixação de nitrogênio.
Soja-perene	Leguminosa perene de verão. Boa produtora de biomassa e fornecimento de nitrogênio.

Fonte: Pirai Sementes, 2014.

Rotação e consorciação

A rotação de cultura é outra técnica pouco utilizada em cultivos protegidos, pois, geralmente, muitas das culturas com potencial econômico para serem produzidas em ambiente protegido são das mesmas famílias e/ou suscetíveis às mesmas pragas e doenças. Com isso, as opções de culturas para rotação são de pouco interesse para os produtores. Apesar disso, essa técnica reduz o desgaste do solo, aumenta a reciclagem e aproveitamento dos nutrientes e diminui a ocorrência de pragas e doenças, contribuindo para a longevidade dos solos sob cultivo protegido.

Salinização do solo

A salinização consiste no acúmulo de cátions (sódio, potássio, magnésio e cálcio) e ânions (nitratos e cloretos) no solo. Em cultivos realizados em estufas, devido à não ocorrência de chuvas e ao uso de grandes quantidades de fertilizantes, há uma tendência de ocorrer acúmulo de sais na parte superficial do solo. Com o uso contínuo da mesma área, a salinização poderá atingir valores que se tornarão tóxicos para a maioria das culturas, reduzindo a produção e favorecendo a ocorrência de pragas e doenças (Tabela 1).

Tabela 1 – Índice máximo de salinidade do solo suportado por algumas culturas, sem perdas da produtividade.

Cultura	Limite máximo de salinidade do solo (dS m ⁻¹)
Sensíveis	
Feijão	1,0
Cenoura	1,0
Morango	1,0
Moderadamente sensíveis	
Nabo	0,9
Rabanete	1,2
Alface	1,3
Pimentão	1,5
Batata-doce	1,5
Fava	1,6
Milho doce	1,7
Batata	1,7
Couve	1,8
Espinafre	2,0
Pepino	2,5
Tomate	2,5
Brócolis	2,8
Moderadamente tolerantes	
Beterraba	4,0
Abobrinha	4,7

Fonte: Adaptado de Lorenz; Maynard, 1988.

Para a adubação das culturas olerícolas são utilizados vários tipos de adubos, alguns com maior e outros com menor poder de salinização. Deve-se, sempre que possível, optar por aqueles que apresentem o menor índice salino e realizar um manejo nutricional adequado, fornecendo somente as quantidades de nutrientes requeridas pelas culturas.

A qualidade da água de irrigação também é de grande importância sobre a salinização dos solos. O teor de sais presentes na água, quando muito elevado, pode inviabilizar seu uso para irrigação ou exigir o seu tratamento, que é oneroso. Para valores de condutividade elétrica (CE) de até $0,7 \text{ dS m}^{-1}$, pode-se utilizar a água de irrigação sem problemas; de $0,7$ a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, começa-se a ter problemas e, para valores superiores a $3,0$, deve-se restringir ou mesmo evitar o seu uso.

O monitoramento do nível de salinidade dos solos em cultivos protegidos deve ser feito preferencialmente a cada cultivo, concomitantemente com a análise de nutrientes. Pode-se também determiná-la através da medição da condutividade elétrica de uma mistura de solo e água (relação 2:1).

Em situações em que a concentração de sais no solo já atingiu níveis prejudiciais, a lixiviação é um mal necessário. Essa prática consiste na aplicação de grandes quantidades de água sobre o solo da estufa com o objetivo de fazer uma “lavagem” do excesso de sais. Recomenda-se após essa etapa, a aplicação de adubos orgânicos para aumentar o teor de húmus estáveis do solo.

Outra forma de reduzir o teor de sais do solo é por meio do cultivo de espécies tolerantes ou menos sensíveis à salinidade, como o alho, a beterraba, a abobrinha, o trigo, a cevada e o azevém. Entre as espécies não cultivadas destacam-se *Paspalum vaginatum* (gramão), que suporta índices de salinidade de até 35 dS m^{-1} ; *Triples portucaloides* L. e *Limonium vulgare* Miller.

Solarização

Com a utilização intensiva do solo em ambientes protegidos, a incidência de doenças e pragas de solo torna-se mais comum e frequente. Além das técnicas anteriormente citadas, como a adição de matéria orgânica, a rotação de cultura e o cultivo de adubos verdes, a solarização é outra ferramenta disponível aos produtores para o controle de enfermidades do solo.

A solarização consiste na utilização da energia solar para a desinfestação do solo, favorecendo, além da eliminação de patógenos (fungos, bactérias e nematoides), o controle de plantas daninhas e pragas. Com a cobertura do solo úmido com filmes plásticos transparentes, haverá elevação da temperatura do solo, que atuará sobre os fitopatógenos e pragas, eliminando-os. Além disso, haverá germinação das sementes de plantas daninhas, que morrerão devido ao calor excessivo sob o plástico.

Para que seja eficiente, a solarização deverá ser realizada nos períodos de maior intensidade solar. Em regiões de clima subtropical, o período mais propício é o verão. A inativação térmica de diversos patógenos dependerá da temperatura do solo. Quanto menor a temperatura, maior deverá ser o tempo de exposição. Nas camadas mais profundas do solo, onde as temperaturas não são muito elevadas, ocorrem rachaduras nos escleródios (estrutura de resistência de alguns tipos de fungos), permitindo a ação de microrganismos antagonistas. Em estufas, recomenda-se a solarização por períodos de 20 a 30 dias.

Na escolha do plástico a ser utilizado, o aspecto mais importante é que este seja transparente, pois permite melhor passagem da radiação solar e, conseqüentemente, um efeito estufa mais eficiente, dando condições, através da luminosidade, para a germinação das sementes de plantas daninhas.

Antes da colocação do filme plástico sobre o solo, este deve ser preparado de modo convencional e bem irrigado. Nas bordas, o filme deverá ser enterrado, para evitar a perda de calor.

A solarização apresenta resultados positivos sobre diversos fitopatógenos como, por exemplo, fungos: *Bipolaris sorokiniana*, *Didymella lycopersici*, *Fusarium* spp., *Phytophthora* spp., *Plasmodiophora* spp., *Pyrenochaeta* spp., *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia* spp., *Sclerotium* spp., *Thielaviopsis basicola*, *Verticillium* spp.; bactérias: *Agrobacterium tumefaciens*, *Streptomyces scabies*; nematoides: *Criconeilla*, *Ditylenchus*, *Globodera*, *Helicotylenchus*, *Heterodera*, *Meloidogyne*, *Paratrichodorus*, *Pratylenchus*, *Xiphinema*.

O tratamento do solo com o uso de produtos químicos, além do custo elevado, geralmente gera um vácuo biológico, como o caso do brometo de metila, que elimina a vida do solo. Esse vácuo biológico favorece o posterior estabelecimento de fitopatógenos que, devido à eliminação dos microrganismos antagônicos, poderá acarretar problemas ainda mais severos.

A solarização também influencia outros processos do solo, como na liberação de nitrogênio (amônia e nitrato), cálcio e magnésio; alteração na composição do solo, melhorando a sua estrutura e favorecendo um maior desenvolvimento e produtividade das plantas.

Correção da acidez trocável do solo

As hortaliças, assim como a maioria das plantas cultivadas, produzem melhor em uma faixa de pH entre 5,5 e 6,5 e com ausência de alumínio trocável. Quando o pH do solo encontra-se abaixo ou acima dessa faixa, podem ocorrer deficiências nutricionais, além da toxidez de alumínio e manganês (pH baixo). Isso pode ocorrer tanto na camada arável quanto no subsolo, impedindo o crescimento das raízes das plantas, também, em profundidade.

Para eliminar o alumínio ativo do solo deve-se elevar o pH do solo acima de 5,5, procurando atingir a faixa de 5,8 a 6,2; aumentar a saturação por bases à 80%; manter os teores de cálcio mais magnésio para valores acima de $2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; os teores de magnésio para valores acima de $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; e a saturação por alumínio para um valor abaixo de 20%.

O calcário deve ser aplicado antes do plantio ou da adubação, incorporado ao solo, à profundidade de até 40 cm, quando possível, ou entre 0 e 20 cm. Para quantidades superiores a $3,0 \text{ t ha}^{-1}$, recomenda-se aplicar metade da dose antes da aração e o restante antes da gradagem de nivelamento.

A calagem realizada de forma adequada eleva o pH; fornece cálcio e magnésio como nutrientes; diminui ou elimina os efeitos tóxicos do alumínio, manganês e ferro; diminui a "fixação" de fósforo; aumenta a disponibilidade do nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro e molibdênio no solo; aumenta a eficiência dos fertilizantes; melhora as propriedades físicas do solo, como a aeração e a circulação de água; e eleva os valores da saturação por bases (V%) e a capacidade de troca de cátions (CTC).

Preparo do solo

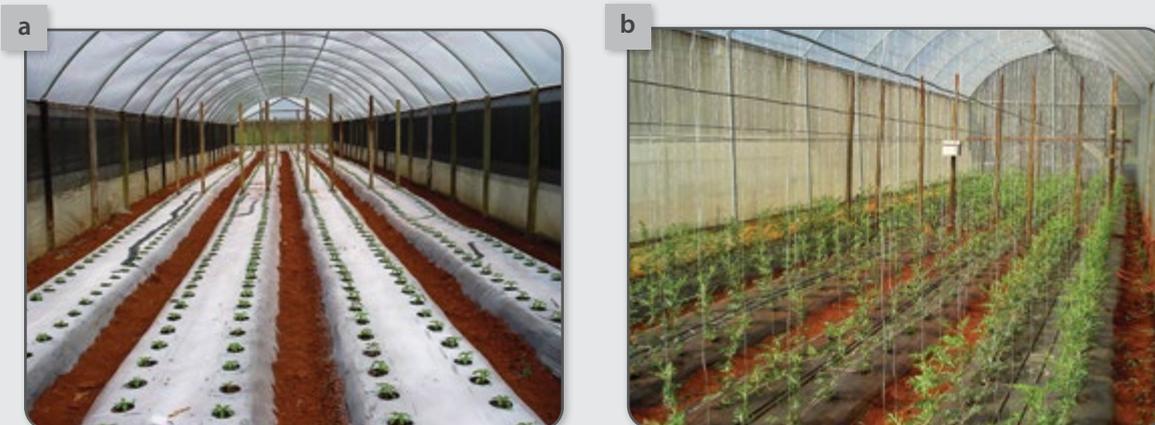
Antes da sementeira ou plantio, deve-se preparar bem o solo, deixando-o adequado para receber a cultura. Quando necessário, deve-se realizar a construção de canteiros preferencialmente com o uso de encanteiradora ou equipamento similar. O espaçamento entre canteiros deve ser de aproximadamente 50 cm para facilitar os tratos culturais. A largura dos canteiros pode variar de acordo com cada cultura e sistema de cultivos. Para alface, por exemplo, os canteiros apresentam geralmente largura de 80 a 100 cm. Já para tomate, os canteiros podem ser estreitos, para o cultivo em linhas simples (30 a 50 cm), ou largos, quando se utiliza linhas duplas (80 a 100 cm). A construção de canteiros permite um melhor preparo do solo próximo ao sistema radicular das plantas, permitindo a melhor incorporação dos corretivos, fertilizantes e biomassa. E como eles são mais elevados em relação ao nível do solo, contribui também para o aumento do volume de solo disponível ao crescimento radicular sem problemas com compactação, com melhores características químicas, físicas e biológicas. No caso do tomate, quando bem preparado o solo, pode-se realizar seu cultivo também sem o uso de canteiros.

Uso de *mulching*

O *mulching* consiste na cobertura do solo com material vegetal ou filmes plásticos. O uso de filmes plásticos tem sido cada vez mais usado pelos produtores de hortaliças por ser prático, fácil de instalar e relativamente barato (Figura 12). O plástico contribui para reduzir a evaporação da água, o aparecimento de ervas daninhas e a erosão do solo, além de diminuir o uso de herbicida e impedir o contato de frutos e folhas com o solo, gerando um conjunto de benefícios para diversas culturas agrícolas. Todas estas vantagens são traduzidas em menor custo, maior produtividade e qualidade dos produtos.

Diferentes tipos de plásticos podem ser utilizados para cobertura dos solos, como filmes pretos, branco, cinza, verde, marrom, amarelo e prateado (dupla-face) (Figura 12). No caso dos filmes prateados e brancos, há uma maior reflexão dos raios solares, transmitindo pouca energia aos solos, reduzindo o seu aquecimento, muito importante para o cultivo em estufa, onde a temperatura geralmente é mais elevada em relação ao ambiente aberto.

Figura 12 – Diferentes tipos de filmes plásticos para cobertura do solo. Branco (A) e preto (B).



Fonte: Campagnol et al., 2015.

