

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**MANUTENÇÃO DE DOIS SISTEMAS RADICULARES EM
ASPECTOS BIOQUÍMICOS E FISIOLÓGICOS DURANTE O
DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS E DESEMPENHO
AGRONÔMICO DE *Passiflora edulis* Sims ENXERTADAS**

WILLIAM HIROSHI SUEKANE TAKATA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Horticultura)

BOTUCATU – SP

Julho 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**MANUTENÇÃO DE DOIS SISTEMAS RADICULARES EM
ASPECTOS BIOQUÍMICOS E FISIOLÓGICOS DURANTE O
DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS E DESEMPENHO
AGRONÔMICO DE *Passiflora edulis* Sims ENXERTADAS**

WILLIAM HIROSHI SUEKANE TAKATA

Orientador: Prof^a Dr^a Elizabeth Orika Ono

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Horticultura)

BOTUCATU – SP

Julho 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO-
BOTUCATU (SP)

Takata, William Hiroshi Suekane, 1987-
T136m Manutenção de dois sistemas radiculares em aspectos bioquímicos e
fisiológicos durante o desenvolvimento de plantas e desempenho agrônomo
de *Passiflora edulis* Sims enxertadas/ William Hiroshi Suekane Takata. -
Botucatu : [s.n.], 2015
xii, 88 f. : il., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Fa-
culdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Elizabeth Orika Ono
Inclui bibliografia

1. *Passiflora*. 2. Maracujá. 3. Enxertia. 4. Fotossínte-
se. 5. Enzimas antioxidantes. I. Ono, Elizabeth Orika. II.
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas de
Botucatu. III. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE BOTUCATU
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: MANUTENÇÃO DE DOIS SISTEMAS RADICULARES EM ASPECTOS BIOQUÍMICOS E FISIOLÓGICOS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE *Passiflora edulis* Sims ENXERTADAS

AUTOR: WILLIAM HIROSHI SUEKANE TAKATA

ORIENTADORA: Profa. Dra. ELIZABETH ORIKA ONO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ELIZABETH ORIKA ONO
Departamento de Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu

Prof. Dr. JOAO DOMINGOS RODRIGUES
Departamento de Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu

Prof. Dr. VALDIR ZUCARELI
Depto de Ciências Agronômicas - Universidade Est. de Maringá

Prof. Dr. NOBUYOSHI NARITA
APTA - Agência Paulista de Tecn. dos Agronegócios-Presidente Prudente/SP

Prof. Dr. JOSÉ CARLOS CAVICHIOLI
APTA - Agência Paulista de Tecn. dos Agronegócios- Adamantina/SP

Data da realização: 17 de julho de 2015.

DEDICO

Aos meus pais,

José Tadashi Takata e Mirian Miyuki Suekane Takata,

por todo o amor, atenção, incentivo e educação ao longo de minha vida.

À minha irmã Gabriele Takata Girotto e ao meu cunhado Neimar José Girotto por todo apoio fornecido.

À Vanessa Hanayo Sakotani, pelo carinho, companheirismo e compreensão em todos os momentos.

À toda minha família, por me ensinarem valores que nunca serão esquecidos.

Aos meus amigos, por todo o incentivo e apoio durante todas as etapas deste trabalho.

AGRADEÇO

À Deus,

Por me iluminar em todos os momentos e por sempre me mostrar o melhor caminho.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela concessão da bolsa de Doutorado referente ao processo 2012/16024-3.

À Prof^a Dr^a Elizabeth Orika Ono, pela orientação, amizade, pelos preciosos ensinamentos, por toda a atenção e paciência ao longo do curso.

A todos os funcionários da APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios de Presidente Prudente pelo auxílio no desenvolvimento de parte do meu projeto.

A todos os Professores da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Câmpus de Botucatu que contribuíram para o meu crescimento pessoal e técnico.

A todos os funcionários do Departamento de Horticultura da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Câmpus de Botucatu.

Aos amigos de república, que me acolheram e me ensinaram muitos valores de respeito, amizade e, principalmente, por todos os momentos de descontração.

A todos os colegas e amigos que fiz na pós-graduação ao longo do curso.

Aos funcionários da Biblioteca Prof. Paulo de Carvalho Mattos, pela colaboração e excelente atendimento.

Às funcionárias da Seção de Pós-graduação da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Câmpus de Botucatu pela dedicação nos serviços prestados.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VIII
1 RESUMO	1
2. SUMMARY	2
3 INTRODUÇÃO	3
4 REVISÃO DE LITERATURA	5
5 MATERIAL E MÉTODOS	12
5.1 Experimento 1	12
5.1.1 Localização	12
5.1.2 Preparo das mudas	13
5.1.3 Delineamento experimental	14
5.1.4 Coleta do material para as análises enzimáticas	15
5.1.5 Avaliação enzimática	15
5.2 Experimento 2	17
5.2.1 Localização	17
5.2.2 Preparo das mudas	17
5.2.3 Avaliação do crescimento	17
5.2.4 Trocas gasosas e análise de fluorescência da clorofila	18
5.3 Experimento 3	19
5.3.1 Localização	19
5.3.2 Preparo das mudas	20
5.3.3 Condução do experimento	20
5.3.4 Delineamento experimental	22

