

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

CRESCIMENTO INICIAL DE MACIEIRAS EM SISTEMA BIDIMENSIONAL SOB
INFLUÊNCIA DE PORTA-ENXERTOS E FITORREGULADORES

Eduarda Dorigatti Gargioni
Engenheira Agrônoma/UFRGS

Dissertação apresentada com um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Área de Concentração Sistemas de Produção Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Setembro de 2023

CIP - Catalogação na Publicação

Gargioni, Eduarda Dorigatti
Crescimento inicial de macieiras em sistema
bidimensional sob influência de porta-enxertos e
fitorreguladores / Eduarda Dorigatti Gargioni. --
2023.
124 f.
Orientador: Gilmar Arduino Bettio Marodin.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2023.

1. Malus domestica Borkh.. 2. formação de plantas.
3. sistema de condução. 4. porta-enxertos Geneva. 5.
indutores de brotação. I. Marodin, Gilmar Arduino
Bettio, orient. II. Título.

EDUARDA DORIGATTI GARGIONI
Engenheira Agrônoma - UFRGS

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 21.09.2023
Pela Banca Examinadora

GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN
Orientador(a)
PPG em Fitotecnia/UFRGS

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA
PPG em Fitotecnia/UFRGS

FERNANDO JOSÉ HAWERROTH
Embrapa Uva e Vinho

BRUNO CARRA
INIA Las Brujas

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e incentivo à geração de pesquisa e tecnologia nacionais.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Faculdade de Agronomia, por possibilitar o desenvolvimento da ciência e da educação com excelência. Ao Professor Doutor Gilmar Arduino Bettio Marodin pela confiança e oportunidade de ser sua orientada.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Uva e Vinho pelo suporte logístico e pessoal para desenvolvimento das atividades, mas em especial pelo fomento advindo do projeto Embrapa/SEG 20.19.03.066.00.00 - Manejo de pomares de macieira sob tela antigranizo: estratégias para aumento da regularidade produtiva e qualidade da produção. Ao Doutor Fernando José Hawerth por me ensinar a realizar pesquisa agrícola e pelo conhecimento transmitido. A todos os membros do Laboratório de Manejo e Fisiologia da Embrapa Uva e Vinho pelo auxílio em todas as avaliações realizadas nos experimentos.

À Agropecuária Schio pelo fornecimento das mudas e cessão da estrutura dos pomares para a realização de pesquisa.

Meu muito obrigada a todos que colaboraram direta e indiretamente para o desenvolvimento desta dissertação, não seria possível sem o apoio de vocês.

CRESCIMENTO INICIAL DE MACIEIRAS EM SISTEMA BIDIMENSIONAL SOB INFLUÊNCIA DE PORTA-ENXERTOS E FITORREGULADORES¹

Autora: Eduarda Dorigatti Gargioni

Orientador: Prof. Gilmar Arduino Bettio Marodin

RESUMO

A formação inicial de plantas de macieira em sistema de condução bidimensional, com brotação de gemas e ramificações laterais uniformes, é fundamental para o rápido preenchimento dos patamares do sistema. Contudo, porções da haste principal com déficits de brotação e ramificações são recorrentes, acarretando falhas no preenchimento do ‘muro frutal’. Para minimizar o problema, duas alternativas de manejo podem ser adotadas: porta-enxertos mais adaptados ao sistema e uso mais assertivo de fitorreguladores. Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a formação inicial de macieiras sobre distintos porta-enxertos e submetidas a diferentes combinações de indutores de brotação e 6-benziladenina em pomares manejados em sistema de condução bidimensional. Dois experimentos foram conduzidos durante os ciclos 2021/22 e 2022/23 em pomar comercial irrigado em Monte Alegre dos Campos (RS), com mudas de vara lisa de ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ transplantadas em outubro de 2021. No primeiro experimento avaliou-se os porta-enxertos: G.202, G.210, G.213, G.214, G.814, G.969, M.9 (T337), M.9 (Nic29) e Marubakaido/M.9. Enquanto o segundo experimento, sobre o porta-enxerto G.213, consistiu em sete diferentes combinações de cianamida hidrogenada, 6-benziladenina (6-BA) e Erger[®], associados a óleo mineral. Os materiais ‘G.202’, ‘G.210’, ‘G.814’ e ‘M.9’ (Nic29) induziram maior brotação de gemas em macieiras ‘Galaxy’; e, ‘G.202’, ‘G.210’, ‘G.213’, ‘G.814’ e ‘M.9’ (T337) em ‘Fuji Suprema’. O crescimento apical final de plantas e o diâmetro de tronco induzidos por ‘G.210’ e ‘G.814’, em ambos os materiais, foram superiores aos demais. Foi constatado maior crescimento vegetativo nas plantas sobre ‘G.210’, enquanto os clones de ‘M.9’ conferiram menor ramificação tanto em ‘Galaxy’ quanto em ‘Fuji Suprema’. Como consequência do padrão de ramificação, menor preenchimento dos patamares do sistema de condução foi constatado sobre os porta-enxertos mais ananizantes nas duas safras avaliadas. No segundo ciclo, todos os porta-enxertos conferiram baixos níveis de brotação da haste principal na porção superior das plantas. No segundo experimento, os resultados foram semelhantes nas duas cultivares. Os níveis de brotação foram menores na testemunha (sem aplicação) quando comparados aos demais tratamentos avaliados. O uso isolado ou sequencial de 6-BA em gemas dormentes não aumentou a ramificação nem promoveu maior preenchimento do sistema de condução bidimensional. Portanto, visando a rápida ocupação do sistema adotado, os porta-enxertos ‘G.210’ mostra-se como alternativa viável, ao passo que a aplicação de indutores de brotação e 6-BA não propicia maior crescimento ou preenchimento.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (124f.) Setembro, 2023.

INITIAL GROWTH OF APPLE TREES IN A TWO-DIMENSIONAL SYSTEM UNDER THE INFLUENCE OF ROOTSTOCKS AND GROWTH REGULATORS ²

Author: Eduarda Dorigatti Gargioni

Adviser: Prof. Gilmar Arduino Bettio Marodin

ABSTRACT

The initial formation of apple plants in a two-dimensional conduction system, with uniform sprouting and branching, is essential for the fast formation of the system. Although, portions of the main leader with sprouting and branching deficits are recurrent, causing failures filling the space in the fruiting wall. To minimize the problem, two plant management alternatives can be adopted: more suitable rootstocks for the system and more assertive use of plant growth regulators (PGR). Therefore, this work aimed to evaluate the initial formation of apple plants on different rootstocks and subjected to different combinations of PGR in orchards managed in a two-dimensional training system. Two experiments were conducted during the 2021/22 and 2022/23 growing seasons in an irrigated commercial orchard in Monte Alegre dos Campos (RS). ‘Galaxy’ and ‘Fuji Suprema’ apple nursery trees transplanted in October 2021 were used. In the first experiment, nine rootstocks were evaluated: G.202, G.210, G.213, G.214, G.814, G.969, M.9 (T337), M.9 (Nic29) and Marubakaido/M.9. While the second experiment, on the G.213 rootstock, consisted of seven treatments with different combinations of hydrogenated cyanamide, 6-benzyladenine (6-BA) and Erger®, associated with mineral oil. The rootstocks ‘G.202’, ‘G.210’, ‘G.814’ and ‘M.9’ (Nic29) induced highest bud break levels in ‘Galaxy’ apples; and ‘G.202’, ‘G.210’, ‘G.213’, ‘G.814’ and ‘M.9’ (T337) in ‘Fuji Suprema’. Final apical growth and trunk diameter induced by ‘G.210’ and ‘G.814’ were higher than the others in both cultivars. In ‘Galaxy’ and ‘Fuji Suprema’ higher vegetative growth was observed in plants on ‘G.210’, while ‘M.9’ clones induced less branching. Due to the branching pattern imposed by the materials, less branching filling was contacted on the most dwarfing rootstocks in the seasons evaluated. In the second growing season, all rootstocks provided low levels of main leader sprouting in the upper portion of the plants, resulting in portions with sprouting deficit. In the second experiment, the results found in both cultivars were similar. Sprouting levels were lower in the control trees when compared to the other treatments. The use of budbreak promoters in combination with 6-BA in dormant buds was not enough to increase branching or promote higher branching in the two-dimensional training system. Therefore, considering the fast formation of this system, the ‘G.210’ and ‘G.814’ rootstock appear to be a viable alternative, while the application of budbreak promoters was not enough to increase growth and filling level.

² Master dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (124p.) September, 2023.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 A cultura da macieira.....	4
2.1.1 Cultivares.....	5
2.1.2 Porta-enxertos	5
2.2 Sistemas de condução	8
2.3 Dormência e indução de brotação de gemas	10
2.4 Formação de ramos.....	12
2.5 Fitorreguladores.....	15
2.6 Referências bibliográficas	18
3 CAPÍTULO 1 - Caracterização de porta-enxertos para formação de plantas em pomares de macieira em sistema de condução bidimensional	26
3.1 Introdução.....	27
3.2 Material e métodos	28
3.2.1 Atributos vegetativos	30
3.2.2 Atributos produtivos e de qualidade de frutos	33
3.3 Resultados e Discussão.....	35
3.3.1 Atributos vegetativos	35
3.3.2 Atributos produtivos e de qualidade de frutos	69
3.4 Conclusões.....	75
3.5 Referências bibliográficas	75
4 CAPÍTULO 2 - Aplicações sequenciais de fitorreguladores para formação de plantas em pomares de macieira em sistema de condução bidimensional.....	82
4.1 Introdução.....	83
4.2 Material e métodos	84
4.3 Resultados e discussão.....	85
4.4 Conclusões.....	103
4.5 Referências bibliográficas	104
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
6 APÊNDICES	111

RELAÇÃO DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 1

1.	Esquema fatorial adotado para avaliação das variáveis vegetativas, podendo ser simples: porta-enxerto (PE); ou duplo: porta-enxerto e porção de planta (PE x PP), ou porta-enxerto e patamar do sistema de condução (PE x PS). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....	33
2.	Brotação de gemas laterais aos 48 dias após a aplicação de indutores de brotação e 6-benziladenina nas porções basal (PB), mediana basal (PMB), mediana apical (PMA) e apical (PA), bem como em planta total, em mudas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....	36
3.	Número de ramos nas porções mediana basal (PMB), mediana apical (PMA) e apical (PA) em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (16 de dezembro e 19 de janeiro de 2022 e 14 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....	39
4.	Conversão de gemas brotadas em ramos nas porções mediana basal (PMB), mediana apical (PMA) e apical (PA), bem como em planta total, em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao longo do primeiro ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	42
5.	Comprimento médio de ramos nas porções mediana basal (PMB), mediana apical (PMA) e apical (PA) em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (16 de dezembro e 19 de janeiro de 2022 e 14 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....	44
6.	Comprimento total de ramos nas porções mediana basal (PMB), mediana apical (PMA) e apical (PA) em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (16 de dezembro e 19 de janeiro de 2022 e 14 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....	46
7.	Índice de heterogeneidade da brotação lateral de gemas, número total e comprimento médio e total de ramos em plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	51
8.	Índice de heterogeneidade do preenchimento dos patamares (primeiro ao quarto) do sistema de condução bidimensional em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	58

	Página
9. Número de porções da haste principal com déficit de brotação (NPDB), comprimento total das porções da haste principal com déficit de brotação (CTPDB), comprimento médio das porções da haste principal com déficit de brotação (CMPDB) e frequência de plantas com déficit de brotação (FPDB) em plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos no segundo ciclo a campo. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....	61
10. Número e massa de frutos por metro linear, peso médio de fruto e produtividade de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos no segundo ciclo a campo. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....	70
11. Comprimento de frutos, diâmetro de frutos, relação diâmetro/comprimento, firmeza, sólidos solúveis e número de semente por frutos de plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....	74

CAPÍTULO 2

1. Tratamentos avaliados no experimento com misturas de cianamida hidrogenada (CH - produto comercial: Dormex [®]), 6-benziladenina (6-BA - produto comercial: Exilis [®]), Erger [®] e óleo mineral (OM - produto comercial: Agefix [®]). Aplicações sequenciais realizadas em 20 de outubro de 2021 (aplicação 1) e 27 de outubro de 2021 (aplicação 2). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	84
2. Brotação de gemas laterais aos 27 dias após a segunda aplicação de indutores de brotação e 6-benziladenina nas porções basal, mediana basal, mediana apical e apical, bem como na planta total, em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ ao longo do primeiro ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....	86
3. Conversão de gemas brotadas em ramos nas porções mediana basal, mediana apical e apical, bem como em planta total, em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ ao longo do primeiro ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....	91
4. Número, comprimento médio e comprimento total de ramos em plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ submetidas a diferentes aplicações de indutores de brotação e 6-benziladenina ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (15 de dezembro e 17 de janeiro e 8 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	96
5. Índice de heterogeneidade da brotação lateral de gemas, número total de ramos, comprimento médio e total de ramos em plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ submetidas a diferentes aplicações de indutores de brotação e 6-benziladenina. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....	100

RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Sistema de condução bidimensional adotado neste trabalho, com cordões de frutificação duplos até o sexto patamar. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023..... 9

CAPÍTULO 1

1. Delimitação das porções das plantas avaliadas no experimento, as quais foram intituladas como porções basal, mediana basal, mediana apical e apical. Monte Alegre dos Campos, RS, Brasil, 2023.....29
2. Exemplificação de ramos que foram podados no verão de 2023 de acordo com as premissas do sistema de condução bidimensional. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....32
3. Ângulo de inserção de ramos nas porções mediana basal, mediana apical e apical de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.40
4. Número, comprimento médio e comprimento total de ramos em plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos no final do primeiro ciclo das plantas (avaliação em 14 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....48
5. Diâmetro de tronco sobre distintos porta-enxertos e diâmetro de tronco das porções mediana basal, mediana apical e apical de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....52
6. Crescimento apical de plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao longo de cinco datas de avaliação (06 de dezembro de 2021, 19 de janeiro, 14 de março e 20 de junho de 2022 e 19 de julho de 2023). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....53
7. Preenchimento dos patamares (primeiro ao quinto) do sistema de condução bidimensional em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao final do primeiro ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....56
8. Brotação de gemas laterais aos 56 dias após a primeira aplicação de indutores de brotação (avaliação 1) e aos 35 dias após a terceira aplicação de indutores de brotação (avaliação 2) e índice de heterogeneidade de brotação final de gemas laterais na haste principal de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao longo do segundo ciclo a campo. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....59

9.	Número, comprimento médio e comprimento total de ramos podados por metro linear em cada patamar do sistema de condução bidimensional adotado em plantas de macieiras ‘Galaxy’ sobre distintos porta-enxertos no segundo ciclo a campo. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	63
10.	Número, comprimento médio e comprimento total de ramos podados por metro linear em cada patamar do sistema de condução bidimensional adotado em plantas de macieiras ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos no segundo ciclo a campo. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	64
11.	Preenchimento dos patamares (primeiro ao sétimo) do sistema de condução bidimensional em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao final do segundo ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	66
12.	Preenchimento geral do sistema de condução bidimensional em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao final do primeiro e do segundo ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	68
13.	Porcentagem de frutos classificados de acordo com cinco classes de calibre (menor ou igual a 80, 90 a 100, 110 a 120, 135 a 165 e maior ou igual a 180) em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	71
14.	Porcentagem de frutos classificados de acordo com categorias de recobrimento da epiderme com coloração vermelha (menor que 25%; maior ou igual a 25 e menor que 50%; maior ou igual a 50% e menor que 75%; e maior que 75%.) em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos (Apêndice 4). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	72
15.	Porcentagem de frutos classificados de acordo com cinco níveis de recobrimento da epiderme com russeting (0: ausência; 1: menos de 10%; 2: mais ou igual a 10% e menos que 30%; 3: mais ou igual a 30% e menos que 50%; 4: mais que 50%) em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos (Apêndice 4). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	73

CAPÍTULO 2

1.	Número de ramos nas porções mediana basal, mediana apical e apical em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ submetidas a diferentes aplicações de indutores de brotação e 6-benziladenina ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (15 de dezembro e 17 de janeiro e 8 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	89
2.	Comprimento médio de ramos nas porções mediana basal, mediana apical e apical em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ submetidas a diferentes aplicações de indutores de brotação e 6-benziladenina ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (15 de dezembro e 17 de janeiro e 8 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	92
3.	Comprimento total de ramos nas porções mediana basal, mediana apical e apical em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ submetidas a diferentes aplicações de indutores de brotação e 6-benziladenina ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (15 de dezembro e 17 de janeiro e 8 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.	94

	Página
4. Crescimento apical de plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ submetidas a diferentes aplicações de indutores de brotação e 6-benziladenina ao longo do primeiro ciclo das plantas em quatro datas de avaliação (23 de novembro de 2021, 17 de janeiro, 8 de março e 14 de junho de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....	101
5. Preenchimento dos patamares (primeiro ao quinto) do sistema de condução bidimensional em ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ submetidas a diferentes aplicações de fitorreguladores ao final do primeiro ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.....	103

1 INTRODUÇÃO

A cadeia da macieira apresenta-se como uma das mais organizadas do setor agrícola do país, sendo exemplo de união entre setor público e privado, o que fomenta um grande pacote tecnológico (Petri; Leite, 2008). Dessa forma, investimentos são realizados, visando alavancar a produtividade e a competitividade da maçã brasileira, com, por exemplo, valores destinados ao aprimoramento da condução de pomares e de câmaras frigoríficas (Kist, 2017). A importância desse pacote tecnológico gerado pela pesquisa nacional é evidente ao se analisar que, na década de 70, o Brasil importava maçã para suprir a demanda interna. Atualmente, embora siga importando maçã argentina, chilena e italiana de alta qualidade, o Brasil figura também como exportador da fruta, sendo que exportou para Bangladesh, principal comprador da maçã brasileira, mais de cem mil toneladas entre 2015 e 2020 (Goulart Jr, 2020). Ademais, o Brasil foi o décimo primeiro maior produtor mundial de maçãs em 2021 (FAO, 2023).

Dentre os principais resultados da pesquisa nacional implementados recentemente nos pomares de macieira do país, tem-se a elevação da densidade de plantas por hectare e os novos sistemas de condução (Faoro, 2022b), como o bidimensional com duplos cordões de frutificação. Esse sistema objetiva reduzir o período improdutivo dos pomares, sem prejudicar as safras seguintes, e antecipar o retorno do capital empregado (Robinson, 2011; Kist, 2016), além de facilitar e minimizar a necessidade de tratamentos culturais a longo prazo, como também de elevar a qualidade dos frutos e a produtividade do pomar, diminuir gastos laborais (Wilson, 2020; Hawerth, 2022) e, por fim, viabilizar a utilização de porta-enxertos semivigorosos. Para que esses benefícios sejam alcançados, é fundamental ter-se precocidade na formação da copa, com grande emissão de ramos laterais, que, por sua vez, aumenta o enfolhamento da planta, contribuindo para maior interceptação de radiação solar e intensificação do crescimento; também, sendo importantes para garantir correta condução da copa das plantas. Portanto, a ramificação abundante permite a formação do dossel de acordo com as prerrogativas de cada sistema de condução, especialmente nos sistemas bidimensionais que visam a formação de ‘muros frutais’,

necessitando de ramos ao longo de toda haste principal das plantas, a fim de evitar falhas estruturais no sistema de condução.

Como espécie caducifólia, a macieira necessita de determinado acúmulo de frio, o qual normalmente não é atendido na região de Vacaria, no estado do Rio Grande do Sul (Cardoso *et al.*, 2015), para superar a endodormência. Logo, é necessário que sejam feitas intervenções fitotécnicas para se obter correta formação da copa de macieiras. Dentre as diversas práticas culturais adotadas, a aplicação de indutores de brotação em plantas jovens proporciona uniformidade na brotação ao longo do eixo principal. O indutor de brotação mais utilizado na cultura é a cianamida hidrogenada (Dormex[®]), aliada ao óleo mineral, mas bioestimulantes, a exemplo do Erger[®], e outros reguladores de crescimento, como produtos à base de 6-benziladenina, também podem ser utilizados. Contudo, a macieira apresenta forte dominância apical e tendência à acrotonia, o que pode reduzir drasticamente a brotação de gemas e a formação de ramos laterais, bem como concentrar a ramificação nas extremidades apicais. Como resultado, há formação de ramos insuficiente na porção mais basal da muda, acarretando falhas no sistema de condução, as quais são dificilmente corrigidas depois dos primeiros anos.

Para otimizar a ramificação de macieiras, o manejo com fitorreguladores também se apresenta como uma alternativa eficiente. Produtos com 6-benziladenina podem ser utilizados no primeiro e segundo ano após o plantio, sendo uma fonte exógena de citocininas, reduzindo a dominância apical (Tromp, 2005). Esse regulador de crescimento possibilita maior formação de ramos laterais, maior angulação do ramo formado e antecipação da entrada em frutificação do pomar (Petri *et al.*, 2016). Entretanto, mesmo com a importância de garantir ramificações ao longo de toda a planta, ainda se carece de informações em relação ao efeito de fitorreguladores na formação inicial de plantas. A maioria dos estudos realizados com esses agentes químicos data do final do século passado, com concentração dos ensaios realizados em países do hemisfério norte para obtenção de mudas pré-formadas em viveiros. Logo, existe pouca informação a respeito da ramificação inicial das plantas de macieira nas condições edafoclimáticas do sul do Brasil, sendo necessário definir combinações de fitorreguladores, doses e frequências mais assertivas.

Aliado ao manejo de fitorreguladores, há a busca por porta-enxertos que melhor se adequem a esse novo sistema de condução de plantas. Nesse sentido, houve, recentemente, a inserção de novos porta-enxertos para macieira da série Geneva[®], os quais induzem características diferentes à cultivar copa e que podem ser adequadas ou não para a formação de plantas no sistema bidimensional. Tais porta-enxertos imprimem vigores distintos à copa, influenciando, também, no hábito de ramificação, na taxa de crescimento, na paralisação do

crescimento de ramos, no comprimento de entrenós, na orientação da formação de ramos e na densidade de ramificação (Jackson, 2003; Webster, 2005). Porém, carece-se de pesquisas que avaliem as características induzidas por esses materiais na formação inicial de macieira em sistemas de condução bidimensional, comparando-os aos materiais já tradicionalmente usados no Brasil.

A tendência para pomicultura nacional é aumentar a densidade de plantas, com uso de sistema de condução em bidimensional. Para tanto, informações sobre as melhores combinações entre cultivar copa e porta-enxerto, bem como o posicionamento de fitorreguladores mais assertivo são fundamentais. Por conseguinte, o objetivo deste trabalho foi: avaliar (I) o desempenho agrônômico de diferentes porta-enxertos na formação e produção inicial de plantas; e (II) o efeito de diferentes combinações de indutores de brotação e 6-benziladenina sobre a brotação e ramificação lateral de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da macieira

A macieira pertence à família Rosaceae, subfamília Maloideae, gênero *Malus* e espécie *M. domestica* Borkh. O centro de origem da maçã é o Cazaquistão e a Ásia central (Vavilov, 1992), sendo as espécies *M. citocini*, *M. baccata*, *M. micromalus*, *M. orientalis*, *M. prunifolia* e *M. sieversii* consideradas as principais componentes do pool gênico primário da macieira (Velasco *et al.* 2010).

Morfologicamente a macieira é uma espécie frutífera perene, caducifólia, lenhosa e temperada (Iuchi, 2006), que entra em dormência no inverno, exigindo certa quantidade de horas de frio (HF) – abaixo de 7,2°C – para brotar na primavera (Petri; Leite, 2008). A macieira possui gemas vegetativas, produtivas ou mistas situadas em diferentes estruturas de crescimento, como as brindilas, que são ramos de ano; os esporões, que compreendem ramos de dois anos ou mais; e, os dardos, ramos em geral com 5 a 8 cm (Hoffmman; Bernardi, 2004).

A cultura foi introduzida no Brasil pelos primeiros colonizadores europeus, todavia passou a ser produzida em escala comercial somente no final da década de 60 e início de 70 (Petri; Leite, 2008), com exceção da região de Valinhos, São Paulo, onde já existiam pomares comerciais (Fioravango; Silveira, 2013). Atualmente, a macieira é cultivada em diferentes estados brasileiros, como Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo, totalizando em torno de 33 mil hectares de cultivo (IBGE, 2021). Nos últimos dados disponíveis, o Rio Grande do Sul, com destaque para o município de Vacaria, foi o principal produtor da fruta com 628.711 toneladas colhidas, seguido de Santa Catarina com 628.592 toneladas produzidas, principalmente em São Joaquim (IBGE, 2021). A produtividade média nacional é de 39,4 t ha⁻¹ (IBGE, 2021), porém a produtividade média esperada em pomares que adotam tecnologias disponíveis é superior a 60 t ha⁻¹.

2.1.1 Cultivares

As cultivares dos grupos Gala e Fuji representam 90% dos materiais cultivados no país (Petri; Leite, 2008). Cultivares de ‘Gala’ apresentam exigência em frio de 600 HF (Petri; Palladini; Polla, 2006) e originam plantas semivigorosas com boa distribuição de ramos, floração precoce em regiões de altitude, frutos de epiderme vermelho rajado, lisa e brilhante (Camilo; Denardi, 2006). A cultivar original é oriunda do cruzamento entre ‘Kidd’s Orange Red’ x ‘Golden Delicious’ (Camilo; Denardi, 2006), mas, com o passar dos anos, passou por diversas mutações somáticas, as quais resultaram em alterações na sua epiderme, como maior intensidade e uniformidade da coloração vermelha, e, em contrapartida, coloração vermelha recoberta por estrias (Fioravanço *et al.*, 2010).

Nesse sentido, a cultivar Galaxy surgiu de uma mutação espontânea da ‘Royal Gala’ na Nova Zelândia, sendo classificada de médio vigor e com florada abundante. Os frutos apresentam formato globoso e muito uniforme, com epiderme vermelho-cereja de aspecto rajado, recobrando a maior parte dos frutos, e estrias pronunciadas (Fioravanço *et al.*, 2010; Faoro, 2022a), entretanto, em alguns locais essa coloração pode ser instável (Okie, 1999). Ressalta-se que, desde 2010, ‘Galaxy’ é um dos materiais mais utilizados na pomicultura nacional (Faoro, 2022a).

A cultivar que originou o grupo ‘Fuji’ foi obtida do cruzamento de ‘Ralls Janet’ x ‘Delicious’, no Japão, em 1939 (Camilo; Denardi, 2006). Cultivares desse grupo apresentam elevado requerimento de horas de frio (600 a 800 HF), com intensa florada e elevado *fruit set* e produção (Fioravanço *et al.*, 2010). O grupo foi introduzido no Brasil em 1967 (Camilo; Denardi, 2006) e tem como principais cultivares no Rio Grande do Sul: ‘Fuji Suprema’, ‘Fuji Mishima’ e ‘Fuji Select’ (Fioravanço *et al.*, 2010). A ‘Fuji Suprema’ é derivada de uma mutação espontânea que ocorreu na Estação Experimental da Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina) em Caçador (SC) e resultou em plantas de forte vigor, com frutos de coloração vermelho-escuro, sem estrias ou com estrias discretas, e formato achatado globoso (Fioravanço *et al.*, 2010).

2.1.2 Porta-enxertos

Em frutíferas de clima temperado, a adoção de porta-enxertos é uma prática milenar (Webster; Wertheim, 2003). Durante muitos anos, o enfoque foi por materiais que apresentassem facilidade de multiplicação por sementes e capacidade de induzir vigor e sustentação à copa; no entanto, com produção em escala comercial, o vigor excessivo implicava elevada mão de obra e dificuldade de colheita (Faoro, 2022b). Sendo assim, a partir de 1917, com o início do melhoramento genético de porta-enxertos, passou-se a buscar

porta-enxertos clonais, com capacidade de controlar o vigor das plantas, originando, por exemplo, a série inglesa Malling ('M') (Denardi; Kvitschal; Hawerroth, 2015). Com o avanço do melhoramento fitogenético, outras características foram agregadas ao controle do vigor, como resistência a pragas e doenças, compatibilidade de enxertia, indução de precocidade, produtividade e qualidade de frutos à copa (Denardi; Kvitschal; Hawerroth, 2015).

Atualmente, os porta-enxertos mais utilizados na cultura da macieira no Brasil são M.9, Marubakaido e Marubakaido com interenxerto (filtro) de M.9 (Petri; Leite, 2008; Denardi; Kvitschal; Hawerroth, 2015). O porta-enxerto Marubakaido é classificado como muito vigoroso, o que dificulta o adensamento de plantas, bem como o equilíbrio vegetativo e produtivo. Além disso, apresenta excelente desenvolvimento radicular, resistência ao pulgão-lanígeno (*Eriosoma lanigerum*), rusticidade, adaptabilidade a solos de baixa fertilidade e a longos períodos de estiagem; por consequência, pode ser utilizado em áreas de replantio (Denardi, 2006), mas emite grande quantidade de rebrotes quando comparado a 'M.9', 'G.202' e 'G.814' (Denardi; Kvitschal; Hawerroth, 2018).

Já, o porta-enxerto M.9, da série Malling, é considerado um porta-enxerto anão, reduzindo o vigor da planta e induzindo produtividade precoce (Robinson, 2011), alta produção e bom tamanho de fruto, todavia possui sistema radicular pouco desenvolvido, apresentando dificuldades no enraizamento (Denardi, 2006) e é suscetível ao pulgão lanígeno (Norelli Jones; Aldwinckle, 2003). Dentre os clones disponíveis de 'M.9', tem-se T337 (clone utilizado no Brasil) e NIC29, sendo o primeiro menos vigoroso (Lind *et al.*, 2003).

A combinação entre 'Marubakaido' e o interenxerto com filtro de 'M.9' permite unir o forte sistema radicular e longevidade do 'Marubakaido' com o baixo vigor de plantas, precocidade e produtividade do 'M.9', possibilitando o maior adensamento de pomares com plantas semivigorosas (Robinson, 2011; Petri; Leite, 2008). Embora seja uma alternativa ainda interessante para a pomicultura brasileira, essa combinação confere vigor excessivo à copa, se comparado a outros materiais disponíveis, podendo dificultar o manejo do pomar em sistemas de condução tradicionais (Robinson, 2011).

A série americana Geneva® (G), desenvolvida pela Universidade de Cornell, foi introduzida no Brasil em 1987 pela Epagri. Os materiais dessa série apresentam características que, de modo geral, atendem às necessidades da cultura no nosso país, como maior nível de brotação de gemas e formação de ramos, precocidade, produtividade e qualidade dos frutos equivalentes ou superiores às do 'M.9', facilidade de propagação, pouca emissão de rebrote e tolerância a doenças (Robinson, 2011; Denardi; Kvitschal; Hawerroth, 2015; CTL, 2021), podendo ser alternativas que melhor se adequem aos novos sistemas de

condução. É possível observar uma mudança no cenário brasileiro em relação aos porta-enxertos utilizados no Brasil, com aumento exponencial da utilização dos porta-enxertos da série Geneva em substituição à ‘M.9’, ‘Marubakaido’ e ‘Marubakaido/M.9’ (Rufato *et al.*, 2022). Dentre os porta-enxertos desta série, alguns apresentam destaque no Brasil, sendo já comercializados, como: ‘G.202’, ‘G.210’, ‘G.213’, ‘G.214’, ‘G.814’ e ‘G.969’.

Os materiais ‘G.210’, ‘G.213’, ‘G.214’, ‘G.814’ e ‘G.969’ são oriundos do cruzamento entre ‘Ottawa 3’ e ‘Robusta 5’; ao passo que o ‘G.202’ descende de ‘Malling 27’ e ‘Robusta 5’. Uma vez que ‘Robusta 5’ pertence à espécie selvagem *Malus robusta*, algumas resistências são conferidas aos porta-enxertos resultantes de cruzamentos envolvendo tal cultivar. Assim, com exceção do ‘G.814’, os demais são altamente resistentes ao pulgão lanígero; além de que todos são tolerantes a doenças de replantio e a *Phytophthora* (CTL, 2021).

Em relação ao vigor desses porta-enxertos, há os ananizantes (‘G.202’, ‘G.213’, ‘G.214’) e os semiananizantes (‘G.210’, ‘G.814’ e ‘G.969’) (Denardi; Kvitschal; Hawerth, 2015). De acordo com Rufato *et al.* (2021), os porta-enxertos G.202, G.213 e G.969 são ananizantes, induzindo vigor semelhante aos clones de ‘M.9’ nas condições do sul do Brasil; por outro lado, ‘G.210’, ‘G.214’, ‘G.814’ são semivigorosos, próximos ao ‘Marubakaido/M.9’. Assim, há divergências em relação ao vigor de alguns materiais, sendo, então, a definição dessa classificação questionável, visto que os limites entre as categorias são vagos, com a cultivar copa e condições de solo e clima influenciando muito o vigor das plantas (Wertheim; Webster, 2005). Ademais, a redução do crescimento, causada pelo porta-enxerto adotado, é atribuída à alteração na concentração dos hormônios endógenos, como auxina, giberelina e citocinina (Kamboj *et al.*, 1999).

Ressalta-se, dessa maneira, que é determinante compreender o vigor do conjunto entre todos esses fatores para definição da densidade de plantas, do sistema de condução e do manejo inicial de pomares, posto que plantas de menor vigor tendem a sair antes da dormência (Petri *et al.*, 2021). A relação do porta-enxerto com a dormência está atrelada às raízes, pois elas são uma importante fonte de citocinina, a qual possui efeito na indução de brotação (Erez, 2000). Dessa forma, a produção antecipada desse hormônio pode implicar brotação antecipada da cultivar copa. Ademais, o vigor imposto pelo porta-enxerto altera a ramificação, sendo que materiais menos vigorosos, eventualmente, induzem uma menor quantidade de ramos laterais à copa (Volz; Gibbs; Popenoe, 1994).

2.2 Sistemas de condução

Existem diversos sistemas de condução adotados na cultura da macieira, que, em geral, objetivam manejar o formato de plantas para favorecer a entrada de luz na planta e, conseqüentemente, obter alta produtividade e qualidade de frutos. A quantidade total de luz interceptada por um sistema de pomar de macieiras depende principalmente de fatores de projeto do pomar, como sistema de plantio, espaçamento entre plantas, formato da copa, altura de planta, orientação das fileiras, bem como índice de área foliar e duração da estação de crescimento (Wünsche; Lakso, 2000).

Portanto, a definição do sistema de condução adotado é fundamental para obtenção de altas produtividades. Nesse sentido, Buler e Mika (2004) afirmam que o tutoramento adequado de plantas de macieira deve considerar a simplificação da arquitetura das plantas, o uso eficiente da área do pomar, a promoção de alta interceptação de luz e a distribuição uniforme dessa luz pela área foliar da copa. Ademais, para Hoffmann *et al.* (2004), sete variáveis precisam ser incluídas na definição do sistema de condução das plantas: arranjo das plantas, qualidade das mudas, sistemas de suporte, densidade de cultivo, poda, porta-enxerto e cultivar copa.

Dessa maneira, combinação desses fatores gera inúmeras possibilidades, mas a maioria dos sistemas de condução de macieiras utilizam derivações do sistema 'líder central'. Esse sistema consiste na formação de eixo principal de maior parte, do qual partem os ramos secundários, formando uma copa piramidal, o que garante a chegada de luz nos ramos mais basais (Pereira; Petri, 2006). A utilização do líder central permite a implantação de pomares mais adensados e com alta produtividade, todavia, quando mal manejados, pode resultar em elevado sombreamento, reduzindo a produção (Wilson, 2020).

Sistemas bidimensionais podem ser variações do líder central e já estão sendo adaptados pela pesquisa para realidade brasileira, implementados e analisados pelas grandes empresas privadas do setor. Neste trabalho, foi adotado o sistema bidimensional com duplos cordões de frutificação (FIGURA 1), com oito patamares de arame, sendo utilizado arame duplo até o sexto patamar. Ao longo do ciclo, os ramos são alceados horizontalmente a 90° sobre os arames do sistema. Dessa forma, nesse sistema bidimensional é importante o desenvolvimento de ramos laterais compridos em diferentes alturas, a fim de possibilitar a presença de estrutura produtiva em todos os sentidos e patamares, possibilitando o completo fechamento do 'muro frutal'. Entretanto, falhas na formação de plantas e no sistema são recorrentes, devido à ausência de ramos passíveis de serem alceados no primeiro patamar, bem como à presença de déficits de brotação na haste principal a partir do segundo ciclo (Apêndices 1 e 2).

Embora apresente alto custo de implantação, devido à grande necessidade de arames e palanques de sustentação, esse sistema bidimensional horizontal ganha destaque devido aos diversos benefícios. Primeiramente há melhor distribuição da luz solar no dossel de plantas, sendo que, por exemplo, na cultura do pessegueiro, as plantas conduzidas em palmeta horizontal apresentam melhor distribuição de luz no perfil vertical do dossel em comparação a plantas manejadas em vaso, líder central, “Y” e duplo “Y” (Reisser Junior *et al.*, 2007). Sendo assim, em macieira também há maior interceptação de radiação solar, propiciando aumento da produtividade, bem como promoção de maior exposição dos frutos à radiação solar, garantindo mais coloração (Wilson, 2020; Hawerth, 2022).

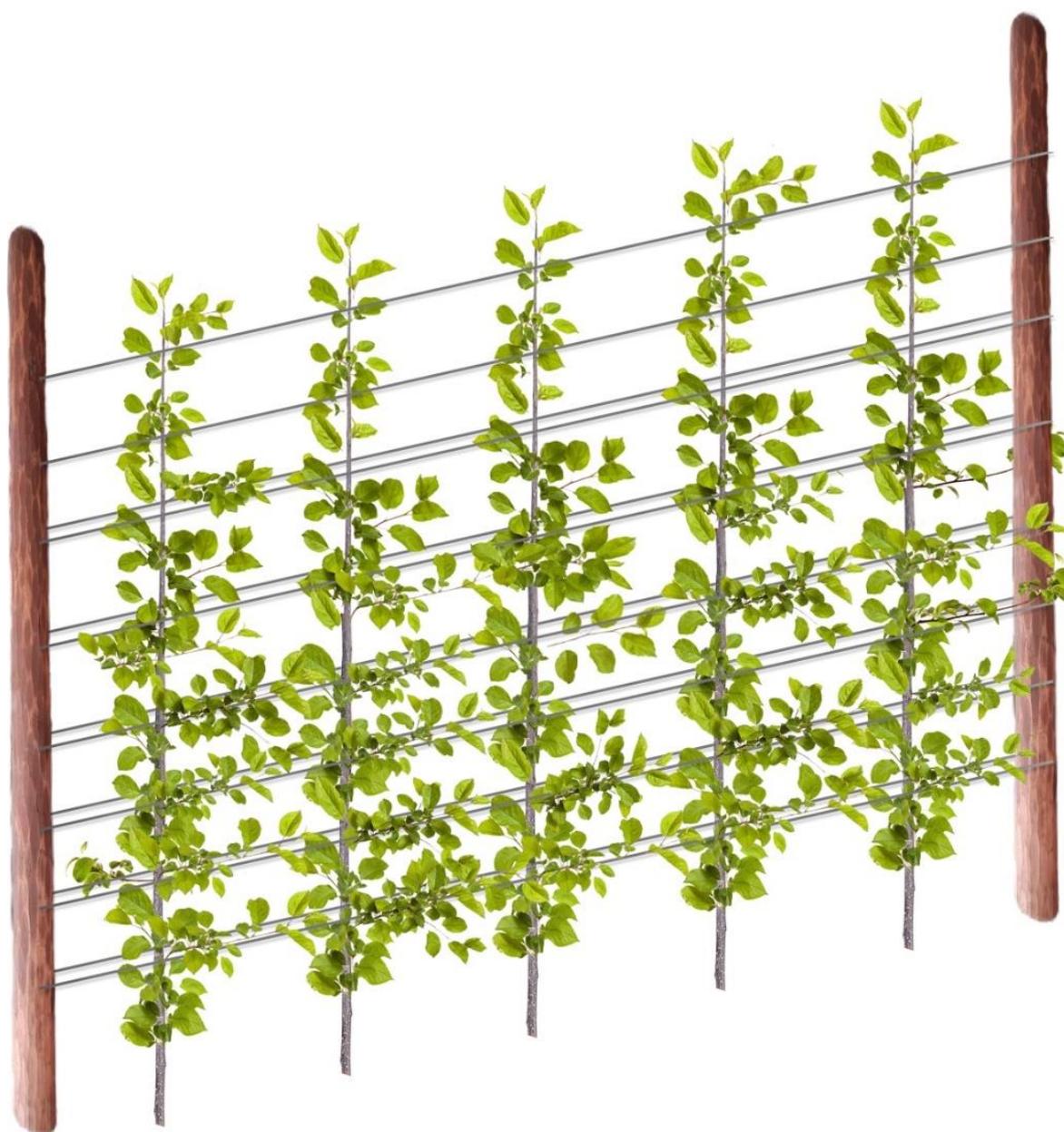


FIGURA 1. Sistema de condução bidimensional adotado neste trabalho, com cordões de frutificação duplos até o sexto patamar. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Esse incremento da qualidade de frutos é fundamental no novo panorama da produção de frutos, uma vez que Neves *et al.* (2020) alertam para tendência do crescimento de um grupo de consumidores que priorizam produtos *Premium*. Ademais, o sistema facilita a colheita, reduz e favorece a realização de poda, alceamento e raleio, viabiliza poda mecânica, além de otimizar mão de obra a longo prazo (Wilson, 2020; Hawerth, 2022). É importante ressaltar que minimizar a necessidade de contratação de mão de obra para tratamentos culturais e colheita é muito vantajoso, pois está, cada vez mais, escassa e menos qualificada, representando em torno de 50% dos custos de uma safra (Kvitschal; Couto; Leite, 2022). Portanto, a otimização laboral é um dos maiores gargalos da pomicultura nacional (Kvitschal; Couto; Brancher, 2019).

Esses sistemas de condução em bidimensional são ainda uma alternativa para viabilizar o uso de porta-enxertos semivigorosos, especialmente em regiões com invernos menos rigorosos, como em Vacaria, dado que, em tais condições, há um excesso de crescimento vegetativo. Aliado a isso, o uso de porta-enxertos com maior vigor mostra-se como uma alternativa técnica frente aos déficits hídricos mais recorrentes no sul do Brasil, pois eles conseguem explorar um maior volume de solo devido ao maior volume radicular.

2.3 Dormência e indução de brotação de gemas

A macieira, por ser uma frutífera temperada, apresenta um fenômeno biológico complexo denominado dormência. Para Lang *et al.* (1987), dormência seria uma suspensão temporária do crescimento visível em qualquer estrutura da planta com meristema, podendo ser dividido em três tipos: paradormência (influência bioquímica de um órgão sobre a gema), endodormência (fatores inerentes e internos ao meristema) e ecodormência (fatores ambientais à planta).

