

AVANÇOS NA PROPAGAÇÃO DE FRUTEIRAS NO BRASIL E NO MUNDO – MACIEIRA¹

JOSÉ LUIZ PETRI², FERNANDO JOSÉ HAWERROTH³, GENNARO FAZIO⁴,
POLIANA FRANCESCOTTO⁵, GABRIEL BERENHAUSER LEITE⁶

RESUMO – A produção de maçãs é uma atividade de grande importância econômica em nível mundial. A ampla disseminação e cultivo da macieira em várias regiões do mundo deve-se ao desenvolvimento de técnicas propagativas desde sua domesticação até à atualidade. A macieira pode ser propagada por sementes, com restrita a utilização em programas de melhoramento genético, e multiplicada por vários métodos de propagação vegetativa, tanto para porta-enxertos como para cultivares-copa. Levando-se em consideração o elevado nível tecnológico atualmente empregado na cultura da macieira, a propagação de plantas tem papel de grande relevância, no sentido de viabilizar a produção de mudas de elevado padrão morfofisiológico e fitossanitário, demandando novos avanços e aprimoramentos à medida que novas cultivares-copa e porta-enxertos são desenvolvidos.

Termos para indexação: *Malus domestica*, produção de mudas, enxertia.

ADVANCES IN FRUIT CROP PROPAGATION IN BRAZIL AND THE WORLD – APPLE TREES

ABSTRACT - The apple production has been an important economic activity in worldwide. The wide dissemination and cultivation of apple trees in several regions of the world is due to the development of propagation techniques from its domestication to the present time. The apple tree can be propagated by seeds, restricted to the use in breeding programs, and multiplied by several methods of vegetative propagation, both for rootstocks and apple scion cultivars. In the high technological level currently used in the apple management, the plant propagation plays a very important role, in order to enable the seedling production with high morphological quality and free of diseases, requiring new advances and propagation improvements in new releases of rootstocks and apple scions.

Index terms: *Malus domestica*, production of seedlings, grafting.

¹(Trabalho 004-17). Recebido em: 03-01-2017. Aceito para publicação em: 27-03-2017.

²Engenheiro-agrônomo, M. Sc. em Fitotecnia, pesquisador da Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina, Estação Experimental de Caçador, Professor de Fruticultura da UNIARP. CEP 89500-000, Caçador, SC. E-mail: petri@epagri.sc.gov.br

³Engenheiro Agrônomo, D. Sc. em Agronomia, Concentração em Fruticultura de Clima Temperado, pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado, CEP 95200-000, Caixa Postal 177, Vacaria, RS. E-mail: fernando.hawerth@embrapa.br

⁴Apple Rootstock Breeder and Geneticist, Planta Genetic Resources Unit USDA ARS, Adjunct Associate Professor, School of Integrative Plant Science – Horticulture Section, Cornell University – 630 W. North St., Geneva, NY 14456. E-mail: gennaro.fazio@ars.usda.gov

⁵Engenheira-agrônoma, PhD, Associate Research. Dept. of Horticulture, Cornell University, Geneva, NY 14456. E-mail: pf246@cornell.edu

⁶Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador da Epagri, Gerencia de Marketing e Comunicação, Florianópolis-SC. E-mail: gabriel@epagri.sc.gov.br

INTRODUÇÃO

A macieira (*Malus domestica* Borkh.) é uma das principais frutíferas de clima temperado produzidas mundialmente, com ampla importância econômica na fruticultura de muitos países. Presume-se que o desenvolvimento das espécies atuais tenha iniciado há cerca de 20.000 anos, em que, na região do Cáucaso, cadeia de montanhas da Ásia e leste da China, é tida como centro de origem da macieira. A macieira é uma espécie frutífera perene, caducifólia, que desenvolveu o mecanismo de dormência de gemas como estratégia adaptativa para sobreviver às condições de baixas temperaturas durante o período de outono e inverno, características de sua região de origem, e para reassumir o crescimento/desenvolvimento na primavera. O cultivo da macieira, até o século XX, ficou restrito a regiões típicas de clima temperado, com condições climáticas mais semelhantes ao observado em sua região de origem. Contudo, existem relatos de que os gregos, na antiguidade, clássica cultivavam macieiras, sendo que, no Império Romano, a cultura da macieira já era bastante difundida.

Os primeiros registros de cultivo da macieira no Brasil datam de 1926, na região de Valinhos-SP. Contudo, a expansão comercial da macieira deu-se a partir da década de 1970, período em que foi constatado o início dos cultivos em países de clima subtropical, caracterizados pela menor ocorrência de frio hibernal, em razão do aumento da demanda dessa fruta em países em desenvolvimento.

A propagação seminífera foi um método propagativo importante no início da domesticação da macieira e sua expansão, porém a propagação vegetativa é o principal método propagativo dessa espécie, destacando-se a enxertia, em que se faz a união de um porta-enxerto com uma cultivar-copa.

A manutenção e o aumento de produtividade na cultura da macieira estão diretamente relacionados ao plantio de mudas de alta qualidade, pois terá reflexos durante a exploração econômica do pomar. Uma muda de qualidade deverá possuir identidade genética, pureza varietal, origem comprovada, elevada sanidade e estar dentro dos padrões estabelecidos. A utilização de mudas com elevado padrão de qualidade morfofisiológica e fitossanitária na implantação de pomares é decisiva para a viabilização do sistemas de produção de macieira. A muda de qualidade potencializa o nível de resposta a toda tecnologia empregada no pomar, sendo um componente decisivo na redução de custos, principalmente com agroquímicos, e nos aumentos da produção de frutas com qualidade e na produtividade

(OLIVEIRA et al., 2004).

MÉTODOS DE PROPAGAÇÃO DA MACIEIRA

A macieira pode ser propagada por meio de propagação sexuada e por propagação assexuada. Dentre os principais métodos de propagação da macieira, podem-se destacar: seminífera (propagação por semente), estaquia, mergulhia, enxertia e a micropropagação. A seguir, serão destacados aspectos relacionados a cada método propagativo:

Propagação sexuada

A propagação sexuada é feita por meio de sementes. No início dos plantios comerciais, o método mais comum de propagação dos porta-enxertos era por meio de sementes. A multiplicação seminífera não é mais utilizada em plantios comerciais, visto que esta apresenta uma intensa segregação genética, formando plantas muito vigorosas, propicia plantas heterogêneas com diferentes tamanhos, retarda a entrada em frutificação, não apresenta resistência a doenças e pragas. A multiplicação por sementes pode ser utilizada para produzir plantas livres de vírus que podem ser utilizadas como porta-enxerto para a formação de plantas-matrizes, onde não se visa à produção de frutos.

A multiplicação por semente ainda é utilizada no melhoramento genético, visando à obtenção de novas cultivares. Para uso das sementes para fins propagativos, o processo de extração é bastante simples. As sementes devem ser retiradas manualmente de frutos de tamanho médio a grande, maduros, com as sementes totalmente escuras, e devem ser lavadas em água, após imersas em solução com fungicida de largo espectro e secadas à sombra. A temperatura ótima de secagem das sementes deve ficar em torno de 32°C, e não deve passar dos 43°C. Secagem rápida pode causar rachaduras e endurecimento do tegumento (HARTMANN et al., 1997). Para garantir boa germinação e obtenção de plantas uniformes de bom padrão, é recomendável selecionar as sementes maiores e de boa qualidade (WERTHEIM; WEBSTER, 2003). Após a retirada dos frutos, as sementes de macieira encontram-se em estado dormente e, por isso, não podem ser plantadas diretamente (DENNIS, 1994). Para remover a dormência, as sementes devem passar por um processo chamado de estratificação. As sementes devem ser armazenadas à temperatura de 2 a 6°C por um período que varia de 30 a 90 dias, devendo as mesmas serem mantidas em um recipiente aberto com adequada umidade e aeração. Após este

período, elas podem ser colocadas a germinar a uma temperatura de 20°C, em substrato de areia ou outros compostos, mantendo-se o cuidado de manter a umidade e os controles fitossanitários, tanto de doenças de solo como da parte aérea. Tratamento com reguladores de crescimento, como, por exemplo, ácido giberélico, benziladenina ou etefon pode ser utilizado para ajudar a promover a germinação. Após 90 a 120 dias de sua germinação, as sementes estarão aptas ao transplante, e com mais 90 a 120 dias, à enxertia, se houverem atingido o diâmetro de 1 centímetro. Caso interrompam o crescimento após a germinação, quando tiverem as plantas com 4 a 6 pares de folhas, deverá ser utilizado ácido giberélico (GA₃) 100 mg.L⁻¹, em duas a três aplicações.