5.3.5	Avaliação de produção.....	22
5.3.6	Qualidade dos frutos e potencial antioxidante.....	23
5.3.7	Trocas gasosas e análise de fluorescência da clorofila	25
5.3.8	Análise estatística	25
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6.1	EXPERIMENTO 1 – Atividade bioquímica e fotossintética de mudas de maracujazeiro após enxertia.....	26
6.2	EXPERIMENTO 2.1 - Análise de crescimento, desenvolvimento e partição de biomassa em mudas de maracujazeiro enxertadas, com dois sistemas radiculares e não enxertadas	34
6.3	EXPERIMENTO 2.2 – Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em mudas de maracujazeiro enxertadas, com dois sistemas radiculares e não enxertadas	43
6.4	EXPERIMENTO 3.1 – Produtividade, qualidade e potencial antioxidante de frutos de maracujazeiro enxertado com dois sistemas radiculares e não enxertados	48
6.5	EXPERIMENTO 3.2 – Aspectos fisiológicos do uso da enxertia e da manutenção de duas raízes ao longo do período vegetativo e reprodutivo do maracujazeiro.....	66
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
8	CONCLUSÕES	73
9	REFERÊNCIAS	75

LISTA DE TABELAS

Tabela

Página

Tabela 1. Análise química do substrato utilizado para a produção de mudas de <i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> e <i>Passiflora gibertii</i>	13
Tabela 2. Análise química de solo antes da correção de pH e adubação de plantio nos dois anos agrícolas, APTA, Presidente Prudente/SP.	21
Tabela 3. Diâmetro (mm) da base do caule de mudas de <i>Passiflora edulis</i> enxertadas convencionalmente sobre <i>P. gibertii</i> (EC), <i>P. edulis</i> com adição do sistema radicular de <i>P. gibertii</i> (RD) e <i>P. edulis</i> não enxertados (PNE) ao longo do tempo de cicatrização.....	34
Tabela 4. Equações de ajustes de massa seca total (MST - g), área foliar (AF – cm ²) e massa seca foliar (MSF – g) de plantas jovens de maracujazeiro (<i>Passiflora edulis</i>) não enxertada e enxertada em <i>P. gibertii</i> , em função do tempo.	39
Tabela 5. Número total de frutos e número de frutos dentro de cada classe* (número de frutos planta ⁻¹), em maracujazeiros enxertados em <i>Passiflora gibertii</i> , com dois sistemas radiculares e não enxertados (<i>P. edulis</i>).	48
Tabela 6. Desdobramento da interação entre os tratamentos e o ano de cultivo para o número de frutos das classes 2, 4, 5 e número total de frutos.	50
Tabela 7. Produtividade de frutos da classe 2* (ton de frutos ha ⁻¹), em maracujazeiros enxertados em <i>Passiflora gibertii</i> , com dois sistemas radiculares e não enxertados (<i>P. edulis</i>).	50
Tabela 8. Produtividade total e produtividade de frutos dentro de cada classe* (ton de frutos ha ⁻¹), em maracujazeiros enxertados em <i>Passiflora gibertii</i> , com dois sistemas radiculares e não enxertados (<i>P. edulis</i>).	51
Tabela 9. Desdobramento da interação entre os tratamentos e o ano de cultivo para a produtividade total, e produtividade de frutos das classes 4 e 5 (ton de frutos ha ⁻¹).	52
Tabela 10. Massa média de frutos dentro de cada classe* (g), em maracujazeiros enxertados em <i>Passiflora gibertii</i> , com dois sistemas radiculares e não enxertados (<i>P. edulis</i>).	54
Tabela 11. Desdobramento da interação entre os tratamentos e o ano de cultivo para a massa média de frutos, da classe 2 e a massa média da média ponderada (g).	54

Tabela 12. Rendimento de polpa de frutos (%) dentro de cada classe*, em maracujazeiros enxertados em <i>Passiflora gibertii</i> , com dois sistemas radiculares e não enxertados (<i>P. edulis</i>).....	56
Tabela 13. Espessura da casca de <i>Passiflora edulis</i> (mm) dentro de cada classe*, em maracujazeiros enxertados em <i>P. gibertii</i> , com dois sistemas radiculares e não enxertados.....	58
Tabela 14. Potencial hidrogeniônico (pH) e firmeza (N) em frutos de maracujazeiros enxertados em <i>Passiflora gibertii</i> , com dois sistemas radiculares e não enxertados (<i>P. edulis</i>).....	59
Tabela 15. Sólidos solúveis (SS - °Brix), acidez titulável (AT – g de ácido cítrico 100 g ⁻¹ de amostra), nitrato (mg L ⁻¹) e relação acidez titulável/sólidos solúveis (SS/AT) em frutos de maracujazeiros enxertados em <i>Passiflora gibertii</i> , com dois sistemas radiculares e não enxertados (<i>P. edulis</i>).	59
Tabela 16. Teor de carboidratos solúveis totais (g 100g ⁻¹ de amostra) e porcentagem de açúcares redutores (%AR), açúcares totais (%ART) e sacarose (%SAC) em polpas de maracujá enxertados em <i>Passiflora gibertii</i> , não enxertados (<i>P. edulis</i>) e com dois sistemas radiculares.	61
Tabela 17. Desdobramento da interação entre os tratamentos e o ano de cultivo sobre o teor de carboidratos, açúcares redutores (%) e açúcares redutores totais (%) em frutos de maracujazeiro.	61
Tabela 18. Teores de fenóis totais (g 100g ⁻¹ de amostra), carotenoides (µg 100g ⁻¹ de amostra) e atividade antioxidante (DPPH - µm g ⁻¹ de amostra) em frutos de maracujazeiro proveniente de plantas não enxertadas, enxertadas convencionalmente e com manutenção de dois sistemas radiculares em dois anos de cultivo.	63
Tabela 19. Desdobramento da interação entre os tratamentos e o ano de cultivo sobre teor de fenóis totais (g 100g ⁻¹ de amostra) e carotenoides (µg 100g ⁻¹ de amostra) em frutos de maracujazeiro proveniente de plantas não enxertadas, enxertadas convencionalmente e com manutenção de dois sistemas radiculares em dois anos de cultivo.....	63
Tabela 20. Teores de flavonoides (mg 100g ⁻¹ de amostra), ácido ascórbico (AA – mg de ácido ascórbico 100 g ⁻¹ de amostra) em frutos de maracujazeiro proveniente de plantas não enxertadas, enxertadas convencionalmente e com manutenção de dois sistemas radiculares em dois anos de cultivo.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura

Página

Figura 1. Maracujazeiro sendo enxertado pelo método convencional (A) e maracujazeiro sendo enxertado com permanência de dois sistemas radiculares.	14
Figura 2. Dados de temperatura e precipitação registrados no período de condução do experimento (setembro/1012 a junho/2014). Presidente Prudente – SP.	20
Figura 3. (A) <i>Canavalia ensiformis</i> na entre-fileira da cultura do maracujazeiro. (B) <i>Raphanus sativus</i> na entre-fileira da cultura do maracujazeiro. Presidente Prudente – SP.	22
Figura 4. (A) Atividade da superóxido dismutase (U g^{-1} proteína) - SOD, (B) catalase ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ decomposto $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ proteína) - CAT, (C) peroxidase ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ decomposto $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ proteína) - POD e (D) polifenoloxidase ($\mu\text{mol catecol oxidado min}^{-1} \text{g}^{-1}$ proteína) – PPO na região da enxertia em <i>P. edulis</i> enxertados convencionalmente sobre <i>P. gibertii</i> (EC), <i>P. edulis</i> com adição do sistema radicular de <i>P. gibertii</i> (RD) e <i>P. edulis</i> não enxertados (PNE) ao longo do tempo de cicatrização da enxertia.	28
Figura 5. (A) Atividade da superóxido dismutase (U g^{-1} proteína) – SOD, (B) catalase ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ decomposto $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ proteína) – CAT, (C) peroxidase ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ decomposto $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ proteína) – POD, (D) polifenoloxidase ($\mu\text{mol catecol oxidado min}^{-1} \text{g}^{-1}$ proteína) – PPO, (E) ascorbato peroxidase – APX ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ decomposto $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ proteína) e (F) conteúdo relativo de água na folha de <i>P. edulis</i> enxertados convencionalmente sobre <i>P. gibertii</i> (EC), <i>P. edulis</i> com adição do sistema radicular de <i>P. gibertii</i> (RD) e <i>P. edulis</i> não enxertados (PNE) ao longo do tempo de cicatrização da enxertia.	30
Figura 6. Teores de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g g}^{-1}$ MF), clorofila <i>b</i> ($\mu\text{g g}^{-1}$ MF), carotenoides totais ($\mu\text{g g}^{-1}$ MF) e relação clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> em folhas de <i>P. edulis</i> enxertados convencionalmente sobre <i>P. gibertii</i> (EC), <i>P. edulis</i> com adição do sistema radicular de <i>P. gibertii</i> (RD) e <i>P. edulis</i> não enxertados (PNE) ao longo do tempo de cicatrização da enxertia.	31