O principal exemplo de paradormência é a dominância apical, sendo esta regulada fisiologicamente pela interação entre auxinas e citocininas (Horvath, 2010). A auxina é o principal sinal na expressão da dominância apical (Webster, 2005) e é sintetizada nas regiões apicais da planta, as quais normalmente brotam antes das demais, e apresentam movimentação célula a célula através do floema, ou seja, translocação descendente (basípeta) (Taiz *et al.*, 2017). Assim sendo, o crescimento das gemas laterais é inibido pelo movimento basipetal da auxina, previamente sintetizada nos ápices, que afeta a distribuição entre os meristemas de citocininas – as quais são sintetizadas nas raízes com movimentação acropetal (Webster, 2005). Para propiciar a retomada do crescimento em caso de paradormência, tanto tratamentos físicos quanto químicos podem ser adotados, como

aplicação exógena de citocininas (comercialmente produtos à base de 6-benziladenina), por exemplo, ou remoção da gema terminal (Hillman, 1984).

Já a endodormência é a interrupção do crescimento devido a fatores climáticos adversos, como déficit hídrico e baixas temperaturas, para evitar danos às estruturas da planta (Horvath, 2010). Na paradormência, os hormônios vegetais desempenham um papel significativo na indução da endodormência, com ação de etileno, citocinina, auxina e ácido abscísico (Horvath, 2010; Yang *et al.*, 2021). A exemplo, o ácido abscísico (ABA) intermedeia a deposição de calose e o fechamento dos plasmodesmos, bloqueando o transporte de substâncias promotoras do crescimento para os meristemas, levando à endodormência (Tylewicz *et al.*, 2018). Altas concentrações de ABA são responsáveis pela manutenção da endodormência, enquanto redução do teor de ABA nas gemas de videiras promove superação da endodormência e retomada do crescimento (Zheng *et al.*, 2018).

Assim, de modo geral, para superar a endodormência e retomar o crescimento, é necessário um longo período de temperaturas frias (Horvath, 2010). Consoante Hawerroth *et al.* (2010), o requerimento térmico das frutíferas de clima temperado é variável de acordo com fatores genéticos, tipos e localização de gemas e porta-enxertos. A exemplo, as gemas terminais apresentam menor requerimento de frio que as gemas laterais (Petri *et al.*, 2021), pois, na ausência de inibições paradormentes, são capazes de estabelecer dominância, e, conseqüentemente, definir uma tendência de brotação acrotônica (Cook; Jacobs, 1999).

Após a superação da endodormência, as gemas estão aptas ao desenvolvimento, porém, isso pode ser impedido em virtude de condições adversas, como por exemplo temperaturas extremas e déficit hídrico e nutricional, o que caracteriza a ecodormência (Lang *et al.*, 1987; Horvath, 2010). Nas condições climáticas da região de Vacaria, a continuidade de temperaturas amenas após os tratamentos químicos de indução de brotação é o principal fator incitador da ecodormência.

É evidente a importância das condições climáticas para que a dormência possa ser superada. Todavia, nas regiões de clima tropical e subtropical, a maior adversidade ao cultivo de frutíferas temperadas é a superação da dormência (Erez, 2000) uma vez que é necessário acúmulo de frio hibernal ao longo do inverno, aliado a temperaturas mais elevadas na primavera. Segundo Cardoso *et al.* (2015), na região de Vacaria, a quantidade de frio ao longo dos anos apresenta grande variabilidade, e, mesmo com anos de alta disponibilidade, a quantidade de frio necessária para superação da dormência de ‘Gala’ e ‘Fuji’ não é atendida. Como decorrência das condições insuficientes de frio, pode haver período prolongado de dormência ou heterogeneidade temporal e espacial na brotação e na floração (Leite, 2004).

Em caso de pouca brotação lateral, ter-se-á antecipação da brotação terminal na safra subsequente, estabelecendo forte dominância apical e limitando o desenvolvimento de gemas laterais (que se mantêm paradormentes), comprometendo a formação de novas ramificações produtivas (Lang *et al.*, 1987; Hawerth; Petri, 2011). Esse déficit de brotação limita o desenvolvimento completo do dossel, podendo reduzir muito a produtividade e a lucratividade dos sistemas modernos de pomares de macieiras de alta densidade (McArtney; Obermiller, 2015).

Não obstante, estratégias fitotécnicas podem ser utilizadas a fim de incrementar os níveis de brotação de gemas, tais como: cultivares adaptadas às condições climáticas da região de cultivo, incisão anelar, arqueamento de ramos, desfolha, poda, indutores de brotação e frio artificial (Petri *et al.*, 2021). Dessa forma, dois manejos principais podem ser empregados para superação artificial da dormência de mudas de macieira em novos pomares: aplicação de indutores de brotação e exposição de mudas ao frio artificial.

Atualmente, para implantação dos pomares é feito o uso de mudas de vara lisa, as quais, após arrancadas do viveiro, podem ser expostas ao frio artificial em câmaras frigoríficas entre julho e setembro. Para Petri e Stuker (1998), expor mudas de ‘Gala’ e ‘Fuji’ a temperaturas de 2 ou 6°C por 30 ou 45 dias é uma alternativa eficaz para atender ao requerimento de frio. Entretanto, em mudas que ficam menos de 30 dias expostas ao frio artificial é necessária a aplicação de indutores de brotação, principalmente cianamida hidrogenada, para garantir a superação da dormência (Petri; Stuker, 1988). De acordo com Cook (2010), na África do Sul, também é feita a exposição artificial de mudas por dois a três meses em câmara fria a 4°C, obtendo-se níveis de brotação e ramificação satisfatórios para as necessidades locais. Ainda que em regiões de invernos rigorosos da África do Sul (1300 Unidades de Frio Utah), a brotação é menos deficiente e errática em mudas expostas ao frio artificial quando comparadas a mudas produzidas exclusivamente a campo (Cook; Jacobs, 1999).

2.4 Formação de ramos

O crescimento de gemas axilares pode ser dividido em quatro estágios: iniciação e formação de gemas axilares, inibição correlativa (dominância apical), indução (ativação de gemas) e crescimento contínuo, o qual leva à ramificação axilar (Tan *et al.*, 2019). Não há pontos claros separando diferentes estágios no desenvolvimento da gema axilar (Barbier *et al.*, 2015); além de que o estágio é regulado por um processo distinto e é afetado por diferentes hormônios (Waldie; Leyser, 2018). Sendo assim, salienta-se que a indução de

gemas não é garantia de ramificação visto que é necessário que haja a fase de crescimento contínuo da gema para formação de ramos.

Em mudas, o processo formação de ramos é regulado principalmente pela dominância apical, na qual, tal como na brotação, o movimento basipetal da auxina proveniente das folhas da gema apical inibe indiretamente o desenvolvimento de gemas e de ramos laterais, uma vez que a auxina não entra nas gemas (Sazo; Robinson, 2011; Schneider *et al.*, 2019). Esta inibição é então modulada por citocininas e estrigolactonas, as quais estimulam e reprimem o crescimento, respectivamente. As citocininas atuam como indutores de ramificação, apresentando efeito contrário à auxina no crescimento de gemas; enquanto as estrigolactonas agem como repressores de ramificação, aumentando o efeito inibidor da auxina na ramificação. Ambas são sintetizadas tanto na parte aérea quanto nas raízes, porém apenas as citocininas podem se mover tanto pela seiva do xilema quanto pelo floema (Schneider *et al.*, 2019).

Assim sendo, há duas teorias acerca dos principais mecanismos de regulação da dominância apical. Na primeira visão, a auxina, sintetizada nos ápices, gera duas cascatas de sinalização (Domagalska; Leyser, 2011; Ma *et al.*, 2022): (i) a auxina controla a produção de citocininas e estrigolactonas, as quais se deslocam para a gema, regulando seu crescimento (teoria do segundo mensageiro); e (ii) o próprio transporte de auxina de gemas apicais impede a exportação de auxina para fora das outras gemas, um processo necessário para o crescimento da gema (teoria da canalização). Já, a segunda hipótese é baseada na competição por recursos (Luquet *et al.*, 2006), a qual considera que, durante o desenvolvimento, os órgãos das plantas competem por nutrientes, sendo que os órgãos em crescimento desviam os recursos nutricionais das brotações recém-criadas. Sem energia disponível, esses brotos permanecem latentes enquanto o ápice continua crescendo. Para Barbier *et al.* (2015) e Barbier *et al.* (2019), ambas as hipóteses poderiam ser acopladas na regulação do crescimento de gemas. Além disso, sugere-se que a interação entre hormônios e açúcares está aliada ao aparato genético e genômico (Barbier *et al.*, 2015; Barbier *et al.*, 2019; Schneider *et al.*, 2019; Tan *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2021).

Para interromper a dominância apical, pode ser feita remoção do ápice, entretanto é uma prática que exige mão de obra, carecendo ser realizada mais de uma vez ao longo do ciclo, resultando em custos onerosos (Sazo; Robinson, 2011). Além de tudo, a prática apresenta resultados inconsistentes, com baixa porcentagem de gemas desenvolvendo ramos, resposta de crescimento fraca e risco de criar locais para infecção por bactérias patogênicas (McArtney; Obermiller, 2015). A utilização de produtos químicos comerciais à base de ciclanilida, 6-benziladenina e 6-benzialdenina + ácido giberélico, mostra-se como

uma alternativa mais consistente e menos dispendiosa de induzir ramos em macieira, por meio da redução da dominância apical, já que altera a relação entre auxinas e citocininas (Webster, 2005; Sazo; Robinson, 2011; Schneider *et al.*, 2019).

A macieira apresenta variações no hábito de crescimento natural, mas, de modo geral, possui forte tendência à acrotonia, ou seja, crescimento dos ramos novos na porção mais apical do crescimento do ano anterior (Webster, 2005). Essa acrotonia é oriunda principalmente da dominância apical, mas também em razão do elevado potencial de crescimento e ao fato de as gemas terminais brotarem antes das demais na primavera (Webster, 2005). Em condições de inverno mais rigorosas e atendido o requerimento de frio das plantas, a tendência do crescimento é extremamente acrotônica (Cook *et al.*, 1998). Em mudas expostas ao frio artificial a 4°C, a dominância apical é mantida, assim como o desenvolvimento acrotônico de ramos (Cook; Strydom, 1998), todavia, em regiões de inverno mais ameno, a hierarquia entre ramos mais apicais e basais é menos definida, indicando uma acrotonia mais fraca (Cook *et al.*, 1998). Frente a um período curto de dormência associado a temperaturas amenas em inverno de baixo acúmulo de frio, tem-se um impedimento do desenvolvimento da acrotonia em macieiras devido, provavelmente, ao baixo crescimento de gemas (aumento da endodormência), brotação atrasada e errática e aumento da inibição da paradormência pelas porções distais dos ramos (Cook; Jacobs, 1999).

A formação de ramos, entretanto, é decorrente também da interação de outros fatores além dos já mencionados. Segundo Webster (2005), o desenvolvimento vegetativo de pomáceas é determinado por fatores genéticos, fatores edafoclimáticos e manejo de plantas. Dentre os fatores genéticos, a cultivar copa adotada influencia a ramificação, porque há diferença entre taxas de crescimento, época de início do crescimento, capacidade de ramificação, hábito de crescimento (acrotonia/basitonia) e comprimento entrenós (Webster, 2005). O porta-enxerto também apresenta influência no processo de formação de ramos das plantas através da alteração do vigor e do hábito de ramificação da copa, podendo reduzir a taxa de crescimento, antecipar a paralisação do crescimento de ramos, encurtar entrenós, formar ramos em orientação mais horizontal e reduzir a densidade de ramificação (Jackson, 2003; Webster, 2005). Outrossim, o vigor do crescimento de ramos é muito influenciado pela concentração dos hormônios na planta, como auxina, citocininas e giberelina, sendo que a síntese deles é controlada pela genética da cultivar copa e do porta-enxerto, da interação entre eles, das condições ambientais e das intervenções fitotécnicas (Webster, 2005).

Para Webster (2005), em relação aos fatores edafoclimáticos, o crescimento de ramos é fortemente influenciado pela temperatura. É geralmente otimizado por temperaturas diurnas e noturnas de 20°C e 14°C, respectivamente; entretanto o crescimento das estruturas

pode ser reduzido ou cessado por temperaturas acima de 35°C por muito dias ou temperaturas diárias inferiores a 5°C. Para o crescimento de folhas e ramos também é crucial que haja exposição à luz, pois, em condições de baixa luminosidade, há tendência ao estiolamento dos ramos com entrenós maiores e estruturalmente fracos, bem como folhas com menor conteúdo de clorofila. Quanto ao tipo de solo, solos profundos e bem drenados, com alta fertilidade e teores de nitrogênio e disponibilidade de água adequados são alternativas para incrementar o crescimento de ramos. Quando a precipitação é insuficiente ou a capacidade de retenção de água do solo é baixa, é possível que as plantas sofram com o déficit hídrico. Esse estresse pode se manter inclusive com a aplicação adicional de água, via irrigação, caso haja combinação entre baixa precipitação e altas temperaturas diurnas.

Contudo, algumas intervenções fitotécnicas podem ser adotadas para incrementar a ramificação inicial, garantindo a rápida formação do dossel de plantas no pomar. A escolha do porta-enxerto traz consigo diferentes implicações na ramificação, como já abordado, sendo um fator interessante para aumentar ou reduzir o número de ramos. Em decorrência do vigor do material escolhido, há definição da densidade de plantas do pomar, sendo que o aumento da densidade de plantas acarreta redução no crescimento das raízes e no número e vigor dos ramos (Hawerth; Petri, 2011). A qualidade da muda utilizada para transplante apresenta significativo efeito para o rápido estabelecimento do pomar. Alguns aspectos visuais são indicativos de mudas com qualidade: quantidade e qualidade de raízes, diâmetro de tronco compatível com a altura, tamanho da muda, qualidade de gemas, ausência de injúrias físicas (Theron; Steyn, 2015). Ademais, a exposição da muda ao frio artificial além de promover maiores níveis de brotação, também aumenta o desenvolvimento de ramos em macieira (Petri *et al.*, 2021), sendo mais uma alternativa. Finalmente, como mencionado, a aplicação de fitorreguladores é o principal manejo realizado com finalidade de obtenção de maior ramificação de macieiras.

2.5 Fitorreguladores

Os fitorreguladores apresentam diferentes modos de ação na fisiologia das plantas de acordo com o produto, a época de aplicação e a concentração utilizada (Petri *et al.*, 2016). Dentre os reguladores usados na cultura da macieira, tem-se os indutores de brotação, os quais compensam a falta de horas de frio, estimulando os processos fisiológicos e, por consequência, promovendo a saída da planta da dormência (Petri *et al.*, 2021).

A cianamida hidrogenada (CH₂N₂), aliada ao óleo mineral, é o principal indutor de brotação da pomicultura nacional, sendo comercializada com o nome de Dormex[®], uma solução aquosa estabilizada com 49% do ingrediente ativo, equivalente a 32,6% de

nitrogênio. O produto é altamente tóxico, no entanto não deixa resíduos na planta e no solo, pois é totalmente degradado, se transforma em uréia, nitrato e amônia, comportando-se com um fertilizante nitrogenado (Petri *et al.*, 2021). O modo de ação da cianamida hidrogenada está relacionado à interação entre ativação da expressão gênica e acúmulo de oxigênio reativo (Sudawan *et al.*, 2016).

Segundo Halaly *et al.* (2008) e Sudawan *et al.* (2016), a aplicação de CH_2N_2 causa hipóxia celular imediata, devido ao cianeto liberado, além de inibir a atividade da catalase. Então, por consequência, há produção de espécies reativas de oxigênio (como peróxido de hidrogênio). Vários sistemas enzimáticos também induzem a formação de espécies reativas de oxigênio e óxido nítrico, sendo que o segundo induz síntese de etileno. Peróxido de hidrogênio e etileno atuam como moléculas sinalizadoras, ativando genes envolvidos nos sistemas de defesa antioxidante para manter espécies reativas de oxigênio em níveis subletais, a fim de evitar a morte de células. Eles também sinalizam a síntese de proteínas funcionais, como expansinas e extensinas, ativando a resposta fisiológica para superação da dormência e retomada do crescimento. Ademais, o peróxido de hidrogênio na parede celular induz o afrouxamento e a expansão da estrutura. Para Liang *et al.* (2019), o etileno regula ainda o ácido abscísico, o qual modera a síntese de giberelinas, citocininas e auxinas, contribuindo para expansão celular e crescimento da planta. Para mais, a cianamida hidrogenada induz o metabolismo do amido e da sacarose, as quais são importantes fontes de ATP (adenosina trifosfato) para a retomada do crescimento (Liang *et al.*, 2019).

O óleo mineral é outro produto que se enquadra como um indutor de brotação. Conforme Erez, Couvillon e Kays (1980), o óleo mineral promove a deposição de uma película ao redor da gema, acarretando condições anaeróbias e síntese de etanol, o que induz a brotação de gemas. O uso do óleo mineral permite diminuir a dose de cianamida hidrogenada, reduzindo, conseqüentemente, o custo da aplicação, uma vez que Dormex[®] é um produto extremamente caro (Hawerth *et al.*, 2010). Quanto aos diferentes óleos minerais disponíveis para fim de indução de brotação, deve-se utilizar os emulsionáveis com 80% ou mais de resíduos não sulfurados (Petri *et al.*, 2021). A exemplo, o Agefix[®] é um óleo mineral emulsionável que apresenta em sua composição 92% de uma mistura de hidrocarbonetos parafínicos, sendo muito utilizado pelos produtores. O tratamento padrão feito pelos produtores para quebra de dormência na cultura da macieira consiste em Dormex[®] 0,7-1,0% e óleo mineral 3,0-4,0%. Ressalta-se que a aplicação da mistura desses produtos precisa recobrir a maior área superficial possível para se ter o efeito desejado, pois possuem ação localizada.

Embora apresente resultados muito satisfatórios, a toxicidade da cianamida hidrogenada levou a proibição de seu uso na Europa, acelerando, por conseguinte, o desenvolvimento de novos compostos. Para Hawerth *et al.* (2009), a necessidade de produtos com menor toxicidade e agressão ao meio ambiente resulta na busca por moléculas que atendam a essa demanda, aliadas à eficiência na indução da brotação. Frente a essa necessidade, Erger[®] é um bioestimulente composto por nitrogênio orgânico, mono e polissacarídeos, cálcio e diterpenos selecionados, sendo um fornecedor de nutrientes às plantas. Esse produto promove a superação da dormência por via dos diterpenos e polissacarídeos, os quais inibem a ação de ácido abscísico e narigenina, promotores da dormência. Consoante a isso, as formas de nitrogênio presentes iniciam a ativação do metabolismo do nitrogênio, auxiliando, também, na ativação do metabolismo das gemas (Valagro, 2021). Segundo Hawerth, Petri e Leite (2010) e Paim *et al.* (2019), aplicações de Erger[®] apresentam respostas promissoras em plantas adultas, possuindo efeito positivo na superação da dormência de macieiras, com resultados, muitas vezes, similares aos do tratamento padrão de óleo mineral e cianamida hidrogenada.

Apesar de a realização de apenas uma aplicação de indutores de brotação ser usual no Brasil, aplicações sequenciais mostram-se como uma ferramenta fitotécnica que pode propiciar maiores níveis de brotação. Isso se deve ao potencial aumento de brotação de gemas que ainda se encontrariam dormentes, além de evitar o aborto de gemas, reduzindo, assim, a variabilidade na resposta das plantas aos agentes químicos (Petri *et al.*, 2021).

A aplicação de cianamida hidrogenada influencia apenas na superação da dormência (Petri *et al.*, 2021), posto que a brotação de gemas não é garantia de formação de ramos, já que pode se desenvolver apenas em esporão (Cook, 2010). Em contrapartida, o Erger[®] apresenta potencial para atuar como promotor de formação de ramificações laterais. Devido aos diterpenos e aos polissacarídeos presentes na fórmula do produto, há promoção da síntese de giberelinas, as quais possuem papel importante na divisão celular e alongamento de meristemas, contribuindo para elevar a taxa de crescimento e o desenvolvimento das brotações (Valagro, 2021).

Nesse sentido, a 6-benziladenina se enquadra como uma fonte de citocininas exógena, auxiliando na superação da dormência e na promoção de maior formação de ramos laterais, por intermédio da redução da dominância apical, em razão da alteração no balanço entre auxina e citocininas (Tromp, 2005); além de ser um promotor da divisão e expansão celular (Taiz *et al.*, 2017). Os efeitos da aplicação de 6-benziladenina sobre a ramificação de mudas de macieira são diferentes em conformidade com a dose utilizada, número de aplicações sequenciais, condições ambientais, cultivar e porta-enxerto (Bubán, 2000; Sazo;

Robinson, 2011; Rufato *et al.*, 2019). De acordo com Gastol, Domagala-Swiatkiewicz e Bijak (2012), a resposta da cultivar frente aos fitorreguladores pode ser visualizada a partir de efeitos negativos, como retardo do crescimento e fitotoxicidade. No Brasil, Maxcel® e Exilis® são os produtos comercializados à base de 6-benziladenina, com 2% do ingrediente ativo.

A utilização desse fitorregulador na cultura da macieira é uma prática bastante reconhecida, todavia a maioria dos estudos acerca de seu uso para ramificação datam do final do século passado e são voltados, sobretudo, para ramificação no viveiro, na intenção de obter mudas pré-formadas. Dessa maneira, novos ensaios contemplando a nova realidade da pomicultura são necessários, como porta-enxertos, sistemas de condução, espaçamentos e outros agentes químicos. Para Rufato *et al.* (2019), o efeito de fitorreguladores, dentre os quais 6-benziladenina, na formação de ramos é ainda desconhecido nas condições edafoclimáticas do sul do Brasil.

2.6 Referências bibliográficas

BARBIER, F. *et al.* An update on the signals controlling shoot branching. **Trends in Plant Science**, Amsterdam, v. 24, n. 3, p. 220-236, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.12.001>. Acesso em: 25 jun. 2023.

BARBIER, F. *et al.* Sucrose is an early modulator of the key hormonal mechanisms controlling bud outgrowth in *Rosa hybrida*. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 66, n. 9, p. 2569–2582, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv047>. Acesso em: 25 jun. 2023.

BUBÁN, T. The use of benzyladenine in orchard fruit growing: a mini review. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 32, p. 381-390, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1010785604339>. Acesso em: 25 mar. 2023.

BULER, Z.; MIKA, A. Evaluation of the ‘Mikado’ tree training system versus the spindle form in apple trees. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, Warsaw, v. 12, p. 49-60, 2004.

CAMILO, A. P.; DENARDI, F. Cultivares: descrição e comportamento no sul do Brasil. *In*: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006. cap. 5, p. 133-168.

CARDOSO, L. S. *et al.* Disponibilidades climáticas para macieira na região de Vacaria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 11, p. 1960-1967, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000097>. Acesso em: 03 abr. 2023.

COOK, N. C. Apple production under conditions of sub-optimal winter chilling in South Africa. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 872, p. 199-204, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.872.26>. Acesso em: 11 abr. 2023.

COOK, N. C. *et al.* The expression of acrotony in deciduous fruit trees: a study of the apple rootstock M. 9. **Journal of the American Society for Horticultural Science**,

Alexandria, VA, v. 123, n. 1, p. 30-34, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/JASHS.123.1.30>. Acesso em: 11 abr. 2023.

COOK, N. C.; JACOBS, G. Suboptimal winter chilling impedes development of acrotony in apple shoots. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 34, n. 7, p. 1213-1216, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.34.7.1213>. Acesso em: 11 abr. 2023.

COOK, N. C.; STRYDOM, D. K. The South African high-density system. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 513, p. 321-328, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.513.38>. Acesso em: 11 abr. 2023.

CTL - CENTER FOR TECHNOLOGY LICENSING AT CORNELL UNIVERSITY. **Geneva@ apple rootstocks comparison chart**. Ithaca: Cornell University, 2021. v. 4. Disponível em: <https://ctl.cornell.edu/wp-content/uploads/plants/GENEVA-Apple-Rootstocks-Comparison-Chart.pdf>. Acesso em: 18 out. 2021.

DENARDI, F. Porta-enxertos. *In*: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006. cap. 6, p. 169-227.

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M. V.; HAWERROTH, M. C. Porta-enxertos de macieira: passado, presente e futuro. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 28, p. 89-95, 2015. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/167>. Acesso em: 16 out. 2021.

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M. V.; HAWERROTH, M. C. Yield performance of apple rootstocks of the Geneva series on replanting soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 53, n. 8, p. 924-933, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000800007>. Acesso em: 16 out. 2021.

DOMAGALSKA, M. A.; LEYSER, O. Signal integration in the control of shoot branching. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, London, v. 12, n. 4, p. 211-221, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nrm3088>. Acesso em: 25 jun. 2023.

EREZ, A. Bud dormancy: phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. *In*: EREZ, A. (ed.). **Temperate fruit crops in warm climates**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2000. cap. 2, p. 17-48. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-3215-4_2. Acesso em: 10 mar. 2023.

EREZ, A.; COUVILLON, G. A.; KAYS, S. J. The effect of oxygen concentration on the release of peach leaf buds from rest. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 15, n. 1, p. 39-41, 1980.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Crops and livestock products**. Rome: FAO, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 19 jun. 2023.

FAORO, I. D. Alguns cultivares do grupo ‘Gala’. *In*: FAORO, I. D. (org.). **Maçãs do grupo ‘Gala’ no Brasil**. Florianópolis: Epagri, 2022a. cap. 5, p. 108-136. Disponível em: <http://agapomi.com.br/wp-content/uploads/2022/08/livro-macas-do-grupo-gala-no-brasil.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2023.

FAORO, I. D. Porta-enxertos. *In*: FAORO, I. D. (org.). **Maçãs do grupo 'Gala' no Brasil**. Florianópolis: Epagri, 2022b. cap. 6, p. 137-155. Disponível em: <http://agapomi.com.br/wp-content/uploads/2022/08/livro-macas-do-grupo-gala-no-brasil.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2023.

FIORAVANÇO, J. C. *et al.* **Cultura da macieira no Rio Grande do Sul**: análise situacional e descrição varietal. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. 60 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/861597/cultura-da-macieira-no-rio-grande-do-sul-analise-situacional-e-descricao-varietal>. Acesso em: 22 out. 2021.

FIORAVANÇO, J. C.; SILVEIRA, S. V. Generalidades. *In*: FIORAVANÇO, J. C.; SANTOS, R. S. S. (ed.). **Maçã**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2013. cap. 1, p. 11-18.

GASTOL, M.; DOMAGALA-SWIATKIEWICZ, I.; BIJAK, M. The effect of different bioregulators on lateral shoot formation in maiden apple trees. **Folia Horticulturae**, Warsaw, v. 24, n. 2, p. 147-152, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/v10245-012-0018-9>. Acesso em: 15 mar. 2023.

GOULART JUNIOR, E. Maçã. *In*: EPAGRI/CEPA. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2018-2019**. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2020. p. 56-64. Disponível em: https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2018_19.pdf. Acesso em: 22 mar. 2023.

HALALY, T. *et al.* Similar mechanisms might be triggered by alternative external stimuli that induce dormancy release in grape buds. **Planta**, Berlin, v. 228, p. 79-88, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00425-008-0720-6>. Acesso em: 21 jun. 2023.

HAWERROTH, F. J. *et al.* **Dormência em frutíferas de clima temperado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 56 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/884602/dormencia-em-frutiferas-de-clima-temperado>. Acesso em: 02 abr. 2023.

HAWERROTH, F. J. *et al.* Fenologia, brotação de gemas e produção de frutos de macieira em resposta à aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 961-971, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000400016>. Acesso em: 05 abr. 2023.

HAWERROTH, F. J. Sistemas de condução para macieira no sul do Brasil e seus desafios. **Revista da Agapomi**, Vacaria, v. 337, p. 4-5, 2022.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L. **Controle do desenvolvimento vegetativo em macieira e pereira**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 36 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/917395/controlado-desenvolvimento-vegetativo-em-macieira-e-pereira>. Acesso em: 20 fev. 2023.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Erger and calcium nitrate concentration for budbreak induction in apple trees. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 872, p. 239-244, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.872.32>. Acesso em: 5 abr. 2023.

HILLMAN, J. R. Apical dominance. *In*: WILKINS, M. B. (ed.). **Advances in plant physiology**. London: Pitman, 1984. cap. 3, p. 127-148.

HOFFMANN, A. *et al.* **Maçã**: produção. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. cap. 9, p. 78-102. Disponível em: <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00075330.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2021.

HOFFMANN, A.; BERNARDI, J. Aspectos botânicos. *In*: NACHTIGALL, G. R. **Maçã**: produção. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. cap. 3, p. 17-24. Disponível em: <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00075330.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2021.

HORVATH, D. Bud dormancy and growth. *In*: PUA, E., DAVEY, M. (ed.). **Plant developmental biology: biotechnological perspectives**. Berlin: Springer, 2010. cap. 4, p. 53-70. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-02301-9>. Acesso em: 23 jun. 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de maçã**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maca/br>. Acesso em 19 jun. 2023.

IUCHI, V. L. Botânica e fisiologia. *In*: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. cap. 3, p. 59-104.

JACKSON, J. E. Mechanisms of rootstock and interstock effect on scion vigour. *In*: JACKSON, J. E. **Biology of apples and pears**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. p. 141-156. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511542657>. Acesso em: 11 abr. 2023.

KAMBOJ, J. S. *et al.* Identification and quantitation by GC-MS of zeatin and zeatin riboside in xylem sap from rootstock and scion of grafted apple trees. **Plant Growth Regulation**, Amsterdam, v. 28, n. 3, p. 199-205, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1006292309765>. Acesso em: 25 jul. 2023.

KIST, B. B. **Anuário brasileiro da maçã 2016**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 64 p.

KIST, B. B. **Anuário brasileiro da maçã 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017. 56 p.

KVITSCHAL, M. V.; COUTO, M.; BRANCHER, T. L. Variedades de macieira: cenário internacional e nacional. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 10, p. 18326-18334, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n10-091>. Acesso em: 01 jul. 2023.

KVITSCHAL, M. V.; COUTO, M.; LEITE, G. B. Necessidade da diversificação de cultivares na cadeia produtiva da maçã no Brasil. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 35, n. 3, p. 7-10, 2022. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1535/1428>. Acesso em: 01 jul. 2023.

LANG, G. A. *et al.* Endo-, para-, ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 22, n. 3, p. 371-

377, 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.22.5.701b>. Acesso em: 05 abr. 2023.

LEITE, G. B. **Evolution des états des bourgeons et de leur hétérogénéité le long du rameau d'un de pêcher sous différents régimes de températures après l'installation de l'endodormance**. 2004. 168 f. Thèse (Doctorat) – Universidade Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 2004.

LI, G. *et al.* Molecular mechanism of MdWUS2–MdTCP12 interaction in mediating cytokinin signaling to control axillary bud outgrowth. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 72, n. 13, p. 4822-483, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erab163>. Acesso em: 25 jun. 2023.

LIANG, D. *et al.* Hydrogen cyanamide induces grape bud endodormancy release through carbohydrate metabolism and plant hormone signaling. **BMC Genomics**, London, v. 20, n. 1, [art.] 1034, [p. 1-14], 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6368-8>. Acesso em: 22 mar. 2023.

LIND, K. *et al.* **Organic fruit growing**. Wallingford: CABI, 2003. 281 p.

LUQUET, D. *et al.* EcoMeristem, a model of morphogenesis and competition among sinks in rice. 1. Concept, validation and sensitivity analysis. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 33, n. 4, p. 309-323, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/FP05266>. Acesso em: 25 jun. 2023.

MA, J. *et al.* Cyclanilide induces lateral bud outgrowth by modulating cytokinin biosynthesis and signalling pathways in apple identified via transcriptome analysis. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 23, n. 2, [art.] 581, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms23020581>. Acesso em: 25 jun. 2023.

MCARTNEY, S.; OBERMILLER, J. D. Effect of notching, 6-benzyladenine, and 6-benzyladenine plus gibberellin A4+A7 on budbreak and shoot development from paradormant buds on the leader of young apple trees. **HortTechnology**, Alexandria, VA, v. 25, n. 2, p. 233-237, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.2.152>. Acesso em: 13 abr. 2023.

NEVES, M. F. *et al.* O modelo MarkAlim para oportunidades no marketing de alimentos. **Revista Agronomia Brasileira**, Jaboticabal, v. 4, p. 1-8, 2020. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67625640/2020_MarkAlim_Marketing_de_Alimentos_Fava_Neves_et_al_2020-libre.pdf?1623694300=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DO_Modelo_MarkAlim_para_Oportunidades_no.pdf&Expires=1691968676&Signature=SxfXMy6XeS1pTeWAr429GNTJbSwtumGJuh6q2RxqzvIP7ncuINbnvBLbDGHvzoNZmOf2iRDAg1KePCdm~eHCQ6z00kkBbx~8jOAIInliyaRcHKmvP16ycrwn-qu970uHoXPQyR5PQ47OclK6Uq8tCHfSLKZemnnq2dId5~jE~1qlMDL5F8bp-mhCMXHKIMtPlyv7JQdU6uJV8rXKX6H~mw52KiMPiSliYYa2TP3yQamNKG3cC3eS SnFWmQQWB-IvOSZb38xhNlAsCj271CfTGrPaEhYLEpgm0qr8zyXtm6qHXhNgJy~AjqHbhqy6TJFMVY2aDQ1d3E-3RvehdJbs8hw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 22 jul. 2023.

NORELLI, J. L.; JONES, A. L.; ALDWINCKLE, H. S. Fire blight management in the twenty-first century: using new technologies that enhance host resistance in apple. **Plant**

- Disease**, Davis, v. 87, n. 7, p. 756-765, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.7.756>. Acesso em: 22 out. 2022.
- OKIE, W. R. Register of new fruit and nut varieties List 39. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 34, n. 2, p. 181-2005, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.34.2.181>. Acesso em: 12 nov. 2021.
- PAIM, L. S. *et al.* Sequential application of budbreak promoters in 'Baigent' apple trees under anti-hail net in southern Brazil: Erger® and mineral oil usage. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1268, p. 297-304, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1268.40>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- PEREIRA, A. J.; PETRI, J. L. Poda e condução da macieira. *In*: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. cap. 13, p. 391-418.
- PETRI, J. L. *et al.* **Dormência e indução à brotação de árvores frutíferas de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2021. 153 p. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/1174>. Acesso em: 13 out. 2021.
- PETRI, J. L. *et al.* **Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2016, 141p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1067694/1/LIVROReguladoresdecrescimentoparafrutiferasdeclimatemperadoocorrigidoOKneu.pdf>. Acesso em: 13 out. 2021.
- PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 857-1166, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000400001>. Acesso em: 15 nov. 2021.
- PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; POLLA, A. C. Dormência e indução a brotação em macieira. *In*: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. cap. 8, p. 261-297.
- PETRI, J. L.; STUKER, H. Effect of temperature and length of cold storage of nursery plants on the subsequent development of young apple trees. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 232, p. 117-126, 1988. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1988.232.17>. Acesso em: 25 mar. 2023.
- REISSER JUNIOR, C. *et al.* Eficiência da interceptação da radiação solar em diferentes sistemas de condução de pessegueiro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais [...]**. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007.
- ROBINSON, T. L. Advances in apple culture worldwide. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 37-47, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500006>. Acesso em: 20 out. 2021.
- RUFATO, L. *et al.* Lateral branch induction at nursery with growth regulators in 'Maxi Gala' apple trees grafted on four rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 253, p. 349-357, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.045>. Acesso em: 27 fev. 2023.

- RUFATO, L. *et al.* Performance of apple tree rootstocks from the Geneva series in southern Brazil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA*, 28., 2022, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: Epagri, 2022. Disponível: <https://fruticultura.org/cbf2022/files/anais2022b.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2023.
- RUFATO, L. *et al.* Porta-enxerto 213: alternativa para áreas novas e de replantio no cultivo de macieiras no sul do Brasil, resultado de oito anos. **Revista da Associação Gaúcha dos Produtores de Maçã**, Vacaria, v. 320, p. 3-5, 2021.
- SAZO, M. M., ROBINSON, T. L. The use of plant growth regulators for branching of nursery trees in NY State. **New York Fruit Quarterly**, New York, v. 19, n. 2, p. 5-9, 2011. Disponível em: https://rvpadmin.cce.cornell.edu/uploads/doc_158.pdf. Acesso em: 13 mar. 2023.
- SCHNEIDER, A. *et al.* Light regulation of axillary bud outgrowth along plant axes: an overview of the roles of sugars and hormones. **Frontiers in plant science**, Lausanne, v.10, n.1296, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01296>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- SUDAWAN, B. *et al.* Hydrogen cyanamide breaks grapevine bud dormancy in the summer through transient activation of gene expression and accumulation of reactive oxygen and nitrogen species. **BMC Plant Biology**, London, v. 16, n. 1, [art.] 202, [p. 1-18], 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6368-8>. Acesso em: 21 jun. 2023.
- TAIZ, L. *et al.* Sinais e tradução de sinais. *In: TAIZ, L. et al. (org.). Fisiologia vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. cap. 15, p. 407-446.
- TAN, Ming *et al.* Role of cytokinin, strigolactone, and auxin export on outgrowth of axillary buds in apple. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v.1, [art.] 616, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00616>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- THERON, K. I.; STEYN, W. J. What are the physiological characteristics of a good nursery trees? **South Africa Fruit Journal**, Cape Town, v. 14, n. 6, p. 62-65, 2015.
- TROMP, J. Dormancy. *In: WEBSTER, A. D.; WERTHEIM, S. J.; TROMP, J. Fundamentals of temperate zone tree fruit production*. Leiden: Backhuys, 2005. cap. 6, p. 65-73.
- TYLEWICZ, S. *et al.* Photoperiodic control of seasonal growth is mediated by ABA acting on cell-cell communication. **Science**, Washington, DC, v. 360, n. 6385, p. 212-215, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.aan8576>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- VALAGRO. **Erger**: cultura da dormencia, cultura do despertar. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <https://www.valagro.com/brazil/pt/erger/>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- VAVILOV, N. I. **Origin and geography of cultivated plants**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 498 p.
- VELASCO, R. *et al.* The genome of the domesticate Apple (*Malus x domestica* Borkh.). **Nature Genetics**, London, v. 42, n. 10, p. 833-841, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ng.654>. Acesso em: 14 nov. 2021.

VOLZ, R. K.; GIBBS, H. M.; POPENOE, J. Branch induction on apple nursery trees: effects of growth regulators and defoliation. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 22, n. 3, p. 277-283, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01140671.1994.9513836>. Acesso em: 22 nov. 2021.

WALDIE, T.; LEYSER, O. Cytokinin targets auxin transport to promote shoot branching. **Plant Physiology**, Jena, v. 177, n. 2, p. 803-818, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.17.01691>. Acesso em: 25 jun. 2023.

WEBSTER, A. D. Shoot growth. *In*: WEBSTER, A. D.; WERTHEIM, S. J.; TROMP, J. **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden: Backhuys, 2005. cap. 11, p. 120-135.

WEBSTER, A. D.; WERTHEIM, S. J. Apple rootstocks. *In*: FERREE, D. C.; WARRINGTON, I. M. (ed.). **Apple: botany, production and uses**. Wallingford: CABI, 2003. p. 91-124.

WERTHEIM, S. J.; WEBSTER, A. D. Rootstocks and interstems. *In*: WEBSTER, A. D.; WERTHEIM, S. J.; TROMP, J. **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden: Backhuys, 2005. cap. 13, p. 156-175.

WILSON, J. **Understanding the pomology of the planar cordon tree architecture in apple**. 2020. 114 f. Thesis (Master of Science in Horticulture) – Universidade de Massey, Palmerston North, 2020.

WÜNSCHE, J. N.; LAKSO, A. N. Apple tree physiology: implications for orchard and tree management. **Compact Fruit Tree**, East Lansing, v. 33, n. 3, p. 82-88, 2000. Disponível em: <http://virtualorchard.com/idfta/cft/2000/july/cftjuly2000p82.pdf>. Acesso em: 4 out. 2023.

YANG, Q. *et al.* Bud endodormancy in deciduous fruit trees: advances and prospects. **Horticulture Research**, London, v. 8, [art.] 139, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00575-2>. Acesso em: 25 jun. 2023.

ZHENG, C. *et al.* Abscisic acid catabolism enhances dormancy release of grapevine buds. **Plant, Cell & Environment**, Oxford, v. 41, n. 10, p. 2490-2503, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/pce.13371>. Acesso em: 25 jun. 2023.

3 CAPÍTULO 1

**Caracterização de porta-enxertos para formação de plantas em pomares de macieira
em sistema de condução bidimensional**

3.1 Introdução

Dentre os resultados de pesquisa recentes implementados nos pomares de macieira no Brasil, tem-se a elevação da densidade de plantas por hectare e os sistemas de condução alternativos aos tradicionais líderes centrais (Faoro, 2022), como os sistemas bidimensionais horizontais. Esses sistemas viabilizam porta-enxertos semivigorosos, os quais são interessantes alternativas frente ao déficit hídrico, reduzem o período improdutivo dos pomares e aumentam e uniformizam a qualidade dos frutos, antecipando o retorno do capital investido; além de possibilitarem a mecanização das áreas e facilitarem as intervenções manuais após a formação do pomar (Robinson, 2011; Wilson, 2020; Hawerroth, 2022). Logo, há promoção da otimização das atividades laborais das propriedades, visto que a mão de obra está, cada vez mais, escassa, desqualificada e com custo mais elevado (Kvitschal; Couto; Leite, 2022). Para Hawerroth (2022), é imprescindível que haja o desenvolvimento de condutas que otimizem o uso de mão de obra por interposto da simplificação de processos e ampliação do rendimento operacional em todas as práticas culturais.

Contudo, desafios de manejo desses sistemas bidimensionais ainda são recorrentes, tais como melhoria dos índices de brotação e emissão de ramos, minimização do tempo necessário para formação das plantas, aumento do uso de nível de mecanização e ajustes do atual maquinário usados nos pomares (Hawerroth, 2022). Dessa forma, considerando a formação inicial de plantas e do sistema de condução em si, problemas são verificados, especialmente, através da ocorrência de zonas com déficit de brotação ao longo do eixo vertical da planta, repercutindo em limitada formação de ramificações laterais, acarretando falhas no preenchimento do sistema de condução.

Uma das alternativas fitotécnicas disponíveis é adoção de porta-enxertos adequados a cada sistema de condução, garantindo correta formação de copa com minimização de falhas. Sendo assim, atualmente no Brasil, os principais porta-enxertos utilizados são M.9 (T337) e Marubakaido com interenxerto de M.9 (Marubakaido/M.9), mas são materiais que foram validados no tradicional sistema de condução líder central há anos. Logo, materiais recentes podem ser alternativas que melhor se adequem aos novos sistemas de condução, com rápida formação de plantas. Segundo Denardi, Kvitschal e Hawerroth (2015), os porta-enxertos da série norte-americana Geneva[®], desenvolvida pela Universidade de Cornell, apresentam grande potencial para pomicultura brasileira, visto que seus materiais possibilitam controle do vigor da copa, além de induzirem melhor brotação e ramificação da copa, e de conferirem alto potencial produtivo à copa, com elevada eficiência produtiva.

Porém, carece-se ainda de pesquisas que validem, em sistemas de condução bidimensionais, as características induzidas por esses materiais na formação inicial de

plantas de macieira, comparando-os aos materiais já tradicionalmente usados no Brasil. Nesse contexto, é fundamental compreender o desempenho agrônômico de diferentes combinações, inclusive de cultivar copa e porta-enxerto, uma vez que, de acordo com Gjamovski e Kiprijanovski (2011), antes de escolher o porta-enxerto mais adaptado, é necessário definir as capacidades e limitações de cada material em cada condição de cultivo. Para Denardi (2006), não existe um único porta-enxerto que atenda a todos os quesitos necessários, devendo cada região definir suas necessidades específicas em função das condições edafoclimáticas locais.