Propagação vegetativa

A propagação vegetativa (assexuada), em seus vários métodos, apresenta como principal vantagem a obtenção de indivíduos com a mesma identidade genética da planta da qual se utilizou o material propagativo. Caules e raízes são partes da planta que têm a capacidade de regenerar, formar raízes e dar origem a novas plantas, possibilitando a multiplicação vegetativa que transmite as características genéticas, na íntegra, de um único indivíduo e formando plantas uniformes. A propagação assexuada é especialmente útil, então, para manter a constituição genética de um clone ao longo das gerações. O clone é definido como sendo o material geneticamente uniforme derivado de um só indivíduo e que se propaga de modo exclusivo por meios vegetativos, como estacas, raízes e esplantes.

Na macieira, a propagação vegetativa é utilizada tanto na multiplicação de porta-enxertos, como na de cultivares-copa.

A seguir, destacam-se os principais meios propagativos para obtenção de porta-enxertos de macieira:

a) Propagação por estaquia

Dentre as várias técnicas de propagação vegetativa, destaca-se a estaquia, que é um método de propagação em que segmentos destacados de uma planta, sob condições adequadas, emitem raízes e originam uma nova planta, com características idênticas àquela que lhe deu origem (PASQUAL et al., 2001). A propagação por estaquia na cultura da macieira pode ser feita utilizando-se de estacas lenhosas, semilenhosas, estacas vegetativas e estacas de raiz.

A estaquia lenhosa é feita com estacas dormentes após a queda das folhas. A multiplicação vegetativa por meio de estacas lenhosas propicia

baixa taxa de enraizamento na maioria dos porta-enxertos de interesse comercial, excetuando-se ‘Marubakaido’ e ‘JM 7’, dois porta-enxertos de origem japonesa. Neste sistema, as estacas dormentes devem ser coletadas de plantas com, no mínimo, dois anos de idade. A percentagem de sobrevivência de estacas retiradas de plantas de um ano de idade ou da parte superior de matrizeiros de porta-enxertos pode não passar de 10-20%.

As estacas devem ser cortadas com um comprimento de 20 cm e um diâmetro de 5 mm, no mínimo, durante o período de inverno (julho-agosto). Na base das estacas, retira-se a casca, expondo-se o tecido cambial, e mergulha-se a base da estaca em solução de ácido indolbutírico (AIB) a 2.000 mg.L⁻¹, por 30 segundos (Figura 1). O potencial de enraizamento é maior na secção basal do ramo e vai diminuindo ao longo da parte superior (HOWARD, 1987; SABIN, 1983).

Após a imersão das estacas em solução com ácido indolbutírico, elas devem ser plantadas deixando-se duas gemas descobertas ou armazenadas na vertical em bins com serragem umedecida por 30 dias, a 18-20°C, para ajudar no processo de formação de calo na porção basal da estaca e de enraizamento, e depois em câmara fria até ao plantio. O índice de enraizamento é variável de acordo com o porta-enxerto. No ‘Marubakaido’, obtêm-se índices de enraizamento próximos a 100%; porém, nos porta-enxertos clonais da série EM e M, os índices variam de 10 a 30%. Esta técnica permite maior percentual de enraizamento quando utilizada a base da estaca que não enraizou no sistema de mergulhia.

A multiplicação de estaca lenhosa, através da enxertia de raiz na base da estaca, não é o mais indicado, pois pode-se estar transmitindo viroses. Só deve ser utilizada em casos especiais em que se necessita de uma rápida multiplicação. As estacas são cortadas com 20 cm de comprimento, enxertando-se em sua base uma raiz com 5 cm de comprimento. Deve-se dar preferência para enxertar a raiz do mesmo porta-enxerto que se está multiplicando ou a raiz proveniente de uma planta de semente. Neste caso, deve-se ter o cuidado de eliminar a raiz enxertada, no ano seguinte, quando arrancar o porta-enxerto. Na enxertia, deve-se utilizar material degradável, evitando-se o estrangulamento, que pode favorecer a entrada de doenças. O corte da estaca deve ser logo abaixo da gema.

A multiplicação por estacas semilenhosas refere-se à utilização de estacas coletadas no final do verão e início do outono. Em geral, o termo “semilenhosas” refere-se a estacas intermediárias entre as herbáceas e as lenhosas. Os cuidados

necessários referem-se principalmente à desidratação, por tratar-se de um material que se encontra com metabolismo mais acentuado e, muitas vezes, ser uma estaca mais herbácea, porém sem folhas.

Já as estacas vegetativas são coletadas no período de crescimento vegetativo, quando os tecidos apresentam alta atividade meristemática e baixo grau de lignificação. As estacas vegetativas devem conter dois a três pares de folhas com comprimento de 10 cm, devendo as mesmas serem plantadas em estufas com alta umidade, substrato poroso e com boa drenagem. As folhas maiores devem ser reduzidas à metade, com o objetivo de evitar perdas de água e também por questões de facilidade de manejo. Este tipo de estaca enraíza em 20 a 30 dias após o plantio. Após o enraizamento, devem ser repicadas para um ambiente menos úmido e em substrato próprio. Não é um sistema convencional de multiplicação dos porta-enxertos de macieira, porém pode ser utilizado quando se deseja uma multiplicação rápida.

A estaquia de raiz é um método pouco usual na macieira e que demanda a utilização de raízes que sejam livres de viroses. O método consiste na utilização de raízes com comprimento variando de 5 a 10 cm, as quais devem ser colocadas verticalmente em leitos de substrato, para que enraízem e brotem, originando uma nova planta.

O enraizamento por estacas da macieira é afetado por diversos fatores, destacando-se as condições fisiológicas da planta e fatores relacionados ao ambiente. A condição nutricional da planta-matriz afeta o enraizamento, uma vez que o equilíbrio nutricional tende a favorecer o enraizamento. Um dos elementos importantes para o enraizamento de estacas de macieira é o zinco (Zn), que é um ativador do triptofano, precursor da auxina, que é necessária para a formação de raízes. A idade da planta-matriz também exerce influência na capacidade propagativa de porta-enxertos, pois plantas mais jovens enraízam com mais facilidade. O potencial genético é um dos fatores que mais influenciam no enraizamento de estacas da macieira e apresentam grande variabilidade entre os diferentes porta-enxertos, sendo que, em geral, os porta-enxertos de menor vigor (ananizantes) apresentam menor taxa de enraizamento. Na questão hormonal, é necessário que haja um balanço entre auxinas, citocininas e giberelinas, os quais podem ser aplicados de forma exógena, como ácido indolbutírico ou ácido naftalenoacético, os quais elevam o teor de auxina e, conseqüentemente, aumentam a taxa de enraizamento.