- Figura 7. (A) Taxa de assimilação de CO_2 (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), (B) condutância estomática (g_s - $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), (C) conteúdo interno de CO_2 (C_i - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) e (D) taxa de transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ g}^{-1}$) de mudas de *P. edulis* enxertados convencionalmente sobre *P. gibertii* (EC), *P. edulis* com adição do sistema radicular de *P. gibertii* (RD) e *P. edulis* não enxertados (PNE) ao longo do tempo de cicatrização da enxertia.32
- Figura 8. (A) Altura da planta de maracujazeiro (cm), (B) diâmetro do caule no local da enxertia (mm), (C) comprimento médio do entrenó (cm), (D) número de folhas e (E) diâmetro do caule acima da enxertia (mm) em plantas de maracujazeiro *Passiflora edulis* não enxertadas (PNE), enxertadas em *P. gibertii* (EC) e plantas enxertadas em *P. gibertii* com manutenção dos dois sistemas radiculares (RD).36
- Figura 9. Massa seca foliar (MSF - g), massa seca de caule (MSC - g) e massa seca radicular (MSR - g) de plantas jovens de *P. edulis* enxertadas convencionalmente sobre *P. gibertii* (EC), *P. edulis* com adição do sistema radicular de *P. gibertii* (RD) e *P. edulis* não enxertadas (PNE) ao longo do tempo de cicatrização da enxertia.38
- Figura 10. Ajustes de massa seca total (MST - g), massa seca foliar (MSF - g) e área foliar (AF - cm^2) de mudas plantas de maracujazeiro *Passiflora edulis* não enxertadas (PNE), enxertadas em *P. gibertii* (EC) e plantas enxertadas em *P. gibertii* com manutenção dos dois sistemas radiculares (RD) ao longo do tempo após enxertia.40
- Figura 11. Taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquido (TAL), razão de área foliar (RAF), massa específica de folha (MEF), razão de massa foliar (RPF), área foliar específica (AFE) e duração de área foliar (DAF) de plantas jovens de maracujazeiro *Passiflora edulis* não enxertadas (PNE), enxertadas em *P. gibertii* (EC) e plantas enxertadas em *P. gibertii* com manutenção dos dois sistemas radiculares (RD).42
- Figura 12. Taxa de assimilação de carbono (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), conteúdo interno de CO_2 (C_i - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência de carboxilação (A/C_i) e eficiência do uso de água (A/E) em mudas de maracujazeiro *Passiflora edulis* não enxertadas (PNE), enxertadas em *P. gibertii* (EC) e plantas enxertadas em *P. gibertii* com manutenção dos dois sistemas radiculares (RD) ao longo do tempo após a enxertia.44
- Figura 13. Fluorescência basal (F_o), eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), eficiência quântica efetiva do fotossistema II (ΦPSII), coeficiente de extinção

fotoquímica da fluorescência (qP), <i>quenching</i> não fotoquímico (NPQ) e taxa de transporte de elétrons (ETR) em mudas de maracujazeiro <i>Passiflora edulis</i> não enxertadas (PNE), enxertadas em <i>P. gibertii</i> (EC) e plantas enxertadas em <i>P. gibertii</i> com manutenção dos dois sistemas radiculares (RD) ao longo do tempo.	47
Figura 14. Taxa de assimilação de carbono (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), conteúdo interno de CO_2 (C_i - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência de carboxilação (A/C_i) e eficiência do uso de água (A/E) em mudas de maracujazeiro <i>Passiflora edulis</i> não enxertadas (PNE), enxertadas em <i>P. gibertii</i> (EC) e plantas enxertadas em <i>P. gibertii</i> com manutenção dos dois sistemas radiculares (RD) após transplante no campo.	68

MANUTENÇÃO DE DOIS SISTEMAS RADICULARES EM ASPECTOS BIOQUÍMICOS E FISIOLÓGICOS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE *Passiflora edulis* Sims ENXERTADAS. Botucatu, 2015. 88p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista.

Autor: WILLIAM HIROSHI SUEKANE TAKATA

Orientadora: ELIZABETH ORIKA ONO

1 RESUMO

Ao longo desse trabalho foram desenvolvidos três experimentos, onde objetivou-se estudar a atividade de enzimas antioxidantes e as trocas gasosas ao longo do processo de cicatrização em dois métodos de enxertia em mudas de maracujazeiro. Após esse período foi estudado o desenvolvimento e crescimento dessas mudas, assim como o comportamento do aparato fotossintético. Quando as mudas estavam adultas foi avaliado a campo o desempenho agrônômico, assim como a qualidade dos frutos e o seu potencial antioxidante, assim como o desempenho do aparato fotossintético. Os tratamentos foram: plantas não enxertada de *Passiflora edulis* Sims, plantas enxertadas convencionalmente e plantas enxertadas com manutenção de dois sistemas radiculares, sendo o porta-enxerto utilizado a *Passiflora gibertii*. Com base nos resultados obtidos concluiu-se que a utilização de plantas enxertadas e com manutenção de dois sistemas radiculares proporcionou produtividade e qualidade de frutos semelhante ao das plantas não enxertadas. Essas plantas ao longo do processo de cicatrização apresentaram menor atividade de enzimas antioxidantes, assim como menor tempo para recuperação do aparato fotossintético, após o processo da enxertia. Após a cicatrização, todos os tratamentos apresentaram o mesmo comportamento fotossintético.

Palavras Chave: Enxertia, maracujá, *Passiflora gibertii*, enzimas antioxidantes, fotossíntese.

TWO ROOT SYSTEMS MAINTENANCE IN BIOCHEMICAL AND PHYSIOLOGICAL ASPECTS DURING THE PLANT DEVELOPMENT AND AGRONOMIC PERFORMANCE OF GRAFTED *Passiflora edulis* Sims. Botucatu, 2015. 88p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista.

Author: WILLIAM HIROSHI SUEKANE TAKATA

Adviser: ELIZABETH ORIKA ONO

2 SUMMARY

Throughout this study, it was developed three experiments, which aimed to study the activity of antioxidant enzymes and gas exchange during the healing process in two grafting methods in passion fruit seedlings. After this period has been studied the development and growth of these seedlings, as well as the behavior of the photosynthetic apparatus. When the seedlings were grown, was rated the field agronomic performance, as well as fruit quality and their antioxidant potential, as well as the performance of the photosynthetic apparatus. The treatments were not grafted plants of *Passiflora edulis* Sims, conventionally grafted plants and grafted plants with maintaining two root systems, and the rootstock used to *Passiflora gibertii*. Based on the results obtained it was concluded that the use of grafted plants and maintaining two root systems provided yield and fruit quality equal to that of ungrafted plants. These plants throughout the healing process showed lower activity of antioxidant enzymes as well as shorter time for recovery of the photosynthetic apparatus. After healing, all treatments showed the same photosynthetic behavior.