Portanto, o objetivo deste experimento foi caracterizar a influência de distintos porta-enxertos no desempenho vegeto-produtivo de plantas de macieira em formação em sistema de condução bidimensional com duplos cordões de frutificação na região de Vacaria (RS).

3.2 Material e métodos

O experimento foi desenvolvido em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ ao longo das safras de 2021/22 e 2022/23 e conduzido em pomar comercial irrigado (latitude 28°35’S, longitude 50°46’O, altitude 974 metros), localizado no município de Monte Alegre dos Campos (RS), vizinho aa Vacaria. Na área utilizada, havia anteriormente pomar de kiwizeiro (*Actinidia chinensis* (Planch.)), o qual foi erradicado em 2020, com cultivo subsequente de milho (*Zea mays* L.). O novo pomar foi implantado no início de outubro de 2021, com o preparo da área, transplântio das mudas, instalação da estrutura do sistema de condução e de irrigação, bem como com os manejos necessários ao longo do ciclo, que ficaram por responsabilidade da empresa e foram realizados segundo as indicações técnicas para a cultura na região de cultivo.

As mudas utilizadas foram produzidas em Jaquirana (RS), em viveiro certificado e de acordo com a legislação vigente, tendo sido expostas artificialmente ao frio em câmara fria com temperatura entre 2 e 4°C por 67 dias. As cultivares foram transplantadas intercaladas no campo, com três filas de ‘Galaxy’ e três filas de ‘Fuji Suprema’. O sistema de condução adotado na área é bidimensional horizontal, com duplos cordões de frutificação espaçados horizontalmente em 0,18 metros e verticalmente em 0,35 metros a partir de 0,6 metros do nível do solo, formando um ‘muro frutal’ próximo a 3,0 metros. Para ambas cultivares, o espaçamento entre filas é de 2,7 metros; já o espaçamento entre plantas varia conforme o porta-enxerto utilizado, sendo de 1,0 metro para M.9 (clones T337 e NIC29), 1,2 metros para G.202 e G.213 e 1,4 metros para os demais materiais avaliados.

O plantio da área foi realizado em 7 de outubro de 2021, com aplicação de indutores de brotação em gemas dormentes em 20 de outubro de 2021, utilizando tratamento padrão

composto por 0,42% de cianamida hidrogenada (produto comercial Dormex[®]), 0,05% de 6-benziladenina (produto comercial Exilis[®]) e 3,68% de óleo mineral (produto comercial Agefix[®]). A aplicação foi realizada ao longo de todo o perfil da muda, com pulverizador costal elétrico à bateria Yamaha FT-16 munido de dois bicos, em paralelo, com aspersão no formato cone cheio.

As plantas avaliadas foram divididas em quatro porções iniciais, como ilustrado na FIGURA 1. Para distingui-las, uma fita plástica foi amarrada a 0,4 metros do ponto de enxertia, nomeando a região entre o ponto de enxertia e a fita como porção basal. O restante do perfil da planta, da primeira fita até o ponto de crescimento do último ano, foi dividido em três porções de tamanho equivalente e demarcadas por fitas plásticas. Essas porções foram identificadas como mediana basal, mediana apical e apical.

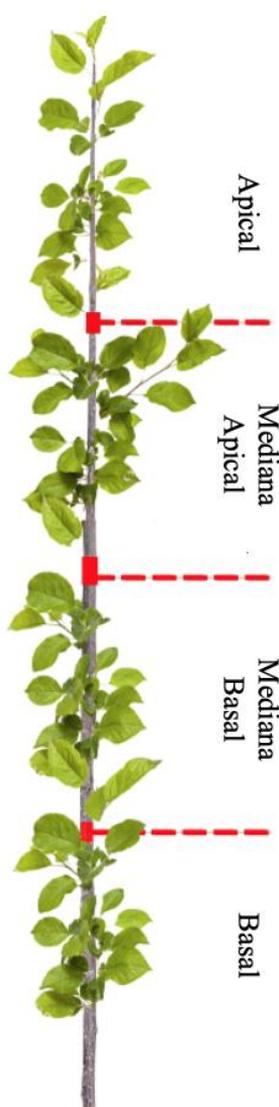


FIGURA 1. Delimitação das porções das plantas avaliadas no experimento, as quais foram intituladas como porções basal, mediana basal, mediana apical e apical. Monte Alegre dos Campos, RS, Brasil, 2023.

Os tratamentos consistiram na utilização de nove porta-enxertos, sendo eles: G.202, G.210, G.213, G.214, G.814, G.969, M.9 (clone T337), M.9 (clone Nic29) e Marubakaido/M.9 (clone T337). O delineamento experimental adotado neste experimento foi o de blocos casualizados em fatorial duplo ou simples, conforme a variável, com quatro repetições e cinco plantas por parcela experimental. As avaliações para caracterização do crescimento vegetativo dos distintos porta-enxertos foram feitas ao longo dos ciclos 2021/22 e 2022/23 e são descritas a seguir. Os dados de índice de brotação foram transformados pela fórmula arco seno (raiz quadrada ($x/100$)), enquanto raiz quadrada ($x+1$) foi escolhida para as variáveis que não apresentassem distribuição normal e/ou homogênea. As médias dos dados foram submetidas à análise de variância e, havendo diferença significativa, ao teste Scott-Knott, ambos ao nível de 5%. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software RStudio® (R Core Team, 2022), versão 1.4.1717.

3.2.1 Atributos vegetativos

A brotação de gemas laterais, expressa em porcentagem, consistiu na mensuração das gemas laterais brotadas em relação ao total de gemas aos 48 dias após a aplicação do tratamento para superação da dormência em cada uma das porções. Após essa avaliação, as gemas da porção basal foram desbrotadas, posto que a presença de ramos não é necessária nessa porção para a formação do sistema de condução.

Todos os ramos com mais de três centímetros de comprimento foram mensurados em 16 de dezembro de 2021, 19 de janeiro e 14 de março de 2022 em cada uma das porções. A partir desse dado, foi determinado número de ramos (un) e comprimento médio e total de ramos (cm) em cada uma das avaliações. Ao relacionar a quantidade de gemas laterais brotadas e o número final de ramos, foi determinada a conversão de gemas em ramos, obtendo-se uma variável em porcentagem (%).

Os coeficientes de variação [$CV=(\text{desvio padrão}/\text{média})\cdot 100$] obtidos no índice de brotação de gemas e no número, comprimento médio e comprimento total de ramos foram denominados índices de heterogeneidade, sendo utilizados para comparar a uniformidade entre plantas sobre os diferentes porta-enxertos (Hawerth *et al.*, 2009).

As variáveis acima mencionadas foram avaliadas em esquema fatorial duplo (porta-enxerto x porção de planta), mas também considerando apenas o porta-enxerto como fator.

O ângulo de inserção de ramos foi mensurado nas três porções com o auxílio de goniômetro digital Entweg. Seguindo a metodologia de Fazio e Robinson (2008), o goniômetro foi posicionado no tronco (0°) e direcionado para baixo até onde se encontrava o ramo, inferindo o valor do ângulo do ramo em graus ($^\circ$) em 11 de maio de 2022. Já, o

diâmetro de tronco (mm) logo acima de cada fita de delimitação foi determinado em 26 de junho de 2022, com utilização de paquímetro digital King Tools 150mm. Ambas as variáveis foram avaliadas em esquema fatorial duplo (porta-enxerto x porção de planta).

A variável crescimento apical do líder central foi avaliada em resposta apenas ao porta-enxerto e expressa em centímetros. A mensuração com trena graduada ocorreu em 06 de dezembro de 2021, 19 de janeiro, 14 de março, 20 de junho de 2022 e 19 de julho de 2023.

Durante o mês de maio foi realizado o alceamento das plantas conforme as premissas do sistema de condução bidimensional. Em 20 de junho de 2022, avaliou-se o preenchimento dos cinco primeiros patamares do sistema de condução, medindo com trena graduada o comprimento do espaço entre plantas e o comprimento deste ocupado por ramos alceados em cada arame de cada patamar, obtendo-se a percentagem de preenchimento de cada patamar do sistema de condução (em esquema fatorial duplo com porta-enxerto e patamar do sistema de condução). Salienta-se que cada dupla de cordão de ramificação compreende um patamar do sistema de condução. Foi ainda determinado o índice de heterogeneidade do preenchimento de todos os patamares com ramos alceados de acordo com a metodologia previamente descrita.

No segundo ciclo após o plantio, a superação da dormência foi feita através de duas aplicações sequenciais com pulverizador tratorizado, sendo a primeira em 31 de agosto de 2022 com 0,36% de cianamida hidrogenada (produto comercial Dormex[®]), 0,006% de 6-benziladenina (produto comercial Citobloom 2.4[®]) e 3,22% de óleo mineral (produto comercial Agefix[®]); e a segunda com 2,0% de Erger[®], 0,007% de 6-benziladenina (produto comercial Citobloom 2.4[®]) e 2,76% de óleo mineral (produto comercial Agefix[®]) em 8 de setembro de 2022.

Aos 56 dias após a primeira aplicação, obteve-se a brotação de gemas laterais da haste principal através da relação entre o número de gemas brotadas e número total de gemas na haste principal formada ao longo do ciclo 2021/22. Por efeito do déficit visual de brotação da haste principal na porção superior da planta (Apêndice 2), foi realizada aplicação localizada nessa porção do dossel em 26 de outubro de 2022 com 3,0% de Erger[®], 0,014% de 6-benziladenina (produto comercial Citobloom 2.4[®]) e 2,76% de óleo mineral (produto comercial Agefix[®]). Decorridos 35 dias da terceira aplicação, determinou-se mais uma vez a brotação de gemas laterais da haste principal; além do índice de heterogeneidade da brotação final de gemas laterais. Salienta-se que o acúmulo de horas de frio ($\leq 7,2^{\circ}\text{C}$) durante 1º de abril a 31 de agosto de 2022 foi de 628 HF (Estação Meteorológica Automática de

Superfície A880 do INMET, com localização especificada no Apêndice 3 e distante 14,0 km da área de estudo).

Em 11 de janeiro de 2023, mediu-se com trena graduada as porções da haste principal da planta com mais de 10 centímetros sem brotação de gemas. A partir desse dado, inferiu-se frequência de plantas com déficit de brotação (%), número de porções com déficit de brotação (un), comprimento médio de porção com déficit de brotação (cm) e comprimento total de porção com déficit de brotação (cm).

Tanto as variáveis de brotação de gemas laterais da haste principal como às relacionadas ao déficit de brotação da haste principal foram avaliadas, considerando apenas o porta-enxerto como fator.

Os ramos foram mais uma vez alceados no início de janeiro de 2023 segundo as prerrogativas do sistema. Posteriormente, foi realizada a poda verde (poda de verão) das plantas, sendo que os ramos do ano (crescidos a partir do ramo de ano alceado) foram encurtados, mantendo-os com três a quatro gemas (FIGURA 2). A necessidade de poda verde foi determinada em 13 de janeiro de 2023 por ação da mensuração, com trena graduada, do comprimento de cada ramo que deveria ser encurtado em cada patamar do espaço compreendido entre cinco plantas. Com base nesse dado, obteve-se número de ramos podados (un m^{-1}), comprimento médio do ramo podado (cm m^{-1}) e comprimento total de ramos podados (cm m^{-1}). Assim, considerou-se esquema fatorial duplo (porta-enxerto x patamar do sistema de condução) para as variáveis associadas à poda verde.



FIGURA 2. Exemplificação de ramos que foram podados no verão de 2023 de acordo com as premissas do sistema de condução bidimensional. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Dada à importância da correta condução inicial do sistema, os ramos foram alceados em junho de 2023 novamente. Em seguida, o preenchimento dos patamares do sistema de condução foi estabelecido outra vez, seguindo a mesma metodologia do ciclo anterior, mas avaliando até o sétimo patamar. Determinou-se, também, o preenchimento geral do sistema nos dois ciclos, considerando como fator apenas o porta-enxerto, sendo que, no primeiro ano de avaliação, atribuiu-se ao preenchimento do sexto e sétimos patamares valor zero uma vez que sobre eles não havia ramos alceados.

Salienta-se que os atributos vegetativos foram analisados estatisticamente tanto em resposta ao porta-enxerto isoladamente, como em fatorial duplo entre porta-enxerto e porção de planta e porta-enxerto e patamar do sistema de condução, adequando-se conforme a variável (TABELA 1). Ao passo que as variáveis produtivas e de qualidade de frutos, apresentadas a seguir, foram analisadas utilizando somente o porta-enxerto como fator.

TABELA 1. Esquema fatorial adotado para avaliação das variáveis vegetativas, podendo ser simples: porta-enxerto (PE); ou duplo: porta-enxerto e porção de planta (PE x PP), ou porta-enxerto e patamar do sistema de condução (PE x PS). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Variável	Fatores		
	PE	PE x PP	PE x PS
Brotação de gemas laterais	x	x	
Número e comprimento médio e total de ramos	x	x	
Comprimento médio e total de ramos	x	x	
Conversão de gemas brotadas em ramos	x	x	
Índice de heterogeneidade de formação de planta	x		
Ângulo de inserção de ramos		x	
Diâmetro de tronco		x	
Crescimento apical	x		
Preenchimento do sistema (ciclo 2021/22)			x
Índice de heterogeneidade do preenchimento do sistema	x		
Brotação de gemas laterais da haste principal	x		
Déficit de brotação na haste principal	x		
Número e comprimento médio e total de ramos podados			x
Preenchimento do sistema (ciclo 2022/23)			x
Preenchimento geral do sistema	x		

3.2.2 Atributos produtivos e de qualidade de frutos

O delineamento utilizado para produtividade e qualidade de frutos foi de blocos casualizados em fatorial simples (porta-enxerto) com quatro repetições e cada parcela constituída pelo espaço compreendido entre cinco plantas. As variáveis analisadas para caracterização dos frutos sobre os distintos porta-enxertos são descritas a seguir.

A colheita das plantas de macieiras ‘Galaxy’ ocorreu em 22 de fevereiro de 2023. Os frutos que apresentavam recobrimento vermelho da epiderme superior a 50% foram colhidos e, posteriormente, cada fruto foi pesado individualmente (g) em balança de precisão modelo AD3300. A partir do dado de número de inflorescências por metro de fila coletado em dezembro e considerando um fruto por inflorescência após o raleio e o peso médio de fruto, obteve-se a produção. Para cultivar ‘Fuji Suprema’, todos os frutos foram colhidos em 21 de abril de 2023 e pesados em balança de precisão. Dessa maneira, determinou-se número de frutos m^{-1} de fila, peso individual de cada fruta (g) e produtividade ($kg\ ha^{-1}$) em ambas cultivares.

Para definir os calibres, o peso individual obtido dos frutos foi agrupado em cinco classes de calibre: (i) menor ou igual a 80 (peso maior ou igual a 212,5 g); (ii) entre 90 e 100 (peso entre 171,5 e 212,5 g); (iii) entre 110 e 120 (pesando de 141,5 a 171,49 g); (iv) entre 135 e 165 (com peso entre 104,5 e 141,49 g); e (v) maior ou igual a 180 (pesando menos de 104,5 g). A definição do calibre foi baseada no número de frutas em uma caixa de papelão Mark IV com capacidade para armazenar 18 kg de produto (Adaptado de BRASIL, 2002).

Logo após, foi avaliada visualmente a coloração da epiderme. Para tanto, utilizou-se as seguintes categorias baseadas no recobrimento da epiderme com coloração vermelha: (i) menor que 25%; (ii) maior ou igual a 25 e menor que 50%; (iii) maior ou igual a 50% e menor que 75%; (iv) e maior que 75%. Também baseada em observação visual, os frutos foram classificados em cinco níveis de recobrimento da epiderme com russetting: (0) ausência; (1) menos de 10%; (2) mais ou igual a 10% e menos que 30%; (3) mais ou igual a 30% e menos que 50%; (4) mais que 50% (Camilo e Denardi, 2001). Os dados de calibre, cor e russetting foram expressos em porcentagem do número de frutos avaliados e determinados a partir da avaliação de 100 frutos (ou quantos havia disponível) de cada unidade experimental.

Comprimento e o diâmetro médio (mm) foram obtidos medindo-se na horizontal e na vertical, respectivamente, quatro agrupamentos de dez frutos (ou quantos havia disponível) de cada unidade experimental. Com base nesses dados, foi avaliada, também, a relação entre comprimento/diâmetro. Na intenção de contribuir para avaliação de formato de fruto, as sementes presentes em cada fruto foram contadas para determinar seu número médio (un) por fruto.

Em 20 frutos por unidade experimental (ou quantos havia disponíveis), retirou-se dois centímetros de diâmetro da casca em dois pontos opostos na região equatorial de cada fruto. Nesses locais, a firmeza da polpa (N) foi medida com penetrômetro analógico Effegi, modelo FT 327 - ponteira de 11 mm de diâmetro. Em seguida, o suco da fruta foi

rapidamente coletado e o teor de sólidos solúveis (°Brix) foi mensurado com refratômetro digital, modelo PAL-1. Previamente a essas duas avaliações, os frutos de 'Galaxy' ficaram armazenados em câmara fria por 67 dias, ao passo que os frutos de 'Fuji Suprema' foram conservados em frio artificial por 55 dias.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Atributos vegetativos

Nas duas cultivares copa analisadas houve interação significativa entre porta-enxerto e porção de plantas para a variável brotação de gemas laterais (TABELA 2). Em macieiras 'Galaxy', o maior nível de brotação verificado na porção apical foi sobre 'G.202' (96,55%). Na porção mediana apical, a brotação de gemas laterais variou entre 80,37 e 62,52%, com menores valores verificados sobre 'G.213', 'G.214', 'M.9' (T337) e 'Marubakaido/M.9'. Os porta-enxertos G.214 e Marubakaido/M.9 induziram menor brotação de gemas laterais nas porções mediana basal e basal comparado aos demais porta-enxertos. Em relação à cultivar Fuji Suprema, na porção apical observou-se níveis de brotação superiores a 91%, a exceção de 'G.214', 'G.969' e 'Marubakaido/M.9'. Na porção mediana apical, menor brotação de gemas laterais foi constatado sobre 'G.210', 'G.814', 'M.9' (Nic29) e 'Marubakaido/M.9'. Os porta-enxertos G.213, G.814 e Marubakaido/M.9 conferiram à copa maior brotação de gemas laterais na porção mediana basal; à medida que 'G.213', G.969', 'M.9' (T337) e 'Marubakaido/M.9' fomentaram menor brotação nessa porção de planta.

Com base nos resultados acima expostos, em ambas as cultivares, é possível observar uma tendência a menores níveis de brotação na porção basal, com gradiente de brotação ascendente de maneira geral. À exceção, 'M.9' (Nic29) em 'Galaxy' não induziu níveis de brotação distintos entre as porções; enquanto 'G.202' e, também, 'M.9' (Nic29) mantiveram os valores de brotação de gemas laterais estatisticamente iguais em 'Fuji Suprema'. Também à exceção da tendência de maior brotação nas porções mediana apical e apical, 'Fuji Suprema' sobre 'Marubakaido/M.9' apresentou um resultado peculiar, com maior nível de brotação sendo verificado na porção mediana basal, a qual foi estatisticamente superior às demais. Sendo assim, a tendência da manifestação de acrotonia em condições de requerimento de frio atendido (Cook; Jacobs, 1999), é validada pelos resultados encontrados, em especial na cultivar Galaxy.

A menor tendência à acrotonia evidenciada nas plantas de 'Fuji Suprema' pode ser devido a uma brotação mais sincronizada das gemas em comparação à cultivar de macieira Galaxy uma vez que esta é mais exigente em calor que àquela (Putti *et al.*, 2006). Assim, as temperaturas amenas, principalmente após o plantio e aplicações de indutores de brotação,

resultaram em menor sincronização de brotação das gemas, com brotação antecipada das gemas localizadas próximas ao ápice das plantas, pois estas apresentam menor exigência térmica (Hawerth *et al.*, 2010). Como consequência, incita-se o movimento basipetal da auxina proveniente das folhas apicais e, por conseguinte, há inibição indireta ao desenvolvimento de gemas e ramos laterais (Sazo; Robinson, 2011; Schneider *et al.*, 2019).

TABELA 2. Brotação de gemas laterais aos 48 dias após a aplicação de indutores de brotação e 6-benziladenina nas porções basal (PB), mediana basal (PMB), mediana apical (PMA) e apical (PA), bem como em planta total, em mudas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Porta-enxerto	Brotação de gemas laterais (%)				
	‘Galaxy’				
	PB	PMB	PMA	PA	Total
G.202	42,14 Da	68,88 Ca	80,37 Ba	96,55 Aa	76,27 a
G.210	38,11 Ba	84,71 Aa	79,16 Aa	87,23 Ab	76,55 a
G.213	39,28 Ca	67,19 Ba	68,95 Bb	86,08 Ab	68,49 b
G.214	23,90 Cb	45,24 Bb	67,63 Ab	77,68 Ac	60,23 b
G.814	34,56 Ba	67,68 Aa	69,07 Aa	84,92 Ab	76,18 a
G.969	34,57 Ba	65,96 Aa	79,66 Aa	77,49 Ac	65,76 b
M.9 (T337)	37,05 Ba	76,83 Aa	74,55 Aa	87,17 Ab	71,66 a
M.9 (Nic29)	52,46 Aa	69,25 Aa	61,52 Ab	69,50 Ac	63,27 b
Marubakaido/M.9	23,34 Cb	59,55 Bb	63,88 Bb	83,95 Ab	65,72 b
Porta-enxerto	‘Fuji Suprema’				
	PB	PMB	PMA	PA	Total
G.202	85,79 Aa	83,22 Ab	91,86 Aa	91,80 Aa	88,09 a
G.210	83,00 Ba	84,94 Bb	79,23 Bb	96,39 Aa	85,93 a
G.213	69,31 Cb	89,66 Ba	90,06 Ba	96,96 Aa	88,16 a
G.214	62,10 Ba	74,86 Bb	86,98 Aa	86,08 Ab	80,22 b
G.814	77,87 Bb	94,14 Aa	89,08 Aa	97,95 Aa	90,75 a
G.969	68,43 Bb	78,47 Bb	72,52 Bb	90,05 Ab	78,46 b
M.9 (T337)	56,79 Cb	79,51 Bb	85,05 Ba	94,67 Aa	81,63 b
M.9 (Nic29)	87,71 Aa	85,15 Ab	81,19 Ab	93,79 Aa	86,66 a
Marubakaido/M.9	64,49 Bb	91,50 Aa	67,20 Bb	77,14 Bb	76,79 b

Letras maiúsculas diferentes na linha e letras minúsculas na coluna representam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Ao considerar apenas a resposta ao porta-enxerto (TABELA 2), verifica-se que houve maior brotação de gemas laterais sobre ‘G.202’, ‘G.210’, ‘G.814’ e ‘M.9’(NIC29) em ‘Galaxy’. Os materiais ‘G.202’, ‘G.210’ e ‘G.814’ novamente conferiram altos índices de brotação na cultivar Fuji Suprema, assim como ‘G.213’ e M.9’(T337). Corroborando os altos níveis de brotação encontrados sobre ‘G.814’, Lordan *et al.* (2017) observaram que o porta-enxerto ‘G.814’ proporcionou uma das melhores brotações à copa de ‘Honeycrisp’ cultivada no estado de Nova York (EUA). Ao avaliarem plantas adultas de ‘Gala’ e ‘Fuji’ no meio-oeste catarinense, Denardi *et al.* (2013) verificaram que, de maneira geral, os porta-enxertos

da série Geneva® induzem maiores níveis de brotação à copa do que o tradicional ‘M.9’, com destaque para ‘G.202’ e ‘G.213’. Assim, os resultados encontrados neste trabalho corroboram a elevada proporção de gemas brotadas sobre ‘G.202’, mas não houve diferença induzida entre ele e ‘M.9’ (T337) e ‘M.9’ (Nic29) em ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’, respectivamente. Em plantas de dois anos expostas a 1000 HF artificial, a maior proporção de gemas brotadas de ‘Maxi Gala’ foi constatada sobre ‘G.213’ e ‘G.814’ em comparação a ‘G.202’ e ‘M.9’ (Macedo *et al.*, 2018); todavia nossos resultados em macieiras ‘Galaxy’ diferem desses autores, com menor brotação sobre ‘G.213’ em relação aos outros três materiais.

Assim sendo, alguns porta-enxertos induzem respostas mais consistentes, com resultados sendo respaldados por diversos experimentos; à proporção que outros materiais imprimem respostas variáveis, as quais podem ser atribuídas a diferentes fatores, tal como adaptação à região de cultivo. Ademais, os dados obtidos nesse experimento refletem que os porta-enxertos de macieira pouco influenciam na brotação da copa como implicado por Rufato *et al.* (2019). Para Finetto (2003), o porta-enxerto tem maior efeito na brotação da cultivar copa em regiões em que o requerimento em frio não é atendido. Portanto, a exposição ao frio artificial pode ter mascarado o efeito provocado pelos materiais à copa.

Além disso, os níveis de brotação geral obtidos para as duas cultivares são elevados, independente do porta-enxerto, podendo estar atrelados à interação da alta qualidade das gemas das mudas utilizadas e da exposição delas ao frio artificial, totalizando 1600 HF e satisfazendo o requerimento de frio de ambas as copas. A importância do uso de câmaras frias para suprimento do frio e alta proporção de gemas brotadas é evidente, conforme apresentado a seguir. Para Petri, Palladini e Polla (2006), a exposição de mudas de macieira à temperatura de 2°C por 60 dias foi suficiente para brotação de gemas de 78,3% e 84,5% em ‘Gala’ e ‘Fuji’, respectivamente. Macedo *et al.* (2018) verificaram que a brotação da ‘Maxi Gala’, independentemente do porta-enxerto utilizado, aumentou com o acúmulo de horas de frio, não obstante o tratamento com 1000 HF apresentou a maior brotação em relação aos demais (400, 600 e 800 HF).

É possível observar que os índices de brotação de ‘Fuji Suprema’ são superiores aos de ‘Galaxy’. Isso, provavelmente, é decorrente das condições meteorológicas após a aplicação de indutores de brotação, pois ‘Gala’ é mais exigente em calor do que ‘Fuji’ (Putti *et al.*, 2006), contribuindo para maior brotação em ‘Fuji Suprema’ quando ocorrem períodos de temperaturas amenas nos dias após a aplicação dos indutores de brotação (Apêndice 3), com média de 14,1°C nos três dias seguintes à aplicação.

Em relação ao número de ramos formados por planta, na primeira e segunda avaliação de número de ramos na cultivar Galaxy (TABELA 3), nota-se maior número de ramos na porção apical, com exceção dos porta-enxertos G.214, no qual porção apical e mediana apical foram iguais, e ‘M.9’(T337), em que não houve distinção entre as porções. Ao analisar as demais avaliações, é possível determinar que esse padrão de maior ramificação na porção apical foi mantido ao longo do primeiro ciclo, sendo isso consequência dos maiores níveis de brotação também constatados nessa porção e da acrotonia intrínseca à macieira. Na terceira avaliação, na porção mediana basal o maior número de ramos formados foi sobre ‘G.210’, em contrapartida, a menor quantidade foi induzida por ‘G.214’, ‘G.969’ e ‘M.9’ (T337). Na porção mediana apical, a formação de ramos foi estatisticamente igual entre os porta-enxertos G.969, M.9 (T337) e M.9 (Nic29), os quais fomentaram menor formação de ramos que os demais materiais. Já, na primeira porção de plantas a maior ramificação foi constatada sobre ‘G.202’, ‘G.210’, ‘G.213’, ‘G.814’ e ‘Marubakaido/M.9’, seguido de ‘G.214’, ‘G.969’ e ‘M.9’ (Nic29), e por fim de ‘M.9’ (T337). Logo, o porta-enxerto G.210 foi o único que apresentou maior quantidade de ramos em todas as porções, indicando que esse material induz maior vigor à copa.

Diferentemente da cultivar anterior, em macieiras ‘Fuji Suprema’, não houve concentração de ramos na porção apical, com formação mais distribuída ao longo da haste principal nas três datas avaliadas (TABELA 3). Esses dados corroboram a menor tendência à acrotonia apresentada por ‘Fuji Suprema’ em comparação à ‘Galaxy’, conforme previamente verificado para brotação lateral de gemas. Desta maneira, em março (avaliação 3), cinco porta-enxertos induziram formação de ramos equivalente estatisticamente nas três porções de plantas, sendo eles G.202, G.814, G.969, M.9 (T337) e M.9 (Nic29). Contudo, os demais materiais apresentaram padrão de ramificação distinto, sem a possibilidade de estabelecimento de uma resposta constante. O porta-enxerto G.210 induziu maior formação de ramos na porção apical e menor na mediana apical; ‘G.213’ fomentou mais ramos nas porções mediana apical e apical; enquanto ‘G.214’ imprimiu maior quantidade de ramos formados na porção mediana apical; já ‘Marubakaido/M.9’ induziu mais ramos na porção mediana basal.

Considerando as porções de planta na terceira avaliação, os materiais G.210 e Marubakaido/M.9 induziram a maior quantidade final de ramos na porção mediana basal, enquanto ‘G.210’ fomentou mais ramificações na porção apical. Na mediana apical a maior quantidade de ramos foi verificada sobre ‘G.210’, ‘G.213’, ‘G.214’ e M.9 (Nic29). Então, assim como na cultivar Galaxy, o porta-enxerto G.210 imprimiu maior formação de ramos em todas as porções de planta.

TABELA 3. Número de ramos nas porções mediana basal (PMB), mediana apical (PMA) e apical (PA) em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (16 de dezembro e 19 de janeiro de 2022 e 14 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Porta-enxerto	‘Galaxy’ – Número de ramos (un)											
	Avaliação 1				Avaliação 2				Avaliação 3			
	PMB	PMA	PA	Média	PMB	PMA	PA	Média	PMB	PMA	PA	Média
G.202	1,38 Bb	1,44 Bb	5,65 Ac	-	5,38 Bb	6,08 Ba	9,59 Aa	-	5,63 Bb	6,23 Ba	10,03 Aa	-
G.210	4,35 Ba	3,95 Ba	6,90 Ab	-	7,25 Ba	7,20 Ba	11,35 Aa	-	7,45 Ba	7,50 Ba	11,35 Aa	-
G.213	2,08 Bb	2,46 Bb	6,86 Ab	-	5,23 Bb	5,75 Ba	10,08 Aa	-	5,46 Bb	5,84 Ba	10,13 Aa	-
G.214	1,80 Bb	4,30 Aa	4,60 Ac	-	3,40 Bc	6,35 Aa	7,00 Ab	-	3,45 Bc	6,15 Aa	7,25 Ab	-
G.814	3,34 Ba	2,48 Bb	9,51 Aa	-	5,28 Bb	5,85 Ba	10,73 Aa	-	5,44 Bb	5,84 Ba	10,49 Aa	-
G.969	2,25 Bb	2,35 Bb	4,25 Ac	-	3,25 Bc	4,00 Bb	5,45 Ab	-	3,40 Bc	3,70 Bb	5,95 Ab	-
M.9 (T337)	1,09 Ab	2,04 Ab	2,35 Ad	-	2,13 Ac	2,76 Ab	3,85 Ac	-	2,35 Ac	3,25 Ab	4,35 Ac	-
M.9 (Nic29)	1,15 Bb	1,95 Bb	4,10 Ac	-	2,65 Bc	4,10 Ab	5,55 Ab	-	3,00 Bb	4,35 Bb	6,80 Ab	-
Marubakaido/M.9	3,51 Ba	2,98 Ba	5,49 Ac	-	5,54 Bb	6,86 Ba	9,24 Aa	-	5,55 Bb	6,46 Ba	9,51 Aa	-
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Porta-enxerto	‘Fuji Suprema’ – Número de ramos (un)											
	Avaliação 1				Avaliação 2				Avaliação 3			
	PMB	PMA	PA	Média	PMB	PMA	PA	Média	PMB	PMA	PA	Média
G.202	2,50 Aa	2,10 Ab	3,30 Aa	-	3,40 Ab	3,80 Ab	4,45 Aa	-	3,60 Ab	4,05 Ab	5,30 Ab	-
G.210	2,16 Aa	1,43 Ab	2,93 Aa	-	7,10 Aa	5,04 Aa	5,66 Aa	-	7,46 Ba	5,76 Ca	9,81 Aa	-
G.213	1,85 Bb	3,50 Aa	2,15 Bb	-	4,00 Bb	6,00 Aa	4,15 Ba	-	4,25 Bb	6,00 Aa	6,45 Ab	-
G.214	2,20 Aa	2,45 Aa	1,55 Ab	-	3,05 Ab	4,85 Aa	3,20 Ab	-	3,50 Bb	5,55 Aa	4,20 Bb	-
G.814	2,95 Aa	3,05 Aa	3,90 Aa	-	3,65 Ab	4,00 Ab	4,35 Aa	-	3,90 Ab	4,35 Ab	5,55 Ab	-
G.969	1,70 Ab	2,80 Aa	2,40 Ab	-	2,55 Ab	3,50 Ab	3,55 Ab	-	3,00 Ab	3,75 Ab	4,35 Ab	-
M.9 (T337)	0,53 Ab	0,73 Ab	1,03 Ab	-	2,20 Ab	2,89 Ab	2,71 Ab	-	2,59 Ab	3,54 Ab	4,64 Ab	-
M.9 (Nic29)	0,90 Ab	1,80 Ab	1,05 Ab	-	3,20 Ab	3,50 Ab	2,10 Ab	-	3,55 Ab	4,85 Aa	5,35 Ab	-
Marubakaido/M.9	3,80 Aa	1,80 Bb	2,20 Bb	-	5,80 Aa	3,70 Bb	4,00 Ba	-	6,30 Aa	4,00 Bb	5,80 Ab	-
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Letras maiúsculas diferentes na linha e letras minúsculas na coluna representam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Nesse viés, é interessante avaliar o padrão de formação de ramos ao longo do ciclo. Houve formação de ramos mais intensa até a segunda avaliação em ‘Galaxy’. Na cultivar Fuji Suprema, esse mesmo padrão foi constatado nas porções mediana basal e mediana apical, no entanto ocorreu intensa formação de novas estruturas na porção apical entre a segunda e terceira avaliação (TABELA 3).

Quanto ao ângulo de inserção dos ramos formados (FIGURA 3), não houve interação entre porta-enxerto e porção de plantas. Em ambas as cultivares, os ramos se formaram em angulação maior nas porções mediana basal e mediana apical, as quais não diferiram entre si, mas foram superiores à porção apical. Esse resultado era esperado, visto que, de acordo com Pereira e Petri (2006), ramos oriundos de gemas com inserção alta na haste principal geralmente são caracterizados por ângulos relativamente fechados em relação ao tronco. Essa tendência é decorrente da dominância apical e da acrotonia, a qual pode levar a ângulos mais amplos nas porções basais, enquanto ramos acropetais dominantes estão mais presentes nos ápices (Cook; Jacobs, 1999; Ferree; Schupp, 2003).

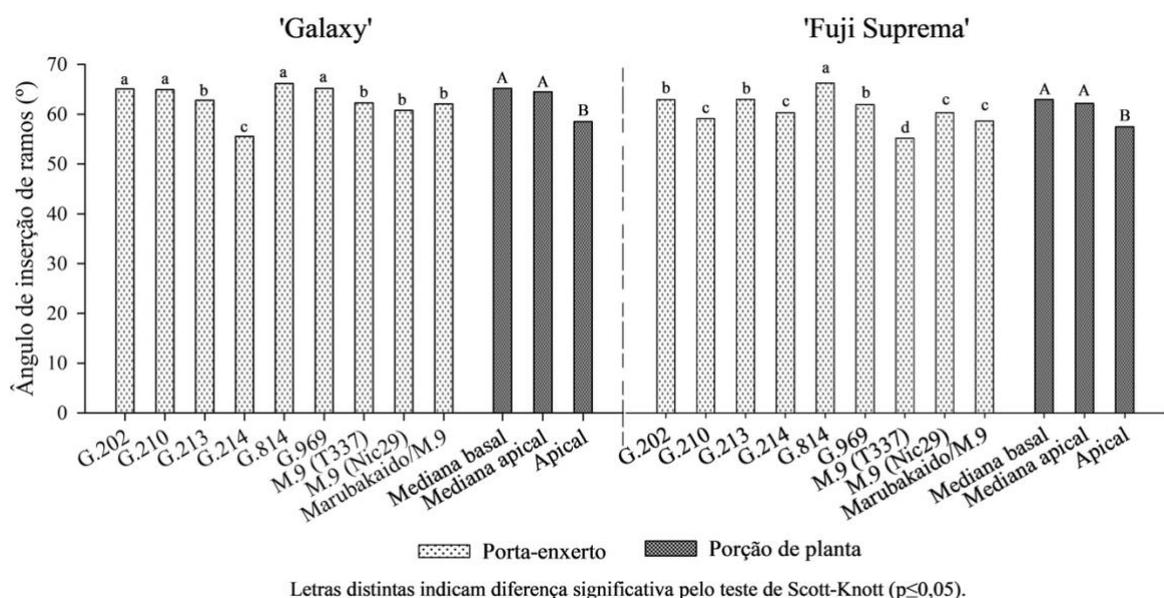


FIGURA 3. Ângulo de inserção de ramos nas porções mediana basal, mediana apical e apical de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Em ‘Galaxy’ sobre ‘G.202’, ‘G.210’, ‘G.814’ e ‘G.969’, o ângulo de inserção de ramos não diferiu estatisticamente, sendo maior do que sobre ‘G.213’, ‘M.9’ (T337), ‘M.9’(Nic29) e ‘Marubakaido/M.9’ (FIGURA 3). Na cultivar Fuji Suprema, o maior ângulo foi verificado sobre ‘G.814’, seguido de ‘G.202’, ‘G.213’ e ‘G.969’, os quais são iguais estatisticamente. O menor ângulo de inserção foi induzido por ‘G.214’ e ‘M.9’ (T337) em ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’, respectivamente. À vista disso, como encontrado por Fazio e

Robinson (2008), o ângulo de inserção de ramos sobre alguns porta-enxertos da série Geneva® foi maior do que o padrão Malling (M.9), mesmo que os materiais Geneva® induzam maior vigor que os porta-enxertos da série Malling (dados ainda não apresentados).

Nas condições edafoclimáticas brasileiras, em trabalho com aplicação de citocininas para maior ramificação, ‘Maxi Gala’ enxertada sobre o porta-enxerto G.213 apresentou inserção de ramos menores comparado a sobre ‘G.202’ e ‘M.9’ (Welter, 2019). Nossos resultados são similares em ‘Galaxy’, com ‘G.213’ induzindo ângulos de inserção estatisticamente iguais aos clones de M.9 e inferiores ao ‘G.202’. Porém, os resultados são diferentes na cultivar Fuji Suprema. Também diferentemente dos resultados deste trabalho, Macedo (2018) não verificou distinção entre o ângulo de inserção nos primeiros dois anos de cultivo de ‘Maxi Gala’ sobre ‘G.202’, ‘G.213’, ‘G.814’ e ‘M.9’ (T337) em área nova em Vacaria (RS). O ângulo médio de inserção dos ramos das plantas de ‘Maxi Gala’ enxertadas sobre ‘G.814’ não diferiu das plantas enxertadas em ‘G.210’ e o ‘G.213’ (Bittencourt *et al.*, 2019), enquanto que os dados aqui apresentados indicam menor angulação sobre ‘G.213’ em relação aos outros dois materiais. Desta maneira, o porta-enxerto afeta o ângulo de inserção de ramos, mas influenciando as cultivares de maneira distinta, o que é corroborado por Warner (1991).

Ainda, para Rufato *et al.* (2019), existe certa tendência de que quando há indução de maior número de ramos, também ocorra a formação deles em um ângulo mais estreito. Esse padrão não pode ser identificado em nosso trabalho. A exemplo, M.9 (T337) induziu tanto menor ângulo de inserção de ramos quanto menor formação de ramos em ‘Fuji Suprema’.

Ao avaliar a conversão de gemas brotadas em ramos formados, diferenças significativas foram constatadas (TABELA 4). Para ‘Galaxy’, houve interação entre porta-enxerto e porção de planta, sendo que o único porta-enxerto que induziu níveis de conversão diferente entre as porções de plantas foi ‘G.214’, com menor conversão na porção apical. Os materiais ‘G.210’, ‘G.213’ e ‘Marubakaido/M.9’ configuram sempre entre os maiores níveis de conversão nas três porções de planta; enquanto os dois clones de ‘M.9’ demonstraram induzir menor conversão nas três porções de planta. Ao analisar exclusivamente a resposta ao porta-enxerto, os maiores níveis de conversão de gemas brotadas em ramos foram sobre ‘G.210’, ‘G.213’ e ‘Marubakaido/M.9’.

Compensatoriamente, na cultivar ‘Fuji Suprema’, não houve interação entre os fatores, não tendo sido constatada diferença significativa entre as porções de planta (TABELA 4). Para o fator porta-enxerto, a maior conversão foi averiguada sobre ‘G.210’ e os menores níveis foram identificados sobre os porta-enxertos G.202, G.214, G.814, G.969, M.9 (T337) e M.9 (Nic29), os quais não diferiram entre si. Considerando apenas porta-

enxerto como fator, ‘G.210’ destaca-se com o nível de conversão mais elevado em ‘Fuji Suprema’.

TABELA 4. Conversão de gemas brotadas em ramos nas porções mediana basal (PMB), mediana apical (PMA) e apical (PA), bem como em planta total, em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao longo do primeiro ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Porta-enxerto	Conversão de gemas brotadas em ramos (%)				
	‘Galaxy’			Média	Total
	PMB	PMA	PA		
G.202	49,34 Aa	40,76 Ab	57,54 Aa	-	48,13 b
G.210	65,14 Aa	65,52 Aa	66,70 Aa	-	65,29 a
G.213	54,88 Aa	52,54 Aa	59,24 Aa	-	55,73 a
G.214	51,27 Aa	55,42 Aa	35,24 Bb	-	43,32 b
G.814	40,33 Ab	45,56 Ab	53,96 Aa	-	47,09 b
G.969	52,41 Aa	40,30 Ab	53,03 Aa	-	46,14 b
M.9 (T337)	31,04 Ab	43,93 Ab	45,46 Ab	-	37,86 c
M.9 (Nic29)	30,84 Ab	36,98 Ab	39,55 Ab	-	35,30 c
Marubakaido/M.9	61,74 Aa	62,51 Aa	55,00 Aa	-	57,70 a
Média	-	-	-		
Porta-enxerto	‘Fuji Suprema’				
	PMB	PMA	PA	Média	Total
G.202	24,20	25,25	31,91	27,12 c	27,16 c
G.210	47,08	35,02	47,63	43,24 a	42,90 a
G.213	29,29	41,17	35,05	35,17 b	34,98 b
G.214	31,91	34,92	25,41	30,75 c	29,18 c
G.814	27,25	33,41	33,48	31,38 c	31,28 c
G.969	28,62	35,91	27,95	30,83 c	29,95 c
M.9 (T337)	20,81	25,49	25,14	23,81 c	23,71 c
M.9 (Nic29)	27,87	30,26	29,30	29,15 c	28,85 c
Marubakaido/M.9	41,18	31,30	34,81	35,76 b	35,82 b
Média	30,91 ns	32,53	32,30		

ns: não significativo pelo teste F ($p>0,05$). Letras maiúsculas diferentes na linha e letras minúsculas na coluna representam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p\leq 0,05$).