Quanto a fatores ambientais, a temperatura do substrato é um dos fatores mais importantes na definição do potencial de enraizamento, em que

temperaturas variando 21 a 26°C repercutem em maior formação de raízes. Em estacas herbáceas e semilenhosas, devem-se evitar temperaturas muito altas, pois elevam demasiadamente a transpiração dos tecidos, podendo provocar o murchamento da estaca e também estimular a brotação antes que efetivamente ocorra o enraizamento. A perda de água é uma das principais causas do não enraizamento de estacas, principalmente em estacas vegetativas. O uso de nebulização permite a redução e, conseqüentemente, favorece o enraizamento. O substrato influencia tanto na taxa de enraizamento como no desenvolvimento das raízes, o que, para tanto, o mesmo deverá proporcionar retenção de água e porosidade adequada.

b) *Mergulhia*

O sistema mais utilizado para a multiplicação de porta-enxertos de macieira é a mergulhia. Neste sistema, a nova planta não é destacada da planta-mãe até à formação das raízes adventícias. O sistema caracteriza-se pela adaptabilidade à mecanização, alta qualidade do material vegetativo proveniente desse sistema, pelo baixo custo, facilidade de manutenção, pela alta percentagem de enraizamento e pelo número de perfilhos (Tabela 1).

Dois métodos de mergulhia são utilizados: a mergulhia de cepa e a mergulhia chinesa. A mergulhia de cepa requer muito mais plantas para o estabelecimento do matrizeiro quando comparado ao sistema de mergulhia chinesa. No entanto, na mergulhia chinesa, é necessário maior cuidado com a qualidade fitossanitária das plantas para evitar espaços vazios entre plantas devido à perda das mesmas. Para ambos os sistemas, o primeiro ano é geralmente utilizado apenas para o crescimento das plantas. Nenhuma ação é necessária até ao corte dos primeiros brotos, o qual é realizado no inverno, deixando-se as pontas dos ramos a 5 cm da superfície do solo. No entanto, alguns viveiristas realizam o achego de substrato no primeiro ano de plantio das plantas-mães para induzir o enraizamento. Embora a percentagem de enraizamento seja bastante baixa no ano do plantio, os perfilhos destacados podem ser utilizados para iniciar novo viveiro.

O substrato utilizado pode ser a própria terra local ou serragem. No caso de serragem, ela deve ser neutra, proveniente de árvores que não produzam qualquer tipo de substância química que venha a prejudicar o enraizamento.

A mergulhia de cepa consiste no plantio de um porta-enxerto enraizado com aproximadamente 30 cm, com diâmetro mínimo de 1 centímetro. O porta-enxerto é plantado deixando-se duas gemas

acima do nível do solo. A densidade de plantio é variável e depende de cada viveirista e do maquinário disponível para as operações culturais. As plantas-mães são geralmente plantadas em duas filas paralelas, com 10 cm de distância entre plantas e fila. Quando os brotos atingirem 10 cm de comprimento, faz-se um achego de substrato, deixando-se de 2 a 3 cm da extremidade dos brotos para fora do solo. Durante o ciclo vegetativo, deverão ser feitos mais dois ou três achegos, de maneira que permita obter uma área enraizada de 10 a 15 cm (Figura 2). No período de dormência, os perfilhos devem ser destacados da planta-matriz, estando prontos para a enxertia.

O achego de substrato, como também a colheita dos porta-enxertos (perfilhos) podem ser feitos manualmente ou com auxílio de equipamentos especializados que, muitas vezes, são fabricados pelos próprios viveiristas (Figura X).

O sistema de mergulhia chinesa difere da mergulhia de cepa, pois no sistema de plantio, o porta-enxerto é plantado com a inclinação de 30-40° em relação ao nível do solo e a com maior espaçamento, de 30-40 cm (Figura 5). Antes do início da brotação, deverá ser inclinado ao nível do solo e coberto com terra, sendo que os demais procedimentos são os mesmos da mergulhia de cepa. Na mergulhia chinesa, podem-se utilizar porta-enxertos com 50 a 60 cm de comprimento, tendo a vantagem de produzir maior número de rebrotes no primeiro ano.

Para um hectare, é necessário de 15 a 25 mil porta-enxertos (matrizes), dependendo do espaçamento. Cada matriz poderá produzir, a partir do quarto ano, de 5 a 8 porta-enxertos, de boa qualidade e bem enraizados. Este número aumenta até o oitavo ano, quando se inicia sua estabilização (Tabela 1). Pode-se utilizar o mesmo matrizeiro por um período de 15 ou mais anos, dependendo de seu estado fitossanitário.

Alguns cuidados devem ser observados na produção por mergulhia, destacando-se o controle fitossanitário, devendo-se ter cuidado especial em relação ao pulgão-lanífero (*Eriosoma lanigerum*), pois alguns porta-enxertos são muito suscetíveis, e uma infestação no viveiro poderá inviabilizar o matrizeiro. No achego de substrato, é necessário realizar com umidade do solo, evitando a formação de bolsas de ar e ferimentos nas brotações novas. A competição de plantas daninhas é um dos maiores problemas no início da brotação e elas devem ser controladas assim que elas emergirem.

No inverno, quando da retirada dos porta-enxertos, devem-se cobrir novamente com terra ou

serragem as plantas-matrizes, evitando-se que ocorra o ressecamento nos pontos de corte. No início da primavera, esse substrato deve ser então retirado (“varrido”) para permitir a vinda de novas brotações.

Os porta-enxertos retirados devem ser armazenados em câmara fria até à realização do processo de classificação. Os porta-enxertos são classificados pelo diâmetro da estaca e pelo enraizamento.

c) Micropropagação

Na década de 1970, a micropropagação tornou-se uma importante técnica de multiplicação vegetativa para a produção de porta-enxertos. O processo envolve a cultura de meristemas apicais ou gemas axilares em meio de cultura que contenha citocininas para iniciar e promover o crescimento dos ramos e para a proliferação dos meristemas (citocininas) e auxinas para promover o enraizamento (AIA). A micropropagação é uma técnica que permite a multiplicação rápida e a grande quantidade de porta-enxertos ou material-copa (DOBRÁNSZKI; SILVA, 2010), inclusive visando à produção de material livre de vírus. Esta técnica gerou grande expectativa, porém comercialmente vem sendo utilizada para a multiplicação de porta-enxertos para a formação do matrizeiro, seguindo-se posteriormente o sistema tradicional de multiplicação. Além disso, a micropropagação facilita a importação/exportação de material vegetal, pois o estado fitossanitário dos propágulos mantidos em condições assépticas reduz significativamente ou até elimina o período de quarentena.

Como o processo de micropropagação acontece em ambiente com condições climáticas controladas, a propagação de plantas não fica dependente da estação do ano e, portanto, pode ser realizada múltiplas vezes durante o ano. É um processo bastante especializado e os procedimentos podem variar de cultivar para cultivar. No entanto, independentemente da cultivar, existem quatro fases de desenvolvimento envolvidos na cultura de tecidos: 1) estabelecimento *in vitro*; 2) multiplicação; 3) enraizamento; e 4) aclimatação.

O segredo da micropropagação é a totipotência, em que cada célula tem o potencial de se dividir e produzir todas as células diferenciadas de um organismo (HARTMANN, 1997). Basicamente, a fase de estabelecimento é caracterizada pelo isolamento dos explantes em ambiente adequado e asséptico para a produção de propágulos. O tipo de explante deve ser escolhido de acordo com sua capacidade de se adequar às condições *in vitro*, sendo preferidos os que contenham maior proporção

de tecido meristemático. Diversos explantes, como sementes, estacas, gemas, meristemas, ápices caulinares e segmentos nodais, podem ser utilizados no estabelecimento *in vitro*, e sua escolha deve considerar o nível de diferenciação do tecido utilizado e o objetivo da micropropagação.