Distribuição das plantas

A distribuição das plantas na área de cultivo também dependerá da espécie, variedade e sistema de cultivo. Para hortaliças folhosas, como as alfaces e outras espécies de porte semelhante, a densidade de plantas é de 44,4 a 11,1 plantas m^2 (0,15 x 0,15 a 0,30 x 0,3 m). No caso da rúcula, o cultivo é feito em linha simples, com a semeadura de 0,2 a 0,3 g de sementes por metro linear e distância de 15 a 30 cm entre linhas. Já para o tomate, pimentão e outras hortaliças tutoradas, a densidade de cultivo por ser de 1 a 4 plantas m^2 , podendo estas ser dispostas em linhas simples ou duplas. O número de plantas por área, nesse caso, varia muito em função do porte da planta, dentro da mesma espécie. Plantas vigorosas como no caso de muitos tomates do tipo salada exigem um maior espaçamento comparado às plantas de tomate do tipo grape, que apresenta menor enfolhamento.

Plantio

A instalação da cultura pode ser feita por meio de mudas ou pela semeadura direta. No caso das alfaces, almeirão, tomate, pimentão, pepino, berinjela, entre outras, o uso de mudas produzidas em bandejas tornou-se a forma mais comum e recomendada para instalação da cultura. Essa técnica contribui para o melhor pegamento das plantas, redução do ciclo de cultivo, menor incidência de pragas e doenças e melhor qualidade do produto e maior produtividade.

Para culturas como a rúcula, salsa, coentro e outras semelhantes, o cultivo pode ser feito com mudas, mas a semeadura direta é uma prática comum, principalmente em cultivos no solo.

Adubação

Em cultivos no solo, usualmente fraciona-se a quantidade total de fertilizantes em 2 a 4 vezes. Faz-se a aplicação de parte deles no plantio e o restante em uma ou mais coberturas. Fertilizantes como fontes de nutrientes imóveis ou com baixa mobilidade podem ser aplicados em maior quantidade ou totalmente antes do plantio, enquanto os fertilizantes como fontes de nutrientes móveis devem ser preferencialmente parcelados para evitar perdas por lixiviação. A quantidade de fertilizantes a ser aplicada ao solo deve ser baseada no conteúdo existente no solo e nas exigências de cada cultura. Deve-se, assim, realizar análise química do solo para a determinação do teor de nutrientes e acrescentar somente a quantidade exigida pelas plantas, evitando-se o desperdício de fertilizantes e a contaminação ambiental.

Irrigação

A única forma da planta adquirir água em cultivos realizados em estufas é por meio da irrigação. Essa prática deve ser realizada sempre quando a deficiência de água no solo for capaz de causar decréscimo acentuado nas atividades fisiológicas e, com isso, afetar o desenvolvimento e a produtividade das plantas.

O sistema de irrigação mais utilizado e recomendado para o fornecimento de água às plantas cultivadas em ambiente protegido é o gotejamento. Apesar de existirem outras formas de irrigação, como a aspersão, o gotejamento apresenta os melhores resultados, principalmente em relação à

eficiência do uso da água e dos fertilizantes, uma vez que é possível realizar o fornecimento de nutrientes às plantas por ele. Esse último sistema de irrigação, também contribui com a sanidade da cultura, pois não causa molhamento foliar. Existem no mercado diferentes tipos de gotejadores, alguns mais modernos, sofisticados e precisos e outros mais simples e de menor custo. Podem apresentar também diferentes vazões e distância entre gotejos.

A escolha do sistema de irrigação depende da cultura, do sistema de cultivo e de outros equipamentos e estrutura disponível como motobombas, reservatório e sistema de filtragem da água. A qualidade da água é muito importante para evitar o entupimento dos pontos de gotejos e uniformidade da umidade do solo e das plantas.

A quantidade de água aplicada é outro fator que depende do tipo de cultura, do seu estágio de desenvolvimento e das condições climáticas do ambiente de cultivo. Sua determinação pode ser feita de diversas formas, como, por exemplo, através da determinação do teor de água no solo (tensiômetros). Os controladores de irrigação, que funcionam pelos princípios da tensiometria, têm contribuído para a automação dessa atividade, reduzindo a necessidade de mão de obra e auxiliando na manutenção da umidade ideal do solo ao longo do ciclo produtivo, quando bem calibrados e utilizados de forma adequada.

4.2 CULTIVO HIDROPÔNICO

O cultivo hidropônico comercial de hortaliças no Brasil é relativamente recente e vem se expandido rapidamente nos últimos anos devido aos bons resultados alcançados pelos produtores. Redução do ciclo de produção, menor necessidade de mão de obra, menor risco de salinização do meio de cultivo e de poluição do ambiente devido às lixiviações de nutrientes para o lençol freático, maior eficiência do uso da água e de fertilizantes, maior produtividade e qualidade dos produtos são algumas das vantagens apresentadas por esse sistema de cultivo em relação ao convencional no solo.

São considerados cultivos hidropônicos aqueles em que a nutrição da planta é feita por meio de solução nutritiva composta por todos os elementos essenciais ao crescimento e desenvolvimento da planta, sem o uso do solo. Nesse contexto, existem diversas formas de cultivo hidropônico, algumas pouco e outras muito usadas para o cultivo comercial de hortaliças. Nesta cartilha, serão abordadas duas técnicas de cultivo hidropônico, as principais usadas para o cultivo de hortaliças folhosas e de frutos: hidropônica NFT e em substratos.

Esse sistema de cultivo tem apresentado excelentes resultados produtivos e qualitativos, contribuindo para o aumento do rendimento por área e da lucratividade ao produtor. Contudo, é uma técnica que, apesar de simples, necessita de informações técnicas específicas e mão de obra qualificada, não havendo espaço para amadorismo, uma vez que o custo de implantação do empreendimento é relativamente elevado.

Hidroponia NFT

O sistema hidropônico NFT (*Nutrient film technique* ou técnica de fluxo laminar de nutrientes) vem sendo empregado no Brasil para o cultivo de diversos vegetais, principalmente as hortaliças folhosas como as alfaces e a rúcula. Outras hortaliças como agrião, almeirão, manjericão, coentro, salsa e outras também são cultivadas nesse sistema, contudo, ainda em menor escala.

Estruturas

Essa técnica de produção consiste em fornecer às plantas água e nutrientes por meio de um fino filme de solução nutritiva dentro de canais com declividade de 5 a 12%. Esses canais, também conhecidos como perfis, podem ser fabricados por diferentes tipos de materiais, desde que impermeáveis e inertes. Comercialmente, os mais utilizados são tubos plásticos de PVC e polipropileno. Atualmente, há no mercado diversas empresas que comercializam canais hidropônicos específicos para diferentes culturas, confeccionados com materiais próprios para esse fim, com maior resistência e durabilidade, e que apresentam dimensões apropriadas para o crescimento radicular. Entretanto, muitos produtores realizam com sucesso o cultivo hidropônico comercial usando tubos de PVC por ser um material mais barato e fácil de ser encontrado no mercado (Figura 13).

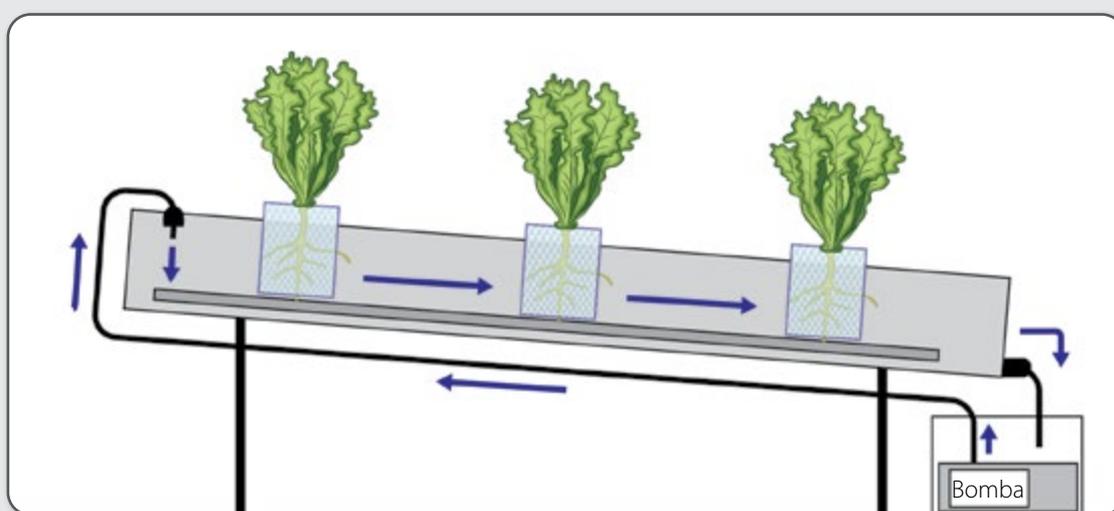
Figura 13 – Diferentes tipos de canais (perfis) hidropônicos. Perfis feitos de canos de PVC redondos (A); perfis achatados (B); perfis trapezoidais (C); telha ondulada coberta com placas de isopor (D).



Fonte: Mello, 2015 (Foto A); Hidrogood, 2014 (Foto B); Campagnol et al., 2015 (Foto C); Ecoeficientes, 2014 (Foto D).

O fornecimento de solução às plantas é feito a partir de um reservatório contendo a solução nutritiva que é recalçada através de tubulação para o início dos canais (parte mais alta), descendo por gravidade até o final do canal onde é recolhida e retornada ao reservatório por um sistema de drenagem (Figura 14). Nesse sistema, há uma derivação de retorno da solução para o reservatório (tipo Venturi) que propicia a sua oxigenação. A frequência de irrigação é controlada por um temporizador, funcionando intermitentemente, permitindo, assim, a melhor oxigenação do sistema radicular das plantas. Os turnos de acionamento do sistema de fornecimento de solução nutritiva às plantas podem variar de 10 a 45 minutos ligados durante o dia. Essa variação ocorre principalmente em função da característica do sistema hidropônico, cultura e condições climáticas no interior da estufa. À noite a frequência é menor devido à menor evapotranspiração, podendo o intervalo ser de 1 a 3 horas.

Figura 14 – Representação esquemática de um sistema de cultivo hidropônico NFT.



Fonte: Campagnol et al., 2015.

O comprimento dos canais afeta a temperatura da solução nutritiva, o que interfere na dissolução de oxigênio, na concentração de nutrientes na solução nutritiva e, conseqüentemente, no crescimento e desenvolvimento das plantas. Recomenda-se, assim, o uso de canais com comprimento inferior a 20 metros ou o fornecimento de solução a cada 10 metros de canal, em vez de fornecer somente no início. Porém, em relação a limpeza e desinfecção do sistema, canais de menor comprimento são mais vantajosos. A construção de sistemas hidropônicos menores (10 metros de comprimento) e com reservatórios ou sistemas de fornecimento de solução independentes contribui com a setorização da área de cultivo, o escalonamento da produção e o controle fitossanitário e nutricional das plantas.

A largura dos canais deve permitir o bom desenvolvimento das raízes e o fluxo de solução nutritiva entre elas. Recomenda-se para o cultivo de tomate e pepino canais com largura de 20 a 30 cm e vazão de $2,0 \text{ L minuto}^{-1}$. Para o cultivo de hortaliças folhosas, a largura dos canais pode

variar de 5 a 20 cm, dependendo do estágio de crescimento e do sistema de cultivo, com vazão de 0,5 a 2,0 L minuto⁻¹. No Brasil, a largura de canal mais utilizada para o cultivo de alface é de 10 cm, na fase adulta. Quando o sistema de cultivo apresenta, além da fase adulta, uma intermediária (maternidade), a largura dos canais utilizados nessa fase pode ser menor.

Distribuição das plantas e densidade de cultivo

A distribuição e o número de plantas por área devem ser definidos em função do porte da cultura e do sistema de cultivo. Culturas de menor porte podem ser conduzidas com maior densidade, como as alfaces, rúcula e outras hortaliças folhosas, enquanto as de porte maior necessitam de maior espaçamento entre uma planta e outra, como os tomates, pimentões, pepinos, entre outras culturas tutoradas. O espaçamento ideal é aquele que proporcionará maior produção e melhor qualidade dos frutos.

Solução nutritiva

A solução nutritiva deve conter todos os elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, que são fornecidos por meio de fertilizantes minerais diluídos em água. A quantidade de cada nutriente presente na solução nutritiva deve ser equilibrada e respeitar as necessidades de cada cultura, variedade e estágio de desenvolvimento. Recomenda-se que a confecção da solução nutritiva seja baseada na relação de nutrientes obtida em marchas de acúmulo de nutrientes, ajustando-se à sua condutividade elétrica (CE) e pH para valores próximos aos ideais para cada cultura em questão, o que permitirá a maior disponibilidade e absorção de nutrientes pelas raízes. Contudo, a marcha de acúmulo de nutrientes para a confecção de solução, apesar de recomendada, ainda é pouco empregada em razão da escassez de dados disponíveis. Resta aos produtores o uso de recomendações genéricas, obtidas em trabalhos científicos, ou por aquelas já utilizadas por outros produtores, que devem ser adequadas para as suas condições de cultivo.

A manutenção das condições ideais da solução nutritiva às plantas deve ser feita periodicamente através do monitoramento e correção da concentração de sais e pH da solução durante todo o cultivo.