Ressalta-se, então, que a variação de conversão ao longo da haste principal da planta é sutil e verificada apenas em ‘Galaxy’, todavia o porta-enxerto utilizado induz distintos níveis de conversão, sendo estes superiores sobre ‘G.210’, ‘G.213’ e ‘Marubakaido/M.9’. Esperava-se que a maior conversão seria nos materiais e porções que apresentaram maior brotação de gemas, pois as novas folhas formadas são as fornecedoras de fotoassimilados para sustentar o novo crescimento (Hawerroth; Petri, 2011). Acredita-se, porém, que aliado a isso, ocorra também maior competição entre as estruturas por fotoassimilados, resultando na necrose de gemas (Marafon *et al.*, 2011) e na formação de esporões ao invés de ramos. Assim sendo, a conversão de gemas brotadas em ramos é complexa e resultante da interação

entre disponibilidade e competição de fotoassimilados, podendo estar ainda aliado às condições climáticas e ao vigor induzido pelos materiais.

A competição entre drenos também influenciou os resultados de comprimento médio de ramos. Na cultivar Galaxy, não houve interação de porção de planta e porta-enxerto para variável comprimento médio de ramos ao longo das três avaliações (TABELA 5). Na primeira avaliação, não foi verificado diferença entre as porções de planta, apesar disso, os porta-enxertos G.814 e G.969 induziram maior comprimento médio de ramos. A partir da segunda avaliação, o maior comprimento médio foi estabelecido na porção mediana basal, em seguida na mediana apical, e o menor comprimento na porção apical. Isso é resultante da maior concentração de ramos na porção apical, da qual decorre maior quantidade de drenos competindo por carboidratos, resultando em menor comprimento médio das estruturas. Em relação ao porta-enxerto, o maior comprimento médio sobre G.814 e G.969 se manteve, além de que foi verificado também sobre ‘G.210’ e ‘Marubakaido/M.9’ na terceira avaliação, sem diferença estatística entre esses quatro materiais.

Não obstante, houve interação entre os fatores na primeira avaliação em macieiras ‘Fuji Suprema’ (TABELA 5). Em relação às porções de planta, ramos mais curtos foram observados sobre ‘M.9’ (T337) na porção mediana basal, enquanto, na porção apical, constatou-se ramos mais compridos sobre ‘G.814’ e ‘G.969’. Diferentemente das outras porções, não houve distinção entre porta-enxertos na porção mediana apical. Quanto aos porta-enxertos, ‘G.202’, ‘G.210’, ‘M.9’ (Nic29) e ‘Marubakaido/M.9’ induziram ramos com maior comprimento médio na porção mediana basal ao passo que ‘G.214’, ‘G.814’, ‘G.969’ e ‘Marubakaido/M.9’ não imprimiram comprimento médio de ramos distinto entre porções.

Na segunda e terceira avaliação de ‘Fuji Suprema’, não houve interação de porção de planta e porta-enxerto. Assim como na cultivar Galaxy, ramos de maior comprimento foram determinados na porção mediana basal e de menor comprimento na apical. Contudo, de modo geral, em ‘Fuji Suprema’ o número de ramos foi estatisticamente igual entre as porções, não contribuindo para diferentes níveis de competição. Como mencionado, nessa cultivar entre a segunda e terceira avaliação, houve elevada formação de novas estruturas, as quais, obviamente, apresentavam menor comprimento do que aquelas formadas no início do ciclo, culminando em redução do tamanho médio de ramos nessa porção superior. Aliado a isso, a cultivar Fuji Suprema demonstrou menor tendência à acrotonia, contribuindo para estabelecimento de ramos mais longos na porção mediana basal. Quanto ao porta-enxerto, ramos mais compridos foram induzidos por ‘G.202’, ‘G.213’, ‘G.214’ e ‘G.969’.

TABELA 5. Comprimento médio de ramos nas porções mediana basal (PMB), mediana apical (PMA) e apical (PA) em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (16 de dezembro e 19 de janeiro de 2022 e 14 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

‘Galaxy’ – Comprimento médio de ramos (cm)												
Porta-enxerto	Avaliação 1				Avaliação 2				Avaliação 3			
	PMB	PMA	PA	Média	PMB	PMA	PA	Média	PMB	PMA	PA	Média
G.202	9,66	7,57	8,98	8,74 c	22,94	17,93	15,51	18,79 c	54,55	41,31	31,04	42,30 b
G.210	12,67	10,76	11,03	11,49 b	35,17	29,47	24,32	29,65 a	60,21	49,14	42,36	50,57 a
G.213	12,81	12,11	10,34	11,76 b	30,57	24,19	16,93	23,90 b	57,90	43,39	30,16	43,82 b
G.214	8,72	11,97	9,47	10,05 c	23,93	21,36	16,44	20,58 c	50,00	39,06	28,50	39,19 b
G.814	12,4	12,61	13,24	12,75 a	32,69	23,74	21,89	26,11 b	64,22	45,69	41,74	50,55 a
G.969	17,69	12,93	13,22	14,61 a	38,87	29,92	24,49	31,09 a	62,22	47,35	47,99	52,52 a
M.9 (T337)	11,71	11,69	9,76	11,05 b	17,11	20,14	15,54	17,60 c	41,40	40,34	32,32	38,02 b
M.9 (Nic29)	8,8	9,74	8,43	8,99 c	18,97	15,63	12,13	15,58 c	38,69	34,19	24,75	32,54 b
Marubakaido/M.9	11,46	11,34	10,21	11,00 b	36,99	28,71	22,90	29,53 a	62,77	47,16	37,75	49,23 a
Média	11,77 ns	11,19	10,52		28,58 A	23,45 B	18,91 C		54,66 A	43,07 B	35,18 C	

‘Fuji Suprema’ – Comprimento médio de ramos (cm)												
Porta-enxerto	Avaliação 1				Avaliação 2				Avaliação 3			
	PMB	PMA	PA	Média	PMB	PMA	PA	Média	PMB	PMA	PA	Média
G.202	13,89 Aa	8,64 Ba	9,77 Bb	-	43,79	28,14	19,74	30,56 a	77,72	61,16	47,14	62,01 a
G.210	15,90 Aa	8,88 Ba	10,29 Bb	-	29,20	17,56	11,29	19,35 c	71,23	50,50	31,36	51,03 b
G.213	13,03 Aa	12,42 Aa	8,38 Bb	-	30,90	28,82	14,69	24,80 b	68,85	62,21	35,42	55,49 a
G.214	12,89 Aa	10,28 Aa	9,52 Ab	-	31,75	24,73	18,42	24,97 b	69,79	52,57	43,57	55,31 a
G.814	17,25 Aa	13,80 Aa	12,93 Aa	-	41,00	26,75	20,15	29,30 a	84,41	63,60	47,59	65,02 a
G.969	14,12 Aa	12,47 Aa	14,13 Aa	-	29,28	27,57	19,27	25,37 b	58,35	50,45	35,53	48,11 b
M.9 (T337)	7,92 Ab	9,43 Aa	7,74 Ab	-	21,75	18,75	12,92	17,81 c	56,47	49,22	29,39	45,03 b
M.9 (Nic29)	16,49 Aa	10,61 Ba	9,51 Bb	-	19,01	15,95	9,39	14,78 c	49,32	40,05	24,74	38,04 c
Marubakaido/M.9	14,73 Aa	8,91 Ba	8,86 Bb	-	33,27	21,62	14,18	23,02 b	65,76	47,60	33,35	48,91 b
Média	-	-	-		31,11 A	23,32 B	15,56 C		66,88 A	53,04 B	36,45 C	

Letras maiúsculas diferentes na linha e letras minúsculas na coluna representam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Na primeira avaliação de comprimento total de ramos na cultivar de macieira Galaxy houve interação entre os fatores porta-enxerto e porção de planta (TABELA 6). Não foram constatadas diferenças significativas no comprimento total entre porções de planta sobre ‘G.969’, ‘M.9’ (T337), ‘M.9’ (Nic29) e ‘Marubakaido/M.9’. Em contrapartida, os porta-enxertos ‘G.202’, ‘G.210’, ‘G.213’ e ‘G.814’ induziram maior comprimento total de ramos na porção apical. Quanto à porção de planta, maior comprimento total na mediana basal foi induzido por ‘G.210’, ‘G.814’, ‘G.969’ e ‘Marubakaido/M.9’; na mediana apical, por ‘G.210’ e ‘G.214’; na apical, por ‘G.814’. A partir da segunda avaliação, não houve interação entre os fatores, com maior comprimento total de ramos na porção apical, sem diferença estatística entre as demais porções nas duas últimas aferições. O comprimento superior na última porção é consequente da maior conversão de ramos na porção, apresentando comprimento médio menor. Na terceira avaliação, o maior comprimento de ramos foi constatado sobre ‘G.210’ e menor sobre ‘M.9’ (T337) e ‘M.9’ (Nic29).

Em ‘Fuji Suprema’, houve interação entre os fatores nas três avaliações realizadas (TABELA 6), sendo que em todas, os porta-enxertos G.202, G.214, G.814, G.969, M.9 (T337) e M.9 (Nic29) não fomentaram comprimento total de ramos distinto, estatisticamente, entre as porções de planta. Contudo, na terceira avaliação, ‘G.210’ e ‘Marubakaido/M.9’ induziram maior comprimento total na porção mediana basal, enquanto sobre ‘G.213’ houve maior comprimento total na mediana apical.

Também na última avaliação, na porção mediana basal e mediana apical, o maior comprimento total foi verificado nas plantas enxertadas sobre ‘G.210’ e ‘G.213’, respectivamente. Ao passo que sobre ‘G.969’, ‘M.9’ (T337) e ‘M.9’ (Nic29) constatou-se o menor crescimento de ramos. Na porção apical da planta, os porta-enxertos G.202, G.210, G.213 e G.814 induziram maior comprimento total de ramos, não distinguindo entre si, mas sendo superiores aos demais. Portanto, da mesma maneira que no número de ramos, o porta-enxerto G.210 resultou em maior comprimento total em todas as porções. Salienta-se, ainda, que, na primeira avaliação, esse material não demonstrava estar entre os maiores comprimentos totais, indicando que possui um estabelecimento inicial mais lento, intensificando o seu crescimento ao longo do verão quando sob a cultivar Fuji Suprema.

TABELA 6. Comprimento total de ramos nas porções mediana basal (PMB), mediana apical (PMA) e apical (PA) em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (16 de dezembro e 19 de janeiro de 2022 e 14 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Porta-enxerto	‘Galaxy’ – Comprimento total de ramos (cm)											
	Avaliação 1				Avaliação 2				Avaliação 3			
	PMB	PMA	PA	Média	PMB	PMA	PA	Média	PMB	PMA	PA	Média
G.202	12,55 Bb	13,03 Bb	53,82 Ac	-	123,77	109,30	151,88	128,32 d	299,75	247,19	308,28	285,07 c
G.210	59,76 Ba	43,83 Ba	78,61 Ab	-	247,41	198,62	269,97	238,67 a	433,94	344,52	463,98	414,15 a
G.213	27,49 Bb	31,32 Bb	75,06 Ab	-	147,50	139,95	171,64	153,03 c	301,00	247,62	302,94	283,85 c
G.214	18,21 Bb	53,74 Aa	45,41 Ad	-	75,43	135,10	118,08	109,54 d	153,70	235,94	206,75	198,80 d
G.814	41,52 Ba	28,29 Bb	126,59 Aa	-	172,30	136,20	233,31	180,60 c	344,17	269,55	430,89	348,20 b
G.969	39,45 Aa	33,03 Ab	54,64 Ac	-	118,61	102,86	133,29	118,25 d	201,83	171,91	286,47	220,07 d
M.9 (T337)	13,62 Ab	24,72 Ab	23,64 Ad	-	37,53	52,53	66,46	52,17 e	90,42	126,59	143,16	120,06 e
M.9 (Nic29)	11,07 Ab	19,49 Ab	34,50 Ad	-	50,80	67,88	77,32	65,33 e	109,91	159,57	170,26	146,58 e
Marubakaido/M.9	39,52 Aa	35,07 Ab	58,95 Ac	-	204,62	186,48	209,85	200,32 b	348,24	286,98	351,70	328,00 b
Média	-	-	-	-	130,89 B	125,44 B	159,09 A	-	253,66 B	232,21 B	295,72 A	-
Porta-enxerto	‘Fuji Suprema’ – Comprimento total de ramos (cm)											
	Avaliação 1				Avaliação 2				Avaliação 3			
	PMB	PMA	PA	Média	PMB	PMA	PA	Média	PMB	PMA	PA	Média
G.202	34,62 Ab	19,16 Ab	32,94 Ab	-	150,65 Ab	108,41 Ab	91,14 Aa	-	282,04 Ac	253,69 Ab	238,65 Aa	-
G.210	32,74 Ab	12,54 Ab	28,82 Ab	-	197,98 Aa	85,24 Bb	66,82 Ba	-	511,34 Aa	268,82 Bb	294,44 Ba	-
G.213	25,25 Ab	47,71 Aa	19,93 Ac	-	123,60 Bb	176,98 Aa	70,42 Ba	-	288,11 Bc	372,27 Aa	216,37 Ba	-
G.214	30,54 Ab	28,90 Aa	13,01 Ab	-	103,09 Ac	129,33 Aa	72,62 Aa	-	230,15 Ac	285,24 Ab	186,40 Ab	-
G.814	50,45 Aa	41,74 Aa	56,19 Aa	-	146,43 Ab	108,72 Ab	101,54 Aa	-	322,05 Ac	269,41 Ab	273,54 Aa	-
G.969	26,72 Ab	36,67 Aa	33,21 Ab	-	77,24 Ac	97,50 Ab	72,76 Aa	-	170,87 Ad	182,30 Ac	152,25 Ab	-
M.9 (T337)	4,55 Ac	5,81 Ab	10,26 Ac	-	50,72 Ac	58,19 Ab	40,45 Aa	-	134,99 Ad	178,21 Ac	137,23 Ab	-
M.9 (Nic29)	12,86 Ac	18,34 Ab	9,48 Ac	-	61,29 Ac	61,31 Ab	23,75 Aa	-	172,63 Ad	189,27 Ac	123,26 Ab	-
Marubakaido/M.9	56,57 Aa	15,21 Bb	15,26 Bc	-	190,26 Aa	86,55 Bb	61,13 Ba	-	395,15 Ab	193,35 Bc	183,15 Bb	-
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Letras maiúsculas diferentes na linha e letras minúsculas na coluna representam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

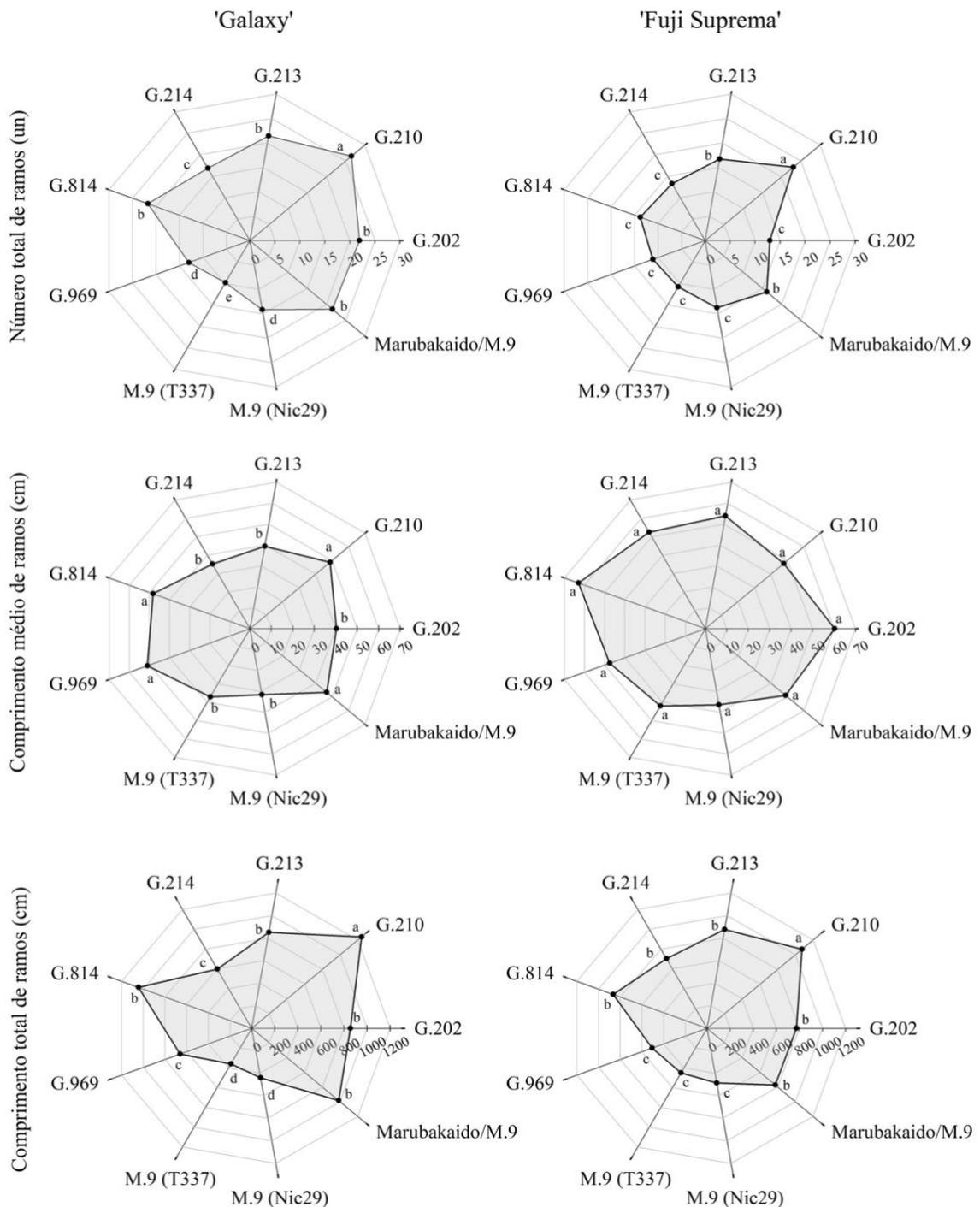
Ao considerar apenas o porta-enxerto como fator, na última avaliação, o maior e o menor número total de ramos foram induzidos por ‘G.210’ e ‘M.9’ (T337), respectivamente, em ‘Galaxy’ (FIGURA 4). Todavia, dados preliminares não corroboram maior formação de ramos sobre ‘G.210’, mas sim apontam para a não diferença entre ele e ‘G.814’. Outrossim, nossos resultados não demonstram diferenças entre ‘G.202’, ‘G.213’ e ‘G.814’ sob ‘Galaxy’. Entretanto, dados de Bittencourt *et al.* (2019), no primeiro ciclo das plantas, demonstram que o porta-enxerto G.814 apresentou maior número de ramos, não diferindo do ‘G.210’, mas sendo superior ao ‘G.202’ e ‘G.213’ em ‘Maxi Gala’ cultivada em São Joaquim. Bueno *et al.* (2022) constataram que, no terceiro ano após o plantio de ‘Maxi Gala’ no Paraná, havia mais ramos em plantas enxertadas sobre o porta-enxerto G.210 e G.814 do que sobre ‘G.202’ e ‘G.213’. Já Macedo (2018) observou que no terceiro ano após o plantio ‘G.213’ e ‘G.814’ conferiram mais ramos à copa de ‘Maxi Gala’ que ‘M.9’ e ‘G.202’.

Na cultivar Fuji Suprema, ‘G.210’ também foi o porta-enxerto que mais induziu ramificações, enquanto ‘G.202’, ‘G.214’, ‘G.814’, ‘G.969’, ‘M.9’ (T337), ‘M.9’ (Nic29) e ‘Marubakaido/M.9’ induziram menor número total de ramos, sem diferença estatística entre eles (FIGURA 4). Dessa maneira, o maior número de ramos formados foi constatado sobre o porta-enxerto G.210 em ambas as cultivares. Comparando apenas materiais de menor vigor ao ‘Marubakaido/M.9’, Rufato *et al.* (2019) constataram que o porta-enxerto G.213 apresenta capacidade de induzir emissão de ramos nos anos iniciais superior a ‘M.9’, ‘Marubakaido/M.9’ e ‘G.202’ sob ‘Fuji Suprema’. Isso difere dos nossos dados, nos quais ‘G.202’ e os clones de ‘M.9’ conferiram menos ramos à copa de ‘Fuji Suprema’ que ‘G.213’ e ‘Marubakaido/M.9’. Macedo *et al.* (2018), porém, corroboram que há maior formação de ramos sobre o porta-enxerto G.213 em relação ao ‘M.9’.

Ressalta-se, por fim, a ausência de dados referente aos porta-enxertos ‘G.214’ e ‘G.969’ nas condições de cultivo brasileiras, impossibilitando comparações de nossos dados com resultados prévios. Além disso, bem como nas demais variáveis já mencionadas, há uma flutuação grande de respostas ao porta-enxerto, com dados variando conforme cultivar copa, local de cultivo, tipo de solo e condições climáticas.

Em relação ao comprimento médio de ramos (FIGURA 4), os maiores comprimentos foram constatados sobre ‘G.210’, ‘G.814’, ‘G.969’ e ‘Marubakaido/M.9’ em Galaxy. Já em ‘Fuji Suprema’, o teste de médias não distinguiu os porta-enxertos, com todos os materiais imprimindo comprimentos médios de ramos estatisticamente iguais. Ao analisar os gráficos da FIGURA 4, é possível inferir que, de modo geral, em ‘Galaxy’, houve maior formação de ramos, resultando em ramos com comprimento médio menores ao comparar com ‘Fuji Suprema’. Isso é decorrente, principalmente, dos níveis de competição por carboidratos

presentes em cada cultivar, pois a ‘Galaxy’, contém maior quantidade de drenos. A diferença entre as cultivares copa era esperada, devido ao maior vigor do grupo Fuji. Para Webster (2005), a cultivar copa adotada influencia na ramificação, com diferenças entre taxas de crescimento e capacidade de ramificação.



Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

FIGURA 4. Número, comprimento médio e comprimento total de ramos em plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos no final do primeiro ciclo das plantas (avaliação em 14 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Em síntese, isto significa dizer que, em ambas cultivares, o maior comprimento total de ramos foi determinado sobre o porta-enxerto G.210 (FIGURA 4). Em ‘Galaxy’, o menor comprimento total ocorreu sobre os clones de ‘M.9’ (T337 e Nic29); já em ‘Fuji Suprema’ sobre ‘G.969’ e ‘M.9’ (T337 e Nic29).

Com base no exposto, é possível inferir que houve acentuado crescimento vegetativo nas condições desse trabalho em comparação a outros resultados de pomares em formação, especialmente em relação ao número e comprimento total de ramos (Macedo *et al.*, 2018, Rufato *et al.*, 2019). Além do mais, os porta-enxertos de maior vigor induzem maior formação de ramos à copa, porém há variação entre os resultados conforme a safra, condições de solo (área nova ou replantio), ausência ou presença de irrigação e teor de água no solo, local de cultivo e cultivar copa. Dessa forma, outros fatores, além do conjunto porta-enxerto e cultivar copa, precisam ser elucidados a fim de compreensão dos resultados encontrados. Afinal, o crescimento vegetativo de pomáceas está atrelado não apenas às características genéticas do porta-enxerto e cultivar copa, mas também a características climáticas e intervenções técnicas (Webster, 2003).

Nesse sentido, a safra 2021/22 na região de Vacaria foi caracterizada por temperaturas elevadas ao longo da primavera de 2021 e do verão de 2021/22, com temperaturas máximas diárias ultrapassando 30°C, aliadas a um déficit hídrico muito significativo, próximo a 300 mm, especialmente entre dezembro de 2021 e o terceiro decêndio de janeiro de 2022 (Apêndice 3). Como consequência dessa interação ambiental, ocorreu comprometimento do crescimento de ramificações, sendo evidenciada completa paralisação do crescimento de brotações, além de necrose de tecidos radiculares (Hawerth; Nacthigall, 2022a). Contudo, os dados deste trabalho evidenciam que houve um crescimento contínuo ao longo do ciclo (TABELAS 3, 5 e 6), inclusive durante o período de maior estresse, o qual foi compreendido entre a primeira e segunda avaliação. Isso foi possível devido à irrigação por gotejamento presente na área de estudo, a qual contribuiu para redução do estresse hídrico ao longo da fase inicial de estabelecimento dos pomares, promovendo maximização do crescimento do dossel de plantas, com acelerada formação do pomar (Nacthigall, 2018). Ademais, as temperaturas mais elevadas ao longo do ciclo favoreceram para incrementar o crescimento vegetativo, visto que temperaturas entre 12 e 25°C, intercaladas com altas temperaturas, aumentam o crescimento dos ramos (Tromp; Boertjes, 1996).

Além da importância da irrigação para minimização do estresse hídrico pontual do ciclo 2021/22, ela já é um aliado importante para pomares modernos com sistemas adensados sobre porta-enxertos ananizantes (Nacthigall, 2018). A adoção de irrigação é fator

importante para maximizar o crescimento nos primeiros anos de plantio, principalmente em porta-enxertos de menor vigor, pois possuem menor densidade de raízes e maior competição entre plantas adjacentes (Nachtigall, 2018). Dominguez (2015) corrobora a importância da irrigação para pomares em formação, uma vez que eleva significativamente o crescimento do líder central, comprimento total e médio de ramos durante o primeiro ano das plantas a campo. Enfatiza-se, também, que a área foi fertirrigada, com manejo e realização de adubação nitrogenada parcelada ao longo do primeiro ciclo, conforme recomendação para a região de cultivo, contribuindo para maximização do crescimento vegetativo.

Além da irrigação, outras duas intervenções fitotécnicas podem ter contribuído para o elevado crescimento: mudas de alto padrão e exposição ao frio artificial. Segundo Oliveira, Nino e Nickel (2004), mudas com qualidade morfológica e fitossanitária na implantação do pomar são decisivas para a viabilidade dos sistemas de produção de macieira, aumentando o nível de resposta às demais tecnologias empregadas. Young, Motomura e Unrath (1987) concluíram que, na época, a melhor forma de aumentar o número de ramos era expondo as mudas ao frio artificial. Essa informação vem sendo corroborada com o passar dos anos, como por Petri *et al.* (2021), os quais afirmam que a exposição da muda ao frio artificial, além de promover maiores níveis de brotação, também aumenta o desenvolvimento de ramos em macieira. De acordo com Cook (2010), a exposição artificial de mudas por dois a três meses em câmara fria a 4°C promove a ramificação de mudas, satisfazendo as necessidades locais na África do Sul. Já, Petri e Leite (2004) estabeleceram que existe correlação entre o número de unidades de frio recebidas e o aumento no crescimento vegetativo em macieiras jovens.

Ao observar-se o índice de heterogeneidade de brotação de gemas laterais em ‘Galaxy’ (TABELA 7), constatou-se que ‘G.210’, ‘G.814’ e ‘M.9’(Nic29) induziram maior estabilidade entre as plantas para essa variável. Em relação ao número de ramos, a maior variabilidade foi constatada sobre ‘G.202’ e ‘M.9’(T337) e ‘M.9’ (Nic29). Ao analisar os resultados referentes ao comprimento total de ramos, a menor variabilidade foi induzida por ‘G.210’ e ‘G.814’. Destaca-se que os porta-enxertos G.210 e G.814 em ‘Galaxy’ pertenceram sempre ao grupo de menor variabilidade nas três variáveis acima mencionadas. O índice de heterogeneidade do comprimento médio de ramos não apresentou diferença significativa entre os materiais para cultivar Galaxy, porém, em contrapartida, foi o único que se diferenciou em ‘Fuji Suprema’.

Assim, a maior variabilidade foi encontrada nas plantas enxertadas sobre ‘M.9’ (clone T337), ‘M.9’ (clone NIC29) e ‘Marubakaido/M.9’, enquanto foi conferida maior estabilidade a campo pelos porta-enxertos da série Geneva[®]. Essa uniformidade no estande

de plantas é importante para facilitar a realização dos tratos culturais, bem como para possibilitar intervenções assertivas com fitorreguladores, os quais são indispensáveis para alta produtividade e qualidade; além de proporcionar uma maior eficiência no preenchimento do ‘muro frutal’.

TABELA 7. Índice de heterogeneidade da brotação lateral de gemas, número total e comprimento médio e total de ramos em plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Porta-enxerto	Índice de heterogeneidade (%)			
	‘Galaxy’			
	Brotação de gemas	Número total de ramos	Comprimento médio de ramos	Comprimento total de ramos
G.202	12,02 b	33,98 b	19,73 ns	29,89 b
G.210	9,21 a	17,42 a	16,25	9,78 a
G.213	15,34 b	19,07 a	19,79	27,79 b
G.214	15,88 b	15,81 a	19,20	25,70 b
G.814	6,94 a	14,07 a	15,72	17,55 a
G.969	14,33 b	16,88 a	22,97	26,39 b
M.9 (T337)	16,83 b	26,86 b	34,96	36,87 b
M.9 (Nic29)	9,70 a	35,25 b	23,38	38,55 b
Marubakaido/M.9	17,01 b	17,57 a	22,01	21,82 b
Porta-enxerto	‘Fuji Suprema’			
	Brotação de gemas	Número total de ramos	Comprimento médio de ramos	Comprimento total de ramos
	G.202	6,04 ns	30,23 ns	12,37 a
G.210	11,28	17,48	18,62 a	13,15
G.213	6,97	28,17	17,06 a	25,22
G.214	7,68	19,75	17,42 a	22,90
G.814	4,56	21,08	13,73 a	19,53
G.969	10,54	27,37	20,71 a	33,14
M.9 (T337)	7,48	20,27	23,57 b	21,73
M.9 (Nic29)	7,48	20,27	23,57 b	21,73
Marubakaido/M.9	12,56	18,80	27,66 b	30,80

ns: não significativo pelo teste F ($p > 0,05$). Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Nas duas cultivares, o diâmetro de tronco foi superior na porção mediana basal e inferior na porção apical, ou seja, houve um estreitamento do diâmetro do tronco ao longo da haste principal da planta (FIGURA 5). Ademais, tanto em ‘Galaxy’ quanto em ‘Fuji Suprema’, o maior diâmetro de tronco foi observado sobre ‘G.210’ e ‘G.814’, sendo um indicativo que estes porta-enxertos são mais vigorosos que os demais. Na cultivar Galaxy, menor diâmetro foi constatado sobre os clones do porta-enxertos M.9, os quais diferiram entre si, com ‘M.9’(T337) conferindo o menor diâmetro de tronco. Para ‘Fuji Suprema’, os

valores mais baixos de diâmetro de tronco foram verificados sobre ‘G.214’, ‘G.969’, ‘M.9’ (T337) e ‘M.9’ (Nic29).

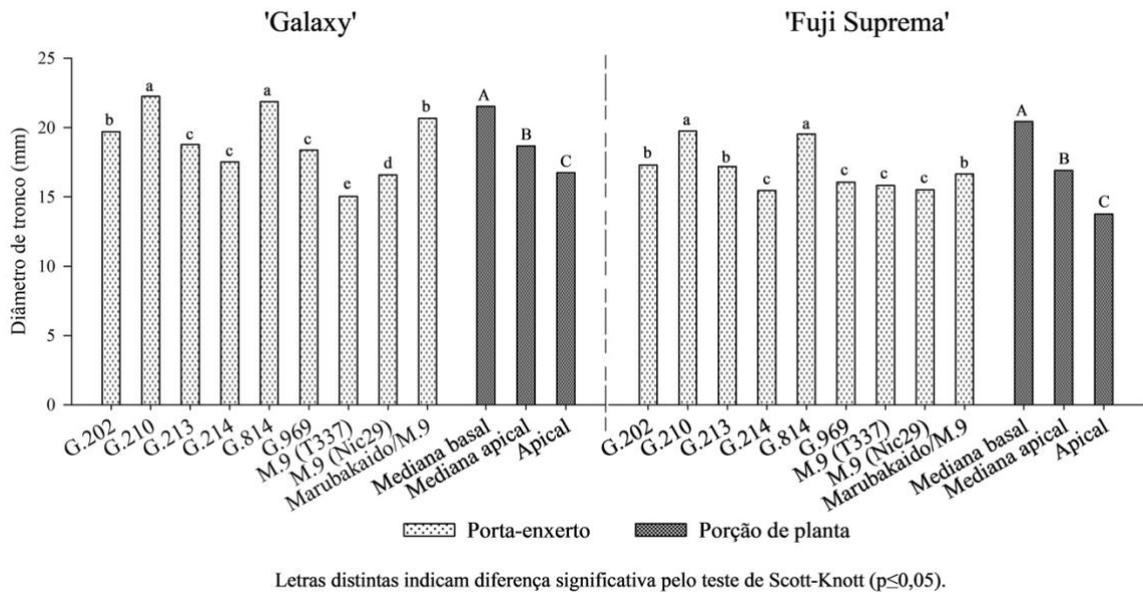


FIGURA 5. Diâmetro de tronco sobre distintos porta-enxertos e diâmetro de tronco das porções mediana basal, mediana apical e apical de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Os dados obtidos diferem de resultados prévios encontrados. Por exemplo, Macedo (2018) constatou, em macieiras ‘Maxi Gala’, área de seção transversal de tronco, calculada a partir do diâmetro de tronco, estatisticamente igual sobre ‘G.814’ e ‘G.213’ em um experimento ao passo que em outro ‘G.213’ não induziu área de seção transversal de tronco diferente de ‘M.9’. Avaliando ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Mishima’ cultivadas em São Joaquim, Pasa *et al.* (2016) verificaram diâmetro maior sobre ‘Marubakaido/M.9’, seguido de ‘G.210’ e, por fim, de ‘G.969’. Destarte, uma vez que cultivar copa e condições de solo e clima influenciam muito o vigor das plantas (Wertheim; Webster, 2005), os resultados obtidos para diâmetro do tronco são variáveis.

Ao analisar a FIGURA 6, infere-se que o crescimento apical das plantas em meados de dezembro apresentava variação em função do porta-enxerto utilizado sob a cultivar de macieira Galaxy, com maior crescimento do ano sobre ‘G.814’ e ‘G.969’. Ao longo do primeiro ciclo a campo, esses dois porta-enxertos mantiveram entre os de maior crescimento, sendo que a partir da terceira avaliação, o porta-enxerto G.210 também passou a induzir maior crescimento apical. Já, ao final do segundo ciclo (avaliação 5), o maior crescimento apical foi constatado sobre ‘G.210’, enquanto menor crescimento foi induzido por ‘G.202’ e ‘M.9’ (T337). Logo, é possível inferir que os porta-enxertos de maior vigor imprimiram maior crescimento apical no primeiro e segundo ciclo das plantas a campo como esperado.

Por outro lado, os distintos porta-enxertos não imprimiram em ‘Fuji Suprema’ diferenças no crescimento do líder central ao longo das três primeiras avaliações (FIGURA 6). Na quarta e última avaliação do ciclo de 2021/22, diferenças foram constatadas, com crescimento superior sobre ‘G.202’, ‘G.814’, ‘G.969’ e ‘M.9’ (T337). Salienta-se, então, que porta-enxertos de menor vigor induziram elevados valores de crescimento apical ao final do primeiro ciclo, como foi o caso de ‘G.202’, ‘G.969’ e ‘M.9’ (T337). Sobre os porta-enxertos G.969 e M.9 (T337) constatou-se elevado crescimento apical aliado a menores ramificações laterais, podendo indicar que houve forte dominância da gema apical em relação às laterais, o que inibiu a ramificação. Segundo Cook e Jacobs (1999), isso é resultado de uma vantagem posicional da gema terminal, que, na ausência de inibições paradoras, é capaz de estabelecer dominância e, assim, uma tendência acrotônica de crescimento claramente definida. A fim de compreender por que foi mais evidente nesses conjuntos de porta-enxerto e cultivar copa, análises bioquímicas e fisiológicas tornam-se necessárias.

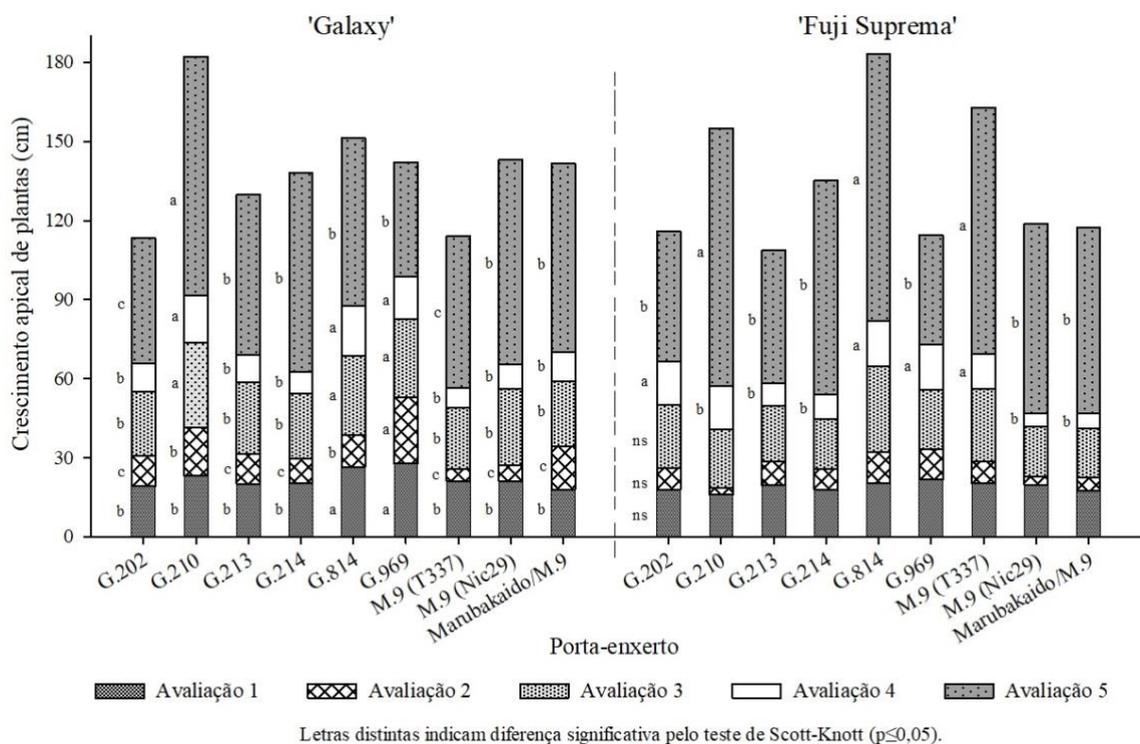


FIGURA 6. Crescimento apical de plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao longo de cinco datas de avaliação (06 de dezembro de 2021, 19 de janeiro, 14 de março e 20 de junho de 2022 e 19 de julho de 2023). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Na avaliação realizada em julho de 2023, constatou-se maior comprimento apical nas plantas enxertadas sobre ‘G.210’, ‘G.814’ e ‘M.9’ (T337). Desta maneira, assim como em

‘Galaxy’, os porta-enxertos de maior vigor induziram maior crescimento apical ao final do segundo ciclo; contudo, há exceção: o porta-enxerto M.9 (T337), o qual é classificado como ananizante. Provavelmente esse maior crescimento verificado sobre ‘M.9’ (T337) foi decorrente de um maior crescimento das estruturas apicais, tanto do eixo principal da planta quanto das ramificações, acompanhado de menor desenvolvimento das gemas laterais, como será abordado quando discutido sobre necessidade de poda verde no ciclo 2022/23.

O crescimento em diâmetro do tronco (FIGURA 5) geralmente seguiu os padrões encontrados para crescimento apical, o que é corroborado por Rufato *et al.* (2019) ao avaliar distintos porta-enxertos. Ainda, os dados de crescimento apical, assim como de diâmetro, número e comprimento total, indicam que há maior vigor induzido pelos porta-enxertos G.210 e G.814 e que eles imprimem crescimento vegetativo superior ao ‘Marubakaido/M.9’, diferentemente do apontado por Denardi *et al.* (2015), CTL (2021) e Rufato *et al.* (2021a), os quais observaram indução de vigor semelhante. Os porta-enxertos G.202 e G.213 são mais eficientes no controle do vigor de plantas do que ‘G.814’ e ‘G.210’, sendo que Luz *et al.* (2022) obtiveram a mesma resposta em ‘Gala Select’ e ‘Fuji Suprema’. Diferentemente de Denardi *et al.* (2015) e Rufato *et al.* (2021a) que classificam os porta-enxertos G.202 e G.213 como ananizantes, os resultados encontrados apontam crescimento superior da copa sobre esses materiais em relação aos clones de ‘M.9’. Macedo *et al.* (2019) também determinaram que ‘Fuji Suprema’ enxertada sobre o porta-enxerto G.213 é mais vigorosa do que quando enxertada sobre ‘M.9’, considerando as variáveis vegetativas área da seção transversal do tronco, número de ramos e volume do enxerto.