A desinfestação dos explantes com hipoclorito de cálcio ou sódio antes de eles serem introduzidos ao meio de cultura é imprescindível para o sucesso do estabelecimento. O meio de cultura utilizado é constituído de quatro principais componentes: sais inorgânicos (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, boro, cobalto, cobre, manganês, iodo, ferro e zinco), compostos orgânicos, ingredientes de complexo natural e substratos inertes, os quais incluem carboidratos, vitaminas e hormônios. Doses moderadas de citocinina são utilizadas no estabelecimento (0.5-1 mg L⁻¹) e apresentam função primordial. Geralmente, a fase de estabelecimento compreende em torno de 4-6 semanas.

A segunda etapa envolve o processo de multiplicação, onde os propágulos são multiplicados em escala durante sucessivos subcultivos em meio próprio de multiplicação, de modo que as partes formadas são subdivididas em partes menores ou são individualizadas para formação de novos explantes. Nesta fase de formação de novos brotos/explantes, os níveis de citocininas deverão ser mais altos.

Uma vez multiplicado em número suficiente, o material é transferido para meio livre de citocinina para formação de raízes adventícias. O ácido indol-3-butírico (AIB) é o tipo de auxina tipicamente utilizada nesta fase.

A luz e baixas temperaturas geralmente têm efeito negativo sobre a formação de raízes. Plântulas mantidas no escuro (estioladas) enraízam com maior facilidade que as crescidas diretamente na luz (HARTMANN et al., 1997). O estiolamento causa uma série de modificações anatômicas e fisiológicas, como a redução das fibras do floema, a promoção do alongamento da parede celular e o aumento dos tecidos indiferenciados do parênquima.

No caso da macieira, há uma tendência cada vez maior de promover o enraizamento *in vivo*. Logo após a fase de multiplicação, os explantes são tratados com hormônios de enraizamento (auxinas) e então transferidos diretamente para bandejas com substrato comercial, de preferência casca de pinus, areia, turfa, etc. e tratados da mesma forma de quando propagados através de estacas vegetativas. As principais auxinas utilizadas para o enraizamento de estacas são o ácido indolacético – AIA, o ácido indolbutírico (AIB) e o ácido naftalenoacético (ANA). Podem ser observadas respostas diferenciadas entre esses

fitorreguladores no enraizamento de estacas de mesmo porta-enxerto (PASQUAL; ISHIDA, 1994; CASTELI, 1986; SONI et al., 2011). Segundo Soni et al. (2011), esta resposta pode ser justificada pela idade diferenciada do material propagativo, que pode apresentar sensibilidade diferenciada aos reguladores de crescimento quanto ao enraizamento.

O enraizamento *in vitro* é seguido da aclimação das plantas, que consiste na transferência das plantas das condições *in vitro* para o substrato, de modo a conferir certa tolerância ao estresse hídrico, resistência a certos patógenos e converter a planta de um estágio heterotrófico para autotrófico (SONI et al., 2011). A aclimação das plântulas é considerado o último processo da micropropagação, e dependendo da cultura, seja o processo mais difícil devido à percentagem de sobrevivência. Nesta fase, as plântulas são transferidas para a casa de vegetação, equipada com sistema de nebulização para evitar o ressecamento. Devido à variabilidade em tamanho das plântulas de porta-enxertos, recomenda-se classificar as mesmas para obtenção de uniformização dos matrizeiros. Plantas de macieira propagadas em meio de cultura podem ser de grande vantagem no estabelecimento de matrizeiros devido apresentarem maior vigor de plântulas (Figura 2).

d) *Enxertia*

A enxertia é o processo pelo qual se produz a muda de macieira e que consiste na união do porta-enxerto com o material copa. Existem vários usos para enxertia, na agricultura, incluindo propagação de plantas. Mediante o uso da enxertia é possível propagar o mesmo genótipo, obtendo clones da planta-matriz. Dentre as vantagens do uso da enxertia na propagação de plantas, insere-se a redução significativa do porte das árvores, pela possibilidade de unir um porta-enxerto de menor vigor com determinada cultivar-copa, obtendo-se plantas de menor vigor e estatura (MELNYK; MEYEROWITZ, 2015). Além disso, a enxertia pode evitar ou minimizar o período de juvenildade, em que propágulos de plantas adultas, enxertadas em porta-enxertos juvenis, irão manter seu estado adulto e a capacidade de produzir frutos.

Embora sejam muitas as formas de realizar enxertia, na macieira, comercialmente, são utilizadas a enxertia de garfagem e a enxertia de borbulha, sendo a primeira a mais utilizada.

Garfagem - A enxertia de garfagem pode ser realizada no local definitivo do viveiro, caso os porta-enxertos tenham sido transplantados ou de mesa, que consiste em arrancar o porta-enxerto, podendo a mesma ser feita em galpões, o que tem a vantagem

de não depender das condições climáticas. Os garfos devem ter 3 gemas ou um comprimento de 5 a 8 cm, com o corte na parte superior, logo acima da última gema. O método de garfagem utilizado é o dupla fenda (Figura). A enxertia de garfagem é realizada durante o período de dormência. Preferencialmente, devem-se utilizar o porta-enxerto e garfos do mesmo diâmetro; porém, se houver diferença de diâmetro, o importante é que um dos lados esteja em contato com a casca (figura). Após a enxertia, deve-se amarrar, preferencialmente, com fita biodegradável; caso seja utilizada fita plástica, ela deve ser retirada após a muda atingir 30 a 40 cm de altura.

A Borbulhia, normalmente, é realizada no período vegetativo, sendo realizada diretamente no viveiro. É utilizada para aproveitamento dos porta-enxertos que, no inverno, não atingiram diâmetro para a enxertia de garfagem, sendo reenvidados, para posterior enxertia de bobulhia. A enxertia de borbulhia pode ser classificada em vegetativa e dormente. A vegetativa é quando se realiza no final da primavera e início do verão, e após 15 a 20 dias corta-se o porta-enxerto acima da gema enxertada, fazendo com que a gema inicie seu desenvolvimento. A borbulhia dormente é realizada no início do outono, mantendo-se a gema dormente durante o inverno, sendo que o corte do porta-enxerto só será cortado no final do inverno a início da primavera. O método de enxertia de borbulhia utilizado na macieira é o T normal ou o T invertido, sendo que, em regiões chuvosas, a borbulhia em T invertido tem a vantagem de evitar a penetração de água no ponto de enxertia, o que viria a comprometer o processo de cicatrização (LEITE et. al., 2002).

e) *Interenxertia*

A redução do porte final da planta pode ser obtida através do uso de um interenxerto ananicante entre o porta-enxerto vigoroso e a cultivar-copa. Esta é uma técnica que, em regra, tem o objetivo de diminuir o vigor das plantas, de aumentar a eficiência produtiva e de melhorar as qualidades das frutas (MARCON FILHO et al., 2009).

O interenxerto é uma técnica utilizada para reduzir o vigor de porta-enxertos vigorosos e consiste em colocar uma estaca de porta-enxerto-anão entre o porta-enxerto e a cultivar-copa. Além de reduzir o vigor, esta técnica é utilizada para aproveitar algumas características interessantes do porta-enxerto, como a resistência a pragas e doenças, para antecipar a entrada em frutificação, melhorar a qualidade dos frutos, facilitar o manejo das plantas, aproveitar o sistema radicular mais desenvolvido e possibilitar o plantio em alta densidade sem a utilização de sistema

de sustentação.