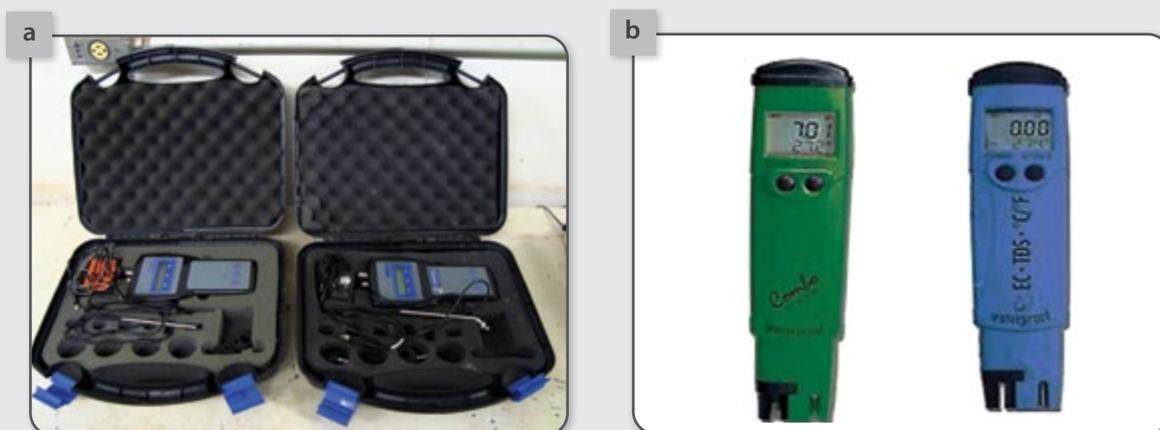
Condutividade elétrica (CE)

O monitoramento da CE é realizado por meio de condutímetro, que mede a concentração de íons proveniente dos fertilizantes dissolvidos na água (Figura 15). Contudo, apesar de indicar possíveis excessos ou carências de nutrientes, a CE não especifica a relação de cada elemento presente na solução. Isso pode resultar em possíveis desequilíbrios nutricionais quando a solução nutritiva é utilizada por muito tempo. Em cultivos de hortaliças folhosas, recomenda-se a troca da solução nutritiva a cada ciclo de produção ou sua análise para posterior correção e reuso. No Brasil, o reuso da solução nutritiva em cultivos sucessivos ainda é incipiente, sendo a solução descartada ou aplicada em outras culturas. O descarte da solução de forma inadequada pode resultar na poluição

dos solos, de lençóis freáticos e de mananciais próximos, sendo uma prática ambientalmente e economicamente condenável.

Durante o cultivo, a manutenção da concentração de sais adequada às plantas é geralmente feita por meio da adição de água quando a solução nutritiva apresenta CE acima do valor inicial (ideal) ou através da adição de soluções mais concentradas (com a mesma relação de nutrientes da solução inicial) quando os valores estão abaixo. Esse manejo deve ser feito preferencialmente todos os dias e pode ser influenciado por diversos fatores, principalmente pelas características do sistema de cultivo, estágio de desenvolvimento da cultura e pelas condições climáticas no interior da estufa, que influenciam a evaporação da água do sistema, consumo de água e nutrientes pelas plantas. Os valores ideais de CE da solução nutritiva podem variar de 1 a 4 dS m⁻¹, dependendo da cultura (tolerância a salinidade), do estágio de desenvolvimento (plantas jovens e vegetativas ou adultas e reprodutivas) e condição climática (evapotranspiração da cultura).

Figura 15 – Equipamentos utilizados para o monitoramento da condutividade elétrica e pH da solução nutritiva. pHmetros e condutivímetros portáteis (A) e de bolso (B).



Fonte: Campagnol et al., 2015.

pH

O monitoramento do pH da solução nutritiva é realizado por meio de pHmetros ou potenciômetros, aparelhos que indicam o nível de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. É uma característica da solução muito importante, pois afeta a disponibilidade e absorção de nutrientes de várias formas, interferindo diretamente e indiretamente no crescimento da planta. O efeito direto resulta da ação dos íons H⁺ ou OH⁻ sobre as membranas das células das raízes. Em pH inferior a 4,0, a elevada concentração hidrogeniônica afeta a integridade e permeabilidade das membranas, podendo haver perda de nutrientes já absorvidos. O crescimento das raízes é lento e a exigência em cálcio para um crescimento satisfatório é maior. Em pH elevado, a estrutura e a solubilidade de compostos fenólicos no citosol, vacúolos e especialmente nas paredes celulares se alteram, gerando perda de compostos fenólicos e de eletrólitos. Isso evidencia o efeito

da concentração elevada de hidroxilas sobre a permeabilidade da membrana. Nessa situação, o cálcio também exerce uma ação protetora e, para isso, é exigido em maiores concentrações. O efeito indireto do pH diz respeito à solubilidade de nutrientes. Em pH superior a 6,5, pode ocorrer precipitações de elementos como cálcio, fósforo, ferro e manganês, que se tornam indisponíveis às plantas.

Em razão da grande importância de se manter o pH dentro de uma faixa ótima, o seu monitoramento e a sua correção devem ser feitos preferencialmente todos os dias. Sistemas de cultivo hidropônicos modernos, permitem que essa atividade seja feita com maior facilidade e, muitas vezes, automaticamente, permitindo a manutenção constante tanto do pH quanto da CE na faixa ideal para as culturas durante todo o ciclo produtivo. No Brasil, de maneira geral, os sistemas hidropônicos ainda não apresentam esse nível de automação, sendo necessário o monitoramento e a correção de forma manual. Para isso, as medições devem representar a situação real da solução nutritiva e o pHmetro deve ser calibrado corretamente.

Para a maioria das culturas, a faixa ideal de pH situa-se entre 5,5 e 6,5. Quando os valores encontram-se acima dessa faixa, deve-se acrescentar uma solução ácida (ácido nítrico, ácido fosfórico e ácido clorídrico) e quando os valores estão abaixo, deve-se elevar o pH aplicando-se uma solução alcalina (hidróxido de potássio). Tanto a aplicação de solução alcalina como ácida para a correção do pH deve ser feita gradualmente até que o valor do pH alcance os valores desejados. Deve-se tomar cuidado ao realizar essa atividade, pois esses materiais podem causar danos à saúde quando não manejados corretamente. Os funcionários responsáveis por essa operação devem receber treinamento adequado e sempre utilizar equipamentos de proteção.

Hidroponia em substrato

Os sistemas para a produção de hortaliças em ambiente protegido referem-se aos cultivos no solo ou sem solo. No sistema em que a cultura é realizada diretamente no solo, em condições de cultivos intensivos e sucessivos na mesma área, os processos de degradação do solo tornam-se evidentes com o decorrer do tempo, impactando negativamente o rendimento. Em consequência, têm sido observados vários problemas, destacando-se entre os principais, a ocorrência de insetos-pragas, a incidência de doenças, sobretudo, as que atacam o sistema radicular, além dos desequilíbrios nutricionais, uma vez que os minerais não absorvidos pelas raízes tendem a se acumular na camada superficial do solo. Isso leva à salinização e/ou antagonismo entre os nutrientes. Essas desvantagens relacionadas ao sistema de cultivo protegido no solo podem levar ao fracasso de empreendimentos de produção de hortaliças de frutos, entre as quais se inclui a cultura do tomateiro.

Diante de tais dificuldades, houve a necessidade de se desenvolver sistemas mais eficientes e sustentáveis de cultivo de hortaliças em ambiente protegido. Entre os sistemas que surgiram para contornar os problemas de salinização e contaminação do solo, destaca-se o cultivo em substrato como substituto do solo com fertirrigação, conforme será posteriormente descrito.

Substratos

O uso de substrato em sistemas hidropônicos, além de facilitar a ancoragem das plantas, especialmente daquelas de porte mais alto, como tomate, pimentão, pepino e melão, reduz a frequência de irrigação e a grande variação de umidade no sistema radicular em comparação ao sistema hidropônico NFT.

Existe uma grande variedade de substratos disponível no mercado brasileiro. Os materiais mais comumente utilizados na composição de substratos agrícolas, ou em misturas, são produtos da compostagem orgânica, turfas, cascas (pinus, arroz), resíduos da agroindústria, fibra de coco, vermiculita, perlita, além de muitos outros. A escolha do substrato para o cultivo de plantas deve ser baseada nas suas características físico-químicas, bem como no seu custo e disponibilidade. Assim, um substrato ideal deve apresentar aeração satisfatória, alta capacidade de retenção de água, boa capacidade de tamponamento, ausência de inibidores de crescimento, ausência de pragas e agentes patogênicos e pouca (ou mínima) atividade biológica. É, ainda, desejável que as propriedades físicas, químicas e biológicas permaneçam inalteráveis ou se alterem pouco ao longo do cultivo, facilitando, dessa forma, o seu manejo nutricional e fitossanitário.

Desde que o substrato atenda a tais requisitos, as vantagens são muitas quando comparado ao solo. Obtém-se, por exemplo, um estande de plantas mais homogêneo resultando em incrementos na produtividade e na qualidade dos frutos. Outra vantagem refere-se à menor ocorrência de pragas e doenças de solo, além de favorecer o manejo nutricional, permitindo ajustes de adubação via fertirrigação.

O cultivo em substrato apresenta algumas desvantagens em relação ao cultivo no solo, que devem ser levadas em consideração antes de sua implantação. O custo de produção é maior, exige mão de obra especializada, é mais suscetível ao déficit hídrico e apresenta maior dependência de energia elétrica. Além disso, o solo, geralmente, apresenta maior capacidade de armazenamento de água e maior volume de exploração das raízes, o que permite menor frequência de irrigação.

Como o cultivo em substrato é feito em recipientes, é essencial que se faça o manejo adequado da irrigação e nutrição das plantas, uma vez que o volume explorado pelo sistema radicular e a quantidade de água armazenada são menores. Ademais, os recipientes devem permitir a ocorrência de troca gasosa entre o substrato e o ambiente, de modo a assegurar adequado suprimento de oxigênio e melhor desenvolvimento radicular.

Recipientes

O sistema de cultivo em substrato pode ser realizado em sacos ou em vasos de polietileno, em canaletas ou em sacolas. No cultivo hortaliças tutoradas, os sistemas mais utilizados são em vasos ou sacolas de polietileno, cheios com substrato estéril. Nessa modalidade de cultivo, os recipientes são irrigados e fertilizados por meio de um sistema de irrigação por gotejamento (Figura 16).

O volume disponível ao desenvolvimento das raízes é muito importante principalmente para o manejo da irrigação e nutrição das plantas, sendo que volumes reduzidos exigem maior frequência de irrigação e do monitoramento da condutividade elétrica e pH do meio radicular. Volumes maiores, por sua vez, permitem maior armazenamento de água e desenvolvimento do sistema radicular das plantas, reduzindo, assim, os problemas relacionados à grande variação de umidade no substrato, apesar de apresentar custo de produção mais elevado em razão do maior volume de substrato necessário.

Para cultivo de alface, recomenda-se a utilização de recipientes de 1 a 2 litros. Para hortaliças de porte maior, como tomate, pimentão e pepino, aconselha-se o uso de recipientes com volume de 6 a 12 litros por planta. Para hortaliças que são produzidas por longos períodos (até 1 anos), como alguns tipos de tomates e pimentões, o uso de recipientes maiores ameniza os problemas de salinização e desequilíbrio de nutrientes decorrentes da contínua aplicação de fertilizantes via água de irrigação no substrato.

Outra característica importante dos recipientes é a sua drenagem. A quantidade e área dos orifícios devem permitir fácil drenagem da solução aplicada, evitando problemas de oxigenação do substrato.

Figura 16 – Cultivo de tomate tipo grape em substrato contido em vasos de plástico (A) e em sacolas plásticas (B).



Fonte: Campagnol et al., 2015.

Manejo da irrigação e fertirrigação

Uma das práticas mais importantes no cultivo de hortaliças em substrato é a irrigação, uma vez que seu cultivo é realizado principalmente em recipientes, havendo pequeno volume (em relação ao solo) para o armazenamento de água e o desenvolvimento do sistema radicular. Nesse tipo de cultivo, um curto período de tempo sem irrigação pode afetar sensivelmente as plantas, causando danos às folhas, aos cachos florais e aos frutos, no caso de hortaliças de frutos, ou a queima das bordas e perda de qualidade de hortaliças folhosas. Pode causar também a desidratação demasiada do substrato, o que aumentará o tempo para a sua reidratação, sendo necessário irrigar

abundantemente, às vezes com mangueira. Substratos como a fibra de coco, por exemplo, apesar de ter uma boa capacidade de retenção de água, necessitam de um tempo relativamente longo para reidratar, principalmente quando está demasiadamente seca.

No caso do tomate, variações muito bruscas de umidade no substrato, especialmente nos períodos de temperaturas mais elevadas, podem aumentar o número de frutos rachados, além de ocasionar salinizações momentâneas e, assim, afetar negativamente as plantas.

O principal sistema de irrigação adotado pelos produtores é o gotejamento, que, apesar de ter um custo de implantação relativamente alto, possibilita maior eficiência do uso da água e fertilizantes, resultando em cultivos mais econômicos e sustentáveis. A irrigação com gotejadores, além de fornecer água às plantas, permite a aplicação de fertilizantes altamente solúveis. Essa técnica é também conhecida como fertirrigação, sendo essa solução (água + fertilizantes) denominada de solução nutritiva.