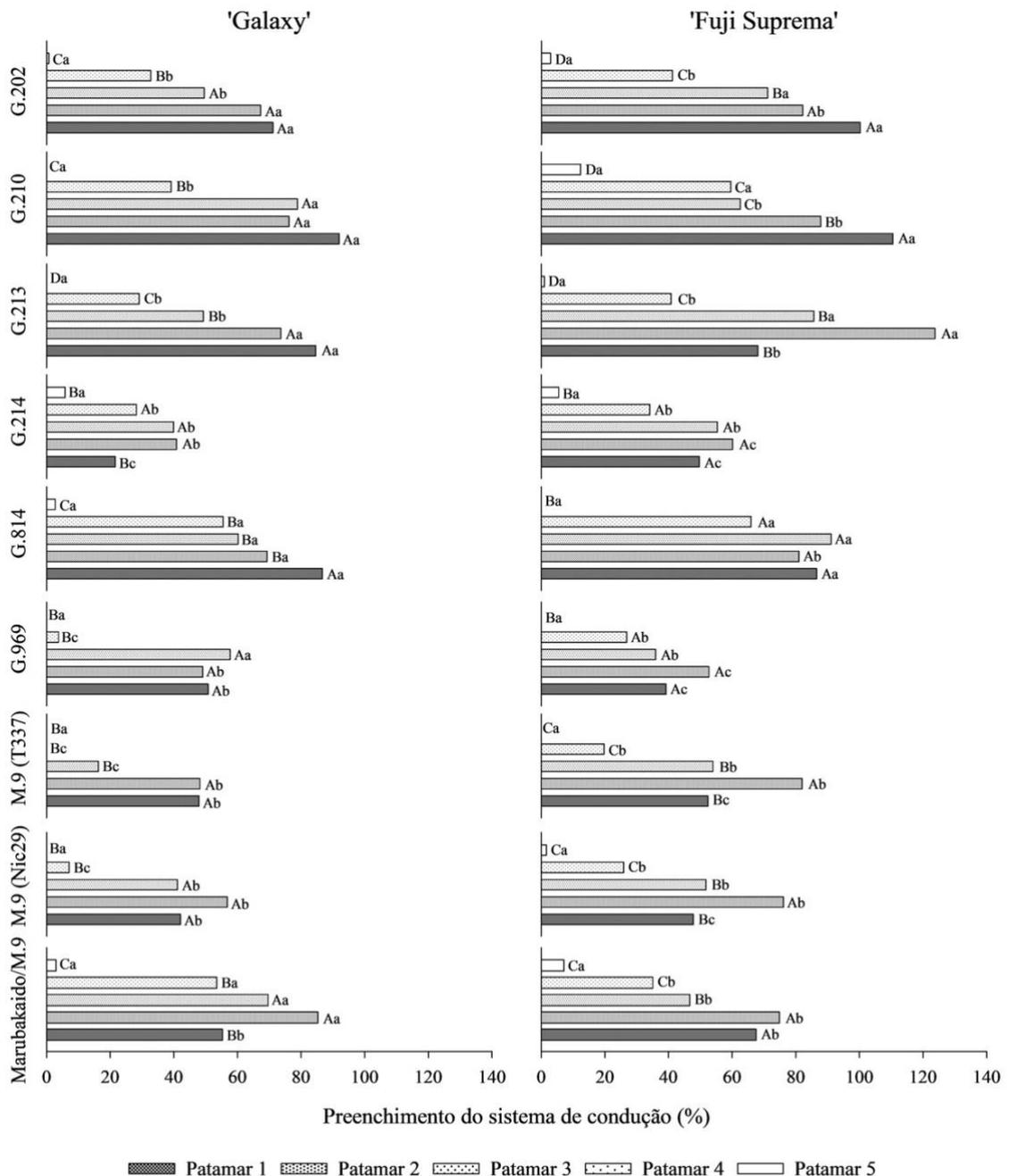
O porta-enxerto G.214 conferiu crescimento vegetativo à copa de ‘Fuji Suprema’ mais semelhante ao ‘Marubakaido/M.9’ do que ao ‘M.9’; enquanto sob ‘Galaxy’, o crescimento foi similar ao ‘M.9’. Assim, esse comportamento dúbio do porta-enxerto G.214 é interessante, visto que para Denardi *et al.* (2015) ele se comporta como ananizante e para Rufato *et al.* (2021a) como semivigoroso. Com base nos resultados encontrados, o crescimento vegetativo sobre ‘G.969’ foi próximo aos dos clones de ‘M.9’, indicando, então, que é um porta-enxerto ananizante, o que é corroborado por Rufato *et al.* (2021a), ao passo que Denardi *et al.* (2015) o classifica como semiananizante. Em relação aos clones de ‘M.9’, o ‘M.9’ (T337) apresentou menor crescimento vegetativo do que ‘M.9’ (Nic29), corroborando com Lind *et al.* (2003).

Sendo assim, conforme relatado por Wertheim e Webster (2005), a definição da classificação de vigor é questionável e variável, já que os limites entre as categorias são vagos, com cultivar copa e condições de solo e clima influenciando muito o vigor das plantas. Ressalta-se ainda que os dados de apenas uma safra são insuficientes para indicar o

vigor de um porta-enxerto, sendo necessário o resultado de safras subsequentes para obtenção de um dado contundente, porém os resultados do primeiro ano são um indicativo do vigor induzido à copa.

Por fim, outro fator deve ser considerado ao analisar o vigor induzido por cada porta-enxerto, sendo ele o espaçamento entre plantas. Conforme há aumento da densidade plantio de macieiras, com redução do espaçamento entre plantas e/ou entre linhas, há decréscimo do crescimento vegetativo de plantas de mesmo conjunto cultivar copa e porta-enxerto segundo apontado por Kiprijanovski *et al.* (2009), Uselis *et al.* (2020) e Choi *et al.* (2023). Isso é resultado da maior competição por água, nutrientes e fotoassimilados. Desta forma, as plantas sobre porta-enxertos mais vigorosos se cultivadas a mesma distância que os menos vigorosos teriam maior competição e, conseqüentemente, redução do tamanho de planta. Portanto, a escolha dos espaçamentos adotados foi feita conforme o vigor esperado, visando melhor equilíbrio vegeto-produtivo e possibilitando altas produtividades sobre todos os porta-enxertos, com a distância entre plantas sendo maior entre as plantas sobre porta-enxertos de maior vigor. Contudo, o vigor induzido nem sempre foi como esperado, com crescimento vegetativo diferente de trabalhos prévios como anteriormente abordado. Dessa forma, em implantações futuras, diferentes densidades de plantios podem ser consideradas, mas, para isso, deve haver solidificação dos dados de vigor impostos por cada porta-enxerto em função das diferentes combinações genéticas, edafoclimáticas e de manejo.

Quanto ao preenchimento dos patamares do sistema de condução, houve interação estatística nas duas cultivares avaliadas (FIGURA 7). Em ‘Galaxy’ no primeiro patamar do sistema, o maior preenchimento foi constatado sobre os porta-enxertos G.202, G.210, G.213 e G.814, os quais não diferiram entre si. No segundo patamar, os mesmos materiais induziram o maior preenchimento juntamente com ‘Marubakaido/M.9’. Sobre os porta-enxertos G.210, G.814, G.969 e Marubakaido/M.9 foi constatado o maior preenchimento do terceiro patamar; enquanto do quarto foi sobre ‘G.814’ e ‘Marubakaido/M.9’. No último patamar, embora significativo pelo teste F, o teste de comparação de médias (Scott-Knott) não distinguiu os valores. Ademais, só houve alceamento de ramos nesse patamar sobre ‘G.202’, ‘G.214’, ‘G.814’ e ‘Marubakaido/M.9’, por isso o nível de preenchimento no quinto patamar é nulo para o restante dos porta-enxertos. Salienta-se que as plantas sobre ‘M.9’ (T337) não tiveram ramos formados em altura suficiente e/ou com comprimento suficiente para ocupar algum espaço do quarto e quinto patamar. Por outro lado, o único porta-enxerto que configurou no grupo de maior preenchimento nos cinco patamares foi ‘G.814’.



Letras distintas maiúsculas e minúsculas indicam diferença significativa no porta-enxerto e patamar do sistema de condução, respectivamente, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

FIGURA 7. Preenchimento dos patamares (primeiro ao quinto) do sistema de condução bidimensional em macieiras 'Galaxy' e 'Fuji Suprema' sobre distintos porta-enxertos ao final do primeiro ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Na cultivar Fuji Suprema, o maior preenchimento do patamar inicial foi induzido por 'G.202', 'G.210' e 'G.814', sendo que sobre os dois primeiros materiais o preenchimento foi de 100,26% e 110,57%, respectivamente (FIGURA 7). Essa ocupação superior a 100% indica que houve sobreposição de ramos sobre os arames do sistema de condução. No segundo patamar, o porta-enxerto que se destacou foi 'G.213', imprimindo preenchimento maior que 100%, sendo superior aos demais que não diferiram entre si. No terceiro, sobre

‘G.202’, ‘G.213’ e ‘G.814’ foi verificado maior preenchimento, ao mesmo tempo em que ‘G.814’ também induziu superioridade de preenchimento do sistema de condução no quarto patamar. O teste de médias não verificou diferença entre os materiais na ocupação do último patamar, sem o alceamento de ramos sobre ‘G.814’, ‘G.969’ e ‘M.9’ (T337).

Portanto, em ambas as cultivares, é possível visualizar maior preenchimento do sistema de condução nos três primeiros patamares em função de compreenderem as porções da planta com ramos de maior comprimento médio. Por isso, do ponto de vista de ocupação do sistema de condução, é fundamental que, além de diversas opções de ramos para realizar o alceamento, eles necessitam ser compridos. Isso favorece tanto a mobilidade dentro do sistema quanto a possibilidade de maior preenchimento dos espaços sobre os arames. Logo, no quarto patamar, já é possível visualizar, de modo geral, uma drástica queda de preenchimento, resultante do fato de os ramos do ápice das plantas serem mais curtos nesse primeiro ciclo e da estatura das plantas.

O índice de heterogeneidade do preenchimento do patamar 1 em ‘Galaxy’ foi maior nas plantas enxertadas sobre ‘G.214’ e ‘M.9’ (Nic29); enquanto no segundo patamar não houve diferença significativa entre os porta-enxertos utilizados (TABELA 8). No terceiro patamar, ‘M.9’ (T337) induziu maior variabilidade entre plantas que os demais materiais, assim como no quarto patamar, mas sem diferir de ‘G.969’ e ‘M.9’ (Nic29). Analisando essa variável, em ‘Fuji Suprema’, os diferentes porta-enxertos utilizados não resultaram em diferenças significativas nos três primeiros patamares, contudo, enfatiza-se que, no primeiro patamar, a magnitude da diferença numérica entre ‘G.210’ (15,24%) e ‘M.9’ (Nic29) (70,17%) foi bastante elevada. No quarto patamar do sistema, houve diferença significativa no teste F, já, no teste de comparação de médias, tal semelhança não foi observada.

Diante disso, a variabilidade no preenchimento do sistema é decorrente da heterogeneidade da formação de ramos, com maior estabilidade para cultivar Fuji Suprema do que para ‘Galaxy’ (TABELA 7). De modo geral, as plantas sobre os porta-enxertos da série Geneva[®] apresentaram maior homogeneidade de preenchimento, com menor variação e maior estabilidade, no entanto, à exceção disso, acentua-se que ‘G.214’ e ‘G.969’ sob ‘Galaxy’ no primeiro e quarto patamar, respectivamente, demonstraram elevado índice de heterogeneidade. Além de que, na cultivar Galaxy, os porta-enxertos clonais de ‘M.9’ tendem a apresentar maior diferença entre plantas, possivelmente em função de serem os menos vigorosos, imprimindo menor ramificação (TABELAS 3, 5 e 6 e FIGURA 4). Logo, é possível observar uma tendência a menor variabilidade entre plantas nos porta-enxertos avaliados que induzem maior vigor. Por fim, não foi possível determinar o índice de heterogeneidade do preenchimento do quinto patamar em ambas as cultivares, pois, em

alguns porta-enxertos, não houve ramos alceados, impossibilitando o cálculo de coeficiente de variação.

TABELA 8. Índice de heterogeneidade do preenchimento dos patamares (primeiro ao quarto) do sistema de condução bidimensional em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Porta-enxerto	Índice de heterogeneidade (%)			
	‘Galaxy’			
	Patamar 1	Patamar 2	Patamar 3	Patamar 4
G.202	30,69 c	41,43 ns	46,13 b	52,17 b
G.210	14,63 c	24,31	15,35 b	33,82 b
G.213	26,72 c	35,88	50,39 b	73,89 b
G.214	89,92 a	35,01	37,41 b	63,42 b
G.814	31,53 c	39,14	31,18 b	27,90 b
G.969	33,45 c	40,47	24,93 b	172,58 a
M.9 (T337)	52,78 b	38,24	123,09 a	115,90 a
M.9 (Nic29)	86,56 a	34,60	55,23 b	146,95 a
Marubakaido/M.9	59,70 b	18,38	18,73 b	22,10 b
Porta-enxerto	‘Fuji Suprema’			
	Patamar 1	Patamar 2	Patamar 3	Patamar 4
	G.202	30,78 ns	40,95 ns	37,08 ns
G.210	15,24	21,84	37,07	28,61 a
G.213	32,59	23,72	16,31	56,08 a
G.214	50,14	41,77	27,85	72,05 a
G.814	42,39	41,25	20,39	32,02 a
G.969	63,63	35,21	50,53	88,60 a
M.9 (T337)	50,13	49,00	49,81	102,38 a
M.9 (Nic29)	70,17	44,17	35,73	73,98 a
Marubakaido/M.9	53,95	30,64	49,67	49,88 a

ns: não significativo pelo teste F ($p > 0,05$). Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

No segundo ciclo das plantas (2022/2023), a brotação da haste principal das plantas na porção superior apresentou baixos níveis de brotação (FIGURA 8). Na cultivar do grupo Gala na primeira avaliação, não houve diferença significativa entre os materiais, com valores entre 7,01 e 23,23%. Na avaliação seguinte, após nova intervenção fitotécnica com indutores de brotação, novamente não foi constatada diferença sobre os porta-enxertos adotados. Em relação aos níveis de brotação, eles foram superiores aos constatados na primeira avaliação, embora se mantivessem aquém do esperado. Para cultivar Fuji Suprema, os níveis de brotação na primeira avaliação não foram influenciados pelo porta-enxerto utilizado; todavia, na segunda avaliação, ‘G.210’ (40,26%), ‘G.213’ (36,24%) e ‘G.814’ (37,53%) induziram níveis de brotação inferiores aos demais porta-enxertos.

Para Petri *et al.* (2012), ‘Gala’ enxertada sobre ‘Marubakaido’ apresenta atraso no início da floração em comparação à ‘Fuji’ sobre o mesmo material e condições de cultivo. Neste trabalho, também foi verificado um atraso na brotação de ‘Galaxy’, com significativa demora de resposta aos indutores de brotação nessa cultivar ao comparar com ‘Fuji Suprema’. Desta forma, os maiores índices de brotação constatados sobre ‘Fuji Suprema’ na primeira avaliação, possivelmente, são em virtude da soma térmica após as duas aplicações iniciais para superação da dormência, uma vez que cultivares do grupo Gala são mais exigentes em calor que cultivares de ‘Fuji’ (Putti *et al.*, 2006). Diante disso, a soma térmica mais baixa contribuiu para o atraso da brotação e menor evolução fenológica de modo geral, mas notadamente em ‘Galaxy’.

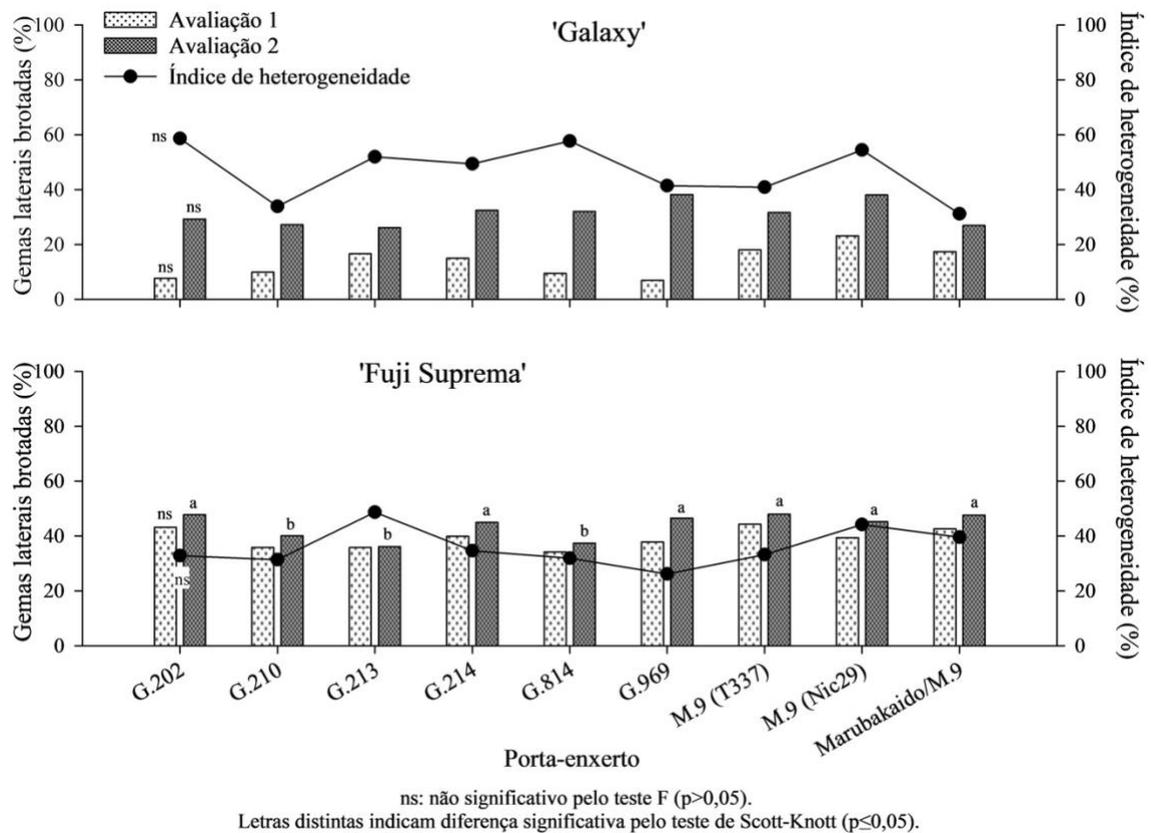


FIGURA 8. Brotação de gemas laterais aos 56 dias após a primeira aplicação de indutores de brotação (avaliação 1) e aos 35 dias após a terceira aplicação de indutores de brotação (avaliação 2) e índice de heterogeneidade de brotação final de gemas laterais na haste principal de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao longo do segundo ciclo a campo. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Nas plantas avaliadas neste experimento, foi possível observar concentração de gemas laterais brotadas próximo ao ápice, com déficits de brotação abaixo. Com a finalidade de minimizar essas falhas de brotação, uma terceira intervenção foi realizada, com aplicação

de bioestimulantes e óleo mineral. A nova intervenção, porém, foi insuficiente para garantir níveis de brotação elevados em ambas as cultivares, acarretando ainda regiões da haste principal com déficits de brotação. Destaca-se que esse padrão de brotação foi recorrente na região, tendo sido também observado por Hawerth e Nachtigall (2022b) independente do conjunto porta-enxerto e cultivar utilizados, o que tornou necessária a realização de intervenções complementares para melhoria dos níveis de brotação, prática comum em pomares em formação na região de Vacaria.

Sendo assim, em ambas as cultivares, baixos níveis de brotação final foram verificados. Estas respostas são decorrentes das condições meteorológicas do inverno de 2022, sendo que o padrão térmico registrado em abril e maio proporcionou acúmulo de frio superior à média histórica da região para esses meses, aliado a baixas temperaturas ao longo de junho. Contudo, no mês de julho foram registradas temperaturas elevadas por dias consecutivos, as quais afetaram o acúmulo de frio hibernal e alteraram as condições fisiológicas das plantas (Nachtigall; Hawerth, 2022), o que contribuiu para brotações irregulares (Campoy; Ruiz; Egea, 2011). Desta maneira, como implicado por Macedo (2018), deve ser levado em consideração a combinação de horas de frio, disponibilidade e constância de calor na primavera (graus dias) e a interação entre cultivar copa e porta-enxerto na análise dos dados de brotação de gemas. Outro fator que contribuiu para baixa proporção de gemas brotadas foi o rápido crescimento da haste principal no ciclo anterior (FIGURA 6), decorrente do intenso uso de fontes de nitrogênio, o que pode ter resultado na formação de gemas fracas e, conseqüentemente, em menor viabilidade delas.

Com base no índice de heterogeneidade de brotação final de gemas laterais na haste principal, foi registrada elevada variabilidade na dinâmica de brotação entre plantas sobre o mesmo porta-enxerto, sendo essa uma resposta ao padrão climatológico atípico. Não foram evidenciadas diferenças sobre os porta-enxertos em ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ (FIGURA 8), com índice de heterogeneidade variando entre 31,18 e 58,65% e de 26,20 a 48,72%, respectivamente.

Como resultado da brotação irregular de gemas da haste principal, a ocorrência de porções com déficits de brotação foi recorrente, principalmente em ‘Galaxy’, na qual a frequência de plantas com déficit de brotação foi superior a 80%, sem distinção entre o porta-enxerto adotado (TABELA 9). Na cultivar Fuji Suprema, houve diferença significativa no teste F para frequência de plantas, mas, no teste de comparação de médias, tal distinção não ocorreu. Contudo, aponta-se a magnitude da diferença entre porta-enxertos, com frequência de plantas com déficit de brotação de 97,5% sobre ‘G.814’ e de 55,0% sobre ‘M.9’ (Nic29).

TABELA 9. Número de porções da haste principal com déficit de brotação (NPDB), comprimento total das porções da haste principal com déficit de brotação (CTPDB), comprimento médio das porções da haste principal com déficit de brotação (CMPDB) e frequência de plantas com déficit de brotação (FPDB) em plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos no segundo ciclo a campo. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Porta-enxerto	‘Galaxy’			
	NPDB (un)	CTPDB (cm)	CMPDB (cm)	FPDB (%)
G.202	1,41 ns	37,34 b	32,04 b	89,72 ns
G.210	1,41	54,98 a	42,80 a	87,22
G.213	1,45	48,01 a	37,19 a	95,00
G.214	1,41	35,37 b	25,39 b	86,94
G.814	1,63	53,17 a	39,43 a	80,00
G.969	1,47	46,26 a	34,50 a	77,50
M.9 (T337)	1,22	26,78 b	22,40 b	82,50
M.9 (Nic29)	1,25	45,90 a	39,66 a	92,50
Marubakaido/M.9	1,63	53,36 a	35,33 a	82,50
Porta-enxerto	‘Fuji Suprema’			
	NFDB (un)	CTPDB (cm)	CMPDB (cm)	FPDB (%)
G.202	1,13 ns	24,33 b	20,25 ns	74,38 a
G.210	1,21	26,17 b	22,64	72,50 a
G.213	1,28	28,67 a	23,05	74,38 a
G.214	1,10	22,91 b	20,69	67,50 a
G.814	1,28	33,75 a	26,53	97,50 a
G.969	1,22	25,83 b	21,49	82,22 a
M.9 (T337)	1,20	31,14 a	27,13	73,89 a
M.9 (Nic29)	1,14	20,71 b	18,13	55,00 a
Marubakaido/M.9	1,11	22,15 b	20,23	70,00 a

ns: não significativo pelo teste F ($p>0,05$). Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p\leq 0,05$).

Em ‘Galaxy’, não houve diferença significativa induzida pelos porta-enxertos para número de porções da haste principal com déficit de brotação, com valores permanecendo entre 1,22 e 1,62 (TABELA 9). Quanto ao comprimento total e médio das porções da haste principal com déficit de brotação, foi possível verificar maiores valores sobre ‘G.210’, ‘G.213’, ‘G.814’, ‘G.969’, ‘M.9’ (Nic29) e ‘Marubakaido/M.9’. Na cultivar Fuji Suprema, também não foi observada diferença entre os materiais para número de porções da haste principal com déficit de brotação, todavia os valores foram inferiores aos de ‘Galaxy’, variando entre 1,10 e 1,28. Quanto ao comprimento total de porções da haste principal com déficit de brotação, sobre os porta-enxertos G.213, G.814 e Marubakaido/M.9, foram verificados os maiores valores, entretanto não houve diferença para comprimento médio.

Desta maneira, infere-se que, de forma geral, o déficit de brotação foi menor em ‘Fuji Suprema’ do que em ‘Galaxy’, resultante dos maiores níveis de brotação encontrados na primeira cultivar. Além disso, não é possível determinar que tenha ocorrido uma influência

padrão do porta-enxerto na ocorrência de déficit de brotação, resultado da resposta inconstante do porta-enxerto sobre a brotação de gemas.

A necessidade de maior eficiência laboral implica organização logística ao produtor, o qual precisa ter conhecimento a respeito da demanda induzida por cada material para realização das práticas culturais realizadas no pomar. Uma das grandes demandas de mão de obra é a poda verde, justificando a importância dessa avaliação. No primeiro patamar do sistema de condução, a maior quantidade de ramos podados por metro linear foi verificada sobre 'G.202', 'G.210', 'G.213' e 'Marubakaido/M.9' (FIGURA 9). No segundo e terceiro patamar, Marubakaido/M.9 induziu a maior quantidade de ramos podados por metro linear; enquanto, no último patamar 'G.814' e 'Marubakaido/M.9' não diferiram entre si, mas foram superiores aos demais. Assim, acentua-se que o porta-enxerto Marubakaido/M.9 foi o único que induziu maior necessidade nos quatro patamares do sistema, com mais ramos podados nos dois patamares centrais. Os porta-enxertos 'G.214', 'G.814' e 'M.9' (Nic29) induziram a mesma necessidade de número de ramos podados nos quatro patamares do sistema de condução.

O comprimento médio de ramos podados foi menor sobre 'G.202', 'M.9' (T337) e 'M.9' (Nic29) no primeiro patamar do sistema, já, no patamar seguinte, menores ramos foram constatados sobre 'G.202' e 'M.9' (Nic29). No terceiro patamar 'G.202', 'G.210', 'M.9' (T337) e 'M.9' (Nic29) induziram menor crescimento de ramos. No último patamar as diferenças foram mais acentuadas, com menor comprimento de ramo podado sobre 'M.9' (Nic29) e maior sobre 'G.969'.

Uma vez que o comprimento médio de ramos podados pouco oscilou entre os porta-enxertos e os patamares do sistema de condução, os resultados de comprimento total de ramos por metro linear são semelhantes aos de número de ramos podados por metro linear. Dessa forma, os porta-enxertos 'G.214', 'G.969', 'M.9' (Nic29) e 'M.9' (T337) no primeiro patamar do sistema de condução imprimiram menores valores, sem distinção entre si, mas inferiores aos demais porta-enxertos. No segundo patamar, o porta-enxerto que se destacou foi Marubakaido/M.9; enquanto que, no terceiro patamar, os valores entre 'G.210', 'G.213', 'G.814', 'G.969' e 'Marubakaido/M.9' foram iguais estatisticamente e superiores aos outros materiais. No quarto patamar, o maior comprimento total de ramos podados por metro linear foi verificado sobre 'G.814' e 'Marubakaido/M.9'. Ademais, 'G.202', 'G.214', 'G.814' e 'M.9' (Nic 29) fomentaram o mesmo comprimento total nos quatro patamares do sistema de condução.

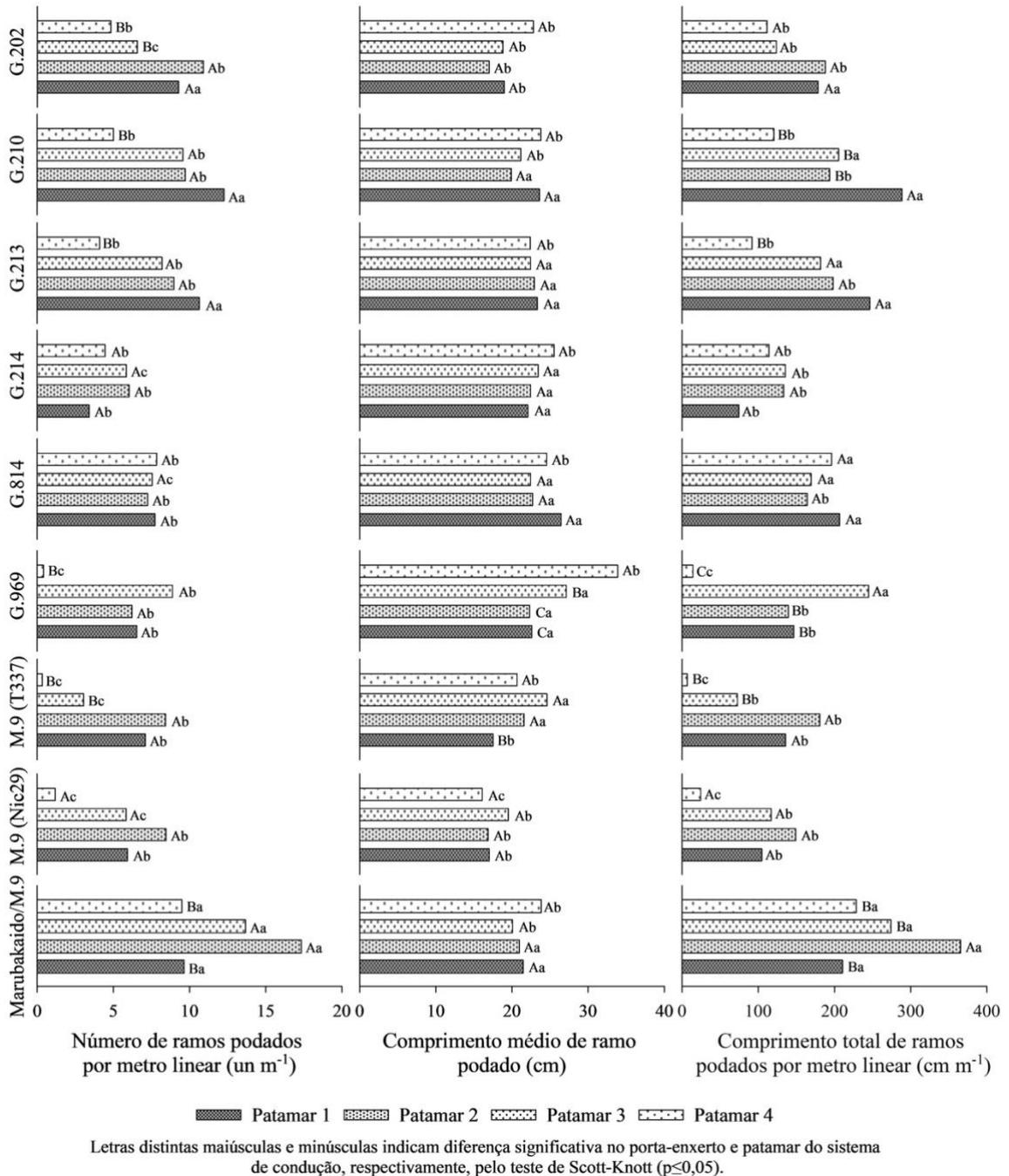


FIGURA 9. Número, comprimento médio e comprimento total de ramos podados por metro linear em cada patamar do sistema de condução bidimensional adotado em plantas de macieiras ‘Galaxy’ sobre distintos porta-enxertos no segundo ciclo a campo. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Não houve interação entre porta-enxerto e patamar do sistema de condução para as três variáveis analisadas quanto à demanda de poda verde em ‘Fuji Suprema’ (FIGURA 10). Em relação ao número de ramos podados por metro linear, os porta-enxertos G.202, G.210 e G814 não diferiram entre si e induziram maior necessidade de poda verde quando comparados aos demais materiais. No patamar 4 do sistema de condução, foi observada a menor quantidade de ramos podados por metro linear. Constatou-se resposta semelhante

para o comprimento total de ramos podados por metro linear, com maiores valores, sem diferença estatística, sobre ‘G.202’, ‘G.210’ e ‘G.814’, bem como nos três patamares iniciais. Para comprimento médio de ramos podados por metro linear, não se verificou diferença significativa entre os patamares do sistema de condução. Os ramos mais compridos foram sobre ‘G.213’, ‘G.214’ e ‘G.814’, os quais foram iguais estatisticamente.

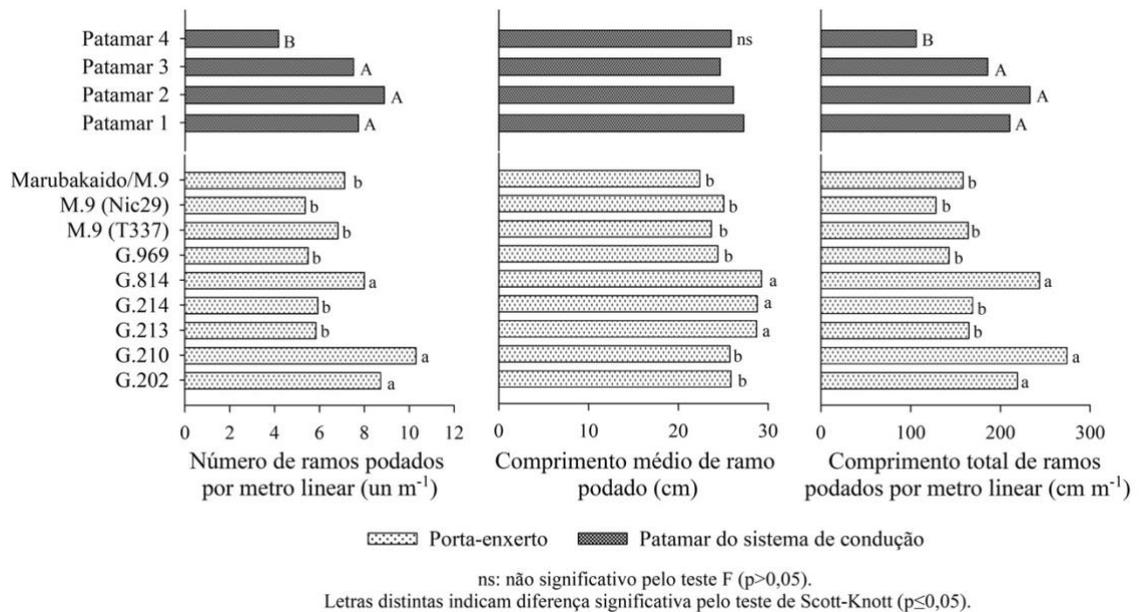


FIGURA 10. Número, comprimento médio e comprimento total de ramos podados por metro linear em cada patamar do sistema de condução bidimensional adotado em plantas de macieiras ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos no segundo ciclo a campo. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Destaca-se, ainda, que houve frutificação nas plantas avaliadas, com permanência de um fruto por cachopa, visando equilibrar o crescimento vegetativo e, por consequência, reduzir a necessidade de poda uma vez que, segundo Hawerth e Petri (2011), a carga de frutos interfere no desenvolvimento vegetativo. Para Webster (2005), essa influência é decorrente da competição direta entre frutos, ramos e raízes por água, nutrientes e assimilados, os quais tem sua disponibilidade restringida, resultando em menor crescimento vegetativo. Portanto, a variável necessidade de poda foi influenciada pela carga de frutos de cada planta.

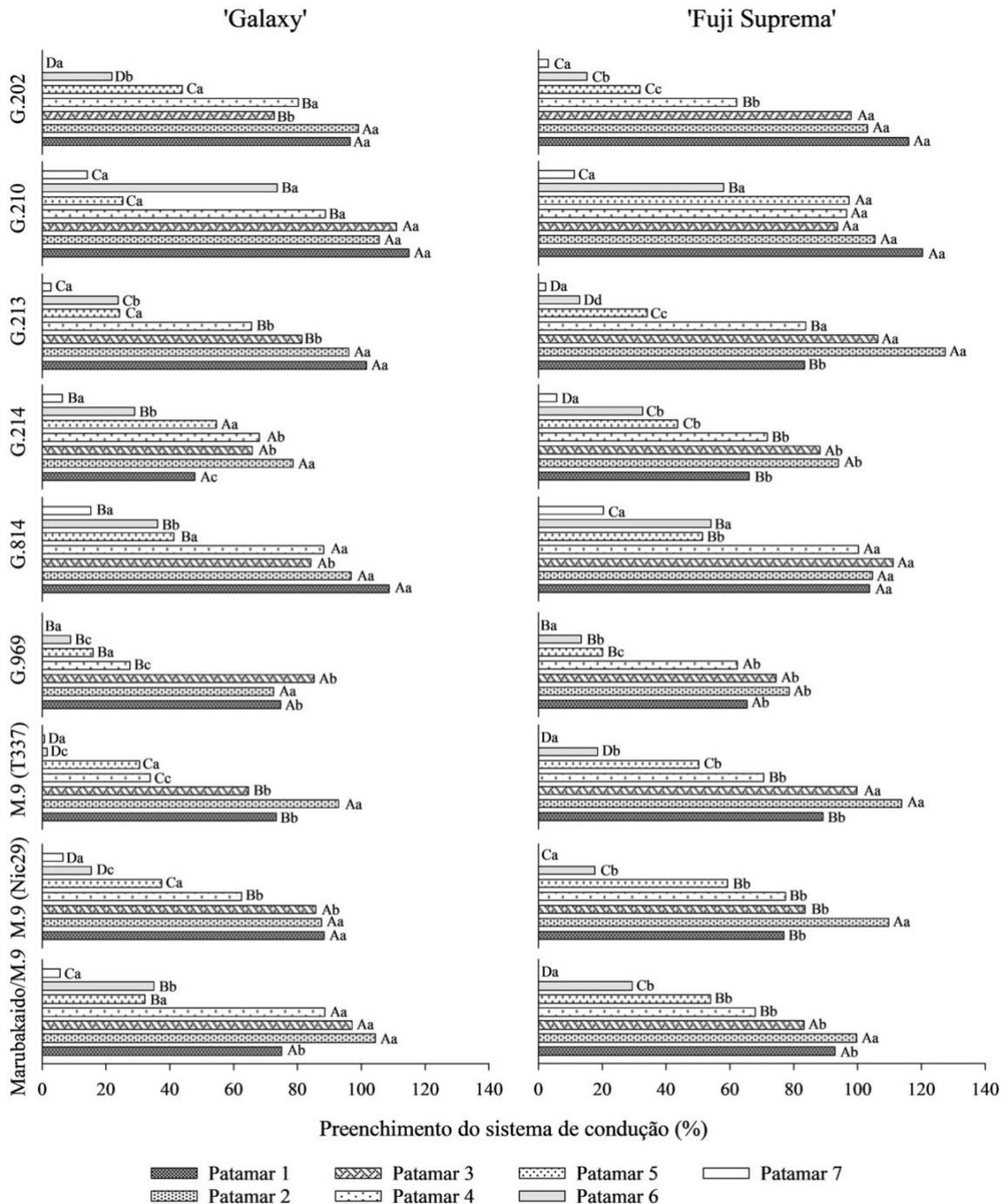
Sendo assim, a exigência de poda verificada nesse experimento pode ser, então, explicada pelo crescimento vegetativo em função do vigor induzido pelos materiais, com menor necessidade sobre os clones mais ananizantes, pois imprimem menor crescimento vegetativo à copa. No que concerne aos porta-enxertos de maior vigor, ‘Marubakaido/M.9’ destacou-se com a maior necessidade de poda verde. À parte a isso, ‘G.214’ é um porta-

enxerto de médio vigor, mas que induziu pouca necessidade de poda quando comparado aos demais materiais semivigorosos nas duas cultivares.

Salienta-se então que, embora sistemas de condução bidimensionais otimizem as atividades laborais a longo prazo, nos anos iniciais, a necessidade de mão de obra é intensa para correta formação das plantas e do sistema. Nesse sentido, o vigor do conjunto cultivar copa e o porta-enxerto em cada condição edafoclimática de cultivo deve ser compreendida, sendo que materiais mais vigorosos carecem de práticas de manejo mais intensivas (Robinson, 2011), enquanto porta-enxertos anões induzem certa facilidade de manejo.

Assim como no primeiro ciclo, houve interação estatística entre porta-enxerto e patamar nas duas cultivares avaliadas para preenchimento dos patamares do sistema de condução (FIGURA 11). Em ‘Galaxy’ no primeiro patamar do sistema, o maior preenchimento se manteve sobre os porta-enxertos G.202, G.210, G.213 e G.814, além de ter a inclusão de ‘M.9’ (Nic29), os quais não diferiram entre si. Assim, há indicação de um crescimento vegetativo contundente na porção mediana basal induzido por este último porta-enxerto ao longo do segundo ciclo das plantas a campo. No segundo patamar, não houve diferença no preenchimento sobre os distintos materiais; enquanto sobre os porta-enxertos G.210 e Marubakaido/M.9 foi constatado o maior preenchimento do terceiro patamar. ‘G.202’, ‘G.210’, ‘G.814’ e ‘Marubakaido/M.9’ induziram maior preenchimento no quarto patamar do sistema. Por fim, no quinto e sétimo patamar, não houve distinção entre os materiais; porém no sexto, o maior preenchimento foi sobre ‘G.210’. Ao passo que no ciclo anterior, o único porta-enxerto que configurou no grupo de maior preenchimento nos cinco patamares foi ‘G.814’, no segundo ciclo, ‘G.210’ destacou-se nos sete patamares.

É possível observar que há um decréscimo do preenchimento do sistema com o aumento do patamar conforme era esperado uma vez que houve crescimento das ramificações do ciclo anterior. À exceção dessa redução da ocupação do sistema com o aumento do patamar, salienta-se que o quinto patamar apresentou preenchimento inferior ao sexto patamar sobre ‘G.210’. Essa falha é decorrente do déficit de brotação verificado na porção superior da haste principal (FIGURA 8 e TABELA 9), indicando que houve intenso crescimento dos ramos próximo ao ápice (acrotonia). Logo, existia possibilidade de que ocorresse maior preenchimento do sexto patamar, posto que não havia ramos disponíveis para ocupar o quinto patamar. Ademais, o déficit de brotação registrado, com posterior ausência de ramificações, pode implicar em falhas no preenchimento do sistema que serão perceptíveis nos ciclos seguintes quando os ramos formados preencherem os patamares superiores, evidenciando ausência de ramos alceados nos patamares inferiores.



Letras distintas maiúsculas e minúsculas indicam diferença significativa no porta-enxerto e patamar do sistema de condução, respectivamente, pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

FIGURA 11. Preenchimento dos patamares (primeiro ao sétimo) do sistema de condução bidimensional em macieiras 'Galaxy' e 'Fuji Suprema' sobre distintos porta-enxertos ao final do segundo ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Na cultivar Fuji Suprema, o maior preenchimento do patamar inicial foi induzido por 'G.202', 'G.210' e 'G.814', conforme verificado no ciclo anterior (FIGURA 11). No segundo patamar, o preenchimento foi menor sobre os porta-enxertos G.214 e G.969; enquanto no terceiro, sobre 'G.202', 'G.210', 'G.213', 'G.814' e 'Marubakaído/M.9' foi

verificado maior preenchimento. Os porta-enxertos ‘G.210’, ‘G.213’ e ‘G.814’ imprimiram maior preenchimento no quarto patamar; já no quinto e sexto patamar, o destaque foi sobre ‘G.210’. Do mesmo modo, em ‘Galaxy’, o teste de médias não verificou diferença entre os materiais na ocupação do último patamar. Novamente, ‘G.210’ foi o único material que configurou maior preenchimento nos sete patamares do sistema.

Nas duas cultivares, a ocupação superior a 100% indica que houve sobreposição de ramos sobre os arames do sistema de condução. A partir disso, infere-se que o porta-enxerto induziu ramos suficientes nesses patamares, tornando necessário que seja feita intervenção através de poda para encurtamento ou remoção das ramificações conforme as premissas do sistema.

Sobre alguns materiais há menor preenchimento no primeiro patamar em relação ao segundo e/ou terceiro, como é o caso de ‘G.214’, ‘G.969’, ‘M.9’ (T337) e ‘Marubakaido/M.9’ em ‘Galaxy’ e ‘G.213’, ‘G.214’, ‘G.969’, ‘M.9’ (T337) e ‘M.9’ (Nic29) em ‘Fuji Suprema’. Ao comparar com os dados de preenchimento do ciclo anterior (FIGURA 7), essa menor ocupação já era verificada, sendo que o crescimento dos ramos ao longo do segundo ciclo não foi suficiente para minimizar e corrigir essa falha na condução do sistema. Dessa maneira, a ocupação do primeiro patamar mostra-se de fato como um desafio, visto que a indução de ramos nessa porção inferior das plantas é, cada vez mais, difícil com o passar dos anos, tornando necessário que sejam feitas incisões e aplicações localizadas de fitorreguladores. Contudo, existem porta-enxertos que minimizam essa falha, podendo ser alternativas mais interessantes frente a esse problema, mas outros fatores precisam ser considerados também, como o manejo do produtor, a demanda laboral, a produtividade e a qualidade dos frutos. Não existe um porta-enxerto que atenda a todas as demandas de um produtor e sistema de cultivo, no entanto existem possibilidades passíveis de adaptação a distintas realidades.