Normalmente, a interenxertia é utilizada com porta-enxertos vigorosos, como o Marubacaido, porém pode ser utilizada com os porta-enxertos semivigorosos, como o M-7, MM-111, entre outros. O interenxerto utilizado é o M-9. É citado o M-26 com possibilidade de uso, porém apresenta o inconveniente de desenvolver muitos *burrknots*, vigor superior ao M-9 e mostrar maior variabilidade no tamanho das plantas.

A redução do vigor depende do comprimento do interenxerto, onde quanto maior mais influência tem na diminuição do tamanho da planta. Sobre o porta-enxerto Marubacaido, estaca de M-9 de 20 cm tem mostrado bons resultados. Interenxerto acima de 20 cm tem o inconveniente de favorecer a emissão de rebrotes, que tornam as plantas vulneráveis à quebra.

No plantio, deve-se ter o cuidado de evitar que as raízes fiquem voltadas para cima, com o que favorece a emissão do rebrotes do porta-enxerto. O interenxerto deve ficar próximo do nível do solo, porém não deve ser enterrado, evitando-se seu enraizamento.

O interenxerto é uma técnica utilizada para reduzir o vigor de porta-enxertos vigorosos e consiste em colocar uma estaca de porta-enxerto anão entre o porta-enxerto e a cultivar. Além de reduzir o vigor, essa técnica é utilizada para aproveitar algumas características interessantes do porta-enxerto, como a resistência a pragas e doenças, antecipar a entrada em frutificação, melhorar a qualidade dos frutos, facilitar o manejo das plantas, aproveitar o sistema radicular mais desenvolvido e possibilitar o plantio em alta densidade, sem a utilização de sistema de sustentação.

Normalmente, é utilizada com porta-enxertos vigorosos, como o Marubacaido, porém pode ser utilizada com os porta-enxertos semivigorosos, como o M-7, MM-111, entre outros. O interenxerto utilizado de maior utilização comercial no Brasil é o 'M-9'. É citado o 'M-26' com possibilidade de uso, porém apresenta o inconveniente de desenvolver muitos *burrknots*, vigor superior ao M-9 e mostrar maior variabilidade no tamanho das plantas.

A redução do vigor depende do comprimento do interenxerto, onde quanto maior mais influência tem na diminuição do tamanho da planta. O uso de estacas de M-9 de 20 cm sobre o porta-enxerto Marubacaido tem mostrado bons resultados. Interenxerto acima de 20 cm tem o inconveniente de favorecer a emissão de rebrotes, que tornam as plantas vulneráveis à quebra no ponto de enxertia.

PORTA-ENXERTOS PARA A CULTURA DA MACIEIRA

O uso de porta-enxertos na cultura da macieira teve seu início há 2.000 anos, na região central e leste da Ásia, sendo estes exclusivamente de origem seminal e desconhecida (WEBSTER, 1997; WEBSTER; WERTHEIM, 2003). Os primeiros porta-enxertos clonais foram originários de seleções destas plantas de origem desconhecida.

O uso do porta-enxerto é o método mais eficiente e de menor custo para controlar o vigor e manter sob controle a cultivar-copa da macieira e para manter a eficiência produtiva. Das fruteiras de clima temperado, a macieira é a que dispõe de maior variabilidade de porta-enxertos, sendo utilizados amplamente nos cultivos comerciais. O porta-enxerto produz vários efeitos nas cultivares enxertadas, dentre os quais se destacam o vigor, a floração, a frutificação, a qualidade do fruto, a longevidade, a adaptação às condições climáticas e do solo, além de tolerância a certas doenças.

Graças ao trabalho de melhoramento genético que, no início do século XIX, a macieira conta com um grande número de porta-enxertos clonais, muito difundidos em todas as regiões produtoras. Diante da variabilidade existente, é importante conhecer as características agrônômicas mais relevantes que devem ser levadas em consideração na escolha do porta-enxerto. Entre as principais características, destacam-se:

Controle de vigor – considerando um planta de semente com o máximo vigor (100%), esta característica poderá variar em até 20% do vigor máximo. É muito importante para determinar a densidade de plantio.

Entrada em frutificação – deve-se buscar uma rápida entrada em frutificação, o que é fundamental para os plantios em alta densidade.

Estabilidade na produção – produção constante, sem alternância de produção.

Qualidade da fruta – relacionada ao tamanho, coloração e época de maturação.

Resistência a doenças e pragas – para as condições do Brasil, é fundamental a resistência a *Phytophthora cactorum* e pulgão-lanígero (*Eriosoma lanigerum*). Esta característica ganha importância quando se pensa em produção integrada, que restringe o uso de determinados fungicidas e inseticidas.

Emissão de rebrotes – é um fator prejudicial, principalmente em plantios em alta densidade.

Sistema radicular – deve-se buscar um porta-enxerto com abundante sistema radicular, preferencialmente profundo e bem distribuído.

Capacidade de absorção de nutrientes – para as condições do Brasil, devem-se buscar porta-enxertos com boa capacidade de absorção de cálcio.

Distúrbio fisiológico Burrknots - Burrknots é uma desordem fisiológica que origina a formação de raízes aéreas, podendo ocorrer tanto na cultivar-copa como nos porta-enxertos. Os sintomas dessa desordem começam como pequenas verrugas de cor creme, próximas ao ponto de enxertia ou ao longo das ramificações do tronco, principalmente em locais sombreados e úmidos, e posteriormente, com o envelhecimento, essas verrugas rompem-se, formando um grande número de raízes na parte aérea, e em contato com o solo, essas raízes aéreas são capazes de se tornarem raízes funcionais (normais). Os locais preferidos para o desenvolvimento dos *burrknots* são as zonas ricas em amido, razão pela qual são mais frequentes próximos ao ponto de enxertia.

A ocorrência de *burrknots* é peculiar à constituição genética da cultivar, não sendo decorrente da infecção por agentes biológicos (KUDELA et al., 2009). Os porta-enxertos diferem quanto ao grau de sensibilidade a esta desordem, sendo bastante acentuado nos porta-enxertos MM-111, MM-106, M-7 e M-26. Com o aparecimento das raízes aéreas próximas ao ponto de enxertia, há uma descontinuidade na circulação da seiva, provocando enfraquecimento e desuniformidade das plantas. O local pode servir de abrigo para o pulgão-lanígero (*Eriosoma lanigerum*) e propício à infecção para a podridão-do-colo (*Phytophthora cactorum*).

A presença do *burrknots* está relacionada à constituição genética, assim não existem formas de controle e, sim, medidas que reduzem seus efeitos. A intensidade de ocorrência de *burrknots* nas plantas é influenciada pelas condições de ambiente, sendo intensificada em resposta à umidade alta, temperaturas baixas e reduzidos níveis de luminosidade (CUMMINS;ALDWINCKLE, 1983). Dessa forma, o uso de porta-enxertos menos suscetíveis à desordem (como o Marubakaido) evita sombreamento ou umidade próxima à região de enxertia, deixa o ponto de enxertia próximo ao nível do solo nos plantios e constitui medidas de prevenção para o aparecimento dessa desordem.

Presença de rebrotes - Rebrotes dos porta-enxertos também podem ser considerados desfavoráveis, pois podem também abrigar determinadas pragas, como pulgão-lanígero. Há diversos graus de sensibilidade entre os diferentes porta-enxertos na emissão de rebrotes, sendo que o M-7 e Marubakaido apresentam grande número de rebrotes. O uso do porta-enxerto Marubakaido com interenxerto de M-9 favorece a emissão de rebrotes. Como medidas para reduzir a formação de rebrotes, deve-se evitar dobrar as raízes no plantio e fazer o plantio mais profundo. A eliminação dos rebrotes deve ser realizada, preferencialmente, durante a fase vegetativa, quando é mais fácil arrancar. Os rebrotes não devem ser cortados ao nível do solo, devendo-se cortar ou arrancar na base da inserção para evitar novos rebrotes.