Keywords: Graft, passion fruit, *Passiflora gibertii*, antioxidant enzymes, photosynthesis.

3 INTRODUÇÃO

O cultivo do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims) tem diminuído constantemente devido ao ataque de doenças, sendo os patógenos de solo um dos principais responsáveis pela redução da produção no Estado de São Paulo através da morte prematura de plantas (MELETTI; BRUKNER, 2001; CHAVES et al., 2004).

As doenças de solo que estão associadas a este problema são os fungos do solo, como *Fusarium oxysporum* f. *passiflorae*, *Nectria haematococca* e *Phytophthora* sp., sendo que as medidas de controle são preventivas, uma vez que quando afetadas por estes patógenos a planta morrerá por não haver medidas curativas, devido à ineficiência do uso de defensivos (SÃO JOSÉ et al., 1997; FISCHER et al., 2005).

Uma alternativa no controle da morte prematura é a utilização de porta-enxertos que tem se mostrado promissora, pois, algumas espécies das 430 espécies de passifloráceas descritas, possuem resistência ou tolerância aos patógenos relacionados à morte prematura (MENEZES et al., 1994; RONCATTO et al., 2004; BRAGA et al., 2006; CAVICHIOLI et al., 2009).

A técnica da enxertia consiste na união de estruturas (gemas, ramos, etc.) de uma planta em outra com o objetivo de propagar a planta (enxerto) para que esta possa se desenvolver, sendo que o sucesso da enxertia depende de vários fatores e um dos principais

é o nível de compatibilidade entre os materiais (HARTMANN et al., 2010).

Porém, para uso como porta-enxerto é necessário que a espécie atenda há alguns requisitos mínimos, como a germinação de sementes que deve ser rápida e fácil de ocorrer, possuir vigor e rusticidade, resistência aos patógenos de solo, assim como boa adaptação às diferentes condições climáticas. Neste sentido, comparando seu desenvolvimento com o de outras espécies de Passifloráceas, Lima et al. (2006) constataram que o maior desenvolvimento vegetativo pode estar relacionado ao seu vigor. Com relação à resistência e tolerância aos patógenos de solo, *Fusarium oxysporum* f. *passiflorae*, *Nectria haematococca* e *Phytophthora* sp., a espécie *P. giberti* é resistente a esses patógenos, sendo muito promissora para ser utilizada como porta-enxerto (FISCHER et al., 2005).

Entretanto, o uso da enxertia convencional (garfagem) de *Passiflora edulis* sobre *P. giberti* proporcionou menor desenvolvimento e menor número de frutos por planta quando comparada com plantas sem enxertia (CAVICHOLI et al., 2011a). O uso de dois sistemas radicular está sendo empregado, principalmente, para substituir os porta-enxertos convencionais por outros mais resistentes, sendo denominados de subenxertia, que no caso, enxerta-se outro porta-enxerto e a planta permanece com o outro sistema radicular que já possuía (MÜLLER et al., 2002). No Japão conseguiu-se aumentar a produção de pomeleiro utilizando-se dois sistemas radiculares (NAKAJIMA et al., 1992). Carvalho et al. (2009) constataram em seu trabalho que plantas com dois sistemas radiculares possuíam melhor eficiência fotossintética, assim como maior resistência ao déficit hídrico em laranjeiras.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo estudar a enxertia de plantas de maracujazeiro com o uso de dois sistemas radiculares comparando-se ao método convencional e às plantas não enxertadas sobre o desenvolvimento e o estresse que ambos os métodos proporcionam às plantas, às alterações de trocas gasosas e de fluorometria, assim como, a produtividade e qualidade de frutos de *Passiflora edulis* Sims.

4 REVISÃO DE LITERATURA

O maracujá (*Passiflora edulis* Sims) pertencente à família Passifloraceae apresenta cerca de 500 espécies descritas e, aproximadamente, 50% das espécies são nativas do Brasil (OLIVEIRA et al., 1994).

O gênero *Passiflora* apresenta-se como ervas ou arbustos e, geralmente, possuem hábito de crescimento do tipo trepador, devido ao seu alto nível de exigência luminosa (COSTA et al, 2005).

Dentre as diferentes espécies do gênero destacam-se a *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg e *P. alata* Curtis sendo denominadas popularmente de maracujá azedo e maracujá doce, respectivamente, e o que possui maior expressividade é o maracujá azedo, cuja área estimada de produção mundial comparado com outras espécies do gênero está em torno de 90% (JUNQUEIRA et al, 2005).

O Brasil destaca-se como o maior produtor desta fruta, entretanto, também é o maior consumidor possuindo produção de aproximadamente 920 mil toneladas do fruto (MARACUJÁ, 2013). O Estado de São Paulo já foi o terceiro maior produtor de maracujá, tendo participação de aproximadamente, 11% da produção nacional (MARACUJÁ, 2012), entretanto, atualmente possui apenas cerca de 3% de participação na produção (MARACUJÁ, 2013). Os frutos podem ser consumidos *in natura* ou podem ser utilizados na indústria de sucos (ATAÍDE et al., 2006).