Na FIGURA 12, é possível observar o preenchimento geral do sistema de condução até o sétimo patamar (considerando apenas porta-enxerto como fator) nos dois ciclos avaliados. Em ‘Galaxy’, no ciclo 2021/22, as plantas enxertadas sobre ‘G.202’, ‘G.210’, ‘G.213’, ‘G.814’ e ‘Marubakaido/M.9’ apresentaram maior preenchimento em comparação aos demais materiais. Ademais, no ciclo seguinte, ‘G.213’ não se manteve entre os materiais com indução de maior preenchimento, apontando um menor crescimento vegetativo no segundo ciclo provavelmente em função do menor vigor induzido pelo porta-enxerto. Dessa maneira, ao final do ciclo 2022/23, os porta-enxertos G.202, G.210, G.814 e Marubakaido/M.9 induziram o preenchimento do sistema de condução mais contundente.

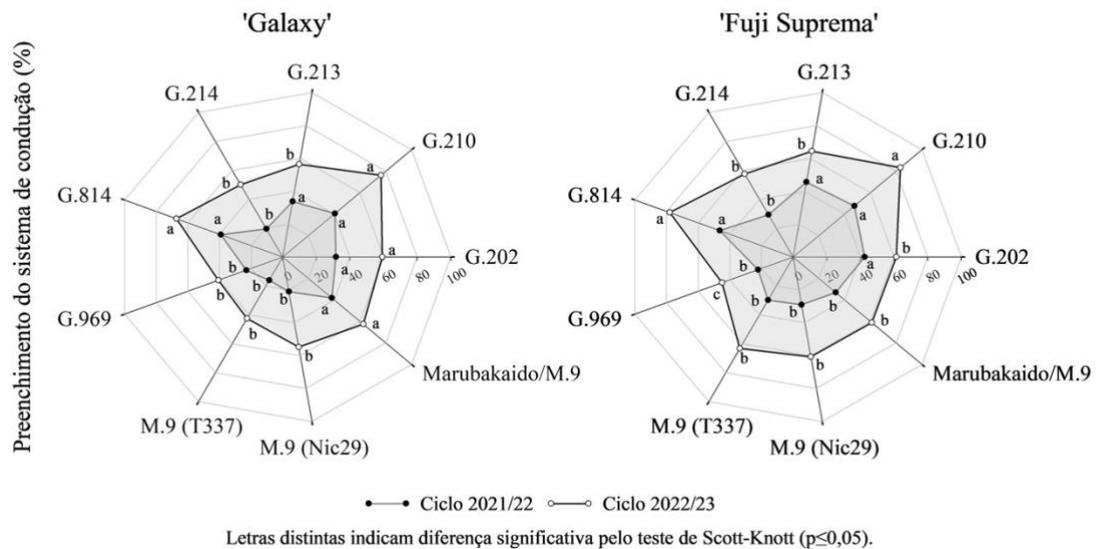


FIGURA 12. Preenchimento geral do sistema de condução bidimensional em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos ao final do primeiro e do segundo ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Para a cultivar Fuji Suprema, no primeiro ciclo, ‘G.202’, ‘G.210’, ‘G.213’ e ‘G.814’ imprimiram maior preenchimento do sistema (FIGURA 12). No ciclo seguinte, o maior preenchimento foi constatado nas plantas sobre ‘G.210’ e ‘G.814’, sinalizando, então, menor crescimento vegetativo sobre ‘G.202’ e ‘G.213’ ao longo do ciclo em comparação aos outros dois, os quais induzem maior vigor. Além disto, ‘G.969’ induziu menor preenchimento ao final do segundo ciclo, à medida que os outros materiais não diferiram entre si.

É interessante ressaltar que, ao final do segundo ciclo (2022/2023), o crescimento apical do líder central das plantas variou entre 150 e 200 cm (FIGURA 6), com altura total de plantas em torno de três metros. Isso contribuiu para a rápida formação do sistema de condução, com plantas, sobre os porta-enxertos mais vigorosos, já na altura final almejada para formação do sistema. Aliado a isso, tem-se a ocorrência de ramificações alceadas sobre sexto e sétimo patamar. Uma vez que o objetivo do sistema é o preenchimento de oito patamares, com arames duplos até o sexto, tem-se uma satisfatória ocupação do sistema em apenas dois anos sobre os porta-enxertos mais vigorosos.

Com base nos resultados obtidos, é possível inferir que os porta-enxertos que apresentaram maior crescimento vegetativo no primeiro ciclo promoveram, também, maior preenchimento do sistema de condução, reforçando, então, a necessidade de se obter rápida formação inicial de plantas para maximização do preenchimento do sistema. Como resultado, tem-se menor ocorrência de falhas, além de, possivelmente, obter-se retorno antecipado do capital empregado por meio da maior produtividade, com aumento da rentabilidade da atividade. Salienta-se, contudo, que a longo prazo o crescimento vegetativo

em excesso pode tornar o manejo das plantas complexo, carecendo de ferramentas químicas e manuais para controle de vigor.

Por fim, como citado anteriormente, consoante Wertheim e Webster (2005), a definição da classificação de vigor é questionável e variável, já que os limites entre as categorias são vagos, com cultivar copa e condições de solo e clima influenciando muito o vigor das plantas. Isso se torna evidente, por exemplo, ao analisar as cultivares de macieira Galaxy e Fuji Suprema sobre ‘M.9’ (T337), o qual, nas mesmas condições edafoclimáticas e de manejo, induziu crescimento, refletido em preenchimento do sistema de condução, em ‘Fuji Suprema’ próximo ao clone Nic29 (de maior vigor); ao passo que, em ‘Galaxy’, o preenchimento foi inferior sobre ‘M.9’ (T337) em relação a ‘M.9’ (Nic29). Portanto, fica a ressalva de que dados de safras isoladas são insuficientes para determinar o vigor imposto por um porta-enxerto, sendo necessário o resultado acumulado de diversas safras para obtenção de dados contundentes.

3.3.2 Atributos produtivos e de qualidade de frutos

Na safra 2022/23 foi realizada a primeira colheita da área, sendo que, na cultivar Galaxy, a maior quantidade de frutos colhidos foi constatada sobre ‘G.210’, ‘M.9’ (Nic29) e ‘Marubakaido/M.9’, contudo isso não refletiu em maior produtividade (TABELA 10). Já na cultivar Fuji Suprema, o porta-enxerto G.213 se destacou em comparação aos demais, induzindo maior número e massa de frutos, bem como produtividade.

A precocidade produtiva verificada em ‘Fuji Suprema’ foi extremamente significativa, tendo já sido verificada por Denardi *et al.* (2015), Denardi *et al.* (2016) e (Macedo, 2018) em clones de ‘Gala’. Ademais, de acordo com Habibi *et al.* (2022), porta-enxertos ananizantes induzem maior precocidade, com antecipação de frutificação. Dessa forma, esperava-se que tanto em ‘Galaxy’ quanto em ‘Fuji Suprema’ a produtividade seria inversamente proporcional ao crescimento vegetativo. Contudo, na cultivar de macieira Galaxy os porta-enxertos não induziram diferenças significativas na produtividade, ao passo que em ‘Fuji Suprema’, o porta-enxerto que proporcionou menor vigor, ‘G.969’, resultou em produtividade estatisticamente equivalente aos de maior vigor (‘G.210’ e ‘G.814’).

Sendo assim, baseado nos dados anteriormente apresentados, os resultados referentes à produtividade inicial das plantas foram inconsistentes. Essa diversidade de respostas verificada nesse trabalho pode ser atribuída a distintas características de solo, condições climáticas das safras e dos locais de cultivo, além da qualidade da muda utilizada nos diferentes experimentos. Ademais, as cultivares do grupo Gala e Fuji são sensíveis a condições meteorológicas específicas, as quais apresentam grande variabilidade entre os

anos e locais no sul do Brasil (Denardi; Kvitschal; Hawerth, 2018), contribuindo para a variabilidade dos resultados. Além disso, todos os nove materiais avaliados em ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ (a exceção do ‘G.213’ e ‘M.9’ (Nic29) na última cultivar) induziram produtividade média semelhante e com baixos valores. Porém, esse resultado era esperado visto que as plantas estavam no início da fase reprodutiva, quando a produção de frutos costuma ser relativamente baixa (Denardi; Kvitschal; Hawerth, 2018); além de apresentarem elevado crescimento vegetativo, contribuindo para maior competição por carboidratos. Portanto, salienta-se que dados provenientes apenas da primeira safra são insuficientes, sendo fundamental que haja avaliações de produtividade a longo prazo para se obter resultados substanciais sobre as características produtivas induzidas por cada porta-enxerto em cada condição de cultivo.

TABELA 10. Número e massa de frutos por metro linear, peso médio de fruto e produtividade de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos no segundo ciclo a campo. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Porta-enxerto	‘Galaxy’			
	Número de frutos (un m ⁻¹)	Massa de frutos (kg m ⁻¹)	Peso médio de fruto (g)	Produtividade (t ha ⁻¹)
G.202	22,79 b	3,55 a	157,91 ns	13,12 a
G.210	30,77 a	5,06 a	163,06	18,71 a
G.213	21,36 b	3,66 a	167,22	13,53 a
G.214	18,13 b	3,07 a	170,14	11,35 a
G.814	20,51 b	3,52 a	171,28	13,01 a
G.969	19,87 b	3,30 a	166,88	12,22 a
M.9 (T337)	12,54 b	1,96 a	157,74	7,27 a
M.9 (Nic29)	27,10 a	4,21 a	154,78	15,59 a
Marubakaido/M.9	30,27 a	5,18 a	170,42	19,15 a
Porta-enxerto	‘Fuji Suprema’			
	Número de frutos (un m ⁻¹)	Massa de frutos (kg m ⁻¹)	Peso médio de fruto (g)	Produtividade (t ha ⁻¹)
G.202	2,88 b	0,43 c	137,48 ns	1,58 c
G.210	5,56 b	0,96 c	172,77	3,55 c
G.213	25,77 a	4,43 a	164,73	16,39 a
G.214	6,53 b	1,20 c	182,68	4,45 c
G.814	2,59 b	0,42 c	159,83	1,56 c
G.969	3,59 b	0,53 c	154,32	1,94 c
M.9 (T337)	3,73 b	0,69 c	169,49	2,56 c
M.9 (Nic29)	12,22 b	2,40 b	197,49	8,86 b
Marubakaido/M.9	3,27 b	0,54 c	158,62	2,00 c

ns: não significativo pelo teste F ($p > 0,05$). Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Quanto ao peso médio de frutos (TABELA 10), para ambas as cultivares, o porta-enxerto adotado não imprimiu diferenças significativas; e, como consequência, o calibre

deles também foi igual estatisticamente (FIGURA 13). Logo, o porta-enxerto adotado imprimiu número de frutos distintos, mas sem alterar o peso deles. Isso foi constatado inclusive em ‘Fuji Suprema’ sobre ‘G.213’, a qual apresentou número de frutos muito superior aos demais materiais, o que poderia resultar em menor peso médio de fruto devido à maior competição.

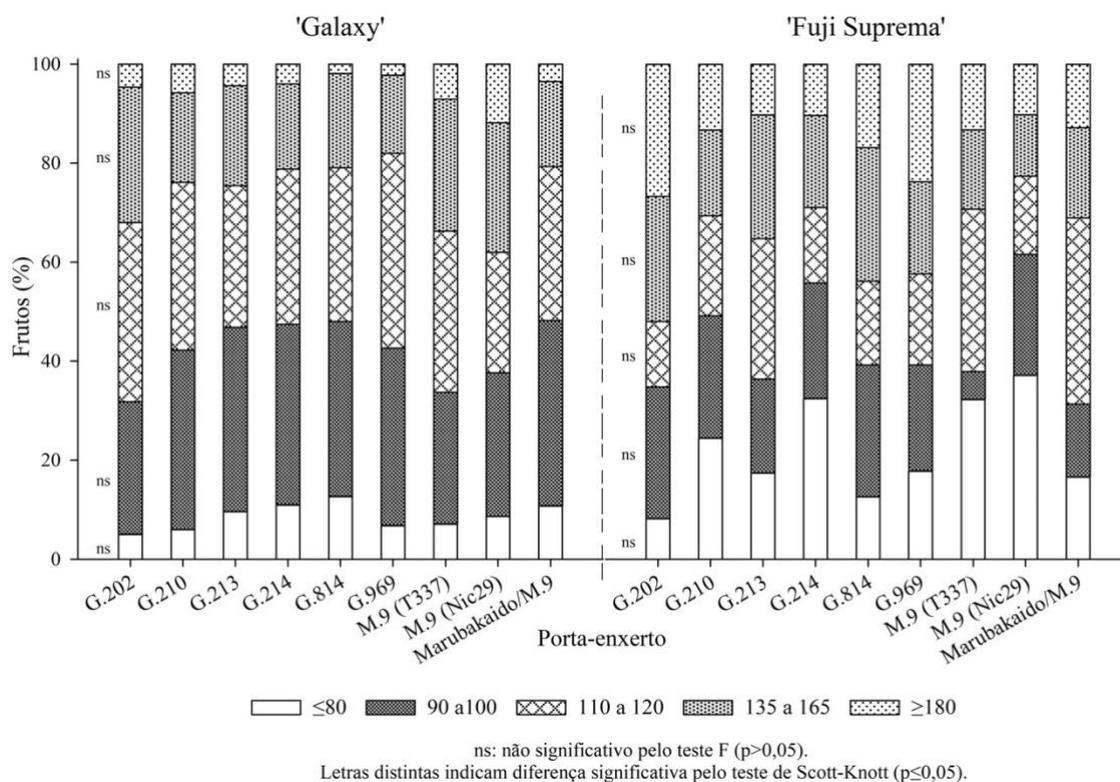


FIGURA 13. Porcentagem de frutos classificados de acordo com cinco classes de calibre (menor ou igual a 80, 90 a 100, 110 a 120, 135 a 165 e maior ou igual a 180) em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

De modo geral, segundo Webster e Wertheim (2003), porta-enxertos ananizantes são mais eficientes do que os com maior vigor em induzir frutos de maior peso médio individual à copa. Neste trabalho, no entanto, isso não foi verificado. Essa premissa também não foi constatada por Denardi *et al.* (2016), os quais determinaram peso médio de fruto equivalente induzido por ‘G.210’ e ‘M.9’ (EMLA). Denardi, Kvitschal e Hawerth (2018) verificaram que o peso médio de frutos de ‘Fuji Suprema’ sobre ‘G.202’, ‘G.213’, ‘G.814’, ‘G.969’, ‘M.9’ e ‘Marubakaido/M.9’ não diferiu; por outro lado, em ‘Galaxy’, os frutos foram mais e menos pesados sobre ‘G.213’ e ‘G.969’, respectivamente. Já, Macedo *et al.* (2019) apontam que os frutos da cultivar Fuji Suprema sobre ‘M.9’ eram mais pesados que sobre ‘G.213’ no segundo ciclo a campo em área nova. Sendo assim, as diferenças no peso dos frutos não são consistentes ao longo dos anos e possivelmente não são decorrentes do porta-

enxerto, mas sim da quantidade de frutos por planta e do equilíbrio vegetativo e produtivo de cada macieira como corroborado por Al-Hinai e Roper (2004) e Pasa *et al.* (2017).

No que diz respeito à coloração da epiderme dos frutos, o menor recobrimento com cor vermelha foi constatado sobre ‘G.210’ em ‘Galaxy’ e sobre ‘G.213’ em ‘Fuji Suprema’ (FIGURA 14). Isso pode indicar que o porta-enxerto G.210 proporciona um atraso na maturação dos frutos, sendo capaz de ser uma estratégia para escalonamento de colheita de frutos do grupo Gala. Essa resposta pode ser também devido ao maior sombreamento desse porta-enxerto, mesmo em sistema bidimensional, devido ao maior crescimento vegetativo imposto à copa. Quanto à diferença constatada em ‘Fuji Suprema’, essa provavelmente foi decorrente da maior quantidade de frutos sobre ‘G.213’, os quais resultaram em maior quantidade de frutos na amostra que os demais materiais.

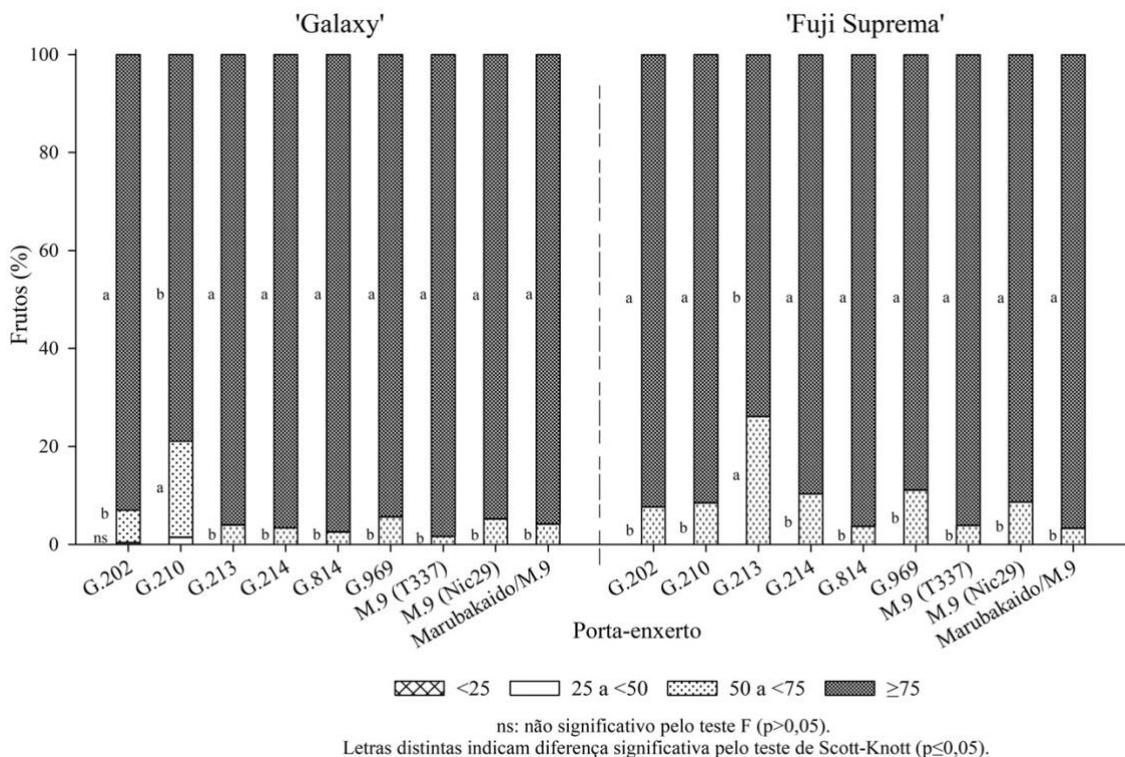


FIGURA 14. Porcentagem de frutos classificados de acordo com categorias de recobrimento da epiderme com coloração vermelha (menor que 25%; maior ou igual a 25 e menor que 50%; maior ou igual a 50% e menor que 75%; e maior que 75%.) em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos (Apêndice 4). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Diferenças sutis foram verificadas no recobrimento da epiderme com russetting apenas no nível 2 (mais ou igual a 10% e menos que 30%), com menor porcentagem de frutos classificados em ‘Galaxy’ sobre ‘G.202’, ‘G.214’ e ‘M.9’ (Nic29) (FIGURA 15). Em contrapartida, não houve diferença significativa na cultivar Fuji Suprema para essa variável.

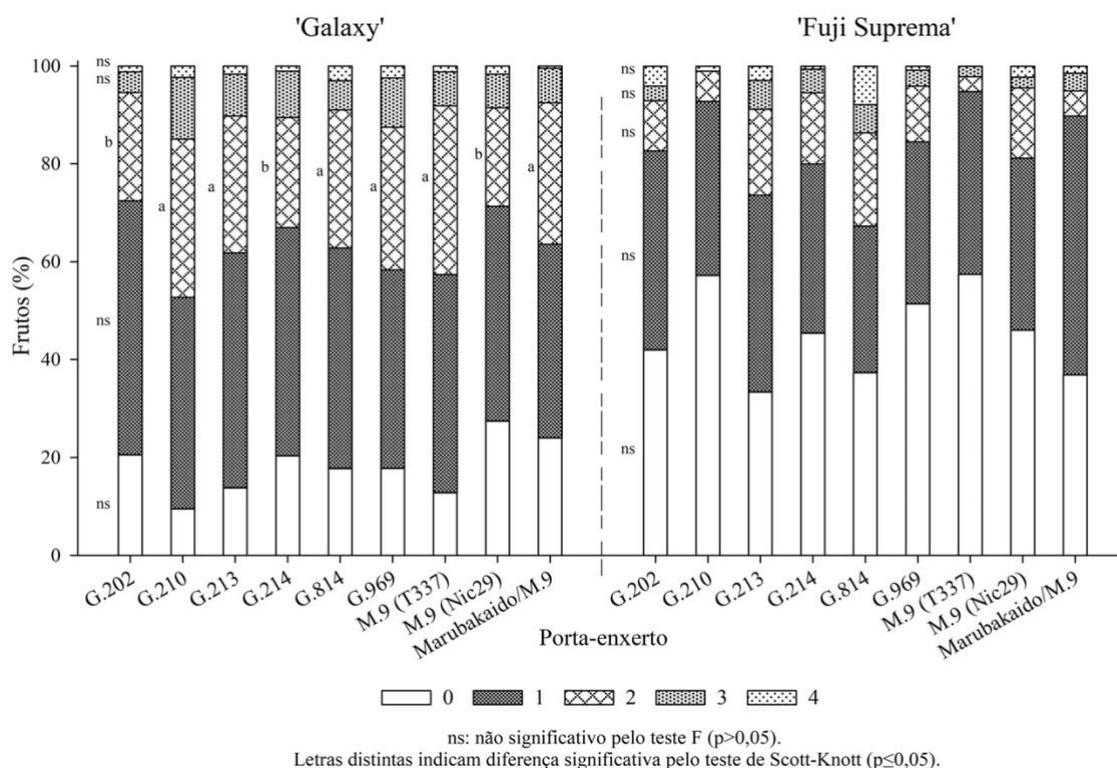


FIGURA 15. Porcentagem de frutos classificados de acordo com cinco níveis de recobrimento da epiderme com russeting (0: ausência; 1: menos de 10%; 2: mais ou igual a 10% e menos que 30%; 3: mais ou igual a 30% e menos que 50%; 4: mais que 50%) em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos (Apêndice 4). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

O porta-enxerto utilizado não influenciou o comprimento e diâmetro de frutos de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ (TABELA 11). A relação comprimento/diâmetro também não foi alterada para cultivar ‘Galaxy’, contudo, dissemelhanças foram perceptíveis em ‘Fuji Suprema’, com frutos estatisticamente mais achatados sobre os porta-enxertos G.202, G.213 e Marubakaido/M.9, mas sem resultar em diferenças visuais. Ainda em relação ao formato dos frutos, não houve desigualdades entre o número de sementes sobre os diferentes porta-enxertos nas duas cultivares.

Quanto à qualidade físico-química dos frutos, o teor de sólidos solúveis foi inferior sobre ‘G.210’ e ‘M.9’ (Nic29) em ‘Galaxy’; e ‘G.210’ e ‘G.814’ em ‘Fuji Suprema’ (TABELA 11). A menor quantidade de açúcar sobre o porta-enxerto G.210 nas duas cultivares pode ser decorrente do vigor imposto pelo material, uma vez que, consoante Habibi *et al.* (2022), porta-enxertos vigorosos apresentam menor capacidade de particionar carbono para áreas reprodutivos, o que pode reduzir a concentração de açúcar nos frutos. Além disso, a melhor intercepção dos porta-enxertos de menor vigor pode ser outra explicação para os teores de sólidos solúveis encontrados uma vez que a luz afeta a qualidade dos frutos (Robinson; Seeley; Barrit, 1983; Pasa *et al.*, 2016).

TABELA 11. Comprimento de frutos, diâmetro de frutos, relação diâmetro/comprimento, firmeza, sólidos solúveis e número de semente por frutos de plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre distintos porta-enxertos. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Porta-enxerto	‘Galaxy’					
	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Comprimento /Diâmetro	Semente (un)	Firmeza (N)	Sólidos solúveis (°Brix)
G.202	7,07 ns	6,37 ns	1,11 ns	4,98 ns	68,10 a	14,96 a
G.210	7,40	6,79	1,09	4,82	57,56 b	13,84 b
G.213	7,16	6,70	1,07	4,82	66,86 a	15,11 a
G.214	7,29	6,73	1,08	4,85	67,21 a	14,88 a
G.814	7,26	6,66	1,09	4,44	67,97 a	14,79 a
G.969	6,99	6,45	1,09	4,51	67,66 a	15,34 a
M.9 (T337)	7,23	6,63	1,09	4,89	64,36 a	14,52 a
M.9 (Nic29)	7,31	5,30	0,83	5,22	61,92 b	13,84 b
Marubakaido/M.9	7,27	6,67	1,09	5,03	64,72 a	14,66 a
Porta-enxerto	‘Fuji Suprema’					
	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Comprimento /Diâmetro	Semente (un)	Firmeza (N)	Sólidos solúveis (°Brix)
G.202	6,55 ns	5,75 ns	1,14 b	6,21 ns	91,50 ns	15,88 a
G.210	7,21	6,17	1,17 a	5,40	86,21	13,94 b
G.213	6,95	6,11	1,14 b	7,48	83,14	14,72 a
G.214	7,31	6,27	1,17 a	6,80	85,23	14,96 a
G.814	6,98	6,00	1,16 a	6,58	85,90	13,53 b
G.969	6,86	5,84	1,17 a	6,54	87,32	15,33 a
M.9 (T337)	7,06	5,94	1,19 a	6,75	85,05	14,98 a
M.9 (Nic29)	7,09	4,97	1,19 a	5,23	86,87	14,93 a
Marubakaido/M.9	6,86	5,99	1,15 b	5,19	85,58	15,31 a

ns: não significativo pelo teste F ($p>0,05$). Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p\leq 0,05$)

De outro lado, Denardi *et al.* (2021), Rufato *et al.* (2021b) e Silva *et al.* (2023) constataram maior teor de sólidos solúveis sobre ‘G.213’, podendo ser um indicativo de maturação precoce, com possibilidade de antecipação de colheita, porém isso não foi constatado em nossos dados. Salienta-se que as diferenças identificadas para essa variável são pequenas e que estas não influenciam na qualidade organoléptica da fruta.

Menor firmeza de polpa foi induzida pelos porta-enxertos ‘G.210’ e ‘M.9’ (Nic29) na cultivar Galaxy; ao passo que não foram impressas diferenças em ‘Fuji Suprema’. Destaca-se a elevada firmeza verificada nos frutos de ‘Fuji Suprema’ sobre todos os porta-enxertos, a qual foi superior à máxima especificada na normativa brasileira (BRASIL, 2002), contudo, não é prejudicial, possibilitando que a fruta tenha padrão para ser armazenada em câmara fria por longo prazo.

Assim como para produtividade, resultados inconsistentes a respeito de qualidade de frutos sobre os porta-enxertos podem ser inferidos ao comparar com outros trabalhos realizados (Macedo *et al.*, 2019; Denardi *et al.*, 2021). Ressalta-se, então, a importância de analisar os dados de mesmas plantas em safras subsequentes, o que pode resultar em informações mais coesas sobre as características e limitações induzidas por cada material.

Finalmente, considerando os dados de uma safra apresentados nesse trabalho, implica-se que há uma tendência à precocidade produtiva de ‘Fuji Suprema’ sobre ‘G.213’, sem o porta-enxerto imprimir à copa diferenças significativas na qualidade de frutos.

3.4 Conclusões

Os porta-enxertos apresentam influência direta nos atributos vegetativos de plantas de macieira, com maior impacto na ramificação do que na brotação. Em ‘Galaxy’ e em ‘Fuji Suprema’, os porta-enxertos ‘G.210’ e ‘G.814’ induzem maior crescimento vegetativo (número e comprimento total de ramos e crescimento apical). Como consequência do padrão de ramificação, os porta-enxertos que imprimem maior crescimento vegetativo à copa promovem maior preenchimento do sistema, com minimização de falhas ao longo dos patamares. Dessa maneira, visando rápida formação do sistema de condução bidimensional com duplos cordões de frutificação, os porta-enxertos da série Geneva® ‘G.210’ e ‘G.814’ apresentam-se como alternativas mais interessantes aos tradicionais ‘Marubakaido/M.9’ e ‘M.9 (T337)’ utilizados no Brasil.

3.5 Referências bibliográficas

AL-HINAI, Y. K.; ROPER, T. R. Rootstock effects on growth and quality of ‘Gala’ apples. *HortScience*, Alexandria, VA, v. 39, n. 6, p. 1231-1233, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.6.1231>. Acesso em: 24 mar. 2024.

BITENCOURT, C. *et al.* Desenvolvimento vegetativo da cultivar Maxi Gala sobre os porta-enxertos da Série Geneva® em São Joaquim. *In: SIMPÓSIO DE FRUTICULTURA DA REGIÃO SUL – FRUSUL, 2., 2019, Chapecó. Anais [...]* Chapecó: Epagri, 2019. Disponível em: <https://portaleventos.uffs.edu.br/index.php/FRUSUL/article/view/10731>. Acesso: 28 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 50, de 3 de setembro de 2002. Aprovar o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação da Maçã, em anexo. Estabelecer que, em se tratando de importação de Maçã dos demais países membros do MERCOSUL, será observado, para efeito de classificação, o que preconiza o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade da Maçã, aprovado pela Resolução GMC no 117/96. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 5 set. 2002.

BUENO, P. M. C. *et al.* Características fenotípicas de macieiras enxertadas sobre porta-enxertos da série CG. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 28., 2022, Florianópolis. Anais [...]*. Florianópolis: Epagri, 2022. Disponível: <https://fruticultura.org/cbf2022/files/anais2022b.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2023.

CAMILO, A. P.; DENARDI, F. Efeito do carbaryl sobre o 'russetting' da maçã (*Malus domestica* Borkh.), cultivares 'Gala', 'Fuji' e 'Golden Delicious'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 580-583, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000300027>. Acesso em: 25 maio 2023.

CAMPOY, J. A.; RUIZ, D.; EGEA, J. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 130, n. 2, p. 357-372, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.07.011>. Acesso em: 12 jul. 2023.

CHOI, B. *et al.* Configuration of the tree shape in a bi-axis apple orchard using 'Fuji'/M. 9 grafted plants—tree growth and productivity during early years according to the planting distance. **Horticultural Science and Technology**, Suwon, v. 41, n. 5, p. 560-570, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.7235/HORT.20230048>. Acesso em: 26 mar. 2024.

COOK, N. C. Apple production under conditions of sub-optimal winter chilling in South Africa. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 872, p. 199-204, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.872.26>. Acesso em: 11 abr. 2023.

COOK, N. C.; JACOBS, G. Suboptimal winter chilling impedes development of acrotony in apple shoots. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 34, n. 7, p. 1213-1216, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.34.7.1213>. Acesso em: 11 abr. 2023.

CTL - CENTER FOR TECHNOLOGY LICENSING AT CORNELL UNIVERSITY. **Geneva® apple rootstocks comparison chart**. Ithaca: Cornell University, 2021. v. 4. Disponível em: <https://ctl.cornell.edu/wp-content/uploads/plants/GENEVA-Apple-Rootstocks-Comparison-Chart.pdf>. Acesso em: 18 out. 2021.

DENARDI, F. *et al.* Desempenho agrônômico de porta-enxertos de macieira da série americana 'Geneva®' no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, p. 104-111, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-438/14>. Acesso em: 25 jul. 2023.

- DENARDI, F. *et al.* Efeito de porta-enxertos na indução da brotação da copa das macieiras ‘Gala’ e ‘Fuji’. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 26, n. 2, p. 61-63, 2013. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/609>. Acesso em: 18 jul. 2023.
- DENARDI, F. *et al.* Performance of new apple rootstocks for Gala variety in Southern Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 16, p. 147-152, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332016v16n2n22>. Acesso em: 25 jul. 2023.
- DENARDI, F. Porta-enxertos. *In*: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006. cap. 6, p. 169-227.
- DENARDI, F.; KVITSCHAL, M. V.; HAWERROTH, M. C. Porta-enxertos de macieira: passado, presente e futuro. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 28, p. 89-95, 2015. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/167>. Acesso em: 16 out. 2021.
- DENARDI, F.; KVITSCHAL, M. V.; HAWERROTH, M. C. Yield performance of apple rootstocks of the Geneva series on replanting soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 53, n. 8, p. 924-933, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000800007>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- DOMINGUEZ, L. I. **Strategies to improve growth and yield in the early life of a tall spindle apple planting**. 2015. 130 f. Thesis (Master of Science) – Faculty of the Graduate School of Cornell University, Ithaca, 2015.
- FAORO, I. D. Porta-enxertos. *In*: FAORO, I. D. (org.). **Maçãs do grupo 'Gala' no Brasil**. Florianópolis: Epagri, 2022. cap. 6, p. 137-155. Disponível em: <http://agapomi.com.br/wp-content/uploads/2022/08/livro-macas-do-grupo-gala-no-brasil.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- FAZIO, G.; ROBINSON, T. Modification of nursery tree architecture with apple rootstocks: a breeding perspective. **New York Fruit Quarterly**, Rochester, v. 16, n. 1, p. 13-16, 2008. Disponível em: <https://grow-n-guide.com/assets/modification-of-nursery-tree-architecture-with-apple-rootstocks-a-breeding-perspective.pdf>. Acesso em: 18 maio 2023.
- FERRE, D. C.; SCHUPP, J. R. Pruning and training physiology. *In*: FERRE, D. C.; WARRINGTON, I. J. **Apples: botany, production and uses**. London: CABI, 2003. p. 319-344.
- FINETTO, G. A. The behaviour of some apple rootstocks in relation to the chilling requirement. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 662, p. 245-251, 2003. Disponível em: https://www.actahort.org/books/662/662_35.htm. Acesso em: 31 jul. 2023.
- GJAMOVSKI, V.; KIPRIJANOVSKI, M. Influence of nine dwarfing apple rootstocks on vigour and productivity of apple cultivar ‘Granny Smith’. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 129, n. 4, p. 742-746, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.05.032>. Acesso em: 02 jul. 2023.
- HABIBI, F. *et al.* Physiological, biochemical, and molecular aspects of grafting in fruit trees. **Horticulture Research**, Oxford, v. 9, [art.] uhac032, 2022. Disponível em:

<https://academic.oup.com/hr/article/doi/10.1093/hr/uhac032/6532224>. Acesso em: 21 out. 2023.

HAWERROTH, F. J. *et al.* **Dormência em frutíferas de clima temperado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 56 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/884602/dormencia-em-frutiferas-de-clima-temperado>. Acesso em: 02 abr. 2023.

HAWERROTH, F. J. *et al.* Fenologia, brotação de gemas e produção de frutos de macieira em resposta à aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 961-971, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s000687052009000400016>. Acesso em: 18 maio 2023.

HAWERROTH, F. J. Sistemas de condução para macieira no sul do Brasil e seus desafios. **Revista da Agapomi**, Vacaria, v. 337, p. 4-5, 2022.

HAWERROTH, F. J.; NACTHIGALL, G. R. Condições climáticas do ciclo 2022/23 e impactos no manejo de pomares de macieira. **Revista da Agapomi**, Vacaria, v. 343, p. 6-7, 2022b.

HAWERROTH, F. J.; NACTHIGALL, G. R. **Estiagem no sul do Brasil**: considerações e indicações técnicas para o manejo da macieira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2022a. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/search-news?p_p_id=buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=pop_up&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_groupId=1355300&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_articleId=67683665&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_viewMode=print. Acesso em: 23 jul. 2023.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L. **Controle do desenvolvimento vegetativo em macieira e pereira**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 36 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/917395/controlado-desenvolvimento-vegetativo-em-macieira-e-pereira>. Acesso em: 20 jul. 2023.

KIPRIJANOVSKI, M. *et al.* Influence of planting distance to the vegetative growth and bearing of 'Jonagold' apple cultivar on 'MM106' rootstock. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 825, p. 453-458, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.825.71>. Acesso em: 26 mar. 2024.

KVITSCHAL, M. V.; COUTO, M.; LEITE, G. B. Necessidade da diversificação de cultivares na cadeia produtiva da maçã no Brasil. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 35, n. 3, p. 7-10, 2022. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/1535/1428>. Acesso em: 01 jul. 2023.

LIND, K. *et al.* **Organic fruit growing**. Wallingford: CABI, 2003. 281 p.

LORDAN, J. *et al.* Effects of apple (*Malus × domestica*) rootstocks on scion performance and hormone concentration. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 225, p. 96-105, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.050>. Acesso em: 17 jul. 2023.

LUZ, A. R. *et al.* Preliminary data on yield performance of four Geneva® series rootstocks grown in two Brazilian locations. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1346, p. 741-746,

2022. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1346.94>. Acesso em: 31 jul. 2023.

MACEDO, T. A. *et al.* Chilling requirement and budburst uniformity of cultivar 'Maxi Gala' grafted on different rootstocks. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1228, p. 241-246, 2018. Disponível em: https://www.actahort.org/books/1228/1228_36.htm. Acesso em: 25 jul. 2023.

MACEDO, T. A. *et al.* Productivity and quality of 'Fuji Suprema' apple fruit in different rootstocks and growing conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 256, [art.] 108651, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108651>. Acesso em: 25 jul. 2023.

MACEDO, T. A. **Validação de porta-enxertos de macieira da série CG nas condições de Vacaria, RS**. 2018. 129 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.

MARAFON, A. C. *et al.* Chilling privation during dormancy period and carbohydrate mobilization in Japanese pear trees. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, p. 462-468, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000400011>. Acesso em: 25 jul. 2023.

NACTHIGALL, G. R. Irrigação e fertirrigação em pomares de macieira nas condições do sul do Brasil. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 13., 2018, São Joaquim. **Anais [...]**. Florianópolis: EPAGRI, 2018. p. 48-56.

NACTHIGALL, G. R.; HAWERROTH, F. J. Precipitação pluviométrica acima da média e baixas temperaturas nos Campos de Cima da Serra. **Boletim Agroclimático**, Bento Gonçalves, p. 1-8, jun. 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/236909/1/BolAgroclim-Jun22a.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

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. 5 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31640/1/comunicado105.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

PASA, M. D. *et al.* Desempenho de macieiras 'Imperial Gala' e 'Mishima Fuji' em diferentes porta-enxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, p. 17-26, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000100003>. Acesso em: 25 jul. 2023.

PASA, M. D. *et al.* Productive performance of 'Fuji' apple trees on 'JM' series rootstocks, in São Joaquim/SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, [art.] e090, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-29452017090>. Acesso em: 25 jul. 2023.

PEREIRA, A. J.; PETRI, J. L. Poda e condução da macieira. *In*: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. cap. 13, p. 391-418.

PETRI, J. L. *et al.* Apple phenology in subtropical climate conditions. *In*: ZHANG, X. (ed.) **Phenology and climate change**. Rijeka: InTech, 2012. cap. 11, p. 195-216.

PETRI, J. L. *et al.* **Dormência e indução à brotação de árvores frutíferas de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2021. 153 p. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/1174>. Acesso em: 23 jul. 2023.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Consequences of insufficient winter chilling on apple tree bud-break. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 662, p. 53-60, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.662.4>. Acesso em: 15 abr. 2023.

PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; POLLA, A. C. Dormência e indução a brotação em macieira. *In*: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. cap. 8, p. 261-297.

PUTTI, G. L. *et al.* Necessidades térmicas para indução da brotação de diferentes cultivares de macieira. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 71-74, 2006. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/RAC/article/view/934>. Acesso em: 12 jul. 2023.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 23 ago. 2022.

ROBINSON, T. L. Advances in apple culture worldwide. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 37-47, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500006>. Acesso em: 20 jun. 2023.

ROBINSON, T. L.; SEELEY, E. J.; BARRITT, B. H. Effect of light environment and spur age on ‘Delicious’ apple fruit size and quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v. 108, n. 5, p. 855-861, 1983. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/JASHS.108.5.855>. Acesso em: 20 mar. 2024.

RUFATO, L. *et al.* Geneva® series rootstocks for apple trees under extreme replanting conditions in Southern Brazil. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v.12, [art.] 712162, 2021b. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.712162>. Acesso em: 20 jun. 2023.

RUFATO, L. *et al.* Lateral branch induction at nursery with growth regulators in ‘Maxi Gala’ apple trees grafted on four rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 253, p. 349-357, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.045>. Acesso em: 25 jul. 2023.

RUFATO, L. *et al.* Porta-enxerto 213: alternativa para áreas novas e de replantio no cultivo de macieiras no sul do Brasil, resultado de oito anos. **Revista da Agapomi**, Vacaria, v. 320, p. 3-5, 2021a.

SAZO, M. M., ROBINSON, T. L. The use of plant growth regulators for branching of nursery trees in NY State. **New York Fruit Quarterly**, New York, v. 19, n. 2, p. 5-9, 2011. Disponível em: https://rvpadmin.cce.cornell.edu/uploads/doc_158.pdf. Acesso em: 13 mar. 2023.

SCHNEIDER, A. *et al.* Light regulation of axillary bud outgrowth along plant axes: an overview of the roles of sugars and hormones. **Frontiers in plant science**, Lausanne, v.10, n.1296, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01296>. Acesso em: 25 jun. 2023.

SILVA, F. L. *et al.* Performance of Geneva® series apple rootstocks grafted with ‘Gala Select’ in four different replanting soil at Southern Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 45, [art.] e-305, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-29452023305>. Acesso em: 21 mar. 2024.

TROMP, J.; BOERTJES, B. C. The effect of air temperature in successive periods of the growing season on sylleptic shoot formation in young apple trees. **Plant Growth Regulation**, Amsterdam, v. 19, p. 177-182, 1996. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00024583>. Acesso em: 23 abr. 2023.

USELIS, N. *et al.* Planting distance affects apple tree growth, fruit yield and quality. **Zemdirbyste-Agriculture**, Kėdainiai, v. 107, n. 4, p. 367-372, 2020. Disponível em: https://zemdirbyste-agriculture.test.deimantinis.lm.lt/wp-content/uploads/2020/10/107_4_str47.pdf. Acesso em: 26 mar. 2024.

WARNER, John. Rootstock affects primary scaffold branch crotch angle of apple trees. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 26, n. 10, p. 1266-1267, 1991.

WEBSTER, A. D. Shoot growth. *In*: WEBSTER, A. D.; WERTHEIM, S. J.; TROMP, J. **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden: Backhuys, 2005. cap. 11, p. 120-135.

WEBSTER, A. D.; WERTHEIM, S. J. Apple rootstocks. *In*: FERREE, D. C.; WARRINGTON, I. M. (ed.) **Apple**: botany, production and uses. Wallingford: CABI, 2003. p. 91-124.

WELTER, J. F. **Sistemas de condução e pré-formação de mudas de macieira**. 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2019.