Replântio - A macieira pode ser sensível ao plantio em locais onde havia pomares de macieira anteriormente. Em condições de replântio, há menos desenvolvimento de plantas e desuniformidade em seu crescimento. Como medidas para reduzir os efeitos do problema do replântio, deve-se manter o solo com cultivo de gramíneas por dois anos após o arranquio do pomar de macieira, fazer um bom preparo de solo, utilizar de mudas de boa qualidade e evitar o desponte das mudas no plantio. O porta-enxerto Marubakaido ou o Marubakaido com interenxerto de M-9 é menos sensível ao problema de replântio, permitindo seu plantio no mesmo ano em que o pomar for erradicado. O porta-enxerto MM-106 destaca-se pela grande sensibilidade ao problema de desenvolvimento em condições de replântio. Recentemente, a série CG mostra tolerância às doenças de replântio (KVIKLYS et al., 2016).

Compatibilidade da enxertia com cultivares-copa - A maioria dos porta-enxertos são compatíveis com as diferentes cultivares de macieira. Isto se deve ao fato de que os porta-enxertos pertencem à mesma espécie (*Malus domestica*). Quando outras espécies de *Malus* são utilizadas como porta-enxertos, podem ser observados problemas de incompatibilidade (WERTHEIM, 1998).

A diferença de crescimento na união do enxerto, comum em porta-enxertos anões, como M-9, não é um sintoma de incompatibilidade, mas, sim, característica da combinação com algumas cultivares. Esta diferença de crescimento não traz problemas se for utilizado suporte, evitando a quebra no ponto de enxertia.

Descrição dos principais porta-enxertos

No caso da macieira, a disponibilidade de porta-enxertos é muito grande, sendo normalmente agrupados em séries de origem, com grandes diferenças em suas características em uma mesma série. O controle de vigor é considerado a característica mais importante, e também uma das formas mais utilizadas para a classificação. Para fins de simplificação, será apresentada em cinco categorias: vigorosos, semivigorosos, semianões, anões e muito anões.

Os porta-enxertos vigorosos apresentam acima de 90% de vigor estabelecido para uma planta proveniente de semente. Com o desenvolvimento da fruticultura com novos sistemas de plantio, devido ao grande desenvolvimento e à falta de precocidade que confere à macieira seu uso está sendo restringido a situações de solos de baixa fertilidade e algumas situações de replântio com porta-enxertos que sejam resistentes à *Phytophthora* spp. Os porta-enxertos semivigorosos apresentam de 80 a 85% de vigor de plantas provenientes de sementes. Não se adaptam a plantios em alta densidade, porém alguns apresentam algumas características interessantes em relação à resistência a pragas e doenças.

Porta-enxertos caracterizados como semianões apresentam 50 a 70 % do vigor de plantas provenientes de sementes, sendo os mais plantados no Brasil quando do início do cultivo da macieira, pois em geral induzem precocidade e grande eficiência produtiva, o que contribui para controlar o crescimento vegetativo. Já os porta-enxertos anões apresentam de 25 a 40% do vigor de plantas provenientes de sementes. Adaptam-se aos novos sistemas de plantio em alta densidade, com mais de 2.500 plantas por ha. Necessitam de sistemas de apoio, pois em geral seu sistema radicular é superficial. Induzem precocidade à produção, alta produtividade e qualidade da fruta. Os porta-enxertos anões sofrem mais os efeitos de víruses, para o que se deve ter o cuidado de só utilizá-los com a garantia de que sejam livres de vírus. Em geral, antecipam a maturação dos frutos e não são recomendados para cultivares do tipo *spur*.

Porta-enxertos classificados como muito anões apresentam de 15 a 20% do vigor de plantas proveniente de sementes. Induzem precocidade na produção e adiantam a maturação. Por serem recentes, os plantios comerciais são poucos, sendo que, no Brasil, não têm sido plantados. Poderá, nos próximos anos, mostrar interesse em plantios em densidades maiores que as utilizadas atualmente.

Deve-se considerar que o vigor da macieira poderá apresentar variações, pois outros fatores,

como fertilidade do solo, radiação solar, vigor e hábito vegetativo da cultivar, carga de frutos, fatores climáticos e o vigor do porta-enxerto é que determinarão o vigor final das árvores.

Embora os porta-enxertos da série M e MM sejam os mais difundidos em nível internacional e também no Brasil, outras séries têm sido desenvolvidas, embora sejam poucos os que até agora estejam amplamente difundidos em nível comercial. A Tabela 1 mostra as diversas séries de porta-enxertos de macieira obtidos e com maior potencial de uso comercial no futuro.

Alguns dos mais importantes lançamentos atuais de porta-enxertos para macieira são provenientes da Universidade de Cornell, em Geneva, nos Estados Unidos. Em 1968, James Cummins e Herb Aldwinckle iniciaram um programa de cruzamento e seleção de porta-enxertos resistentes ao fogo-bacteriano e à podridão-de-raízes. Estas seleções de porta-enxertos receberam então o nome de série 'CG' (Cornell-Geneva). Uma vez lançados comercialmente, os porta-enxertos são renomeados apenas para Geneva™ (G) (ex. G.202; G.41).

Atualmente, as principais características da maioria dos porta-enxertos da série Geneva são a resistência a doenças, como o fogo-bacteriano, podridão-de-raízes (*Phytophthora*), doenças de replantio, resistência ao pulgão-lanígero, redução de vigor e resistência ao frio hibernal (FAZIO et al., 2015).

Um dos maiores desafios em relação à série Geneva tem sido a forma de propagação devido à baixa performance de enraizamento. Apesar do alto custo, a cultura de tecido tem sido utilizada com grande sucesso, principalmente para viveiristas que desejam estabelecer um novo matrizeiro. Vários viveiristas nos Estados Unidos estão dando mais atenção à propagação por estaquia semilenhosa/vegetativa, e os resultados têm sido satisfatórios.

Os porta-enxertos Geneva lançados e mais conhecidos no mercado americano e internacional são, por ordem crescente de vigor: G.65 – vigor comparado ao M.27; G.11, G.41, G.16, G.213, G.214 e G.814 – vigor comparado ao M.9; G.935, G.222 e G.202 – vigor comparado ao M.26; e G.969, G.30, G.210 e G. 890 – vigor comparado ao M.7 e MM 106 (FAZIO et al., 2013). Dentre estes, estão sendo avaliados no Brasil os porta-enxertos G.202, G.213, G. 214 e G.814.

CULTIVARES-COPA DESCRIÇÃO, SITUAÇÃO ATUAL E TENDÊNCIAS

A cultura da macieira passou por uma profunda renovação tecnológica no mundo, no que diz respeito ao tema cultivares-copa. As cultivares tradicionais do grupo Delicious e Golden diminuíram progressivamente, embora ainda dominem no maior percentual do mercado internacional. No Brasil, por ser uma cultura relativamente nova, o cultivo tem por base as cultivares Gala e Fuji. Amplas descrições e origem de cultivares de macieira têm sido publicadas e, nos últimos anos, foi introduzido no mercado mundial um grande número de cultivares procedentes de diversos países, porém sua implantação no comércio mundial é lento e, muitas vezes, não atinge a expectativa desejada. Os trabalhos de melhoramento genético são intensos, e novas cultivares estão sendo lançadas. É comum na cultura da macieira ocorrer, com frequência, mutações somáticas que são selecionadas pela coloração das frutas, hábito de crescimento compacto e época de maturação das frutas. Estas são introduzidas no mercado com maior facilidade.