Cerca de um terço da área plantada localiza-se no oeste do Estado de São Paulo (IEA, 2008), porém, a cultura encontra-se comprometida, levando à migração da cultura para outras regiões devido ao alto nível de infestação por patógenos associados à morte prematura do maracujazeiro (CAVICHIOLI et al., 2011b). A morte prematura das plantas, segundo Chaves et al. (2004) é causada por patógenos do solo e entre eles destacam-se o *Fusarium oxysporum* f. *passiflorae*, *Nectria haematococca* e *Phytophthora* sp. (FISCHER et al., 2005)

O controle químico desses patógenos não tem se mostrado eficiente e uma alternativa para contornar o problema dessa doença é o uso da técnica de enxertia, pois Fischer et al. (2005) constataram que algumas espécies do gênero *Passiflora* têm se mostrado resistentes e tolerantes à doença, como é o caso da *Passiflora gibertii*.

O uso da *Passiflora gibertii* como porta-enxerto parece ser promissor pois, além de ser resistente aos patógenos, possui alto vigor com relação ao seu crescimento e desenvolvimento (LIMA et al., 2006) e a obtenção de plantas para a enxertia não apresenta problemas, uma vez que suas sementes germinam com rapidez e facilidade (FERREIRA et al., 2002).

A incompatibilidade é um dos grandes problemas da enxertia. Em enxertias compatíveis, plantas de diferentes espécies, gêneros ou até mesmo família formam uniões com sucesso, baseadas nas conexões vasculares, unindo tecidos condutores do enxerto e porta-enxerto (TIEDEMANN, 1989). A não conexão vascular entre o porta-enxerto e o enxerto ocorre devido à incompatibilidade que pode ser demonstrada pela ruptura na região do enxerto e, também, nas diferenças de crescimento, tendo como consequência, a má condutância hidráulica, má absorção de nutrientes com sintomas de deficiência, apresentando folhas amareladas ou avermelhadas, ou mesmo, queda das mesmas, levando ao pouco crescimento da planta como um todo e pouca ou nenhuma produção (FACHINELLO et al., 1995; ODA et al., 2005).

Cavichioli et al. (2011a) constataram que o método de enxertia do tipo garfagem de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg sobre *P. giberti* apresenta certo grau de incompatibilidade, devido ao menor desenvolvimento das plantas, assim como, menor obtenção de frutos e, conseqüentemente, menor produção.

Além da compatibilidade, outros fatores estão envolvidos no sucesso da enxertia e, segundo Oliveira (2003), ao realizar o corte na planta, o menor desenvolvimento nas mudas pode estar relacionado ao estresse sofrido com a enxertia. Nota-se que a enxertia provoca algumas modificações fisiológicas na planta, tendo em vista que desenvolve certo grau de estresse à planta. No entanto, medidas de trocas gasosas e da fluorescência da clorofila pode ser uma técnica que poderá avaliar esse grau de estresse que deverá refletir-se na taxa fotossintética da planta (BAKER; ROSENQVISTM, 2004).

Khan et al. (2006) caracterizaram a fluorescência das plantas com sete a oito folhas em diversas espécies olerícolas, concluindo que a leitura da fluorescência foi uma boa medida para caracterizar a fotossíntese e a atividade vegetal, sugerindo que esta metodologia auxiliará nos estudos e na melhor compreensão da fisiologia das plantas. Bacarin e Mosquin (2002) concluíram que há variação nos parâmetros de fluorescência lenta e rápida das clorofilas por causa do crescimento das plantas, sendo que o comportamento dos parâmetros de fluorescência tem correspondência com a variação na atividade fotossintética das plantas.

A análise da cinética de emissão da fluorescência das clorofilas permite o estudo de características relacionadas à capacidade de absorção e transferência da energia luminosa na cadeia de transporte de elétrons, sendo possível, também, estudos de mudanças conformacionais dos tilacóides (KRAUSE; WEIS, 1991). A avaliação durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas pode revelar informações mais precisas, tais como variações nos parâmetros de fluorescência com as mudanças nos estádios de desenvolvimento das plantas (BACARIN; MOSQUIM, 2002).

Entretanto, Paul e Planchon (1990) salientaram que os parâmetros determinados pela emissão de fluorescência rápida podem ser explorados para estudos de variabilidade e incompatibilidade genético-fisiológica. Dessa forma, estudos mais específicos, entre cálculos dos coeficientes de extinção por meio de fluorômetro modulado, podem caracterizar possíveis diferenças entre materiais genéticos de produções diferentes.

Com base em resultados obtidos de fluorescência máxima das plantas em vários trabalhos, pode-se supor que a reoxidação das plastoquinonas é

semelhante. Este fato, pode ser um provável indicador de possíveis mecanismos de controle da fase fotoquímica e bioquímica da fotossíntese, que podem ser semelhantes ou variar no porta-enxerto e no enxerto.