Os tipos de gotejadores mais utilizados são: as mangueiras gotejadoras e os microtubos. Para propiciar uma distribuição de água mais eficiente no substrato, é recomendado utilizar no mínimo dois pontos de gotejo por vaso.

O momento ideal de se irrigar pode ser estabelecido de diversas formas, como, por exemplo, pela pesagem dos vasos (lisímetro) ou através da determinação da tensão de água no substrato (tensiômetros), irrigando-se quando atingir certo valor limite. O uso de controladores de irrigação, que funcionam pelos princípios da tensiometria, vem sendo feito com sucesso pelos produtores, pois contribui para a automação dessa atividade, reduz a necessidade de mão de obra e auxilia na manutenção da umidade ideal do solo ao longo do ciclo produtivo.

A tensão limite de água no substrato ideal dependerá da cultura a ser trabalhada e das características físicas do substrato. De maneira geral, os valores se encontram entre 1 e 7 kPa, sendo o menor valor utilizado nos períodos mais quentes (verão) e o maior em períodos mais frios (inverno). Tais valores devem ser monitorados periodicamente, por meio de um conjunto de tensiômetros ou através dos sensores dos controladores de irrigação, para tomada de decisão do momento ideal de irrigação.

É necessário considerar que o volume de solução aplicado deve ser suficiente para que se obtenha um volume de drenagem de 5 até 30% do total aplicado. Quando o volume de solução drenada é muito alto, reduz-se o risco de salinidade do substrato, porém maior é a perda de fertilizantes, ocasionando contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

Manejo nutricional

O manejo da solução nutritiva é de fundamental importância para a obtenção de plantas bem nutridas e produtivas. Todos os nutrientes essenciais devem ser fornecidos em níveis compatíveis às exigências de cada cultivar e de acordo com sua fase de desenvolvimento. A concentração de nutrientes na solução é essencial para elevar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos e deve ser baseada, preferencialmente, na marcha de acúmulo de nutrientes desenvolvida para

cada cultura e variedade. No entanto, essas informações muitas vezes não estão disponíveis aos produtores. Nesse caso, uma alternativa é a utilização de recomendações genéricas ou adaptações de acordo com as necessidades e situações de cultivo.

No manejo da solução nutritiva, fatores como temperatura (níveis ótimos em torno de 24 ± 3 °C), condutividade elétrica da solução nutritiva (faixa ótima entre 1,5 a 3,0 dS m⁻¹) e pH (valores adequados entre 5,5 a 6,5) devem ser monitorados e controlados periodicamente, a fim de se obter o melhor desenvolvimento das plantas.

A condutividade elétrica da solução nutritiva, durante a fase de muda, deve ser mantida entre 1,4 e 2,0 dS m⁻¹. Porém, na fase de produção, as exigências nutricionais são maiores, sendo sugeridos valores para a solução nutritiva entre 2,0 e 3,0 dS m⁻¹.

Além do controle da condutividade elétrica, pH e temperatura da solução nutritiva aplicada às plantas, é necessário fazer o monitoramento frequente da solução que é drenada dos vasos, a fim de saber se está ocorrendo ou não acúmulo de sais no substrato, em razão de um possível aumento na concentração de sais ao longo do ciclo produtivo. Esse aumento pode ser maior ou menor em função da quantidade, composição e concentração da solução nutritiva aplicada, manejo da fertirrigação e das condições climáticas. Para realizar essa operação, a solução dos vasos pode ser coletada em recipientes colocados sob os vasos, como, por exemplo pratos plásticos, ou por meio de extratores de solução. Para isso, antes de efetuar a primeira fertirrigação do dia, o produtor deve adicionar água pura no vaso, distribuída uniformemente na superfície do substrato, cuja quantidade dependerá do volume e da umidade do substrato, com o objetivo de obter entre 50 e 100 ml de solução por vaso. Ele deve fazer essa operação para um número de vasos que represente a condição de todas as plantas naquele momento. É preciso usar o bom senso e a experiência adquirida ao longo do tempo. Quando a condutividade for superior a 4,0 dS m⁻¹ deve-se realizar irrigações com solução nutritiva menos concentrada. A aplicação de água para reduzir a salinidade do substrato pode ocasionar rápida hidratação da planta e, assim, elevar o número de frutos rachados.

5 PRINCIPAIS HORTALIÇAS CULTIVADAS EM ESTUFA

5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido é uma técnica de produção de plantas que vem crescendo ano após ano, impulsionado pelos bons resultados obtidos pelos produtores. Os principais benefícios gerados por esse sistema de cultivo são: menor interferência dos fatores climáticos sobre as plantas; aumento de produtividade e qualidade dos produtos; produção fora de época; maior automação nas práticas culturais; redução no uso de água, fertilizantes e defensivos, entre muitos outros. Contudo, a aquisição dessa tecnologia tem custos e manutenção elevados, exigindo que o produtor obtenha bons rendimentos por área para cobrir os investimentos iniciais e gerar renda extra. Por isso, a escolha da cultura ou culturas que serão cultivadas no interior da estufa é de grande importância e deve gerar os resultados necessários para se obter sucesso nesse empreendimento, sendo pelo aumento da produtividade, da qualidade ou do valor agregado dos produtos. As principais culturas produzidas em estufa no Brasil são: alface, rúcula, tomate, pimentão e pepino. A seguir, serão apresentadas informações sobre o cultivo de algumas delas.

5.2 ALFACE

A alface (*Lactuca sativa*) é uma hortaliça mundialmente conhecida, sendo consumida *in natura*. Sua produção pode ser realizada no solo, em campo aberto, sobre telados ou em estufas agrícolas, principalmente no sistema hidropônico. É uma cultura de ciclo curto, sendo produzida em aproximadamente 30 a 60 dias após o transplante das mudas. Em cultivos hidropônicos esse período pode ser reduzido para até 45 dias.

O cultivo hidropônico de hortaliças folhosas, especialmente a alface, tem se difundido rapidamente em todo o país. Esse crescimento pode ser atribuído a uma série de fatores, destacando-se: melhor preço final do produto, maior demanda por produtos de qualidade superior e maior difusão de tecnologia. Entre os sistemas hidropônicos existentes, o sistema NFT (*Nutrient film technique* ou técnica do filme de nutrientes) tem ganhado destaque na produção de hortaliças folhosas, sendo o preferido entre os vários sistemas disponíveis pelas suas vantagens de praticidade e eficácia na produção. Para alface, essa técnica tem sido muito utilizada devido à sua fácil adaptação ao sistema, no qual tem revelado alto rendimento e reduções de ciclo em relação ao cultivo no solo. A seguir, serão fornecidas informações específicas para o cultivo de alface no sistema de produção NFT, por ser a forma mais comum de cultivo dessa hortaliça em ambiente protegido.

Condições climáticas de cultivo

Por se tratar de uma espécie típica de inverno, as alfaces se desenvolvem melhor em condições de clima ameno. Sua produção no verão, com elevadas precipitações e temperaturas,

favorece o pendoamento, a formação de cabeças pouco compactas e a ocorrência de queimaduras nas folhas, resultando em queda na produtividade. Entretanto, há algumas cultivares que foram adaptadas às altas temperaturas, sendo uma boa opção para cultivos realizados no verão e em ambiente protegido. As alfaces do tipo crespa, por exemplo, são menos sensíveis ou mais adaptadas à temperatura elevada do ar do que as do grupo americana.

Apesar das condições climáticas ideais para o seu cultivo dependerem especialmente da cultivar trabalhada, a Tabela 2 apresenta, de maneira geral, as temperaturas ótimas do ar para vários estádios de desenvolvimento dessa cultura.

Tabela 2 – Temperatura ótima do ar para os vários estádios de desenvolvimento da alface.

Parâmetro	Temperatura (°C)
Germinação	
Mínima	2 a 5
Ótima	15 a 25
Máxima	30
Temperatura média mensal ótima	15 a 20
Fase de produção de folhas	12 a 15 (durante o dia)
	10 a 12 (durante a noite)
Fase de formação da "cabeça"	10 a 12 (durante o dia)
	2 a 6 (durante a noite)
Temperatura do solo ótima	13 a 15

Fonte: Adaptado de Almeida, 2006a.

O controle da temperatura da solução nutritiva no cultivo hidropônico é a maneira mais eficiente de controlar a temperatura das raízes, independentemente da temperatura da parte aérea das plantas. A faixa ideal encontra-se entre 18 e 23 °C. Nesses sistemas de cultivo, a temperatura da solução nutritiva está intimamente relacionada com a quantidade de oxigênio (O₂) dissolvido, em que o aumento da temperatura reduz sua concentração na solução.

A alface é um pouco sensível ao excesso de radiação solar, sendo seu crescimento inibido quando os níveis estão muito elevados (acima de 19 MJ m² d⁻¹). O nível de radiação solar incidente sobre as plantas pode ser controlado com o uso de telas de sombreamento. Essa prática contribui também com a redução da temperatura do ar e da solução nutritiva, sendo que muitos produtores, visando a esse efeito, acabam reduzindo a intensidade luminosa além do necessário, acarretando no estiolamento e redução do crescimento das plantas.

Grupos varietais

Em ambiente protegido, é importante que as cultivares escolhidas apresentem além de adaptação ao sistema de cultivo adotado, resistência ao pendoamento precoce, ao *tip burn* e a

outros distúrbios fisiológicos e doenças favorecidos pelas altas temperaturas, condições comuns nesse sistema de cultivo.

As cultivares podem ser agrupadas, segunda as normas de classificação dos CEAGESP, em:

Crespas: folhas crespas com bordas recortadas e irregulares, não formam cabeça.

Americana: folhas lisas ou crespas, consistentes, quebradiças, verdes esbranquiçadas e curvas, formando cabeças compactas.

Lisa: folhas lisas, delicadas e com bordas arredondadas, podendo ou não formar cabeça.

Romana: folhas tipicamente alongadas, firmes, com nervuras claras e protuberantes, formam uma cabeça fofa e alongada.

Mimosa: folhas lisas muito recortadas.

Podemos ainda incluir nessa classificação os grupos das alfaces *gourmet* (minialfaces, *baby leaf*), segmento que surgiu recentemente e tem agradado os consumidores de maior poder aquisitivo devido à sua melhor qualidade e aparência diferenciada. Esse novo segmento contribui também com uma questão muito importante para os cultivos realizados em estufa, que é a agregação de valor ao produto.

Instalação da cultura

O cultivo da alface e de outras hortaliças pode ser dividido, a princípio, em duas etapas: a produção das mudas e a produção das plantas adultas. Cada etapa exige condições e cuidados específicos.

No sistema de cultivo NFT, as fases de produção de alface podem ser divididas em: fase de muda (maternidade ou germinação), berçário ou pré-crescimento e adulta ou crescimento final, sendo cada uma delas realizada em canais ou estruturas específicas.

Fase de muda: consiste no período entre a semeadura e o desenvolvimento dos primeiros pares de folhas definitivas. Quanto maior for esse período, maior também será a muda e o volume de substrato necessário para o desenvolvimento radicular. Geralmente, essa fase dura de 15 a 30 dias, dependendo da época do ano, das condições de cultivo e do material genético. A produção das mudas pode ser feita em bandejas, sendo a irrigação feita usualmente por aspersão, ou em mesas de germinação; nesse caso, a fertirrigação é feita por subirrigação.

Fase de berçário: consiste em uma fase intermediária entre a fase de muda e a de crescimento final. Sua duração é de 15 a 20 dias e tem como objetivo aumentar a eficiência do cultivo e do uso da área. Os canais de cultivo utilizados nessa fase apresentam 6 cm de largura, com distância média entrefuros de 10 cm e entrecanais de 2 cm. Alguns produtores optam por não realizar essa fase e transferem as mudas diretamente para os canais de cultivo definitivo. Nesse caso, as mudas devem estar bem desenvolvidas para evitar que sejam levadas para o interior das canaletas pelo fluxo de solução. A adoção ou não dessa etapa dependerá da avaliação de cada produtor, se as vantagens proporcionadas por ela compensar o aumento da mão de obra para realizá-la.

Fase adulta ou de crescimento final: essa é a última fase de produção e muitas vezes a mais longa, podendo durar de 15 a 40 dias, dependendo da época do ano, das condições de cultivo e do material genético utilizado. As alfaces crespas, por exemplo, são geralmente mais precoces que as americanas. Essa fase é realizada em canais de cultivo com largura média de 10 a 18 cm, com distância entrefuros de 20 a 25 cm e distância entre canais de 10 a 15 cm. A densidade ideal de plantas, ou seja, a distância entrefuros e entre canais deve ser definida em função do porte da variedade de alface escolhida. O adensamento das plantas pode aumentar a produtividade, mas também pode reduzir o seu tamanho, podendo gerar produtos fora do padrão comercial.

Manejo nutricional

Nos sistemas de cultivo protegido, especialmente em se tratando de hidroponia, a disponibilidade de nutrientes na solução nutritiva deve ser balanceada de acordo com as necessidades da cultura, constituindo-se em uns dos fatores mais críticos para obtenção de alta produtividade e qualidade do produto.