WERTHEIM, S. J.; WEBSTER, A. D. Rootstocks and interstems. *In*: WEBSTER, A. D.; WERTHEIM, S. J.; TROMP, J. **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden: Backhuys, 2005. cap. 13, p. 156-175.

WILSON, J. **Understanding the pomology of the planar cordon tree architecture in apple**. 2020. 114 f. Thesis (Master of Science in Horticulture) - Universidade de Massey, Palmerston North, 2020.

YOUNG, E.; MOTOMURA, Y.; UNRATH, C. R. The influence of root temperature - during dormancy on respiration, carbohydrates, and growth resumption in apple and peach. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v. 112, p. 514-519, 1987. Disponível em; <https://doi.org/10.21273/JASHS.112.3.514>. Acesso em: 15 abr. 2023.

4 CAPÍTULO 2

Aplicações sequenciais de fitorreguladores para formação de plantas em pomares de macieira em sistema de condução bidimensional

4.1 Introdução

A tendência da pomicultura nacional é aumentar a densidade de plantas nos pomares (Petri; Faoro; Sezerino, 2022), através, por exemplo, da adoção de sistemas de condução bidimensionais, os quais permitem reduzir o espaçamento entre filas. Esses sistemas promovem incrementos na produtividade e qualidade de frutos, com facilidade de manejos culturais, otimização laboral e mecanização das atividades (Faoro, 2022; Petri; Faoro; Sezerino, 2022). Contudo, é recorrente a presença de porções do tronco com ausência de ramificação nos primeiros anos do pomar, impedindo a correta formação do sistema de condução, devido à ocorrência de falhas no preenchimento dos patamares, as quais são difíceis de corrigir posteriormente. Desta forma, é necessário preconizar a formação inicial de macieiras com rápido e numeroso desenvolvimento de ramos.

Esse déficit de ramos é mais regular na porção basal da planta, pois a macieira possui elevada dominância apical e acrotonia, favorecendo o desenvolvimento de ramificações nas porções apicais das estruturas (Webster, 2005; Sazo; Robinson, 2011). Uma vez que a dominância apical é regulada pela interação entre auxinas e citocininas, a aplicação exógena de citocininas é uma alternativa para reduzir a expressão dessa dominância, permitindo maiores níveis de brotação e ramificação (Webster, 2005). Dentre os produtos comerciais disponíveis, reguladores de crescimento à base de 6-benziladenina (6-BA) são uma alternativa já consolidada pela pesquisa mundial para obtenção de mudas pré-formadas, com diferentes referências de uso em relação à dose, época e frequência de aplicação (Bubán, 2000). Todavia, o efeito de 6-benziladenina na formação de ramos ainda não está bem definido nas condições edafoclimáticas do sul do Brasil (Rufato *et al.*, 2019). Além disso, a disponibilidade de dados a respeito do uso em pomares após o transplântio das mudas é insuficiente.

Ademais, a superação da endodormência através da exposição das gemas a baixas temperaturas, atendendo ao requerimento de frio, é importante para garantir brotação uniforme temporal e espacial (Hawerth *et al.*, 2010), além de incrementar a ramificação inicial das plantas (Petri; Stuker, 1988). Para tanto, as mudas de macieiras podem ser expostas ao resfriamento artificial em armazenamento refrigerado em câmara fria por 30 a 45 dias, em temperaturas de 2 a 6°C (Petri; Stuker, 1988). Nesse sentido, intervenções fitotécnicas podem ser feitas no pomar, como a aplicação de indutores de brotação, principalmente cianamida hidrogenada (CH) em combinação com óleo mineral (MO) (Petri *et al.*, 2021). Pode ser ainda utilizado o bioestimulante Erger®, o qual auxilia na indução de brotação e aumento do crescimento e desenvolvimento de ramos (Vallagro, 2021), com resultados promissores para brotação no Brasil.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes combinações de cianamida hidrogenada, 6-benziladenina e Erger[®], associados a óleo mineral, para potencializar a brotação e a ramificação inicial de pomares de macieira no sul do Brasil.

4.2 Material e métodos

Este experimento foi desenvolvido em ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ ao longo da safra de 2021/22 e conduzido em pomar comercial irrigado localizado em Monte Alegre dos Campos (RS) (latitude 28°35’S, longitude 50°46’O, altitude 974 metros). As mudas utilizadas são provenientes de viveiro certificado em Jaquirana (RS) e foram expostas ao frio artificial em câmara fria com temperatura de 2 a 4°C por aproximadamente 65 dias. As cultivares foram transplantadas intercaladas no campo, com três filas de ‘Galaxy’ e uma fila de ‘Fuji Suprema’, ambas sobre o porta-enxerto G.213. O sistema de condução adotado na área é o bidimensional com cordões duplos de frutificação espaçados horizontalmente em 0,18 metros e verticalmente em 0,35 metros a partir de 0,6 metros do nível do solo, formando um ‘muro frutal’ próximo a 3,0 metros de altura. O espaçamento entre plantas e entre filas é de 1,2 e 2,7 metros, respectivamente, para as duas cultivares.

Os tratamentos consistiram na aplicação sequencial de diferentes fitorreguladores (TABELA 1), aplicados em duas datas (20/10/2021 e 27/10/2021), em gemas dormentes. Considerando que a dose padrão de óleo mineral foi adicionada a todas as misturas aplicadas, ao decorrer dos resultados e discussão, serão mencionadas apenas as doses de indutores de brotação e 6-BA adotadas em cada tratamento.

TABELA 1. Tratamentos avaliados no experimento com misturas de cianamida hidrogenada (CH - produto comercial: Dormex[®]), 6-benziladenina (6-BA - produto comercial: Exilis[®]), Erger[®] e óleo mineral (OM - produto comercial: Agefix[®]). Aplicações sequenciais realizadas em 20 de outubro de 2021 (aplicação 1) e 27 de outubro de 2021 (aplicação 2). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Aplicação 1 (AP1)	Aplicação 2 (AP2)
1. CH 0,52% + OM 3,68%	CH 0,52% + OM 3,68%
2. CH 0,42% + OM 3,68%	CH 0,42% + OM 3,68%
3. CH 0,42% + 6-BA 0,01% + OM 3,68%	Erger [®] 2% + OM 3,68%
4. CH 0,42% + OM 3,68%	Erger [®] 2% + OM 3,68%
5. CH 0,42% + OM 3,68%	Erger [®] 2% + 6-BA 0,01% + OM 3,68%
6. CH 0,42% + 6-BA 0,01% + OM 3,68%	Erger [®] 2% + 6-BA 0,01% + OM 3,68%
7. Sem aplicação	

A aplicação, ao longo de todo o perfil da muda, foi feita utilizando dois pulverizadores costais elétricos à bateria Yamaho FT-16 munido de dois bicos, em paralelo, com aspersão no formato cone cheio, utilizando-se contenção de lona branca, com objetivo

de impedir eventuais derivas. Após as aplicações, as mudas avaliadas foram divididas em quatro porções iniciais, conforme descrito no primeiro capítulo, e denominadas de porção basal, mediana basal, mediana apical e apical.

As seguintes variáveis foram avaliadas ao longo desse experimento: (1) nível de brotação; (2) número total de ramos; (3) conversão de gemas brotadas em ramos; (4) comprimento médio de ramos; (5) comprimento total de ramos; (6) índice de heterogeneidade; (7) crescimento apical; (8) preenchimento do sistema de condução. Todas elas foram determinadas conforme a metodologia descrita no capítulo anterior. A mensuração do nível de gemas brotadas foi feita 27 dias após a segunda aplicação dos tratamentos. O número total de ramos, bem como comprimento médio e total deles foram contabilizados em 15 de dezembro de 2021, 17 de janeiro e 8 de março de 2022. O crescimento apical foi mensurado nos dias 23 de novembro de 2021, 17 de janeiro, 8 de março e 14 de junho de 2022. Finalmente, em 14 de junho de 2022, avaliou-se o preenchimento dos patamares do sistema de condução.

O delineamento experimental adotado nesse experimento foi o de blocos casualizados em fatorial duplo ou simples (tratamento x porção de planta; tratamento x patamar do sistema de condução; tratamento), de acordo com a variável, com quatro repetições e cinco plantas por parcela experimental. Os dados obtidos foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Barlett para verificar normalidade e homogeneidade, e, quando necessário, os valores foram transformados. Ademais, os dados em porcentagem foram modificados pela fórmula arco seno (raiz $(x/100)$). Posteriormente, as médias dos dados foram submetidas à análise de variância e, havendo diferença significativa, ao teste de Tukey para separação destas, ambas ao nível de probabilidade 5%. Todas as análises estatísticas foram feitas no software RStudio® (R Core Team, 2022), versão 1.4.1717.

4.3 Resultados e discussão

Em relação aos níveis de brotação de gemas laterais, não houve interação entre os fatores tratamento e porção do sistema para as cultivares Galaxy e Fuji Suprema (TABELA 2), todavia, isoladamente, foram significativos. ‘Galaxy’ apresentou um padrão de brotação distinto entre porções, com a porção basal apresentando o menor índice e a porção apical o maior. Já em ‘Fuji Suprema’, a brotação foi elevada, uniforme e estatisticamente igual ao longo do perfil, com exceção da porção mais inferior.

A porção basal, tanto em ‘Galaxy’ quanto em ‘Fuji Suprema’, apresentou a menor porcentagem de gemas brotadas, corroborando com o pressuposto de que, quando a necessidade em frio é atendida, as plantas apresentam tendência à acrotonia (Cook; Jacobs,

1999). Salienta-se que as gemas da porção basal foram desbrotadas após essa avaliação, pois não são necessárias para a formação do sistema de condução bidimensional, já que formariam ramos em posição muito próxima ao solo e distante do primeiro patamar de arames do sistema. Dessa maneira, não há um impacto negativo da baixa brotação nesta porção. Todavia, em outros sistemas e, até mesmo, nesse sistema com formação de copa mais próxima do solo, pode ser que essa brotação incipiente acarrete menos estruturas.

TABELA 2. Brotação de gemas laterais aos 27 dias após a segunda aplicação de indutores de brotação e 6-benziladenina nas porções basal, mediana basal, mediana apical e apical, bem como na planta total, em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ ao longo do primeiro ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Tratamento	Brotação de gemas laterais (%)					
	‘Galaxy’					
	Basal	Mediana Basal	Mediana Apical	Apical	Média	Total
1	51,04	82,38	71,26	87,93	73,16 a	77,49 a
2	41,41	83,54	59,77	78,16	65,72 a	70,60 ab
3	47,22	84,93	69,23	89,22	72,65 a	77,59 a
4	50,47	81,91	70,39	87,65	72,60 a	77,70 a
5	48,96	82,64	73,18	87,06	72,96 a	76,89 a
6	51,04	78,08	70,23	86,91	71,56 a	75,81 a
7	23,61	59,37	57,97	74,04	53,75 b	60,00 b
Média	44,82 D	78,98 B	67,43 C	84,42 A	-	-
Tratamento	‘Fuji Suprema’					
	Basal	Mediana Basal	Mediana Apical	Apical	Média	Total
1	73,17	92,32	96,78	89,86	88,03 a	89,97 a
2	73,27	94,25	92,26	95,31	88,77 a	90,52 a
3	70,78	91,44	89,93	93,03	82,29 a	87,60 a
4	57,71	93,42	92,93	93,20	84,31 a	88,73 a
5	58,31	90,40	93,06	94,85	84,15 a	86,62 a
6	64,73	94,95	93,79	98,15	87,90 a	90,16 a
7	39,19	66,03	72,06	82,60	64,97 b	67,27 b
Média	62,45 B	88,97 A	90,11 A	92,43 A	-	-

1) CH 0,52% (AP1) e CH 0,52% (AP2); 2) CH 0,42% (AP1) e CH 0,42% (AP2); 3) CH 0,42% + 6-BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% (AP2); 4) CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% (AP2); 5) CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% + 6-BA 0,01% (AP2); 6) CH 0,42% + 6-BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% + 6-BA 0,01% (AP2); 7) testemunha (sem aplicação).

Letras maiúsculas diferentes na linha e letras minúsculas na coluna representam diferenças significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Em ambas as cultivares, independente do tratamento aplicado, os níveis de gemas brotadas foram superiores à testemunha sem aplicação (TABELA 2). Além disso, ao analisar a brotação geral, sem considerar porção da planta como fator, a testemunha demonstrou níveis de brotação de gemas laterais aquém aos demais tratamentos em ‘Fuji Suprema’. Na cultivar Galaxy, a testemunha também apresentou brotação de gemas laterais inferior aos

demais tratamentos, mas sem diferir estatisticamente da aplicação de CH 0,42% (AP1) e CH 0,42% (AP2). Destaca-se, assim, a necessidade de uso de indutores de brotação, dado que sua aplicação se mostrou como uma ferramenta que proporciona brotação uniforme e elevada, o que é corroborado por Hawerth *et al.* (2009). Petri e Stuker (1988) também concluíram que exposição ao frio artificial, associada à aplicação de indutores de brotação, resulta em níveis de brotação significativamente maiores em comparação a mudas somente expostas ao armazenamento refrigerado.

A ausência de diferenças significativas entre os tratamentos aplicados é interessante, visto que o uso de produtos alternativos à cianamida hidrogenada vem crescendo no Brasil, em consequência da demanda internacional por indutores de brotação de baixa toxicidade, como o Erger®. Outros trabalhos realizados na região sul do Brasil estão mostrando resultados constantes a respeito dos efeitos desse bioestimulante sobre a brotação de gemas. Hawerth, Petri e Leite (2010), Uber *et al.* (2019) e Paim *et al.* (2019) determinaram que Erger® aliado a nitrato de cálcio e/ou óleo mineral induzem níveis brotação de gemas semelhantes ao tratamento padrão de cianamida hidrogenada e óleo mineral em plantas adultas dos grupos Gala e Fuji.

Ao analisar os dados de brotação apresentados e considerando a utilização de mudas expostas ao frio artificial, seria interessante apenas uma aplicação de indutores de brotação, bem como aplicação isolada de indutores de brotação alternativos à cianamida hidrogenada. Além de possivelmente resultar em níveis de brotação de gemas satisfatórios, a manipulação da superação da dormência com produtos alternativos é mais viável economicamente visto o custo da cianamida hidrogenada. A exemplo da eficiência isolada de indutores de brotação, Garcia *et al.* (2019), em experimento realizado em Vacaria com mudas de ‘Fuji Suprema’ sobre Marubakaido/M9, utilizaram diferentes aplicações sequenciais de indutores de brotação isolados e os níveis de brotação foram estatisticamente iguais independente do produto utilizado (cianamida hidrogenada, Erger® ou Sincron®).

Frisa-se que os níveis de brotação geral obtidos para as duas cultivares são elevados, independente do tratamento, especialmente em ‘Fuji Suprema’, podendo ser atribuídos à interação de diversos fatores. Primeiramente, a alta qualidade das mudas utilizadas no experimento era visível no pomar, com mudas saudáveis, gemas viáveis, sem injúrias, o que contribuiu para alcançar os níveis de brotação encontrados (Theron; Steyn, 2015). Além disso, o porta-enxerto usado foi G.213, o qual induz elevada brotação de gemas laterais quando comparado a outros materiais. Isso é corroborado por Macedo *et al.* (2018), os quais determinaram, em trabalho conduzido em Vacaria, que o porta-enxerto G.213 apresenta melhor uniformidade de brotação para ‘Maxi Gala’ do que M.9 e Marubakaido com

interenxerto de 20 e 30 cm. Ademais, para Denardi *et al.*, (2013), no meio oeste catarinense, de modo geral, materiais da série Geneva[®] - especialmente G.202 e G.213 - induzem níveis de brotação em ‘Gala’ e ‘Fuji’ mais uniformes que o tradicional M.9.

Outro fator que contribui para elevados níveis de brotação foi a exposição das mudas ao frio artificial por 67 dias em câmara fria entre 2 e 4°C, totalizando 1600 HF, o que satisfaz o requerimento de frio das cultivares e contribui para elevada brotação. De acordo com Marafon *et al.* (2011), expor ramos de peras japonesas à baixa temperatura afeta teores de amido e açúcares solúveis, bem como a atividade das enzimas metabolizadoras da sacarose no lenho e nos tecidos das gemas, proporcionando aumentos nos teores de açúcares redutores e amido nos tecidos das gemas que são usados para brotar e florescer na primavera.

Para a variável número de ramos, na cultivar Galaxy, o uso de indutores de brotação em combinação com 6-BA não contribuiu significativamente para uma maior quantidade de ramos formados nas plantas ao longo das três avaliações (FIGURA 1). Em ‘Fuji Suprema’, também não houve diferença entre os tratamentos nas duas primeiras avaliações realizadas, todavia houve diferenças significativas na última. O tratamento com CH 0,42% (AP1) e Erger[®] 2% (AP2) apresentou a maior quantidade de ramos quando comparado ao tratamento com CH 0,42% (AP1) e Erger[®] 2% + BA 0,01% (AP2) e testemunha (sem aplicação), mas sendo equivalente estatisticamente às demais misturas aplicadas.

A aplicação de 6-BA normalmente promove aumento da ramificação das plantas, porém isso não foi verificado, contrariando outros estudos. Em comparação às macieiras não tratadas, as aplicações de 6-BA ou 6-BA + GA₄₊₇ (giberelina) aumentaram o número de ramos em viveiros independente da dose utilizada, assim como da cultivar copa e local de cultivo (Lordan *et al.*, 2017). Em viveiro comercial na Sérvia, todas as doses de 6-BA (0,025, 0,035 e 0,045%) aplicadas contribuíram para maior ramificação de mudas de ‘Gala’ e ‘Jonagold’ (Doric *et al.*, 2015). Robison e Sazo (2014) concluíram que o número de ramos laterais de mudas em viveiros aumentou juntamente com a elevação do número de pulverizações de 6-BA, 6-BA + GA₄₊₇ e ciclanilida, podendo se estabelecer uma função linear. Respostas positivas foram encontradas com até três pulverizações de 6-BA em Wolcott (Nova York - USA) e cinco em Quincy (Washington - USA) e em San Fernando (Chile). Independente da dose de 6-BA adotada, Rufato *et al.* (2019) verificaram aumento no número de ramificações em mudas de viveiro localizado em Esmeralda (RS). Doses de 0,015% de 6-benziladenina incrementaram significativamente a quantidade de ramos em mudas pré-formadas de macieiras ‘Empire’, ‘McIntosh’, ‘Macoun’ e principalmente ‘Fuji’ em experimento conduzido em viveiro em Wolcott (EUA) (Sazo; Robinson, 2011). Carra *et al.* (2023) concluíram que 6-BA sozinha ou combinada a GA₄₊₇ é uma ferramenta eficiente

para a indução de ramos laterais em diferentes cultivares de macieiras e condições no Uruguai.

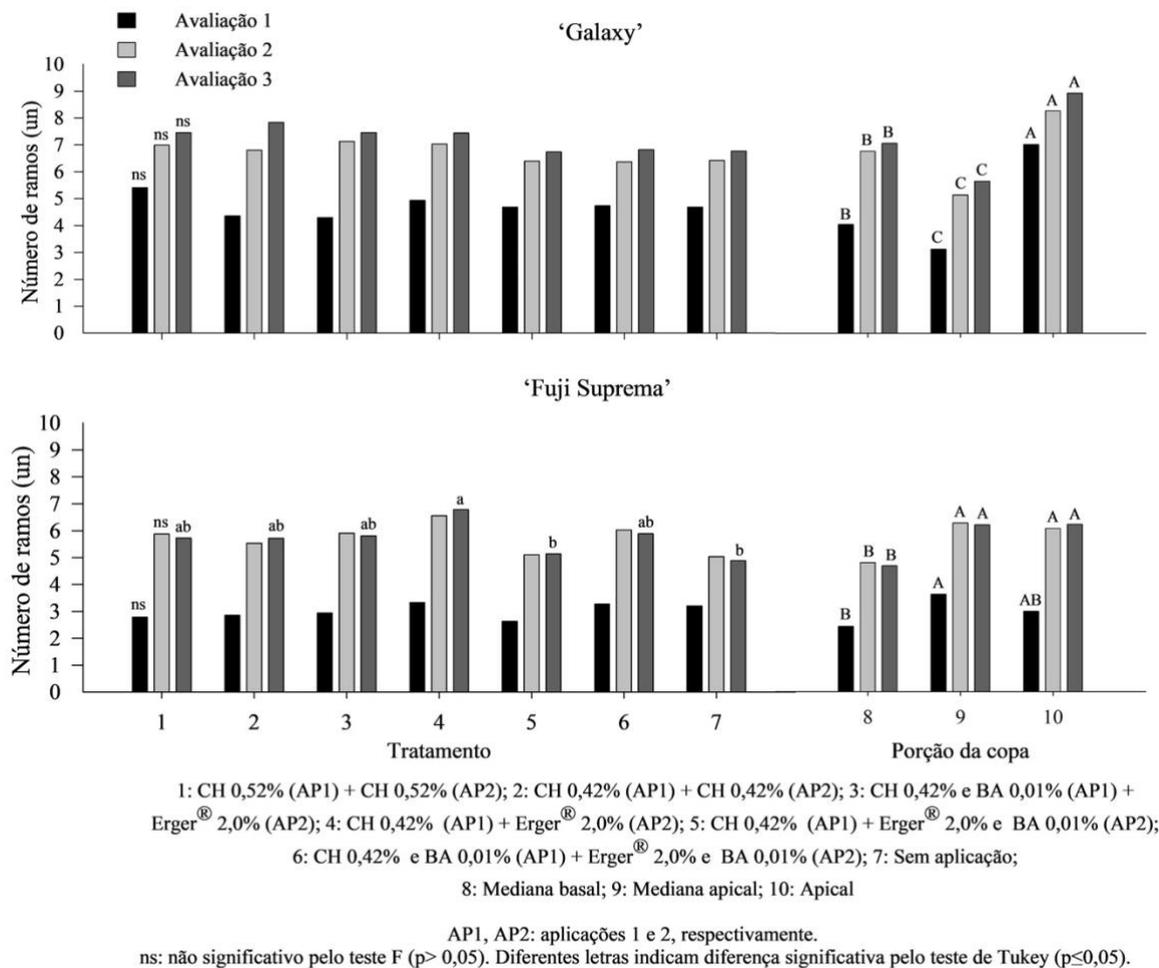


FIGURA 1. Número de ramos nas porções mediana basal, mediana apical e apical em macieiras 'Galaxy' e 'Fuji Suprema' submetidas a diferentes aplicações de indutores de brotação e 6-benziladenina ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (15 de dezembro e 17 de janeiro e 8 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Embora os autores anteriormente mencionados tenham encontrado resultados satisfatórios, em nosso trabalho, inclusive, nem a aplicação sequencial de 6-BA, com CH 0,42% + BA 0,01% (AP1) e Erger[®] 2% + BA 0,01% (AP2), foi suficiente para aumentar a ramificação das plantas em nenhuma cultivar. Salienta-se, contudo, que as pulverizações de 6-BA referenciadas acima foram feitas com objetivo de pré-formar mudas, sendo, então, aplicadas em mudas no viveiro que não foram expostas ao frio artificial. Aliado a isso, a aplicação de 6-BA feita em mudas é localizada apenas no meristema apical, visando induzir brotação nos 15 cm abaixo; ao passo que nesse trabalho foi aplicado diretamente a gemas, buscando estimular brotação ao longo de todo o perfil da planta. Sendo assim, a utilização

de citocinina e giberelina para ramificação de mudas está sendo consolidada pela pesquisa mundial; contudo, a viabilidade de tais moléculas para ramificação a campo, após o transplântio, ainda carece de investigação.

Além do mais, o momento de aplicação da citocinina exógena pode não ter sido o correto, devido à sobrecarga imposta pela superação de dormência à planta. A teoria trófica da dormência afirma que a capacidade de brotação é dependente da disponibilidade de carboidratos nela presente, a qual advém do balanço entre capacidade de importação e de utilização de açúcares solúveis (Gendraud; Pétel, 1990). Sendo assim, a planta estava em momento de alta demanda, dificultando absorção e translocação na planta de 6-BA. Portanto, aplicações após a superação da dormência, parceladas e em intervalos maiores podem ter efeitos positivos no incremento de ramificações.

Quanto ao fator porção de planta, também foi verificada diferença significativa (FIGURA 1). Nas três avaliações em 'Galaxy', a porção apical apresentou a maior quantidade de ramos, seguida da porção mediana basal e, por fim, da mediana apical. Para a cultivar Fuji Suprema, foi verificada diferença entre as porções, sendo que na primeira avaliação a porção mediana apical apresentou maior quantidade de ramos formados, enquanto a mediana basal teve a menor formação; já a porção apical não diferiu das demais. Na segunda avaliação, as porções mediana apical e apical foram iguais estatisticamente e superiores à mediana basal. Finalmente, na terceira avaliação, as duas porções mais apicais mantiveram a maior quantidade de ramos em comparação à mediana basal. Portanto, é possível verificar que a leve tendência à acrotonia constatada na brotação de gemas é também prevalente na formação de ramos.

Ao avaliar a quantidade de ramos formados a partir da quantidade de gemas brotadas, algumas diferenças significativas foram notadas (TABELA 3). Para 'Galaxy', a maior conversão ocorreu na porção mediana basal, a qual não diferiu da apical, mas foi superior à mediana apical. Em contrapartida, 'Fuji Suprema' demonstrou maior conversão nas porções mediana apical e apical do que na porção mediana basal. Quanto às combinações de indutores de brotação e 6-BA aplicados, os tratamentos com CH 0,42% (AP1) e CH 0,42% (AP2) e testemunha (sem aplicação) foram superiores ao tratamento com aplicação de CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% + BA 0,01% (AP2) e não diferiram aos demais em 'Galaxy'.

Tendo em conta apenas os fitorreguladores como fator, para mesma cultivar, a testemunha (sem aplicação) foi superior ao uso de CH 0,42% (AP10 e Erger® 2% + BA 0,01% (AP2) e de CH 0,42% + BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% + BA 0,01% (AP2), mas iguais estatisticamente aos outros. 'Fuji Suprema' apresentou maior conversão na testemunha (sem aplicação) quando comparado à aplicação de CH 0,42% (AP1) e Erger®

2% + BA 0,01% (AP2), sendo igual aos demais; ao considerar planta total, não houve diferenças significativas. Dessa maneira, ainda que existam diferenças nos dados, elas são extremamente sutis e altamente variáveis para cada cultivar, não tornando possível estabelecer uma resposta constante.

TABELA 3. Conversão de gemas brotadas em ramos nas porções mediana basal, mediana apical e apical, bem como em planta total, em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ ao longo do primeiro ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Tratamento	Conversão de gemas brotadas em ramos (%)				
	‘Galaxy’				
	Mediana Basal	Mediana Apical	Apical	Média	Total
1	56,38	40,59	55,84	50,93 ab	50,29 abc
2	56,85	60,45	58,87	58,73 a	57,14 ab
3	53,87	52,46	45,42	50,59 ab	48,56 abc
4	58,35	49,18	48,85	52,12 ab	50,8 abc
5	50,55	42,53	46,60	46,56 b	45,55 c
6	59,78	41,40	44,50	48,56 ab	47,31 bc
7	63,13	54,10	58,82	58,68 a	57,86 a
Média	56,99 A	48,67 B	51,27 AB	-	-
Tratamento	‘Fuji Suprema’				
	Mediana Basal	Mediana Apical	Apical	Média	Total
	1	35,60	42,09	42,34	40,01 ab
2	27,13	37,22	37,84	34,06 ab	33,95
3	33,70	38,30	42,20	38,07 ab	38,12
4	38,55	44,76	39,95	41,09 ab	40,88
5	27,75	34,28	36,63	32,89 b	32,80
6	33,42	39,52	37,15	36,70 ab	36,02
7	38,66	47,82	40,79	42,42 a	42,30
Média	33,54 B	40,57 A	39,56 A	-	-

1) CH 0,52% (AP1) e CH 0,52% (AP2); 2) CH 0,42% (AP1) e CH 0,42% (AP2); 3) CH 0,42% + 6-BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% (AP2); 4) CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% (AP2); 5) CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% + 6-BA 0,01% (AP2); 6) CH 0,42% + 6-BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% + 6-BA 0,01% (AP2); 7) testemunha (sem aplicação).

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5%. Letras maiúsculas diferentes na linha e letras minúsculas na coluna representam diferenças significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Quanto maior o nível de gemas laterais brotadas na primavera, maior é o desenvolvimento inicial das folhas. Essas primeiras folhas são as fornecedoras de fotoassimilados que sustentam o novo crescimento, podendo maximizar a capacidade fotossintética das plantas (Hawerth; Petri, 2011), contribuindo para maior formação de ramos. Nesse sentido, esperava-se que tratamentos e porções de planta com maior brotação apresentassem também maior ramificação; no entanto, não foi possível verificar essa relação de forma consistente em nossos dados. Isso provavelmente aconteceu, pois, embora haja

uma maior reserva de fotoassimilados, também há maior competição por eles, em virtude do maior número de pontos de crescimento formados. Ademais, ao invés de realizar a aplicação isolada de 6-BA, tivesse sido optado por 6-BA em conjunto com GA₄₊₇, a conversão de gemas brotadas em ramos poderia ser maior uma vez que as giberelinas promovem o alongamento celular (Taiz *et al.*, 2017).

A competição entre drenos também influenciou os resultados de comprimento médio de ramos. Nesse cenário, houve diferença entre os tratamentos aplicados e as porções de plantas, sem interação entre eles, para o comprimento médio dos ramos ao longo das três avaliações em ‘Galaxy’ (FIGURA 2).

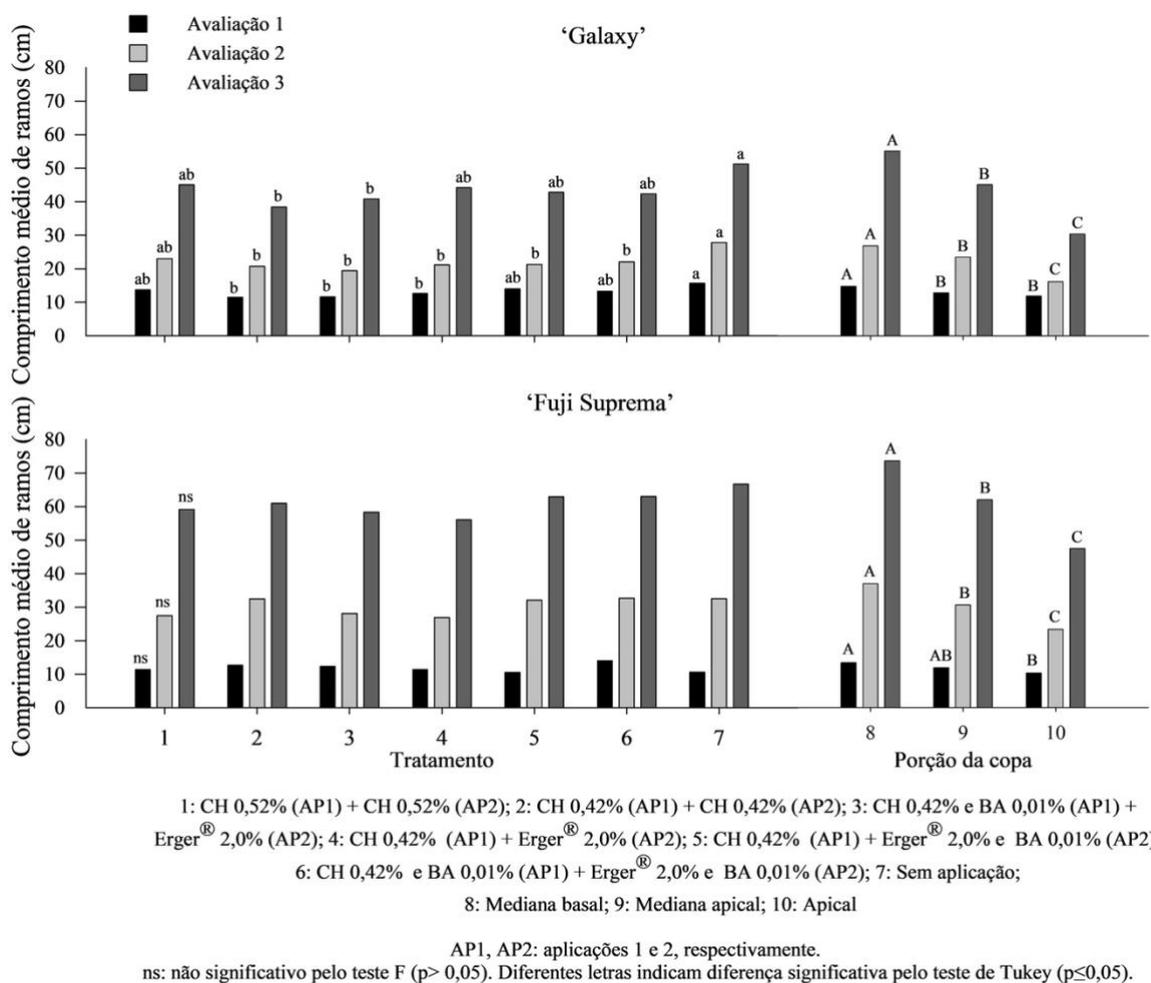


FIGURA 2. Comprimento médio de ramos nas porções mediana basal, mediana apical e apical em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ submetidas a diferentes aplicações de indutores de brotação e 6-benziladenina ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (15 de dezembro e 17 de janeiro e 8 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Nessa cultivar, a porção mediana basal apresentou ramos com comprimento médio superior às demais em todas as datas, sendo que inicialmente tinha-se 14,90cm nessa porção,

seguido de 27,20 cm e 56,44 cm. O comprimento médio de ramos em relação aos tratamentos aplicados foi variável. Na última avaliação, o maior comprimento médio numérico foi alcançado na testemunha (sem aplicação), o qual não diferiu estaticamente dos demais tratamentos, com exceção dos tratamentos com uso de CH 0,42% (AP1) e CH 0,42% (AP2) e de CH 0,42% + BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% (AP2).

Na cultivar Fuji Suprema, em nenhuma das avaliações realizadas houve efeito do tratamento sobre o comprimento médio dos ramos; todavia houve diferença entre as porções das plantas (FIGURA 2). Na primeira avaliação, a porção mediana basal (13,58 cm) possuía ramos mais longos que a porção apical (10,49 cm), enquanto a porção mediana apical (12,08 cm) não diferiu das demais. As porções mediana basal e mediana apical, na segunda avaliação, apresentaram maior comprimento médio de ramos, com, respectivamente, 33,58 e 30,80 cm. Já na última avaliação, o maior comprimento médio de ramos foi constatado na porção mediana basal (73,81 cm), com gradiente decrescente ao longo do perfil da planta. A presença de ramos mais compridos na porção mais inferior da planta ocorre, sobretudo, pela menor competição por nutrientes e água, visto que há uma menor ocorrência de ramos. Para Dorić *et al.* (2015), um aumento no número de ramos permite variação no comprimento médio devido à competição gerada.

Em relação à variável comprimento total de ramos, nas cultivares Galaxy e Fuji Suprema não houve diferença entre os tratamentos em nenhuma das três avaliações realizadas (FIGURA 3). Mesmo não tendo havido diferença no comprimento médio de ramos em ‘Galaxy’ em relação aos tratamentos, isso não se refletiu no comprimento total dos ramos desenvolvidos.

Para o fator porção de planta, houve diferença significativa (FIGURA 3), não sendo encontrado um padrão: há variação entre as avaliações e cultivares. Dessa forma, em ‘Galaxy’, na primeira avaliação, a porção apical apresentou maior crescimento total de ramos; no entanto, nas avaliações seguintes, o comportamento de crescimento foi alterado, com a porção mediana basal apresentando maior comprimento que as demais. Analisando ‘Fuji Suprema’, tem-se um comportamento diferente de crescimento para porção de planta, quando comparado à cultivar Galaxy. Na primeira avaliação, o comprimento total de ramos foi estatisticamente igual entre as porções; na segunda e terceira avaliação, a porção mediana basal apresentou maior comprimento total. O menor comprimento total de ramos foi encontrado na porção apical; já a porção mediana basal não diferiu das outras duas.

O menor comprimento total de ramos foi verificado na porção apical, a qual embora apresente grande número de ramos, eles são menores. Nesse contexto, a porção mediana basal acaba se destacando com maior comprimento médio e total de ramos, sendo possível

inferir que devido à formação de menos ramos, houve menor competição por fotoassimilados, maximizando o desenvolvimento das estruturas. Diferentemente do pontuado por Doric *et al.* (2015), não foi possível visualizar um indicativo de correlação positiva entre número de ramos e comprimento total de ramos para o fator porção de planta.

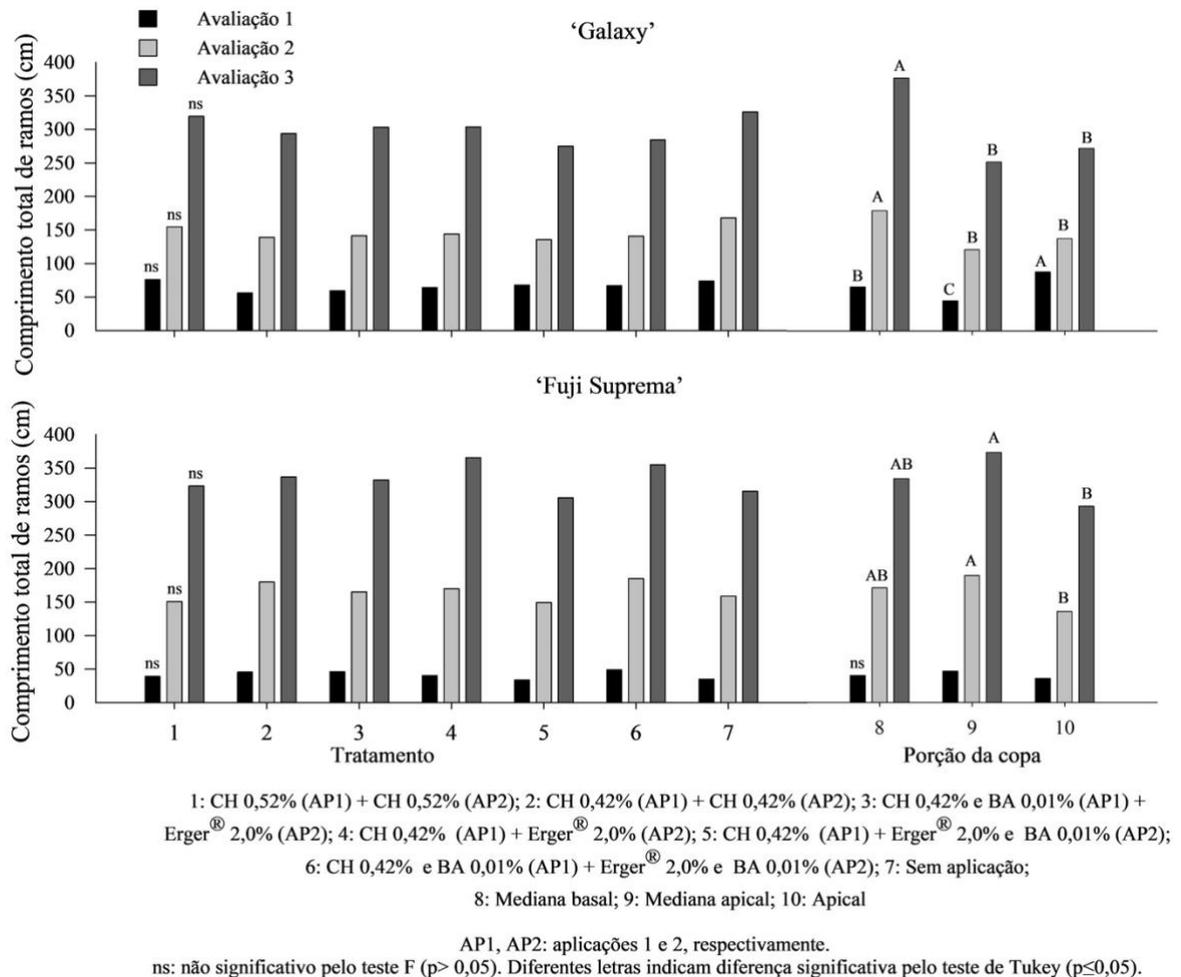


FIGURA 3. Comprimento total de ramos nas porções mediana basal, mediana apical e apical em macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ submetidas a diferentes aplicações de indutores de brotação e 6-benziladenina ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (15 de dezembro e 17 de janeiro e 8 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Considerando apenas o fator fitoreguladores, diferenças estatísticas significativas não são constatadas para número, comprimento médio e comprimento total de ramos em nenhuma das avaliações realizadas para ambas cultivares (TABELA 4). Todavia, em teoria, a aplicação exógena de citocininas promove a divisão e expansão celular (Taiz *et al.*, 2017), sendo esperado, então, maior formação de ramos nos tratamentos com 6-BA. Ademais, para obtenção de maior comprimento de ramo, a aplicação de GA₄₊₇ associado a 6-BA seria uma

alternativa interessante, pois, como já mencionado, a giberelina promove o alongamento celular (Taiz *et al.*, 2017), contribuindo para maior comprimento de cada ramo formado.

A quantidade final de ramos nos tratamentos com CH 0,52% (AP1) e CH 0,52% (AP2), CH 0,42% + BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% (AP2), CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% + BA 0,01% (AP2), CH 0,42% + BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% + BA 0,01% (AP2) e sem aplicação (testemunha) constatada na terceira avaliação é inferior à avaliação anterior. Isso se deve à instalação do sistema de condução bidimensional na área, tendo sido colocado palanques e arames para a sustentação das plantas e formação do sistema; por consequência, houve danos e quebra de algumas estruturas já formadas nas plantas. Além de interferir na variável número de ramos, o comprimento médio e total de ramos em ‘Fuji Suprema’ também foi influenciado por essa intercorrência.

A cultivar Galaxy formou de 20,26 a 23,54 ramos por planta, enquanto ‘Fuji Suprema’ de 15,45 a 17,71. Em experimento conduzido em Vacaria em ‘Maxi Gala’ sobre ‘G.213’ em sistema Tall Spindle, Macedo (2018) obteve na média 18,6 ramos por planta apenas no quarto ano após o transplântio. Já, na cultivar Fuji Suprema sobre G.213 também em sistema Tall Spindle em Vacaria, Macedo *et al.* (2019) verificaram no primeiro e segundo ano a campo 13,1 e 20,7 ramos por planta, respectivamente. Em relação ao padrão de crescimento vegetativo ao longo do primeiro ciclo a campo, pode-se inferir que a formação de ramos ocorreu principalmente nos primeiros meses de crescimento da planta. Posteriormente a planta dispendeu energia para o crescimento dos ramos já desenvolvidos, reduzindo a formação de novas estruturas. O comprimento médio dos ramos é extremamente semelhante ao resultado encontrado ao utilizar esquema fatorial duplo (com os fatores fitorreguladores e porção de planta), tendo sido discutido previamente ao abordar, por exemplo, qualidade de mudas, irrigação no pomar e condições meteorológicas. Quanto ao comprimento total de ramos formados, ele foi elevado, sendo superior a 1000 cm para alguns tratamentos em ‘Fuji Suprema’.