A medida fotossintética das folhas com o analisador infra-vermelho de gás, também tem demonstrado ser uma técnica adequada para avaliar a questão da compatibilidade ou incompatibilidade dos enxertos, pois com essas medidas pode-se ter ideia da produção de matéria seca nas plantas, podendo auxiliar na melhor compreensão da incompatibilidade entre enxerto e porta-enxerto e do estresse provocado pela enxertia e a influência da enxertia sobre a assimilação de carbono pelas plantas.

É sabido que há influência da enxertia nas trocas gasosas e no transporte de água do sistema radicular até a parte aérea. Brandão Filho et al. (2003) estudaram a influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido e observaram que a enxertia não alterou a capacidade fotossintética das plantas. Porém, as plantas enxertadas apresentaram maior eficiência no uso de água para os dois híbridos em questão, devido à redução da condutância estomática.

Shishido et al. (1995) estudaram o efeito de variedades de porta-enxertos sobre o crescimento do enxerto e transporte de assimilados em berinjela e observaram que diferentes porta-enxertos resultaram na variação de respostas de crescimento. A massa seca e a área foliar foram extremamente maiores em algumas das variedades. As folhas do porta-enxerto translocaram cerca de 35-40% de carbono assimilado para o enxerto, enquanto a translocação de forma inversa foi de 50%. Os fotoassimilados foram translocados através da união da enxertia, sendo a quantidade, dependente do grau de estabelecimento das conexões vasculares. Brandão-Filho et al. (2003), trabalhando com enxertia em berinjela, concluíram que diferentes híbridos utilizados como enxerto interferiram na taxa de assimilação de CO₂, podendo ser uma característica importante na determinação de seu potencial produtivo.

Durante a enxertia, a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) é comum e atuam na degradação de componentes celulares com perda de suas funções e, conseqüentemente, à sua morte (BLOKHINA et al., 2003). Porém, as EROs

também atuam de forma benéfica participando do sistema de defesa da planta (RESENDE et al., 2003).

Como o sistema de defesa é ativado apenas na presença das EROs, é possível verificar o nível de estresse sofrido pela planta avaliando-se algumas substâncias anti-oxidantes como é o caso do sistema de defesa não enzimático, como por exemplo a vitamina C, β -caroteno, compostos fenólicos e poliaminas (SCANDALIOS, 1993). Com relação ao grupo do sistema de defesa enzimático podem ser citadas as enzimas anti-oxidativas, superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), glutathione peroxidase (GPX), glutathione redutase (GR) e glutathione S-transferase (GSTs) (MITTLER, 2002).

A atividade da peroxidase e a concentração de fenóis apresentam uma grande importância na união entre o enxerto e porta-enxerto, podendo, desta forma, influenciar nas respostas do estresse ao processo de enxertia (RODRIGUES et al., 2002).

Para se obter o funcionamento do sistema vascular na união enxerto/porta-enxerto, é necessária a similaridade das peroxidases, tanto no enxerto como no porta-enxerto, para que ocorra a produção de ligninas correlatas. Nas plantas que possuem semelhanças de peroxidases, raramente se encontram problemas de incompatibilidade (SANTAMOUR, 1992).

As peroxidases atuam também, na biossíntese de etileno, na lignificação, além da destruição das auxinas, devido ao fato destas se apresentarem em muitas formas moleculares participando de diferentes reações bioquímicas (DENCHEVA; KLISURKA, 1982). Estas enzimas utilizam o H_2O_2 para oxidar um grande número de doadores de hidrogênio, nos compostos fenólicos; esses participam de vários processos fisiológicos e desenvolvem seu papel na síntese da lignina e na incompatibilidade do enxerto.

Na formação da lignina, as peroxidases fornecem H_2O_2 necessário para a oxidação do ácido cinâmico e convertem o ácido ferúlico em diferúlico, o qual age na ponte de hemicelulose unindo o ácido cinâmico às proteínas e aos carboidratos da parede celular, favorecendo a consolidação (GASPAR et al., 1982). Harkim e Obst (1973)

demonstraram a presença de peroxidases nas células lignificadas, sugerindo que estas sejam as únicas enzimas que polimerizam os álcoois em lignina.

O uso de dois sistemas radiculares está sendo utilizado, principalmente, para substituir os porta-enxertos convencionais por outros mais resistentes, sendo denominados de subenxertia (MÜLLER et al., 2002). No Japão conseguiu-se aumentar a produção de pomeleiro utilizando-se dois sistemas radiculares (NAKAJIMA et al., 1992). O maior vigor da planta com dois sistemas radiculares também foi encontrado por Girardi (2005) que constatou rejuvenescimento da planta, assim como, maior produtividade. Carvalho et al. (2009) constataram em seu trabalho que plantas com o uso de dois sistemas radiculares possuíam melhor eficiência fotossintética, assim como, maior resistência ao déficit hídrico.

A técnica de enxertia que mantém os dois sistemas radiculares é semelhante à encostia, porém, neste caso, elimina-se apenas a parte superior do porta-enxerto desejado, mantendo o sistema radicular do genótipo de interesse (MATIELLO et al., 2004). Matiello et al. (2004) também relataram que esta técnica tem proporcionado melhor desenvolvimento das plantas de café do que aquelas que são enxertadas convencionalmente por garfagem e que esta técnica, pode estar relacionada ao menor estresse sofrido pelas plantas pelo fato de não ocorrer interrupção do transporte de seiva ao longo da planta desejada.