Para alface cultivada no sistema hidropônico NFT em ambiente protegido, nota-se que os principais problemas nutricionais estão relacionados às altas temperaturas de cultivo e aos desequilíbrios nutricionais resultantes de manutenção do pH e/ou CE da solução nutritiva fora da faixa ideal para a cultura (como comentado no Capítulo 4). Dessa forma, o monitoramento e correção dos valores de pH e CE da solução devem ser feitos periodicamente.

Na Tabela 3, é apresentada uma sugestão de solução nutritiva para o cultivo de alface. Recomenda-se, porém, que as soluções nutritivas sejam baseadas ou ajustadas de acordo com a marcha de acúmulo de nutrientes, quando disponível, e para cada situação de cultivo.

Tabela 3 – Sugestão de solução nutritiva para o cultivo de alface no sistema hidropônico NFT.

Nutriente	Fase de muda	Fase de produção
	mg L ⁻¹	
N	96,00	160,00
P	25,80	43,00
K	108,00	180,00
Ca	78,60	131,00
Mg	12,00	20,00
S	30,00	50,00
B	0,60	1,00
Cu	0,30	0,50
Fe	1,50	2,50
Mn	0,24	0,40
Mo	0,05	0,08
Zn	0,12	0,20
Ni	0,04	0,07

Fonte: Campagnol et al., 2015.

Colheita

Quando as plantas atingirem o padrão comercial deve-se realizar a colheita. Essa operação deve ser bem organizada, pois como é um produto altamente perecível, o tempo entre a retirada das plantas dos canais de cultivo até sua comercialização deve ser o menor possível. A colheita deve ser feita, preferencialmente, nos horários mais frescos do dia, o que reduz a desidratação precoce das plantas e melhora a sua pós-colheita. Deve-se também evitar danos às folhas. Depois de colhidas e embaladas, as plantas devem ser mantidas em ambiente fresco ou, se possível, refrigerado até sua comercialização.

Comercialização

As alfaces hidropônicas são geralmente comercializadas inteiras, com sistema radicular, em embalagens plásticas (tipo cone). Pode-se também realizar a comercialização das folhas individualizadas, higienizadas e acondicionadas em embalagens plásticas com atmosfera modificada. No Brasil, esse tipo de comercialização ainda é pouco praticado, mas é uma tendência de mercado com grande potencial de se desenvolver, como já ocorreu em muitos países desenvolvidos (Figura 17).

Figura 17 – Embalagens para comercialização de alface no varejo. Embalagem plástica tipo cone (A e B) e com atmosfera modificada, com alfaces selecionadas e higienizadas (C, D e E).



Fonte: Campagnol et al., 2015.

5.3 TOMATE

A cadeia produtiva brasileira do tomate (*Solanum lycopersicum*) vem experimentando transformações importantes desde o final da década passada, orientadas para a sua modernização e aumento da produtividade. Com isso, a produtividade média brasileira de tomate (segmento de mesa e indústria) vem aumentando de forma significativa e consistente desde o início da década de 1980. É importante mencionar que para os produtores que adotam alto nível de manejo cultural e insumos modernos, a produtividade, em geral, é superior a 100 t ha^{-1} , tanto nos cultivos tutorados, quanto nas lavouras rasteiras. Em cultivos protegidos, o potencial produtivo dessa cultura é ainda maior, podendo superar 200 t ha^{-1} .

Nesse ambiente, as plantas podem ser cultivadas tanto no solo como em substratos. A diferença principal entre esses sistemas de cultivo é o manejo nutricional das plantas, em que o cultivo em substrato permite um controle mais preciso e rápido. Entretanto, quando bem manejado, o cultivo no solo pode também gerar elevadas produtividades.

Condições climáticas de cultivo

O tomateiro é uma espécie que se desenvolve melhor em condições de temperaturas diurnas em torno de 21 a 28 °C e noturnas de 15 a 20 °C, sendo que a diferença entre a temperatura diurna e a noturna (termoperiodicidade diária) deve ser de 6 a 8 °C (Tabela 4). A umidade relativa ideal deve ser de 70 a 80%. Nessas condições, essa espécie pode atingir seu máximo potencial produtivo e qualitativo, devendo, assim, o ambiente de cultivo estar o mais próximo possível dessa situação.

Temperaturas elevadas, frequentemente alcançadas no interior das estufas, podem prejudicar a produtividade e a qualidade dos frutos. Acima de 30 °C, há inibição da síntese de licopeno, prejudicando a coloração do fruto. A 37 °C o tubo polínio não fecunda os óvulos e as flores abortam. Para as raízes, temperaturas acima de 28 °C no solo ou substrato provoca danos, principalmente às mais jovens, dificultando a absorção de cálcio. Em cultivos realizados em recipientes de cor escuras, a temperatura do substrato pode facilmente alcançar esse valor, ainda mais quando a água de irrigação também é aquecida devido à coloração escura dos tubos e gotejos. No Brasil, infelizmente, ainda são pouco encontrados materiais para cultivo de plantas (vasos, sistema de irrigação, *mulching*, outros) que não sejam de cor preta.

Outra situação que frequentemente pode ocorrer em estufas, principalmente quando malmanejadas as condições ambientais e a irrigação, é a alta umidade relativa do ar. Acima de 90%, o desenvolvimento de doenças é favorecido, principalmente das fúngicas, e a movimentação dos grãos de pólen é dificultada, o que prejudica a polinização das flores. A alta umidade, juntamente com baixa movimentação de ar no interior das estufas, pode limitar a produtividade, principalmente de minitomates, devido ao baixo pegamento de frutos, mesmo quando realizada a vibração das plantas.

Tabela 4 – Temperaturas ideais do ar para diferentes estádios de desenvolvimento do tomateiro.

Parâmetro	Temperatura (°C)
Danos pelo frio na planta	< 6
Germinação	
Mínima	6 a 11
Ótima	18 a 24
Máxima	35
Taxa de assimilação líquida	25 a 30
Crescimento da raiz ótima	15 a 19
Vegetação	
Mínima	8 a 12
Ótima	22 a 25 (durante o dia) 15 a 18 (durante a noite)
Máxima	32
Floração (temperatura ótima)	21
Vingamento dos frutos	
Mínima	10
Ótima	18 a 24
Máxima	32
Maturação dos frutos (temperatura ótima)	15 a 22
Temperatura do solo	
Ótima	15 a 24
Máxima	34

Fonte: Adaptado de Almeida, 2006b.

O tomateiro é uma cultura muito exigente em luz. Apesar de indiferente ao fotoperíodo, períodos curtos de exposição luminosa podem ser prejudiciais (abaixo de 8 horas de luz). O uso de telas de sombreamento deve ser muito bem avaliado, pois a redução excessiva da luminosidade pode reduzir drasticamente a produtividade dessa cultura.

Grupos varietais

No Brasil, as cultivares de tomate de mesa são classificadas de diferentes maneiras, embora, de modo geral, elas sejam agrupadas considerando, basicamente, o formato dos frutos, levando em conta a relação entre o comprimento e o diâmetro equatorial do fruto. Também são consideradas outras características, como coloração e conservação pós-colheita (“vida de prateleira”). Alvarenga et al (2013) classificam as cultivares de tomate de mesa em cinco grupos varietais ou segmentos de mercado: santa cruz, caqui, salada, saladete/italiano e minitomates.

Em ambiente protegido, podem ser produzidos todos os segmentos de tomate. Contudo, aqueles que possuem maior valor agregado, como os minitomates, são os mais recomendados, pois proporcionam maior retorno econômico.

Atualmente, encontram-se disponíveis no mercado materiais com diferentes características, como resistência genética a um grande número de doenças e anomalias, prolongada vida pós-colheita e elevado teor de açúcares.

Instalação da cultura

A instalação da cultura em ambiente protegido geralmente é feita a partir de mudas, que são previamente produzidas em bandejas por um período médio de 30 dias. A produção de mudas em bandejas propicia o melhor estado nutricional e fitossanitário das mudas, por possibilitar o uso mais eficiente da solução nutritiva e de defensivos. Além disso, proporciona melhor aproveitamento de sementes, as quais têm um custo unitário muito elevado, e aumenta a taxa de pegamento das mudas após o transplante.

Apesar de ainda pouco praticado para o cultivo de tomate no Brasil, o uso de mudas enxertadas apresenta grande potencial para aumentar ainda mais a produtividade e a qualidade, além de permitir o cultivo de variedades suscetíveis em situações limitantes como em solos salinos, infestados de nematoides ou doenças de solo.

Outra forma de instalação da cultura é através de mudões. Esses, por sua vez, nada mais são do que mudas mais desenvolvidas. Sua formação é feita primeiramente em bandeja, como uma muda convencional. Contudo, em vez de serem transplantadas para o campo ou para o recipiente de cultivo definitivo, são transferidas para vasos intermediários (de 1 a 2 litros) e mantidas em ambiente protegido em alta densidade (25 plantas m²) por um período de 20 a 40 dias. As principais vantagens desse tipo de muda é que durante esse período elas recebem cuidados específicos, principalmente nutricionais e sanitários, gerando mudas de alta qualidade. Nesse tipo de muda, as hastes que serão conduzidas na vertical são previamente selecionadas, facilitando a instalação da cultura e sua formação inicial. Além disso, como parte do ciclo vegetativo é realizado sob alta densidade, consegue-se maior eficiência no uso da área de cultivo, muito importante quando se trata de cultivo em estufas.

Distribuição das plantas

As plantas podem ser distribuídas no interior das estufas em linhas simples ou duplas. A disposição das plantas em linhas simples favorece o controle de patógenos em função da maior área de contato dos defensivos agrícolas com as plantas durante as pulverizações. A utilização de linhas duplas, por sua vez, gera corredores mais largos, o que muitas vezes facilita as operações de tratos culturais.

O número de plantas por área pode variar de 1 até 4 plantas m², dependendo da variedade de tomate e do número de hastes por planta. Variedades mais vigorosas e com maior enfolhamento, como muitos tomates do tipo salada, devem ser mais espaçadas, enquanto que outros, como

minitomates, que são menos vigorosos, podem ser mais adensados. Para plantas de minitomate conduzidas com duas hastes, a densidade mais adotada encontra-se próximo de 2,0 a 2,4 plantas m². No sistema em linhas duplas, recomenda-se o espaçamento entrelinhas de 0,8 m, entrelinhas duplas de 1,4 m e entreplantas na linha de 0,4 m, o que gera uma densidade de 2,27 plantas m². Para tomate salada, a densidade de planta ideal é menor, em torno de 1,2 a 1,6 plantas m². Já para tomate italiano, a densidade é um pouco maior, de 1,6 a 2,0 plantas m².

A distribuição e o número de plantas por área podem exercer forte influência nas características produtivas, como rendimento, número de frutos por planta e tamanho de fruto.

Sistemas de condução das plantas

O objetivo principal da condução das plantas no sentido vertical é permitir a melhor distribuição da radiação solar sobre o dossel, facilitar os tratos culturais, reduzir a competição entre plantas e promover a melhor relação entre as partes vegetativa e reprodutiva, contribuindo para o aumento da produtividade e qualidade do fruto.

Diversos sistemas de condução de plantas são praticados no Brasil, sendo que as diferenças entre eles referem-se às pequenas adaptações regionais ou alterações feitas por produtores ou preconizadas por pesquisadores, na tentativa de reduzir os custos de produção e melhorar a aeração, visando facilitar o controle de pragas e doenças.

Preconiza-se, em cultivos protegidos, o uso de fitilhos plásticos para a condução das plantas no sentido vertical. Estes são amarrados a fios de arame posicionados a uma altura mínima de 2,10 m. Alturas maiores favorecem a obtenção de um maior número de racemos (cachos) por haste. É recomendável utilizar estacas a cada 2 a 3 metros para evitar a formação de “barrigas” nos arames superiores. A instalação de um arame inferior é facultativa, uma vez que o fitilho de tutoramento das hastes pode ser amarrado na base da planta. Recomenda-se o uso de fitilho resistente à radiação solar, estendendo a vida útil do material. As hastes podem ser enroladas nos fitilhos ou presas por fitas plásticas, por meio de um alceado. Isso evita que o peso dos frutos ou mesmo da haste cause o seu tombamento e até mesmo quebre.

Alguns sistemas de condução de plantas para cultivo em ambiente protegido são apresentados a seguir. Deve-se levar em conta que estes podem ser modificados de acordo com as necessidades de cada produtor ou situação de cultivo.

Sistema tradicional: consiste em realizar a poda apical (capação) quando as plantas atingem o arame superior, limitando o número de cachos produzidos. Nesse sistema, o ciclo produtivo geralmente pode variar de 4 a 6 meses, dependendo da altura de condução das plantas (Figura 18A);

Sistema inclinado: semelhante ao sistema tradicional, porém as hastes das plantas são conduzidas com uma inclinação média de 45°, resultando em maior distância de condução das hastes, possibilitando o desenvolvimento de maior número de cachos por planta comparado ao sistema tradicional (Figura 18B);

Sistema carrossel ou deslocado: nesse sistema, as hastes das plantas são conduzidas no sentido vertical através de fitilhos plásticos suportados por arames horizontais, posicionados paralelamente à linha de vasos a 3,0 a 4,5 m de altura. A extremidade inferior do fitilho deve ser amarrada na base da planta e a extremidade superior deve ser enrolada em uma “bobina” de aço e pendurada no arame superior. À medida que as plantas vão crescendo, as hastes alcançam os arames superiores. Nesse momento, os fitilhos são desenrolados das bobinas e as hastes que já tiveram seus frutos colhidos são abaixadas e deitadas todas no mesmo sentido. As hastes em desenvolvimento são enroladas nos fitilhos, proporcionando assim, um crescimento contínuo das plantas. Esse sistema é denominado de “contínuo”, “deslocado” ou “carrossel”, pois a posição dos ramos das plantas na linha de cultivo altera-se com seu crescimento, porém mantém-se a mesma densidade de ramos por área (Figura 18C e D).