Em razão de as principais regiões produtoras de maçã no Brasil serem caracterizadas pelo acúmulo de frio hibernal insuficiente para a superação natural da dormência, características relacionadas à adaptação das plantas às condições de cultivo são extremamente importantes para obtenção de altas produtividades ao longo dos anos. Além de características intrínsecas às plantas, é importante que os frutos produzidos disponham de características para alta capacidade de conservação pós-colheita, resistência ao manuseio e transporte, e que possuam características organolépticas demandadas pelo consumidor, e com maior recobrimento da coloração vermelha na película dos frutos.

Considerando que o sistema brasileiro de produção de maçãs é baseado no cultivo de clones de macieiras dos grupos Gala e Fuji, segue a descrição dos principais clones quanto à coloração dos frutos (Tabelas 2 e 3).

PRODUÇÃO DE MUDAS DE MACIEIRA

Para a produção comercial de mudas de macieira, é importante dispor-se de material propagativo de qualidade morfofisiológica e fitossanitária, a fim de potencializar a eficiência propagativa, assim como a qualidade final das mudas produzidas. Para tanto, a seleção de plantas-matrizes e a formação de matrizeiros é uma das principais etapas na propagação comercial da macieira.

As plantas das quais são retirados o porta-enxerto e o enxerto para propagação vegetativa são chamadas de plantas-matrizes e deverão ser plantas as que mantenham as características genéticas da cultivar e a fitossanidade, principalmente quanto à isenção de vírus, fungos de solo e pragas. As plantas-matrizes devem ser registradas no órgão fiscalizador de mudas e serem originárias preferencialmente de instituição oficial. As plantas-matrizes devem ser renovadas visando a manter a qualidade e, sobretudo, para manter sua identidade genética e a pureza varietal.

O material de propagação deverá ser coletado de plantas-matrizes identificadas, coletando-se de ramos lignificados, eliminando-se o terço médio superior dos ramos. Os porta-enxertos devem ser arrancados do matrizeiro no final do outono e início do inverno. Todo material propagativo deve ser mantido ao abrigo do sol, evitando-se a dessecação. Recomenda-se manter o material de enxertia (porta-enxertos e ramos da cultivar-copa) em ambiente refrigerado (4 a 6°C, umidade relativa superior a 80%), por um período de 15 a 30 dias para favorecer a brotação e o crescimento das mudas, a fim de atender às necessidades fisiológicas em frio para a superação da dormência de gemas, característica de frutíferas de clima temperado. Além da qualidade do material propagativo, deve-se tomar atenção quanto ao local onde ocorrerá a produção das mudas. O viveiro deverá estar localizado distante de pomares de macieira, no intuito de minimizar riscos de contaminação e disseminação de pragas e doenças.

Quanto ao tipo de mudas de macieira produzidas, estas podem ser classificadas em mudas do tipo 'vara lisa' e mudas pré-formadas. As mudas do tipo 'vara lisa' são as plantas que não desenvolvem ramificações laterais no viveiro, consistindo em uma haste única. Normalmente, tal modalidade de mudas possui no máximo 18 meses da enxertia de borbulha e 14 meses para a enxertia de garfagem, apresentando diâmetro mínimo de 1,2 a 1,5 cm medido a 5 cm do ponto de enxertia, altura de 1,2 m a 1,5 m, dependendo do porta-enxerto, com haste enraizada com cerca de 10 a 15 cm.

As mudas do tipo pré-formada são plantas que já dispõem de 4 a 8 ramificações laterais no momento do plantio (Figura 3). A principal vantagem das mudas pré-formadas são a antecipação em frutificação e a formação da estrutura produtiva das plantas, facilitando operações de arqueamento de ramos após a instalação do pomar. Contudo, a indução e a formação de ramificações laterais no viveiro não ocorrem naturalmente, demandando a utilização de práticas culturais como incisões

anelares e uso de fitorreguladores, além de ser extremamente influenciada pelo porta-enxerto e pela cultivar-copa propagados.

A utilização de fitorreguladores tem sido a principal estratégia utilizada na formação de mudas pré-formadas. Tanto citocininas como giberelinas podem induzir a formação de ramificações como resultado do estímulo de crescimento de esporões em mudas de macieira (GREENE et al., 2016). A benziladenina, fitorregulador com ação de citocinina comumente utilizada no raleio químico de pereiras e macieiras (MILIĆ et al., 2012; SCHRÖDER et al., 2013; BOUND et al., 2015), quando utilizada isoladamente ou em combinação com giberelinas (GA_3 e GA_{4+7}), em múltiplas aplicações, aumenta a formação de ramificações laterais (GREENE; MILLER, 1984; ROBINSON et al., 2014; GREENE et al., 2016).

O número de ramos formados e o ângulo dos mesmos estão associados ao tipo e à frequência do regulador de crescimento utilizado (JACYNA, 2002). Ressalta-se que a qualidade da muda é o resultado do número, comprimento, do ângulo de inserção, da distribuição dos ramos e do diâmetro dos mesmos. Com estes atributos de uma muda, o pomar poderá ter sua primeira produção já no segundo ano, com benefícios econômicos significativos no uso de mudas pré-formadas.

Na produção de mudas pré-formadas de macieira, é utilizada Promalin (benzilandenina + GA_{4+7}) ou Maxcel (benziladenina) de 250 a 500 mg L⁻¹. Os fitorreguladores são aplicados na altura desejada da emissão dos ramos, sendo que deverá ser repetido o tratamento à medida que ocorra novo crescimento e se desejem novos ramos laterais. Com isto, é possível formar a muda com 4 a 8 ramos laterais. Esta prática também pode ser utilizada no primeiro e segundo anos após o plantio, quando os ramos laterais apresentarem de 5 a 10 cm de comprimento, visando à antecipação da emissão de ramos laterais e, conseqüentemente, a reduzir a dominância apical dos ramos, antecipando a entrada em frutificação. Trabalhos de Elfving e Visser (2005) e Sazo e Robinson (2011) indicam a possibilidade de uso das ciclanilidas na macieira, que interfere no transporte das auxinas, propiciando o desenvolvimento de ramos laterais aos ramos em crescimento, no viveiro ou no pomar.



FIGURA 1- Estacas de porta-enxerto de macieira preparadas para serem emergidas na solução com ácido indolbutírico, almejando-se seu enraizamento.



FIGURA 2 - Planta micropopagada de macieira.



FIGURA 3-Plantio comercial de macieiras utilizando mudas pré-formadas.

TABELA 1 – Produção de porta-enxertos enraizados no sistema de mergulhia de cepa, por matriz.

Porta-enxerto	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano	6º ano	7º ano	8º ano
M – 106	2	4	4	9	11	10	13
M – 111	3	5	7	11	10	8	12
M – 25	2	5	8	12	12	9	11

Fonte: INRA, Angers

TABELA 1- Porta-enxertos de macieira das diversas séries de maior importância em nível mundial.

Série	Clones mais importantes	Origem
M	M-27, M-9, M-26, M-7, M-25	Inglaterra
MM	MM-106, MM-111	Inglaterra
MAC	Mark-9, Mark-24	Estados Unidos
P	P-1, P-2, P-18, P-22, P-16	Polônia
Budagovski	Bud-9, Bud-490, Bud491, Bud-29	Rússia
C.G.	Novole, CG10, CG24, CG44, CG 60, CG 80	Estados Unidos
Ottawa	Ottawa 3, Ottawa 8	Canadá
Jork	Jork 9	
JM	JM 7, JM 8	Japão
MI	MI 793	Inglaterra
Clones M-9	M-9 EMLA	Diversas
Marubakaido	Maruba	Japão
Outros	Nicolai 29 (NIC 29)	França
	Bemali	Suíça
	Pajan 1	França
	Pajan 2	França

TABELA 2- Principais clones da cultivar Gala e respectivas características de coloração da epiderme dos frutos.