Baseado nos dados apresentados, é evidente que nesse trabalho houve precocidade no crescimento vegetativo, com elevado número de ramos já ao longo do primeiro ciclo das plantas a campo, o qual é decorrente da interação de diversos elementos, como qualidade de planta, irrigação e adubação no pomar, condições meteorológicas favoráveis. Assim, segundo Webster (2005), o desenvolvimento vegetativo de pomáceas é determinado por fatores genéticos, fatores edafoclimáticos e fatores fitotécnicos.

TABELA 4. Número, comprimento médio e comprimento total de ramos em plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ submetidas a diferentes aplicações de indutores de brotação e 6-benziladenina ao longo do primeiro ciclo das plantas em três datas de avaliação (15 de dezembro e 17 de janeiro e 8 de março de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Tratamento	‘Galaxy’								
	Número de ramos (un)			Comprimento médio de ramos (cm)			Comprimento total de ramos (cm)		
	AV1	AV2	AV3	AV1	AV2	AV3	AV1	AV2	AV3
1	16,25 ns	21,00 ns	22,40 ns	13,56 ns	22,13 ns	42,98 ns	229,24 ns	465,50 ns	959,33 ns
2	13,10	20,44	23,54	11,99	20,26	37,17	170,16	418,40	882,86
3	12,93	21,43	22,40	12,03	19,92	40,96	180,27	425,69	911,22
4	14,86	21,13	22,34	12,80	20,72	41,78	193,80	433,11	911,84
5	14,10	19,24	20,26	13,93	20,84	40,82	204,97	408,14	825,78
6	14,25	19,15	20,50	13,43	21,53	41,42	202,77	423,31	854,66
7	14,10	19,20	20,35	15,63	26,60	48,08	223,02	505,13	978,82

Tratamento	‘Fuji Suprema’								
	Número de ramos (un)			Comprimento médio de ramos (cm)			Comprimento total de ramos (cm)		
	AV1	AV2	AV3	AV1	AV2	AV3	AV1	AV2	AV3
1	8,42 ns	17,68 ns	17,22 ns	13,32 ns	26,87 ns	58,07 ns	119,31 ns	455,02 ns	971,52 ns
2	8,65	16,65	17,15	14,91	32,27	60,07	129,99	541,89	1012,39
3	8,88	17,76	17,45	14,14	27,93	57,57	141,04	497,51	998,25
4	10,05	19,70	20,40	12,04	26,63	54,85	123,23	512,04	1098,84
5	7,95	15,35	15,45	11,73	29,76	60,30	102,94	450,49	918,80
6	10,18	18,11	17,71	14,45	31,77	61,37	149,86	557,90	1067,03
7	9,65	15,15	14,70	11,08	31,59	65,39	107,31	478,65	948,56

1) CH 0,52% (AP1) e CH 0,52% (AP2); 2) CH 0,42% (AP1) e CH 0,42% (AP2); 3) CH 0,42% + 6-BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% (AP2); 4) CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% (AP2); 5) CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% + 6-BA 0,01% (AP2); 6) CH 0,42% + 6-BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% + 6-BA 0,01% (AP2); 7) testemunha (sem aplicação).

ns; não significativo pelo teste F ao nível de 5%. Letras maiúsculas diferentes na linha e letras minúsculas na coluna representam diferenças significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

A quantidade final de ramos nos tratamentos com CH 0,52% (AP1) e CH 0,52% (AP2), CH 0,42% + BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% (AP2), CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% + BA 0,01% (AP2), CH 0,42% + BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% + BA 0,01% (AP2) e sem aplicação (testemunha) constatada na terceira avaliação é inferior à avaliação anterior. Isso se deve à instalação do sistema de condução bidimensional na área, tendo sido colocado palanques e arames para a sustentação das plantas e formação do sistema; por consequência, houve danos e quebra de algumas estruturas já formadas nas plantas. Além de interferir na variável número de ramos, o comprimento médio e total de ramos em 'Fuji Suprema' também foi influenciado por essa intercorrência.

A cultivar Galaxy formou de 20,26 a 23,54 ramos por planta, enquanto 'Fuji Suprema' de 15,45 a 17,71. Em experimento conduzido em Vacaria em 'Maxi Gala' sobre 'G.213' em sistema Tall Spindle, Macedo (2018) obteve na média 18,6 ramos por planta apenas no quarto ano após o transplântio. Já na cultivar Fuji Suprema sobre G.213 também em sistema Tall Spindle em Vacaria, Macedo *et al.* (2019) verificaram no primeiro e segundo ano a campo 13,1 e 20,7 ramos por planta, respectivamente. Em relação ao padrão de crescimento vegetativo ao longo do primeiro ciclo a campo, pode-se inferir que a formação de ramos ocorreu principalmente nos primeiros meses de crescimento da planta. Posteriormente a planta dispendeu energia para o crescimento dos ramos já desenvolvidos, reduzindo a formação de novas estruturas. O comprimento médio dos ramos é semelhante ao resultado encontrado ao utilizar esquema fatorial duplo (com os fatores fitorreguladores e porção de planta), tendo sido discutido previamente. Quanto ao comprimento total de ramos formados, ele foi elevado, sendo superior a 1000 cm para alguns tratamentos em 'Fuji Suprema'.

Baseado nos dados apresentados, é evidente que nesse trabalho houve precocidade no crescimento vegetativo, com elevado número de ramos já ao longo do primeiro ciclo das plantas a campo, o qual é decorrente da interação de diversos elementos, como qualidade de planta, irrigação e adubação no pomar, condições meteorológicas favoráveis. Assim, segundo Webster (2005), o desenvolvimento vegetativo de pomáceas é determinado por fatores genéticos, fatores edafoclimáticos e fatores fitotécnicos.

A cultivar copa adotada influencia na ramificação, sendo que há diferença entre taxas de crescimento, capacidade de ramificação e hábito de crescimento (acrotonia/basitonia) (Webster, 2005). Dessa forma, resultados distintos para as cultivares copa era esperado, com maior crescimento vegetativo em 'Fuji Suprema' do que em 'Galaxy' por ser mais vigorosa. O porta-enxerto também influencia o processo de formação de ramos, assim como na brotação de gemas (Jackson, 2003; Webster, 2005). Comparando porta-enxertos, tanto em

solo virgem como em área de replantio em Vacaria, ‘G.213’ induziu maior número de ramos para a cultivar Fuji Suprema do que ‘M.9’ (Macedo *et al.*, 2021). Mudanças produzidas sobre ‘G.213’ desenvolveram mais ramos laterais e com maior comprimento no viveiro do que materiais sobre M.9, Marubakaido/M.9 e G.202 (Rufato *et al.*, 2019).

O elemento edafoclimático também precisa ser considerado, visto que temperaturas entre 12 e 25°C, intercaladas com altas temperaturas, aumentam o crescimento dos ramos (Tromp; Boertjes, 1996). Assim sendo, as temperaturas elevadas da primavera de 2021 e do verão de 2021/22, com temperaturas máximas diárias ultrapassando 30°C, (Apêndice 3) colaboraram para o grande desenvolvimento vegetativo encontrado neste experimento. Todavia, durante a primavera e o verão de 2021/2022, ocorreu um déficit hídrico muito significativo na região de Vacaria, próximo a 300 mm, especialmente em dezembro de 2021 até metade final de janeiro de 2022 (Apêndice 3), o qual comprometeu o crescimento de ramificações na região. Evidenciou-se completa paralisação do crescimento de brotações, além de necrose de tecidos radiculares como verificado por Hawerth; Nachtigall (2022) em outros pomares do município. O déficit hídrico afeta negativamente a fotossíntese, a qual influencia direta e positivamente o crescimento (Davies; Lakso, 1978); além de romper processos celulares e fisiológicos, comprometendo o desenvolvimento vegetativo (Bray, 2007).

Portanto, segundo Nachtigall (2018) reduzir o estresse hídrico, ao longo da fase inicial de estabelecimento dos pomares de macieira, contribui para que haja maximização do crescimento do dossel de plantas, com acelerada formação do pomar. Desse modo, como a área do experimento era irrigada, os impactos do déficit hídrico foram minimizados, sem comprometimento do crescimento vegetativo. Contudo, por mais que a área fosse irrigada, a disponibilidade de água no solo pode ter permanecido aquém do necessário para desempenho apropriado dos fitorreguladores. Sendo assim, possivelmente, a aplicação de Erger® e 6-BA não foi significativa para maior ramificação devido ao provável déficit de água no solo decorrente da interação entre elevadas temperaturas e déficit pluviométrico (Apêndice 3).

Intervenções fitotécnicas realizadas na área de cultivo também auxiliam a explicar os resultados obtidos. A irrigação, aliada à fertilidade do solo corrigida e adubações nitrogenadas conforme o manual de calagem e adubação para RS/SC (Brunetto *et al.*, 2016), permitiu a minimização do estresse proveniente da interação entre elevadas temperaturas, alta radiação solar e déficit pluviométrico neste trabalho. Os impactos em crescimento vegetativo propiciados pela irrigação são corroborados tanto por ensaios na condição edafoclimática do sul do Brasil quanto no norte dos Estados Unidos. Assim, em experimento

conduzido em Vacaria por Nachigall (2018), a irrigação por gotejamento, instalada junto à implantação do pomar, aumentou o número de ramos do ano por planta de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ sobre o M.9 quando comparada ao tratamento não irrigado. Resultados obtidos em Geneva (New York - EUA) por Dominguez (2015) mostram que a irrigação elevou significativamente o crescimento do líder central, comprimento total e médio de ramos durante o primeiro ano das plantas a campo.

Segundo Oliveira, Nino e Nickel (2004), utilizar mudas com alto padrão de qualidade morfológica e fitossanitária na implantação do pomar é decisivo para a viabilidade dos sistemas de produção de macieira, aumentando o nível de resposta a toda tecnologia empregada. Além do manejo das mudas no viveiro, a exposição delas em câmara fria antes do transplântio é outra intervenção que colabora para a ramificação. Para Young, Motomura e Unrath (1987), a melhor forma de aumentar o número de ramos é expor as mudas ao frio artificial. Petri e Leite (2004) estabeleceram que existe uma correlação entre o número de unidades de frio recebidas e o aumento no crescimento vegetativo em macieiras jovens. De acordo com Cook (2010), a exposição artificial de mudas por dois a três meses em câmara fria a 4°C, aumentou a ramificação de mudas de macieira na África do Sul, obtendo-se níveis satisfatórios para as necessidades locais. Por outro lado, Truter (2019) verificou que exposição ao frio artificial, aliado ou não ao tratamento com cianamida para superação da dormência, não aumentou significativamente o número de ramos.

A utilização de indutores de brotação e aplicação exógena de fitohormônios configura também como uma intervenção fitotécnica. Nesse trabalho, as aplicações feitas não contribuíram para obtenção de maior crescimento vegetativo. Assim sendo, mais experimentos devem ser feitos a fim que seja possível compreender melhor a formação inicial das plantas, especialmente nas condições edafoclimáticas do sul do Brasil. Logo, a compreensão dos dados obtidos neste trabalho não pode ser atrelada apenas à aplicação de indutores de brotação e 6-BA, mas sim a todos os fatores acima elencados.

Na TABELA 5, observa-se o índice de heterogeneidade gerado a partir do coeficiente de variação da brotação de gemas laterais, número e comprimento médio e total de ramos. Verificou-se baixa variabilidade para a brotação de gemas, enquanto as demais variáveis apresentaram índice mais elevado, entretanto dentro do esperado para experimentos realizados a campo. É possível verificar diferença significativa para a brotação de gemas laterais. Em ‘Galaxy’, a testemunha (sem aplicação) demonstrou o maior índice de heterogeneidade numérico (16,54%), porém distinguindo estaticamente apenas do tratamento com CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% + BA 0,01% (AP2), o qual apresentou o menor índice (6,81%).

Para macieiras ‘Fuji Suprema’, a testemunha (sem aplicação) também apresentou maior índice de heterogeneidade (16,70%), sendo superior aos outros tratamentos (TABELA 5). Esse dado ressalta a importância de aplicações de indutores de brotação para garantir uniformidade de brotação ao longo da planta, mas também entre o estande de plantas do pomar. Quanto às demais variáveis, a aplicação de indutores de brotação e 6-BA não contribuiu para minimizar a variação entre plantas.

TABELA 5. Índice de heterogeneidade da brotação lateral de gemas, número total de ramos, comprimento médio e total de ramos em plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ submetidas a diferentes aplicações de indutores de brotação e 6-benziladenina. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Tratamento	Índice de heterogeneidade			
	‘Galaxy’			
	Brotação de gemas	Número total de ramos	Comprimento médio de ramos	Comprimento total de ramos
1	10,47 ab	15,97 ns	15,13 b	17,24 ns
2	12,93 a	19,54	29,15 ab	36,72
3	10,26 ab	19,40	18,37 ab	21,82
4	12,43 ab	23,32	33,25 a	31,89
5	6,81 b	22,62	20,96 ab	30,29
6	13,53 a	25,28	25,55 ab	31,09
7	16,54 a	15,46	14,07 b	19,87
Tratamento	‘Fuji Suprema’			
	Brotação de gemas	Número total de ramos	Comprimento médio de ramos	Comprimento total de ramos
1	6,45 b	23,54 ns	20,92 ns	20,54 ns
2	4,05 b	29,46	16,45	27,01
3	6,41 b	21,63	15,59	22,53
4	6,34 b	22,18	26,62	32,37
5	7,88 b	24,67	18,24	27,45
6	4,26 b	23,70	15,73	21,85
7	16,70 a	18,14	13,05	16,45

1) CH 0,52% (AP1) e CH 0,52% (AP2); 2) CH 0,42% (AP1) e CH 0,42% (AP2); 3) CH 0,42% + 6-BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% (AP2); 4) CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% (AP2); 5) CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% + 6-BA 0,01% (AP2); 6) CH 0,42% + 6-BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% + 6-BA 0,01% (AP2); 7) testemunha (sem aplicação).

ns: não significativo pelo teste F ao nível de 5%. Letras representam diferenças significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

O crescimento apical das plantas de ‘Galaxy’ na primeira avaliação foi diferente entre os tratamentos, com maior crescimento na testemunha (sem aplicação), mas sem diferir do tratamento CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% + 6-BA 0,01% (FIGURA 4). Nas demais avaliações não foram constatadas diferenças estatísticas entre os tratamentos. Na cultivar de macieira Fuji Suprema, os resultados encontrados foram semelhantes ao da cultivar Galaxy, com crescimento da gema apical, na primeira avaliação, superior na testemunha (sem

aplicação) em relação aos demais tratamentos. Já, a partir da segunda avaliação, também não se verificou diferença significativa entre os tratamentos.

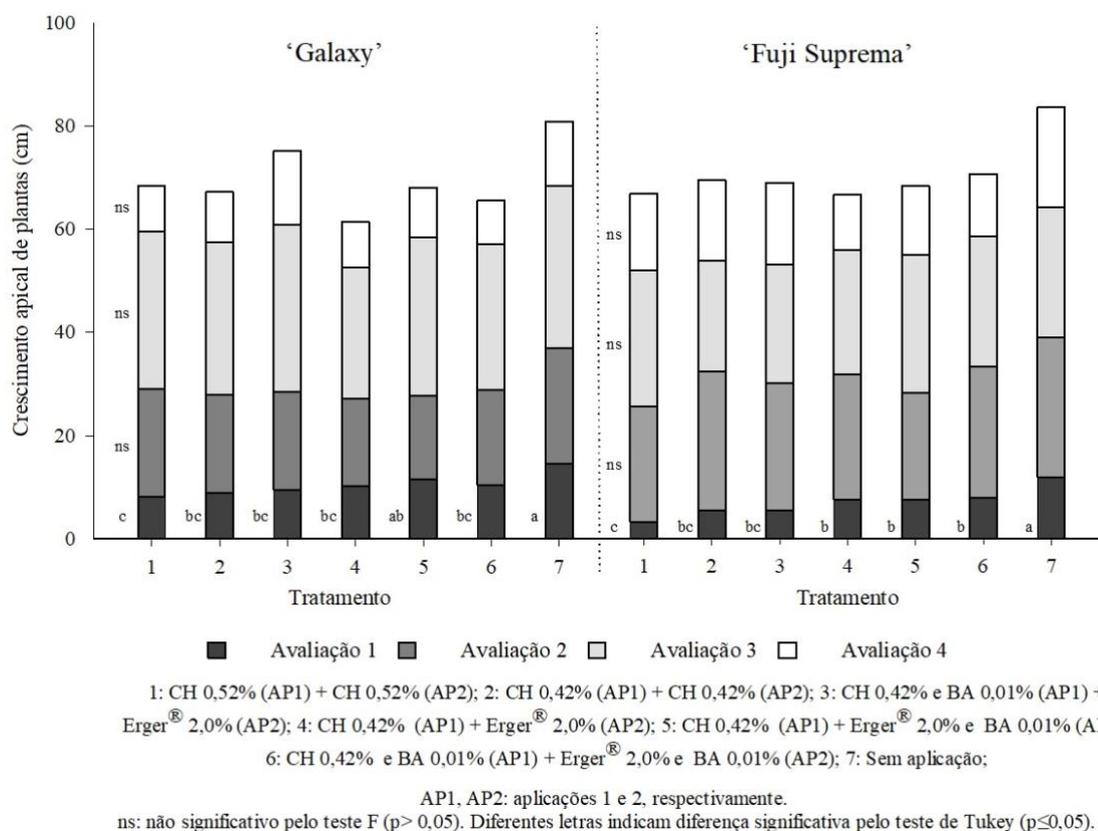


FIGURA 4. Crescimento apical de plantas de macieiras ‘Galaxy’ e ‘Fuji Suprema’ submetidas a diferentes aplicações de indutores de brotação e 6-benziladenina ao longo do primeiro ciclo das plantas em quatro datas de avaliação (23 de novembro de 2021, 17 de janeiro, 8 de março e 14 de junho de 2022). Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Assim sendo, observa-se que o crescimento do líder central das plantas avaliadas não foi comprometido em decorrência da aplicação de indutores de brotação e 6-BA. De acordo com Cline (1997), o crescimento do líder central e dos ramos laterais estão em constante competição por água e nutrientes, sendo que a maior ramificação pode implicar menor crescimento do ápice. Portanto, maior crescimento da gema apical na primeira avaliação na testemunha (sem aplicação) em ambas as cultivares é decorrente dos menores índices de brotação evidenciados nesse tratamento (TABELA 1), resultando em menor competição entre as estruturas, o que possibilitou um crescimento apical mais acentuado. A partir da segunda avaliação, a ausência de diferença no crescimento apical entre os tratamentos é resultante da ramificação lateral similar, a qual acarretou competição por fotoassimilados muito semelhante entre ramos e ápice.

Ainda, para Webster (2005), a aplicação de 6-BA pode causar efeitos negativos no crescimento final do líder central das plantas por alterar a dominância apical, além de incrementar a ramificação e competição, como já mencionado. Neste experimento, o uso de 6-BA, tanto em aplicação isolada quanto sequencial, não interferiu no crescimento apical das plantas. Isso é corroborado por Lordan *et al.* (2017), que concluíram que o uso de 6-BA em viveiros não afeta negativamente o crescimento final do líder central das mudas. Ainda, a aplicação de 6-BA não teve efeito na taxa de crescimento do líder em plantas de um ano de 'Empire', 'McIntosh' ou 'Macoun', mas em 'Fuji' 6-BA inibiu o crescimento (Sazo; Robinson, 2011). Na cultivar Gala, 6-BA exibiu efeito negativo no crescimento final do líder de plantas de um ano, enquanto em 'Jonagold' o crescimento foi minimamente influenciado (Doric *et al.*, 2015). Desta forma, os resultados de pesquisa não são contundentes, com grande variação de resultados.

Após o alceamento dos ramos nos patamares do sistema de condução, foi possível determinar o preenchimento dos arames (FIGURA 5). Em macieiras 'Galaxy', a ocupação do sistema foi maior na testemunha (sem aplicação) em relação aos tratamentos com CH 0,42% (AP1) e Erger® 2% + BA 0,01% (AP2) e CH 0,42% + BA 0,01% (AP1) e Erger® 2% + BA 0,01% (AP2), já os demais tratamentos não diferiram entre si e tampouco dos tratamentos citados. Embora estatisticamente tenha havido pequena diferença entre o comprimento médio de ramos e igualdade entre o número de ramos e comprimento total de ramos, houve discrepância no preenchimento do sistema, indicando melhor aproveitamento dos ramos em alguns tratamentos. Ademais, essa variável pode ter sido influenciada por eventuais quebras de ramos durante o alceamento, dado que, em cultivares do grupo Gala, os ramos são menos maleáveis do que no grupo Fuji. Contudo, salienta-se ainda, que todos resultados de ambas as cultivares podem ou não ter sido afetados pela instalação da estrutura do sistema de condução.

Em macieiras 'Galaxy', observaram-se diferenças significativas entre os patamares do sistema, com maior preenchimento no primeiro patamar. Isso era esperado em decorrência do crescimento vegetativo verificado, pois, embora se tenha menos ramos na porção mediana basal, eles são mais longos que nas demais porções, facilitando o alceamento dos ramos e permitindo maior ocupação do sistema de condução. Dessa forma, o preenchimento do sistema reduz conforme sobe o patamar, passando de 90,14% no patamar 1 até 0,45% no patamar 5. Logo, já no primeiro ano, é possível alcear algumas estruturas sobre o quinto patamar, sendo o objetivo do sistema é ocupar oito patamares, com os seis primeiros sendo compostos por cordões de frutificação duplos.

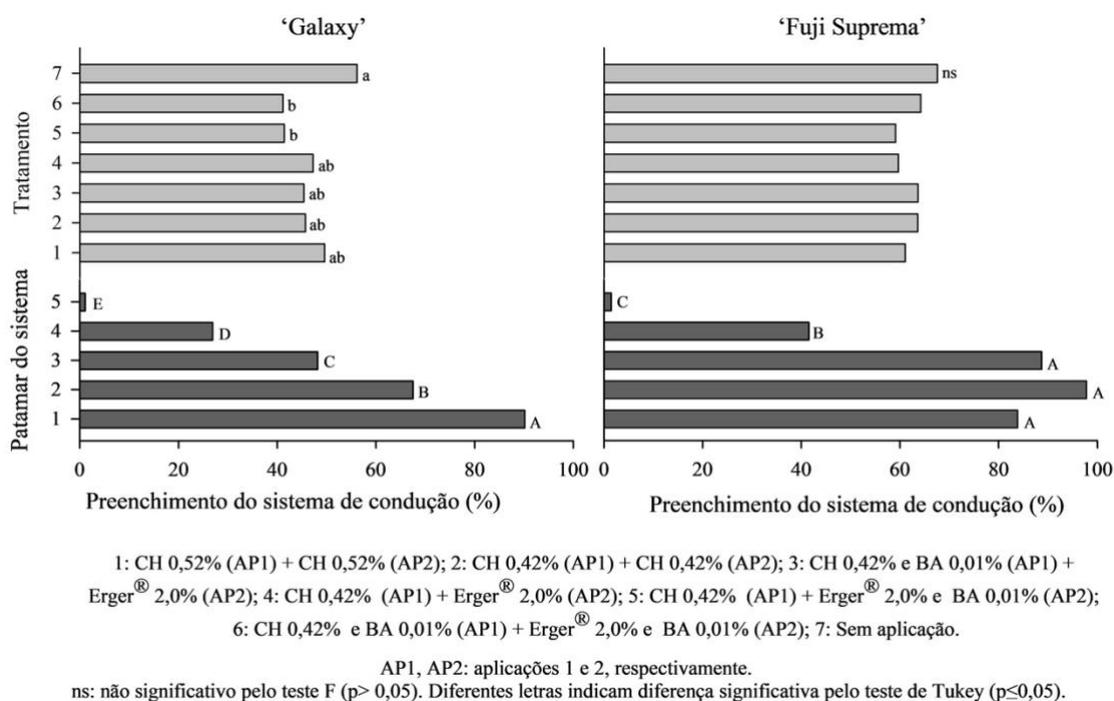


FIGURA 5. Preenchimento dos patamares (primeiro ao quinto) do sistema de condução bidimensional em 'Galaxy' e 'Fuji Suprema' submetidas a diferentes aplicações de fitorreguladores ao final do primeiro ciclo das plantas. Monte Alegre dos Campos, RS, 2023.

Na cultivar Fuji Suprema, não houve diferença entre os tratamentos avaliados, mas foi constatada diferença entre os patamares do sistema. Os três primeiros patamares não diferiram entre si e apresentaram valores de preenchimento superiores a 80%. Isso foi decorrente do grande comprimento médio de ramos constatado nas porções mediana basal e mediana apical. Em macieiras 'Fuji Suprema', como já abordado, o comprimento médio dos ramos foi maior que em 'Galaxy', com comprimento médio de aproximadamente 18 cm a mais na porção mediana basal e 17 cm na mediana apical, explicando, assim, o maior preenchimento do sistema em 'Fuji Suprema', mesmo com a menor formação de ramos. É oportuno ressaltar que, em ambas cultivares, não foram verificadas falhas no primeiro patamar, o que é muito recorrente nesse sistema de condução na região de Vacaria. Atribui-se a isso a excelente ramificação das plantas encontradas nesse experimento.

4.4 Conclusões

Independente do tratamento aplicado, há aumento dos níveis de brotação em relação à testemunha, sem aplicação, para ambas as cultivares, com redução da variabilidade de brotação entre plantas para 'Fuji Suprema'. Tanto em macieiras 'Galaxy' quanto em 'Fuji Suprema' nenhum dos tratamentos incrementou a ramificação lateral em comparação ao controle, mesmo com aplicações isoladas ou sequencias de 6-BA.

4.5 Referências bibliográficas

- BRAY, E. Plant response to water deficit stress. *In: ENCYCLOPEDIA of life sciences*. New Jersey: John Wiley, 2007. v. 1, p. 1-7.
- BRUNETTO, G. *et al.* Frutíferas. *In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO*. (org.). **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2016. cap. 6. 5, p. 189-232.
- BUBÁN, T. The use of benzyladenine in orchard fruit growing: a mini review. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 32, p. 381-390, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1010785604339>. Acesso em: 25 mar. 2023.
- CARRA, B. *et al.* Ramificação lateral em diferentes mudas de macieira pela aplicação de reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 45, [art.] e-965, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-29452023965>. Acesso em: 12 mar. 2024.
- CLINE, M. G. Concepts and terminology of apical dominance. **American Journal of Botany**, Baltimore, v. 84, n. 8, p. 1064-1069, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2446149>. Acesso em; 16 abr. 2023.
- COOK, N. C. Apple production under conditions of sub-optimal winter chilling in South Africa. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 872, p. 199-204, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.872.26>. Acesso em: 11 abr. 2023.
- COOK, N. C.; JACOBS, G. Suboptimal winter chilling impedes development of acrotony in apple shoots. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 34, n. 7, p. 1213-1216, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.34.7.1213>. Acesso em: 11 abr. 2023.
- DAVIES, F.; LAKSO, A. Water relations in apple seedlings: changes in water potential components, abscisic acid levels and stomatal conductances under irrigated and non-irrigated conditions. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v. 103, n. 3, p. 310-313, 1978. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/JASHS.103.3.310>. Acesso em: 26 abr. 2023.
- DENARDI, F. *et al.* Efeito de porta-enxertos na indução da brotação da copa das macieiras ‘Gala’ e ‘Fuji’. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 26, n. 2, p. 61-63, 2013. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/609/511>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- DOMINGUEZ, L. I. **Strategies to improve growth and yield in the early life of a tall spindle apple planting**. 2015, 130 f. Thesis (Master of Science) – Faculty of the Graduate School of Cornell University, Ithaca, 2015.
- DORIC, M. *et al.* Enhancing feathering of one-year-old Gala and Jonagold apple trees through application of 6-benzylaminopurine and gibberellins. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, Sofia, v. 21, p. 631–637, 2015. Disponível em: <https://www.agrojournal.org/21/03-24.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2023.
- FAORO, I. D. Porta-enxertos. *In: FAORO, I. D.* (org.). **Maçãs do grupo 'Gala' no Brasil**. Florianópolis: Epagri, 2022. cap. 6, p. 137-155. Disponível em: <http://agapomi.com.br/wp->

content/uploads/2022/08/livro-macas-do-grupo-gala-no-brasil.pdf. Acesso em: 23 mar. 2023.

GARCIA, L. C. S. *et al.* Aplicação sequencial de indutores de brotação em mudas de macieira ‘Fuji’ sobre o porta-enxerto Marubakaido/M9. *In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO*, 16., 2019, Fraiburgo. **Anais [...]** Fraiburgo: Epagri, 2019. Disponível: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/205002/1/XVI-Enfrute-Hawerroth-2019-113.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2023.

GENDRAUD, M; PÉTEL, G. Modifications in intercellular communications, cellular characteristics and change in morphogenetic potentialities of Jerusalem artichoke tubers (*Helianthus tuberosus* L.). *In: MILLET, B. GREPPIN, H. (ed.). Intra- and extracellular communications in plants: reception, transmission, storage and expression of messages.* Paris: INRA, 1990. p. 171-175.

HAWERROTH, F. J. *et al.* **Dormência em frutíferas de clima temperado.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 56 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/884602/dormencia-em-frutiferas-de-clima-temperado>. Acesso em: 23 mar. 2023.

HAWERROTH, F. J. *et al.* Fenologia, brotação de gemas e produção de frutos de macieira em resposta à aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 961-971, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000400016>. Acesso em: 15 abr. 2023.

HAWERROTH, F. J.; NACTHIGALL, G. R. **Estiagem no sul do Brasil: considerações e indicações técnicas para o manejo da macieira.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/search-news?p_p_id=buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=pop_up&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_groupId=1355300&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_articleId=67683665&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_viewMode=print. Acesso em: 23 abr. 2023.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L. **Controle do desenvolvimento vegetativo em macieira e pereira.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 36 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/917395/controlado-desenvolvimento-vegetativo-em-macieira-e-pereira>. Acesso em: 20 fev. 2023.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Erger and calcium nitrate concentration for budbreak induction in apple trees. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 872, p. 239-244, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.872.32>. Acesso em: 15 abr. 2023.

JACKSON, J. E. Mechanisms of rootstock and interstock effect on scion vigour. *In: JACKSON, J. E. Biology of apples and pears.* Cambridge: Cambridge University Press, 2003. p. 141-156. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511542657>. Acesso em: 11 abr. 2023.

LORDAN, J. *et al.* Use of plant growth regulators for feathering and flower suppression of apple nursery trees. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 52, n. 8, p. 1080-1091, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11918-17>. Acesso em: 15 abr. 2023.

MACEDO, T. A. *et al.* Chilling requirement and budburst uniformity of cultivar 'Maxi Gala' grafted on different rootstocks. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1228, p. 241-246, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1228.36>. Acesso em: 15 abr. 2023.

MACEDO, T. A. *et al.* G. 213 rootstock– Alternative to apple tree cultivation in different planting areas in southern Brazil. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 286, [art.] 110219, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110219>. Acesso em: 17 abr. 2023.

MACEDO, T. A. *et al.* Productivity and quality of 'Fuji Suprema' apple fruit in different rootstocks and growing conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 256, [art.] 108651, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108651>. Acesso em: 16 abr. 2023.

MACEDO, T. A. **Validação de porta-enxertos de macieiras da série CG nas condições de Vacaria, RS**. 2018. 129 f. Tese (Doutorado em Produção vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.

MARAFON, A. C. *et al.* Chilling privation during dormancy period and carbohydrate mobilization in Japanese pear trees. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, p. 462-468, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000400011>. Acesso em: 25 jul. 2023.

NACTHIGALL, G. R. Irrigação e fertirrigação em pomares de macieira nas condições do sul do Brasil. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 13., 2018, São Joaquim. **Anais [...]**. Florianópolis: EPAGRI, 2018. p. 48-56.

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. 5p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31640/1/comunicado105.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

PAIM, L. S. *et al.* Sequential application of budbreak promoters in 'Baigent' apple trees under anti-hail net in southern Brazil: Erger® and mineral oil usage. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1268, p. 297-304, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1268.40>. Acesso em: 15 abr. 2023.

PETRI, J. L. *et al.* **Dormência e indução à brotação de árvores frutíferas de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2021. 153 p. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/1174>. Acesso em: 23 mar. 2023.

PETRI, J. L.; FAORO, I. D.; SEZERINO, A. A. Manejo do pomar. *In*: FAORO, I. D. (org.) **Maçãs do grupo 'Gala' no Brasil**. Florianópolis: Epagri, 2022. cap. 7, p. 156-185. Disponível em: <http://agapomi.com.br/wp-content/uploads/2022/08/livro-macas-do-grupo-gala-no-brasil.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2023.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Consequences of insufficient winter chilling on apple tree bud-break. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 662, p. 53-60, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.662.4>. Acesso em: 15 abr. 2023.

PETRI, J. L.; STUKER, H. Effect of temperature and length of cold storage of nursery plants on the subsequent development of young apple trees. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 232, p. 117-126, 1988. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1988.232.17>. Acesso em: 25 mar. 2023.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 23 ago. 2022.

ROBINSON, T. L.; SAZO, M. Effect of promalin, benzyladenine and cyclanilide on lateral branching of apple trees in the nursery. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1042, p. 293-302, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1042.35>. Acesso em: 15 abr. 2023.

RUFATO, L. *et al.* Lateral branch induction at nursery with growth regulators in 'Maxi Gala' apple trees grafted on four rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 253, p. 349-357, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.045>. Acesso em: 26 mar. 2023.

SAZO, M. M., ROBINSON, T. L. The use of plant growth regulators for branching of nursery trees in NY State. **New York Fruit Quarterly**, New York, v. 19, n. 2, p. 5-9, 2011. Disponível em: https://rvpadmin.cce.cornell.edu/uploads/doc_158.pdf. Acesso em: 23 mar. 2023.

TAIZ, L. *et al.* Sinais e tradução de sinais. In: TAIZ, L. *et al.* (org.). **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. cap. 15, p. 407-446.

THERON, K. I.; STEYN, W. J. What are the physiological characteristics of a good nursery trees? **South Africa Fruit Journal**, Cape Town, v. 14, n. 6, p. 62-65, 2015.

TROMP, J.; BOERTJES, B. C. The effect of air temperature in successive periods of the growing season on sylleptic shoot shoot formation in young apple trees. **Plant Growth Regulation**, Amsterdam, v. 19, p. 177-182, 1996. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00024583>. Acesso em: 23 abr. 2023.

TRUTER, W. H. **Management practices to improve quality of apple nursery trees in containers**. 2019. 116 f. Thesis (Master of Science in Agriculture) - University of Stellenbosch, Stellenbosch, 2019.

UBER, S. C. *et al.* Alternativas ao uso de cianamida hidrogenada na indução da brotação de gemas em macieiras 'Maxi Gala'. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 8, n. 3, p. 126-147, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v8i3.21087>. Acesso em: 25 jul. 2023.

VALAGRO. **Erger**: cultura da dormência, cultura do despertar. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <https://www.valagro.com/brazil/pt/erger/>. Acesso em: 14 nov. 2021.

WEBSTER, A. D. Shoot growth. *In*: WEBSTER, A. D.; WERTHEIM, S. J.; TROMP, J. **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden: Backhuys, 2005. cap. 11, p. 120-135.

YOUNG, E.; MOTOMURA, Y.; UNRATH, C. R. The influence of root temperature during dormancy on respiration, carbohydrates, and growth resumption in apple and peach. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, VA, v. 112, p. 514-519, 1987. Disponível em; <https://doi.org/10.21273/JASHS.112.3.514>. Acesso em: 15 abr. 2023.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme exposto e evidenciado ao longo desse trabalho, para formação inicial de plantas e correta condução de sistemas é fundamental a utilização de mudas com elevada qualidade advinda do viveiro. Portanto, em ambos os experimentos realizados, seria interessante ter feito avaliações a respeito de caracterização das mudas utilizadas, realizando, por exemplo, análise de qualidade de gema de mudas, a fim de colaborar para melhor entendimento dos resultados. Ainda, a realização desses dois experimentos em mudas sem exposição ao frio artificial e sem irrigação poderia resultar em dados completamente distintos, podendo acentuar ou minimizar as diferenças entre os conjuntos de porta-enxertos e cultivares copa, além de possibilitar melhor desempenho dos fitorreguladores na formação das copas. Dessa forma, a combinação dos fatores anteriores intensificou o crescimento vegetativo, o que pode ter mascarado algumas características induzidas por porta-enxertos, bem como tornar prescindível a utilização de doses altas e diferentes combinações de fitorreguladores.

No experimento exploratório de distintos porta-enxertos, a continuação da caracterização de plantas e de formação do sistema será mantida com o intuito de determinar crescimento vegetativo, produtividade, eficiência produtiva, qualidade de frutos e equilíbrio entre crescimento vegetativo e produtivo em cada conjunto de cultivar copa e porta-enxerto. Além do mais, com dados de ciclos subsequentes da área será possível determinar o vigor das plantas manejadas em sistema de condução bidimensional em tais condições edafoclimáticas, uma vez que haverá disponibilidade de informações consistentes. A manutenção de avaliação da área, também, visa gerar dados de longo prazo, pois estes são fundamentais para sedimentar as possibilidades de uso de novos porta-enxertos; além de conferirem segurança ao produtor, posto que problemas advindos com o tempo de cultivo podem se manifestar. Contudo, visando o rápido crescimento inicial de plantas e formação do sistema de condução, os porta-enxertos 'G.210' e 'G.814', sob 'Galaxy' e 'Fuji Suprema', mostram-se como as melhores alternativas disponíveis. Salienta-se novamente que não há um porta-enxerto que atenda a todas as demandas de um produtor e sistema de cultivo, no

entanto existem possibilidades passíveis de adaptação a distintas realidades, com limitações que precisam ser esclarecidas pela pesquisa.

No segundo experimento, a adoção de indutores de brotação se confirma como uma intervenção necessária para superação da dormência, inclusive, em mudas expostas ao frio artificial. Por outro lado, 6-benziladenina aplicado em gemas dormentes não incrementou mais ramificações às cultivares copa nem colaborou para maior proporção de gemas brotadas, já que o efeito de fitorreguladores é dependente da interação de diversos fatores, como formulação de produto, planta e condições climáticas. Por essa razão, seria interessante avaliar a aplicação de 6-benziladenina sequencial, isolada e em combinação, em diferentes estádios fenológicos ao longo de distintas safras. Dessa maneira, um retorno satisfatório pode ser encontrado em função do posicionamento assertivo das moléculas disponíveis.

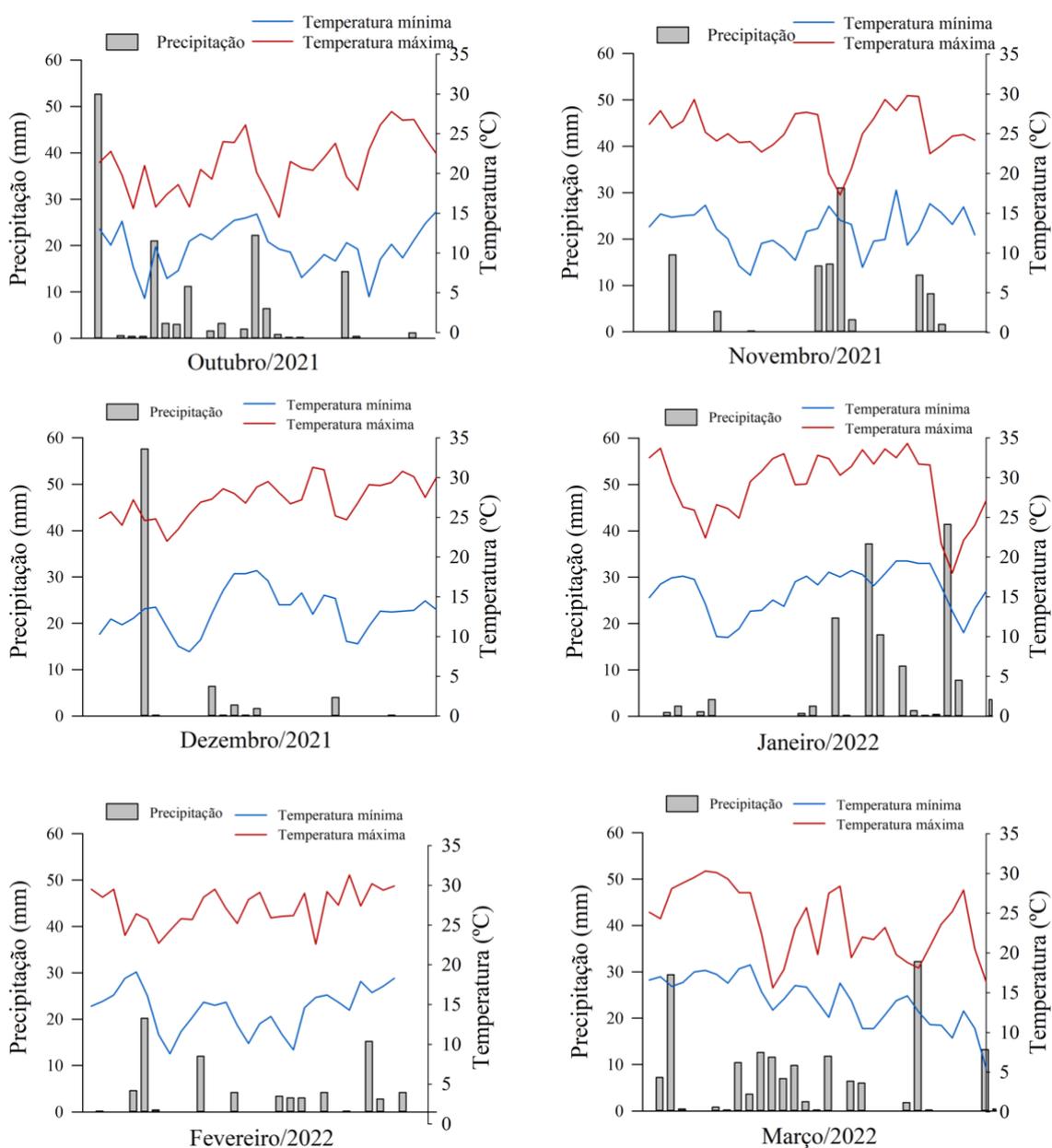
6 APÊNDICES



APÊNDICE 1. Ausência de ramos no primeiro patamar do sistema de condução bidimensional com duplos cordões de frutificação em pomar adulto de macieira. Vacaria, RS, 2023.



APÊNDICE 2. Déficit de brotação na porção superior da haste principal de plantas de macieira manejadas em sistema de condução bidimensional com duplos cordões de frutificação em pomar adulto. Vacaria, RS, 2023.



APÊNDICE 3. Temperatura máxima e mínima do ar e precipitação diária em Vacaria, Rio Grande do Sul, Brasil, durante outubro de 2021 a março de 2022. Fonte dos dados: Estação Meteorológica Automática de Superfície A880 do INMET, distante 14,0 km e em altitude semelhante à da área de estudo. Vacaria, RS, 2023.



APÊNDICE 4. (A) Frutos com recobrimento da epiderme com coloração vermelha (iii) maior ou igual a 50% e menor que 75%; e, (iv) e maior que 75%. (B) Frutos com recobrimento da epiderme com russeting: (0) ausência; (1) menos de 10%; (2) mais ou igual a 10% e menos que 30%; e, (3) mais ou igual a 30% e menos que 50%.