Figura 18 – Sistemas de condução de plantas. Tradicional (A); inclinado (B); carrossel ou contínuo (C e D).



Fonte: Campagnol et al., 2015.

Podas

A poda de formação é uma prática cultural que consiste, basicamente, na eliminação parcial de brotações secundárias, concentrando assim a produção em uma a quatro hastes por planta. Quanto maior o número de hastes, maior o espaçamento entre plantas e, conseqüentemente, menor a quantidade de plantas por área. O aumento do número de hastes por planta pode reduzir o tamanho médio dos frutos, que no caso dos minitomates é vantajoso, uma vez que estes são mais valorizados. Contudo, no caso dos tomates do tipo salada, para os quais frutos maiores são mais valorizados, isso pode ser uma desvantagem. Outros fatores também interferem no tamanho dos frutos, como a adubação nitrogenada e a redução da fixação de frutos nos racemos, que pode ocorrer devido a polinizações deficientes.

Os sistemas de condução das hastes das plantas pode variar de acordo com a variedade de tomate utilizado e as práticas culturais realizadas pelos produtores. Seu objetivo principal é manter uma relação entre fonte (folhas) e dreno (frutos) que proporcione a maior produção de frutos dentro de um determinado padrão comercial. Abaixo, são descritos alguns sistemas de condução das hastes de tomateiro (Figura 19).

S1: plantas conduzidas com duas hastes, sendo uma a haste principal e a outra a brotação originada da gema axilar logo abaixo do primeiro cacho floral. É o sistema mais utilizado entre os produtores por ser simples e fácil.

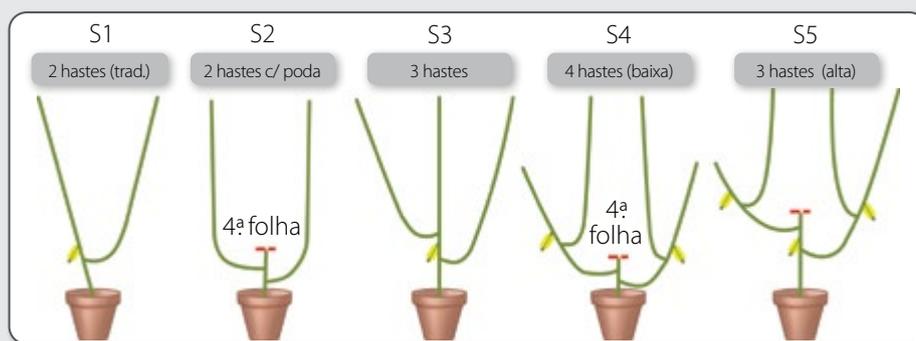
S2: plantas conduzidas com duas hastes, sendo a poda realizada após a quarta folha verdadeira e os dois ramos conduzidos originados das gemas axilares superiores.

S3: plantas conduzidas com três hastes. As hastes conduzidas são o ramo principal e os originados das gemas axilares imediatamente abaixo e acima do primeiro cacho floral.

S4: plantas conduzidas com quatro hastes (baixa): poda do ramo principal realizada após a quarta folha verdadeira. Dos dois ramos originados das gemas axilares acima do ramo principal, foram conduzidos mais dois ramos que originaram das gemas axilares abaixo dos primeiros cachos florais dos dois ramos secundários.

S5: plantas conduzidas com quatro hastes (alta). A poda foi realizada uma folha após o primeiro cacho floral. Dos dois ramos originados das gemas axilares imediatamente abaixo e acima do primeiro cacho floral do ramo principal, foram conduzidos mais dois ramos que se originaram das gemas axilares abaixo dos primeiros cachos florais dos dois ramos secundários.

Figura 19 – Diferentes tipos de podas de formação em tomateiro.



Fonte: Campagnol et al., 2015.

Desbrotas e desfolhas

Entre os tratos culturais que devem ser realizados ao longo do ciclo, a desbrota é um dos mais importantes e trabalhosos. Trata-se da retirada dos brotos que nascem nas axilas das folhas, os quais devem ser removidos ainda pequenos para evitar que a planta gaste energia que pode ser direcionada para os frutos. Além disso, o quanto antes esse trato for realizado, menor é o ferimento causado na planta e mais difícil a infecção por fungos e bactérias (Figura 20).

No entanto, o broto lateral pode ser útil no caso de quebra da haste principal ou secundária. Nesse caso, deixa-se desenvolver o broto mais novo abaixo da haste quebrada, e este se desenvolverá produzindo frutos.

A retirada de folhas senescentes é uma prática que visa evitar a disseminação de doenças e melhorar a aeração do sistema. Assim, é recomendado retirar todas as folhas abaixo do último cacho em produção, facilitando a condução das plantas quando o sistema adotado for o de carrossel ou deslocado.

Esses tratos culturais podem ser realizados semanalmente, juntamente com a condução das plantas, ato de enrolá-las aos fitilhos, diminuindo a entrada e saída de pessoas no ambiente protegido e a quantidade de massa vegetal a ser retirada contribuindo para assegurar a sanidade do cultivo.

Figura 20 – Brotação com tamanho ideal para ser retirada (A) e plantas de tomate com as folhas baixeras (saia) retiradas (B).



Fonte: Campagnol et al., 2015.

Polinização

Em espécies de autopolinização como o tomateiro, os grãos de pólen de uma flor polinizam a mesma flor. Mas, para ocorrer uma polinização ótima, o pólen precisa ser liberado e transferido da antera ao estigma das flores resultando na fecundação e formação dos frutos. Nos cultivos de tomate em campo aberto, sob condições de temperatura favoráveis, o vento auxilia o processo de polinização resultando em alto pegamento de frutos. Entretanto, em ambientes confinados como as estufas agrícolas, especialmente aquelas protegidas lateralmente por telas antiafídeos, onde a ventilação é usualmente deficiente, os cachos florais ou inflorescências (racemos) terão de ser vibradas até verificar-se o pegamento dos frutos. Um cacho floral pode conter mais de 50 flores, e um elevado pegamento de frutos é fundamental para obtenção de alta produtividade.

As polinizações manuais devem ser realizadas durante a parte mais seca do dia, isto é, entre 10-15 h, período em que a deiscência do pólen é mais acentuada. O método de polinização comumente utilizado consiste em sacudir diariamente com as mãos as plantas ou os arames de fixação. Pode-se também agitar diariamente o pedúnculo de cada racemo com flores abertas, por 1 a 2 segundos, com auxílio de algum tipo de dispositivo que promova vibração sem causar dano físico aos cachos florais e aos frutos em estágio inicial de desenvolvimento. Nos países onde o cultivo de tomate em ambiente protegido é feito em larga escala, faz-se uso de polinizações mecânicas com vibradores elétricos manuais desenvolvidos exclusivamente para esse fim. Há ainda relatos sobre a utilização de atomizadores providos de um redutor de pressão, com a corrente de ar dirigida aos racemos. No entanto, nesses países, abelhas pertencentes ao gênero *Bombus* vêm sendo largamente utilizadas em ambiente protegido e constitui a opção mais eficiente. *B. terrestris* é a espécie mais utilizada em todo o mundo para a polinização de culturas oleráceas em ambiente protegido, principalmente tomate. No Brasil, ainda não há método estabelecido para o uso de abelhas do gênero *Bombus*, inclusive nativas, como polinizadores em cultivo protegido.

Independentemente do método adotado, a polinização contribui efetivamente para o aumento do percentual de frutos vingados acarretando incremento da produtividade, assim como para a redução dos índices de frutos malformados.

Manejo da irrigação

A irrigação é uma das práticas mais importantes no cultivo de tomates, uma vez que tanto a escassez quanto o excesso podem ser prejudiciais ao cultivo, podendo reduzir a produtividade e a qualidade dos frutos. Em cultivo protegido, a irrigação é ainda mais importante, pois é a única forma de fornecer água às plantas.

Devem-se evitar variações bruscas da umidade do substrato, especialmente nos períodos de temperaturas mais elevadas. Grandes variações da quantidade de água no solo ou substrato podem aumentar o número de frutos rachados, além de ocasionar salinizações momentâneas e, assim, afetar negativamente as plantas. Em substrato, o ressecamento excessivo aumentará o tempo para a sua reidratação, sendo necessário irrigar abundantemente, às vezes com mangueira. Substratos como a fibra de coco, por exemplo, apesar de ter uma boa capacidade de retenção de água, necessitam de

um tempo relativamente longo para reidratar, principalmente quando está demasiadamente seco.

O principal sistema de irrigação adotado pelos produtores é o gotejamento, que, apesar de ter um custo de implantação relativamente alto, possibilita maior eficiência do uso da água e fertilizantes, resultando em cultivos mais econômicos e sustentáveis. A irrigação com gotejadores, além de fornecer água às plantas, permite a aplicação de fertilizantes altamente solúveis. Essa técnica é também conhecida como fertirrigação, sendo essa solução (água + fertilizantes) denominada de solução nutritiva.

Os tipos de gotejadores mais utilizados são: as mangueiras gotejadoras e os microtubos. Para propiciar uma distribuição mais uniforme de água em torno do sistema radicular, recomenda-se utilizar no mínimo dois pontos de gotejo por planta.

A tensão de água limite no solo para início da irrigação deve ser de 20 a 40 kPa (para tensiômetros instalados a 10 cm de profundidade). Já para substratos, esse valor é menor, de 1 a 5 kPa, sendo os valores menores utilizados nos períodos mais quentes (verão) e os maiores em períodos mais frios (inverno). Tais valores devem ser monitorados periodicamente por meio de um conjunto de tensiômetros, para tomada de decisão do momento de irrigação. O acionamento do sistema de irrigação pode ser feito manualmente ou através de controladores de irrigação, que determinam os valores de tensão de água no solo ou substrato, por meio de sensores previamente introduzidos nos substratos, acionando a irrigação automaticamente. Esse equipamento vem sendo bastante utilizado no cultivo de hortaliças em ambiente protegido e tem contribuído para manutenção de teores de água adequados e para a automação do sistema. Com isso, consegue-se reduzir a necessidade de mão de obra.

O volume de água aplicado pode ser quantificado de acordo com o consumo hídrico das plantas e da evaporação do solo ou substrato (evapotranspiração), que pode ser estimado por diversos métodos como o tanque classe A, lisímetros e através de dados climáticos do ambiente de cultivo. Para solos, pode também ser calculado em função da quantidade necessária de água para que ele atinja a capacidade de campo, ou seja, da quantidade de água suficiente para que um determinado solo alcance sua máxima capacidade de retenção. Para isso, deve-se previamente realizar uma análise física do solo e determinar a sua curva de retenção de água.

Em substrato, usualmente recomenda-se que o volume de solução aplicado deve ser suficiente para que se obtenha um volume de drenagem de 5 até 30% do total aplicado. Quando o volume de solução drenada é muito alto, reduz-se o risco de salinidade do substrato, porém maior é a perda de fertilizantes, ocasionando contaminação das águas subterrâneas e superficiais. O conteúdo de solução drenada pelos vasos deve variar de acordo com sua CE, irrigando-se mais quando seu valor estiver acima do limite superior ou menos quando estiver abaixo do limite inferior.

Manejo nutricional

O manejo nutricional das plantas é fundamental para se obter altas produtividades aliadas a qualidade dos frutos. Isso é ainda mais importante quando se trata de cultivo protegido, onde a viabilidade do empreendimento está fortemente atrelada ao desempenho produtivo da cultura.

Em estufa, a nutrição das plantas é feita principalmente via água de irrigação, independente se o cultivo é feito no solo ou em substrato. A solução nutritiva (água + fertilizantes solúveis) deve preferencialmente ser baseada ou ajustada de acordo com a marcha de acúmulo de nutrientes, quando disponível, e para cada situação de cultivo. Pode-se também, utilizar como base para confecção de uma solução outras soluções já publicadas ou testadas para a cultura por outros produtores, sempre se realizando os ajustes de acordo com às necessidades do cultivo. A Tabela 5 apresenta sugestões de solução nutritiva para cultivo de tomate em substrato e no solo.

Tabela 5 – Sugestões de soluções nutritivas para o cultivo de minitomate em substrato e de tomate salada no solo.

Nutriente	Minitomate		Tomate salada	
	Fase vegetativa	Fase reprodutiva	Fase vegetativa	Fase reprodutiva
	mg L ⁻¹			
N	98,08	121,01	135,38	141,30
P	50,18	50,18	62,72	62,72
K	200,00	317,00	243,06	321,91
Ca	95,05	123,54	120,00	140,00
Mg	31,54	40,47	39,00	52,25
S	75,18	132,18	117,18	172,38
B	0,80	0,80	0,70	0,70
Cu	0,30	0,30	0,30	0,30
Fe	2,09	2,09	1,00	1,00
Mn	0,46	0,46	0,40	0,40
Mo	0,09	0,09	0,08	0,08
Zn	0,18	0,18	0,15	0,15
Ni	0,09	0,09	0,04	0,04

Fonte: Campagnol et al., 2015.