Clone	Origem	Coloração dos frutos
Royal Gala	Nova Zelândia	Vermelho rajado, com maior área vermelha do que a cultivar standart
Imperial Gala	Nova Zelândia	Vermelho rajado, com vermelho mais escuro que à Royal Gala e rajado menos visível
Galaxy	Nova Zelândia	Vermelho rajado
Mondial Gala	Nova Zelândia	Vermelho rajado, porém com o rajado não muito pronunciado
Baigent	Nova Zelândia	Vermelho rajado, a cor vermelha aparece precoce e o rajado é saliente
Tenroy	Nova Zelândia	Vermelho rajado, semelhante a Royal Gala, porém mais uniforme
Regal Gala	Nova Zelândia	Vermelho sólido e sem rajado
Gala Must	Nova Zelândia	Vermelho rajado
Lisgala	Brasil	Vermelho sólido
Red Gala	Brasil	Vermelho sólido

TABELA 3- Principais clones da cultivar Fuji e respectivas características de coloração da epiderme dos frutos.

Clone	Origem	Coloração dos frutos
Fuji Suprema	Brasil	Vermelho escuro, semirrajado
Kiku 8	Itália	Vermelho rajado
Fuji 1	Japão	Vermelho não rajado, forma achatada
Nagafu 2	Japão	Vermelho não rajado, forma achatada
Nagafu 6	Japão	Vermelho rajado
Nagafu 12	Japão	Vermelho semirrajado
Akifu 1	Japão	Vermelho rajado
Akifu 4	Japão	Vermelho rajado
Fuji Irradiada	Japão	Vermelho claro rajado
Mori Hofu 1	Japão	
Red Fuji	USA	Vermelho semirrajado
Yataka	Japão	Vermelho rajado, maturação precoce
Fuji Spur	Japão	não rajado, frutos de forma mais achatada e planta de hábito spur

REFERÊNCIAS

- BOUND, S.A. Optimising crop load and fruit quality of ‘Packham’s Triumph’ pear with ammonium thiosulfate, ethephon and 6-benzyladenine. *Scientia Horticulturae*, New York, v.192, p.187–196, 2015.
- CASTELLI, S.; LEVA, A.R.; ECCHER, T.; TNXERNIZZI, B. Comparative response of standard and spur apple cultivars to growth regulators in the *in vitro* culture. *Acta Horticulturae*, The Hague, v.179, p.875-876, 1986.
- CUMMINS, J.N.; ALDWINCKLE, H.S. Breeding apple rootstocks. In: JANICK, J. *Plant breeding reviews*. Westport: AVI, 1983. p.294-394.
- DENNIS, F.J. Dormancy – What you know (and don’t know). *HortScience*, Alexandria, v.29, p.1249-1255. 1994.
- DOBRÁNSZKI, J.; SILVA, J.A.T. Micropropagation of apple - A review. *Biotechnology Advances*, New York, v.28, p.462–488, 2010.
- ELFVING, D.C.; VISSER, D.B. Cyclanilide induces lateral branches in apple trees. *HortScience*, Alexandria, v.40, n.1, p.119-122, 2005.
- FAZIO, G.; ALDWINCKLE, H.; ROBINSON, T. Unique characteristics of Geneva apple rootstocks. *New York State Fruit Quarterly*, Rochester, v.1, n. 2, p.25-28, 2013.
- FAZIO, G.; ROBINSON, T.L.; ALDWINCKLE, H.S. The Geneva apple rootstock breeding program. *Plant Breeding Reviews*, Medford, v.39, p.379-424, 2015.
- GREENE, D.W.; MILLER, P. Effect of benzyladenine, MB 25105, notching and daminozide plus ethephon on growth and branching of Starkrimson delicious apple. *Proceedings of Plant Growth Regulation Society of America*, LaGrange, v.11, p.276, 1984.
- GREENE, D.W.; CROVETTI, A.J.; PIENAAR, J. Development of 6-Benzyladenine as an apple thinner. *Hortscience*, Alexandria, v.51, n.12, p.1448-1451, 2016.
- HARTMANN H.T.; KESTER D.E.; DAVIES F.T. JR.; GENEVE R.G. *Plant propagation: principles and practices*. 6th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997.
- HOWARD, B.H. Propagation. In: ROM, R.C.; CARLSON, R.F. *Rootstocks for fruit crops*. Madison: Wiley Interscience, 1987. p.29-78.
- JACYNA, T. Factors influencing lateral-branch formation in woody plant. *Acta Agrobotanica*, Warszawa, v.55, p.2–25, 2002.
- KUDELA, V.; KREJZAR1, V.; KUNDU, J.K.; PÁNKOVÁ, I.; ACKERMANN, P. Apple *burrknots* involved in trunk canker initiation and dying of young trees. *Plant Protection Science*, Praha, v.45, p.1-11, 2009.
- KVIKLYS, D.; ROBINSON, T.L.; FRAZIO, G. Apple rootstock evaluation for apple replant disease. *Acta Horticulturae*, The Hague, v.1130, p.425-430, 2016.
- LEITE, G.B.; FINARDI, L.F.; FORTES, G.R.L. Propagação da macieira. In: EPAGRI. *Manual da cultura da macieira*. Florianópolis, 2002. p.299-333.
- MARCON FILHO, J.L.; RUFATO, L.; RUFATO, A.R.; KRETZSCHMAR, A.A.; ZANCAN, C. Aspectos produtivos e vegetativos de macieiras cv. Imperial Gala interenxertadas com EM-9. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.31, n.3, p.784-791, 2009.
- MILIĆ, B.; ČABILOVSKI, R.; KESEROVIĆ, Z.; MANOJLOVIĆ, M.; DORIĆ, M. Nitrogen fertilization and chemical thinning with 6-benzyladenine affect fruit set and quality of golden delicious apples. *Scientia Horticulturae*, New York, v.140, p.81-86, 2012.
- OLIVEIRA, R.P.; NINO, A.F.P.; NICKEL, O. Limpeza de patógenos e propagação *in vitro* de cultivares de pereira. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. (Comunicado Técnico, 104)
- PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J.; RAMOS, J. D.; VALE, M. R. do; SILVA, C. R. de R. *Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 137 p.
- PASQUAL, M.; ISHIDA, J.S. Effect of growth regulators on *in vitro* proliferation of shoots in apple rootstock M.I. 793. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v.39, p.384-390, 1994.

- ROBINSON, T.L., BLACK, B.; COWGILL, W. Use of multiple applications of maxcel and promalin to produce feathered trees. *Compact Fruit Tree*, East Lansing, v. 47, n.1, p.23-28, 2014.
- SABIN, D. Propagation of clonal rootstocks by hardwood cuttings. *International Plant Propagators' Society*, v.33, p.36-39, 1983.
- SAZO, M.M.; ROBINSON, T.L. The use of plant growth regulators for branching of nursery trees in NY state. *New York Fruit Quarterly*, Rochester, v. 19, n. 2, p. 5-9, 2011.
- SCHRÖDER, M.; LINK, H.; BANGERTH, K.F. Correlative polar auxin transport to explain the thinning mode of action of benzyladenine on apple. *Scientia Horticulturae*, New York, v.153, p.84-92, 2013.
- SONI, M.; THAKUR, M.; MODGIL, M. In vitro multiplication of Merton I. 793: An apple rootstock suitable for replantation. *Indian Journal of Biotechnology*, New Delhi, v. 10, p. 362-368, 2011.
- WERTHEIM, S.J.; WEBSTER, A.D. Propagation and nursery tree quality. In: FERREE, D.C.; WARRINGTON, J.J. (Ed.). *Apples: botany, production and uses*. Cambridge: CABI Publishing, 2003.