Para cultivos realizados no solo, parte dos fertilizantes pode ser fornecida antes do plantio, principalmente aqueles pouco móveis no solo, como o fósforo e o cálcio. Cabe ressaltar que o manejo nutricional e a solução nutritiva, utilizados em cultivos no solo, geralmente são diferentes daqueles recomendados para cultivo hidropônico em substrato. Isso se deve em razão do solo exercer uma interferência muito maior sobre a dinâmica dos nutrientes em comparação à maioria dos substratos agrícolas.

Em ambos os casos, deve-se realizar o monitoramento e a correção da CE e do pH da solução do meio radicular para mantê-las dentro das condições ideais de cultivo. Para permitir uma maior disponibilidade dos nutrientes, a faixa ideal de pH da solução do meio radicular do tomateiro deve estar entre 5,8 a 6,5. A condutividade elétrica deve ser mantida entre 1,5 a 2,5, valores semelhantes aos da solução nutritiva aplicada às plantas. Valores superiores podem aumentar a concentração de açúcares dos frutos, contudo também podem reduzir a produtividade das plantas. No cultivo

de tomate tipo grape, onde o teor de açúcares dos frutos é muito valorizado, o limite máximo da condutividade elétrica do meio radicular é de aproximadamente $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. Acima desse valor o desenvolvimento vegetativo e a produtividade de frutos podem ser drasticamente afetados. Nesse caso, a redução da CE pode ser obtida por meio da aplicação de água ou do aumento do volume de solução drenada pelos vasos. A aplicação de água, apesar de evitar desperdícios de fertilizantes como no caso do aumento do volume drenado, pode reduzir drasticamente o potencial osmótico do meio radicular e, com isso, aumentar a quantidade de frutos rachados. Assim, recomenda-se que após a aplicação de água, se faça uma fertirrigação com o intuito de manter a CE em valores próximos ao da solução nutritiva.

Colheita

Para tomate do tipo salada, a colheita inicia-se entre 90 a 120 dias após o transplante das mudas, dependendo, principalmente, da variedade de tomate e das condições climáticas de cultivo. A colheita geralmente estende-se por 2 a 4 meses, em um ciclo médio de 6 meses cultivo. O ponto de colheita desse tipo de tomate é quando o fruto começa a mudar de cor (Figura 21).

Para minitomate, a colheita se inicia entre 60 e 110 dias após o transplante das mudas, dependendo da variedade e do tipo de muda utilizados, além das condições climáticas durante as fases de cultivo e do estado nutricional e fitossanitário das plantas. A colheita pode se estender por até mais seis meses; no caso do sistema de condução do tipo carrossel, o período de colheita pode se estender por até 12 meses. É a operação que demanda mais mão de obra e deve ser realizada semanalmente, colhendo-se preferencialmente apenas os frutos que exibem coloração vermelha homogênea. A realização da colheita dos frutos no ponto de maturação ideal é de suma importância, uma vez que um dos maiores diferenciais dos tomates grape é o seu sabor adocicado. Contudo, quanto mais tempo o fruto permanecer na planta, maior será sua suscetibilidade a rachaduras, principalmente em períodos quentes e secos, onde a transpiração da planta é maior e a variação de umidade do substrato também.

A operação de colheita deve ser realizada nas horas mais frescas do dia, com o intuito de preservar as propriedades qualitativas dos frutos, evitar rachaduras e proporcionar maior conforto térmico aos trabalhadores. Isso também contribui para aumentar o rendimento da operação.

Os frutos colhidos devem ser acondicionados em recipientes fabricados preferencialmente com materiais que possibilitem a fácil higienização, sanitização e que sejam duráveis. É recomendável para a colheita o uso de cestas plásticas com alça, possibilitando que os funcionários fiquem com as duas mãos livres. Recomenda-se para minitomates, que as caixas plásticas para acondicionamento dos frutos tenham altura reduzida (1/2 caixa – $59 \times 38 \times 24 \text{ cm}$) para evitar a formação de camadas muito altas e, assim, acarretar danos aos frutos (Figura 21).

Figura 21 – Ponto de colheita de frutos de tomate tipo salada (A) e tipo grape (C) e recipientes para colheita (B e D).



Fonte: Campagnol et al., 2015.

5.4 PIMENTÃO

O pimentão (*Capsicum annuum*) é uma das hortaliças de maior consumo no Brasil, ocupando significativa área de plantio. Seu cultivo pode se dar tanto em campo aberto quanto em estufas, sendo o cultivo em campo aberto responsável pela grande maioria da área ocupada com esse legume no Brasil, enquanto ao cultivo em estufas cabe a produção de frutos a serem comercializados maduros na coloração vermelha, amarela e outras.

O cultivo de pimentão no Brasil apresenta excelentes perspectivas de expansão, principalmente considerando toda a cadeia produtiva, especialmente o elo mercado/consumidor, que é, sem dúvida, o determinante na aceitação do produto e na lucratividade do negócio.

A produção de pimentão em estufa foi uma das que mais cresceram na última década. Bem aceito pelo consumidor, o pimentão de estufa passou a oferecer uma nova opção de renda para pequenos e médios produtores, além de uma oportunidade de investimento para profissionais que enxergam no cultivo protegido de hortaliças uma atividade econômica promissora.

Condições climáticas de cultivo

A planta desenvolve e produz melhor sob temperaturas relativamente elevadas ou amenas, sendo intolerante a baixas temperaturas e à geada (Tabela 6). Diferenças entre as temperaturas noturnas e diurnas de 6 °C favorecem a cultura. É uma planta exigente em temperatura, sobretudo se a variedade é de polpa grossa. A ideal para a germinação se situa em torno de 25 °C. A cultura desenvolve satisfatoriamente em climas com temperaturas diurnas entre 18 e 27 °C e noturnas entre 15 e 18 °C, sendo que as temperaturas noturnas inferiores provocam maior ramificação e floração enquanto que as altas induzem à floração precoce, sendo esse efeito mais pronunciado quando a intensidade de luz aumenta. Baixas temperaturas são limitantes principalmente durante a germinação, a emergência e o desenvolvimento das mudas, sendo necessário que nessas condições sejam produzidas em estufa ou casa de vegetação. Seu desenvolvimento é deficiente quando a temperatura é inferior a 10 °C. Temperaturas inferiores a 8-10 °C reduzem a qualidade dos frutos, dado que estas favorecem a formação de frutos partenocárpicos, que com poucas sementes ou nenhuma, ficam deformados e sem valor comercial. Temperaturas superiores a 35 °C comprometem a floração e a frutificação provocando o aborto e a queda das flores, sobretudo se o ambiente é seco e pouco luminoso. Daí a vantagem de se escolher um híbrido adaptado ao nosso clima tropical.

Tabela 6 – Temperaturas ideais do ar para diferentes estádios de desenvolvimento do pimentão.

Parâmetro	Temperatura (°C)
Danos causados pelo frio	<10
Germinação	
Mínima	13
Ótima	25
Máxima	37 a 40
Vegetação	
Mínima	10, crescimento reduzido a < 15
Ótima	20 a 25 (durante o dia)
	16 a 18 (durante a noite)
Máxima	35
Floração	
Mínima	18
Ótima	25
Máxima	35

Fonte: Adaptado de Almeida, 2006b.

O pimentão é uma planta de dias curtos facultativa, pois floresce e frutifica em qualquer comprimento do dia, porém, florescimento, frutificação e maturação dos frutos são mais precoces em dias curtos, favorecendo a produtividade. A umidade relativa do ar adequada se situa entre 50 e 70%. A umidade baixa combinada com altas temperaturas pode provocar a queda das flores.

O pimentão prefere solos bem arejados, profundos, com boa drenagem dado que é uma planta sensível à asfixia radicular. Solos com pH entre 5,5 e 6,8, com textura média e boa drenagem oferecem condições ótimas ao desenvolvimento da planta.

Grupos varietais

O pimentão apresenta grande diversidade de coloração, formato, tamanho e pungência. As denominações mais comuns se referem à coloração do pimentão: verde, vermelho e amarelo, seguidos por laranja, creme e roxo (Figura 22). Encontramos pimentões nos formatos cônico, semicônico, retangular e quadrado. A sensação de ardor (pungência) presente nas pimentas é menos perceptível nos pimentões devido a sua menor quantidade de capsaicina.

Figura 22 – Diferentes colorações de pimentões disponíveis no mercado.



Fonte: Campagnol et al., 2015.

A preferência do mercado consumidor é que determina os tipos de pimentão a serem plantados. Alguns mercados preferem pimentões pequenos, daí se planta os pimentões curtos ou “block”, muito comuns nas regiões Norte e Nordeste do país. Já os pimentões cônicos são responsáveis pela mais importante área de cultivo. Ultimamente o consumidor tem optado por um pimentão de formato mais retangular, ou seja, um formato intermediário entre curto e cônico longo, com parede mais grossa e por isso, com melhor qualidade de consumo através da boa digestibilidade e melhor rendimento. Esse é o tipo de pimentão mais consumido nos países do Mercosul para os quais o Brasil tem se tornado importante fornecedor.

No mercado existe um predomínio de híbridos, que se caracterizam pela resistência a doenças, alto vigor, produtividade, precocidade de produção e uniformidade. Existem também diversos grupos de pimentões com diferentes formatos, tamanhos e cores, no mercado brasileiro. Os principais são (Ceagesp):

Pimentão cônico: fruto cujo diâmetro longitudinal é maior do que o diâmetro transversal, terminando em uma só ponta. É o mais difundido no mercado brasileiro. É mais recomendado para cultivo em campo aberto.

Pimentão quadrado ou block: fruto cujo diâmetro longitudinal é igual ao diâmetro transversal, mantendo uma relação próxima a 1:1, terminando em mais de uma ponta. Apresenta várias colorações e maior valor agregado. Visa a mercados diferenciados, exigentes em qualidade e que remuneram melhor. Recomendado para cultivo em estufas.

Pimentão retangular: fruto cujo diâmetro longitudinal é maior do que o diâmetro transversal, terminando em mais de uma ponta. Representa um nicho de mercado crescente. Recomendado para cultivo em estufas.

Entre os materiais disponíveis no mercado a maioria é de frutos grandes, tipo cônico ou quadrado, com peso a partir de 250 gramas, em média. No entanto, tem verificado recentemente um movimento no mercado de sementes favorável a volta de cultivares e híbridos de frutos menores, do tipo “block” (quadrados). Este tipo de pimentão atende a um segmento da sociedade moderna, formado por famílias pequenas, que preferem frutos menores por ocuparem menos espaço nas geladeiras e por serem consumidos logo, evitando desperdícios.

Identificam-se dois tipos de mercado com relação a tamanho de frutos, havendo preferência, em feiras e quitandas, por frutos menores, enquanto que as grandes redes de supermercados valorizam os frutos maiores. Para o produtor, o custo de mão de obra para colheita, classificação e embalagem é reduzido na produção de frutos maiores quando comparado com os de peso inferior a 150-180 gramas.

Instalação da cultura

A instalação da cultura em ambiente protegido geralmente é feita a partir de mudas, de maneira semelhante ao tomateiro. A sua qualidade é de fundamental importância para o sucesso do empreendimento. O tipo de muda mais comum é aquela produzida em bandejas a partir da semente. Contudo, o uso de mudas enxertadas para essa cultura ainda é reduzido, apesar de ser

mais comum do que para cultura do tomateiro. A instalação da cultura a partir de mudões, assim como para a cultura do tomate, também pode trazer benefícios econômicos, aumentando a produtividade, qualidade e eficiência do uso da área.

Distribuição das plantas

A distribuição das plantas no interior da estufa é feita de forma semelhante à cultura do tomate, como apresentado anteriormente, em fileiras simples ou duplas.

A densidade de plantas pode variar de 1 até 3 plantas m^2 , dependendo da variedade de pimentão e do número de hastes por planta. Para cultivo em estufa, uma distribuição sugerida é em linhas duplas, com 1,2 m entrelinhas duplas, 0,8 m entrelinhas simples e 0,4 m entreplantas, resultando em uma densidade de 2,5 plantas m^2 . Nesse caso, as plantas são conduzidas com 2 hastes.

A distribuição e o número de plantas por área podem exercer forte influência nas características produtivas, como rendimento, número de frutos por planta e tamanho de fruto.

Sistemas de condução das plantas

As plantas de pimentão, quando cultivadas em ambiente protegido, são conduzidas na vertical, igualmente à cultura do tomate. Elas podem ser conduzidas através de fitilhos plásticos na vertical, enrolando-se as plantas de acordo com seu desenvolvimento, ou através de fitilhos posicionados horizontalmente, formando um tipo de espaldeira. Nesse último caso, o número exato de hastes por plantas muitas vezes não é bem definido, deixando-se a planta crescer naturalmente e, quando conveniente, fazer a desbrota e/ou o raleio de frutos. Pode-se também definir o número de hastes por planta e conduzi-las, amarrando-as nos fitilhos horizontais (Figura 23).

A condução da planta com fitilhos na vertical, definindo-se exatamente o número de hastes, é a mais recomendada para o cultivo em estufa por gerar frutos de tamanho mais uniforme e por facilitar o manejo fitossanitário das plantas.

Figura 23 – Sistemas de condução de pimentão com fitilhos horizontais. Fitilhos passados paralelamente a linha de cultivo (A) e trançados entre os bambus (B).



Fonte: Campagnol et al., 2015.

No caso da condução controlada, o número de hastes por planta geralmente varia de 1 a 4, sendo que quanto mais hastes por planta, maior será a quantidade de folhas e frutos, acarretando em maior consumo de água e nutrientes, o que exigirá um maior volume de substrato, quando realizado o cultivo em recipientes. Em função do número de hastes por planta deve também ajustar a densidade de cultivo, sempre fornecendo o espaçamento necessário para o bom desenvolvimento das hastes e captação de luz solar.

Poda e desbrota

Assim como para a cultura do tomateiro, a poda e desbrota é uma operação fundamental para definição e manutenção da estrutura da planta e deve ser realizada sempre que necessário. Deve-se evitar que os brotos cresçam em demasia e, assim, gere grande lesão na planta e um conteúdo muito grande de massa vegetal que terá que ser removida da estufa.

Polinização

A prática da polinização na cultura do pimentão é tão importante quanto para a cultura do tomate. Em ambiente protegido, onde a ação de insetos polinizadores e do vento é prejudicada pelas telas laterais a polinização artificial, é de grande importância na produtividade comercial e na qualidade dos frutos, pois influencia a massa e o formato dos frutos. Flores de pimentão malpolinizadas geram frutos pequenos e defeituosos, conseqüentemente menos valorizados. As orientações para polinização da cultura do pimentão são as mesmas da cultura do tomateiro.

Manejo da irrigação

O manejo da irrigação para o cultivo de pimentão em ambiente protegido é semelhante ao da cultura do tomateiro apresentado no item 5.4, exceto pelos valores de tensão ideal de água no solo ou no substrato.

Para a cultura do pimentão, a tensão de água limite no solo para início da irrigação deve ser de 10 a 20 kPa (para tensiômetros instalados a 10 cm de profundidade). Já para substratos, a tensão deve ser de 3 a 4 kPa, sendo os valores menores utilizados nos períodos mais quentes (verão) e os maiores em períodos mais frios (inverno). Tais valores devem ser monitorados periodicamente por meio de um conjunto de tensiômetros, para tomada de decisão do momento de irrigação.

Manejo nutricional

Os fundamentos do manejo da nutrição nutricional das plantas de pimentão são semelhantes aos apresentados para o cultivo de tomate, salvo as concentrações de nutrientes da solução nutritiva (Tabela 7) e os valores limites de CE e pH da solução do solo ou do substrato.

Tabela 7 – Sugestões de soluções nutritivas para o cultivo de pimentão.

Nutriente	Fase vegetativa	Fase reprodutiva
	mg L ⁻¹	
N	110,00	155,62
P	35,60	41,10
K	175,00	263,00
Ca	89,00	114,54
Mg	27,80	32,50
S	21,60	38,13
B	0,50	0,50
Cu	0,35	0,35
Fe	2,00	2,20
Mn	0,40	0,52
Mo	0,05	0,05
Zn	0,20	0,20

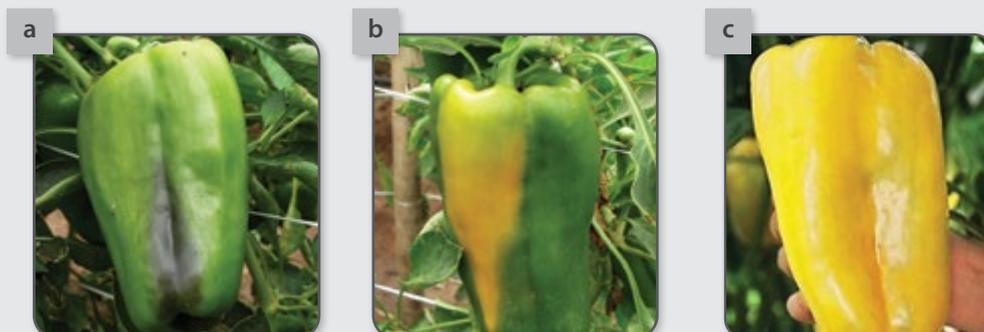
Fonte: Campagnol et al, 2015.

Colheita

A época de colheita pode variar de 100 a 150 dias dependendo do híbrido ou variedade cultivada, do estágio de maturação dos frutos e do tipo de muda. Para pimentões de frutos verdes, roxos e creme a colheita se inicia aos 100-120 dias após o transplante (DAT). Já para pimentões vermelhos, laranjas e amarelos, a colheita se inicia aos 130-150 DAT. Quando o objetivo é obter frutos maduros, recomenda-se deixá-los na planta até atingir dois a três quartos da coloração total (Figura 24). Plantas provenientes de mudões são, geralmente, 20-30 dias mais precoces que as convencionais. Em cultivos protegidos a colheita pode se estender por até um ano.

Os frutos devem ser colhidos com auxílio de tesoura de poda ou canivete e colocados em caixas plásticas. Devem ser retirados do campo o mais breve possível e levados para local ventilado, evitando-se, assim, a exposição excessiva à luz solar. O armazenamento refrigerado até o momento da comercialização é aconselhável principalmente para pimentões coloridos, que alcançam melhores preços no mercado.

Figura 24 – Diferentes estádios de maturação dos frutos de pimentão amarelo. Frutos verdes (A), frutos no ponto de colheita (B) e frutos totalmente amarelos (C).



Fonte: Campagnol et al, 2015.

6 CONTROLE FITOSSANITÁRIO

O manejo fitossanitário das plantas é muito importante para garantir sucesso na produção de hortaliças. Muitas pragas e doenças em cultivos protegidos tendem a se tornar mais severas, quando comparados ao cultivo aberto, pois, além dos fatores ambientais mais favoráveis, a maior densidade de plantas, o monocultivo e as condições de irrigação propiciam condições mais favoráveis ao aparecimento de patógenos e pragas.

Alto nível de controle fitossanitário pode ser obtido por meio do manejo integrado de pragas e doenças (MIPD). O MIPD é uma técnica muito eficiente e sustentável, que visa não somente ao controle do patógeno ou praga, mas à utilização de diferentes métodos para evitar sua ocorrência e disseminação. Uma forma muito eficiente e de baixo custo de controle de doenças é o uso de variedades resistentes. Quando possível, deve-se escolher materiais genéticos que apresentem resistência ou tolerância a várias doenças ou às que mais limitam a produção. Entretanto, quando uma variedade não possui essa característica, outras práticas podem e devem ser adotadas.

Antes de iniciar a produção, deve-se atentar aos possíveis meios de introdução de insetos pragas e patógenos no ambiente de cultivo. Nesse sentido, é importante identificar a existência de furos na tela lateral e ou nas portas de entrada das estufas agrícolas, podendo ser local de entrada de insetos no ambiente. A instalação de antecâmara e de tela antiafídeos é uma importante medida para impedir a entrada e disseminação de pragas e doenças do ambiente externo para o interior das estufas agrícolas. Outra medida eficiente de prevenção fitossanitária consiste na aquisição de sementes e substratos de qualidade, livres de patógenos, produzidos por firmas idôneas. De outra parte, pode-se evitar a introdução de inúmeros patógenos através do uso de água de irrigação de fontes confiáveis, livres de contaminação biológica. Ademais, a utilização de filtros de areia e de agentes químicos para controle de microrganismos também são medidas que auxiliam na garantia do uso de água de qualidade para irrigação das plantas.

A eliminação de plantas infectadas por vírus ou debilitadas pela ocorrência de alguma outra doença, limpeza e desinfecção do ambiente e dos instrumentos de trabalho, pode dificultar e até evitar a ocorrência e disseminação de doenças. Deve ainda ser considerado que o manejo nutricional adequado das plantas é a chave para obtenção de plantas saudáveis e menos predispostas à infecções e ataque por pragas. A aplicação excessiva de nitrogênio, por exemplo, induz o acúmulo de compostos nitrogenados nas plantas, o que as tornam mais atrativas ao ataque de pragas e doenças. Por outro lado, plantas enfraquecidas por deficiência de algum nutriente também estão mais predispostas à infecção por patógenos.

Com relação ao controle químico, esse deve ser realizado somente quando necessário e sob orientação de um engenheiro agrônomo. É recomendável a utilização de produtos devidamente registrados para a espécie cultivada, preferencialmente, com ação seletiva e menos tóxicos ao ser humano e ao ambiente. É também essencial aplicar os defensivos químicos de acordo com a dose recomendada na bula do produto e respeitar o seu período de carência. Deve-se ainda, evitar o uso

repetido de produtos com o mesmo mecanismo de ação sobre o patógeno ou praga como forma de reduzir a possibilidade do surgimento de indivíduos resistentes.

O controle biológico e o uso de produtos de origem vegetal são estratégias dentro do manejo integrado de pragas e doenças que vem sendo cada vez mais pesquisadas e utilizadas no Brasil. Apresentam grande apelo ambiental e sustentável e permitem uma maior agregação de valor ao produto. São exemplos desses tipos de produtos os ácaros predadores *Neoseiulus californicus*, *Phytoseiulus macropilis*, *Stratiolaelaps scimitus*, microvespa *Trichogramma pretiosum*, bactéria *Bacillus thuringiensis*, fungo *Beauveria bassiana*, produtos à base de Neem (*Azadirachta indica*) e de óleos essenciais de citros (D-limoneno).

Outra medida de controle que interfere no desenvolvimento e propagação de pragas e doenças em cultivos protegidos é o manejo das condições climáticas do ambiente, como temperatura, umidade do ar e do solo/substrato, luminosidade e ventilação. Alterações desses fatores podem ser feitas através da abertura das laterais da casa de vegetação, uso de plásticos antivírus e telas de sombreamento, sistemas de resfriamento e nebulização, colocação de *mulching* sobre o solo, manejo da irrigação, entre outros.

7 CONCLUSÃO

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido é uma atividade agrícola intensiva, de alto investimento, grande demanda de mão de obra qualificada e que requer informações específicas para esse sistema de cultivo, cruciais para seu sucesso. O treinamento dos funcionários que estarão diretamente em contato com a cultura e realizarão os tratamentos culturais é de fundamental importância para unir alta produtividade, qualidade dos produtos e economia dos recursos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. Lisboa: Editorial Presença, 2006a. v.1; 346 p.
- ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. Lisboa: Editorial Presença, 2006b. v.2; 325 p.
- ALVARENGA, M. A. R. et al. Cultivares. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, casa-de-vegetação e hidroponia. 2. ed. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013. p. 49-59.
- ANDRIOLO, J. L. et al. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 8-32, 1997.
- 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.
- 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.
- ECOEICIENTES. Disponível em: <<http://www.ecoeficientes.com.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2014.
- FAQUIN V. et al. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50 p.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.
- FURLANI, P.R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52 p. (Boletim Técnico IAC, 180).
- HIDROGOOD. Disponível em: <<http://www.hidrogood.com.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2014.
- IBS MUDAS. Imagem cedida por Isaltino Bicudo Sampaio da empresa IBS Mudas, Piracicaba, 2014.
- KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substrato para plantas**: a base para produção vegetal em recipiente. Porto Alegre: Gênese, 2000. 312 p.
- LORENZO, A.; MAYNARD D. N. **Handbook for vegetable growers**. 3. ed. New York: John Wiley-Interscience Publication, 1988. 456 p.
- MAROUELLI, W. A.; ZOLNIER, S.; CARRIJO, A. O. 2002. Variabilidade espacial e temporal da tensão de água em substratos, acondicionados em contentores tipo bisnaga, com plantas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 380, Jul. 2002.
- MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. Viçosa, 1997. 52 p.
- MARTINS, S.R. et al. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 15-23, 1999.
- MELLO, S.C. Imagens cedidas pela professora Simone da Costa Mello, ESALQ/USP, 2015.

MINAMI K. 1995. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: TA. Queiroz, s.d. 135 p.

MINAMI, K.; SALVADOR, E. D. **Substrato para plantas**. Piracicaba: USP/ESALQ, Degaspari, 2010. 209 p.

MÜLLER, J. J. V.; VIZZOTTO, V. J. Manejo do solo para a produção de hortaliças em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v. 20, p. 32-35, 1999.

PAPADOPOULOS, A.P. **Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media**. Ottawa: Minister of Supply and Services, 1991. 79 p. (Canada: Minister of Supply and Services. Publication 1865/E).

PIRAÍ SEMENTES. Nossos produtos. Disponível em: <<http://www.pirai.com.br/>>. Acesso em: 31 out. 2014.

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. 762p.

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

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



SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL

Administração Regional do Estado do Paraná

Rua Marechal Deodoro, 450 - 16º andar

Fone: (41) 2106-0401 - Fax: (41) 3323-1779

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



Linkedin
sistema-faep



Flickr
SistemaFAEP