Um dos problemas de manter os dois sistemas radiculares pode estar relacionado ao hábito de colonização do patógeno que no caso de colonizar os tecidos vasculares inviabilizaria a técnica. Na cultura do maracujazeiro há relato de três principais patógenos ligados à morte prematura, sendo o *Fusarium oxysporum* f. *passiflorae* o único colonizador vascular. Porém, Fischer et al. (2005) constataram que apesar de ter sido relatada a existência do *Fusarium oxysporum* f. *passiflorae*, o principal patógeno que tem causado danos à cultura é o *Nectria haematococca* e este fungo afeta apenas o sistema radicular causando o seu apodrecimento. Desta forma, o uso de dois sistemas radiculares funcionaria como uma segurança ao produtor, pois caso haja a doença no pomar o sistema radicular original da planta morreria e o sistema radicular dito resistente sustentaria a planta.

Com relação à qualidade do fruto, esta é resultado do conjunto de atributos físicos e químicos, sendo que as principais características estão relacionadas à aparência, aroma, sabor e textura (CHITARRA; CHITARRA. 1990). Em hortaliças de frutos, Pogonyi et al. (2005) encontraram alterações na qualidade dos frutos e a variedade ou espécie utilizada como porta-enxerto melhorou alguns atributos, ou não, como no caso do tomate quando se comparou frutos provenientes de plantas enxertadas e não enxertadas. Estudando berinjela, Curuk et al. (2009) encontraram valores diferentes também para as características de frutos.

Segundo Lee et al. (1999), geralmente, os porta-enxertos são conhecidos por influenciar o crescimento das plantas e produtividade de frutos, porém foi reconhecido que a qualidade dos frutos, assim como o sabor, firmeza da polpa, vida de prateleira, coloração da casca, etc., podem também ser influenciadas pelos porta-enxertos. Uma forma de verificar a qualidade é pelas análises bioquímicas de carboidratos, proteínas e lipídios, porém algumas análises mais específicas, como carotenoides totais, compostos fenólicos (incluindo os flavonoides), poliaminas e vitamina C podem indicar a capacidade antioxidante de um sistema, diferenciando os alimentos.

Segundo Lee (1994), dependendo da combinação de enxerto/porta-enxerto, a incompatibilidade e redução da qualidade de frutos podem aparecer. Trata-Mavrona et al. (2000) observaram que as características descritivas e qualitativas dos frutos de melão de plantas enxertadas foram similares às plantas intactas, exceto no sabor e textura, no qual mostrou notável deterioração em algumas combinações de enxerto/porta-enxerto testados.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi elaborado à partir de 3 experimentos: O primeiro consistiu na realização de análises bioquímicas da atividade de enzimas antioxidantes, bem como o estudo de trocas gasosas ao longo do processo de cicatrização da enxertia, o segundo consistiu na comparação da manutenção de dois sistemas radiculares de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. enxertada sobre *Passiflora giberti* e o método convencional de enxertia, avaliando-se o desenvolvimento inicial das plantas, bem como, os parâmetros de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* ao longo da produção das mudas e o terceiro experimento foi conduzido para o estudo da influência dos métodos de enxertia sobre a produtividade e qualidade dos frutos de maracujazeiro, bem como, os parâmetros de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*.

5.1 Experimento 1

5.1.1 Localização

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Horticultura da Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, SP entre fevereiro e abril de 2012.

A análise bioquímica das plantas foi realizada no Laboratório de Bioquímica Vegetal do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências/UNESP, no distrito de Rubião Júnior – Botucatu, SP.

5.1.2 Preparo das mudas

As sementes de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. e *P. giberti* foram retiradas de frutos maduros coletados em janeiro de 2012 da coleção de germoplasma da APTA – Alta Sorocabana, sendo a semeadura dos dois materiais realizadas em fevereiro de 2012 em bandejas de poliestireno de 200 células preenchidas com substrato comercial a base de casca de *Pinus* e com características químicas, conforme a Tabela 1. Após 30 dias, as plântulas foram transplantadas em sacolas plásticas com dimensões de 18 x 28 cm e preenchidas com substrato comercial à base de *Pinus* e enriquecidas com fertilizante de liberação lenta de seis meses, sendo plantado apenas um indivíduo por sacola, com exceção das plantas que foram mantidas os dois sistemas radiculares.

Tabela 1. Análise química do substrato utilizado para a produção de mudas de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* e *Passiflora giberti*.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	U-65°C	MO-total	C-Total
----- ** porcentagem ao natural -----								
0,6	0,1	0,1	1,0	2,0	0,2	3,0	37,0	20,0
Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn		C/N	pH
----- mg/Kg ao natural -----						ao natural		
272	--	4	16587	417	66		33/1	6,9

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Recursos Naturais – Unesp, Botucatu-SP.

Os dois tipos de enxertia (garfagem e enxertia com manutenção de dois sistemas radiculares) de *P. edulis* sobre *P. giberti* foram realizados 30 dias após o transplante, ou seja, em abril de 2012, utilizando-se bisturi e fita de enxertia (parafilme), sendo realizadas 15 cm acima da base da planta, conforme Figura 1.

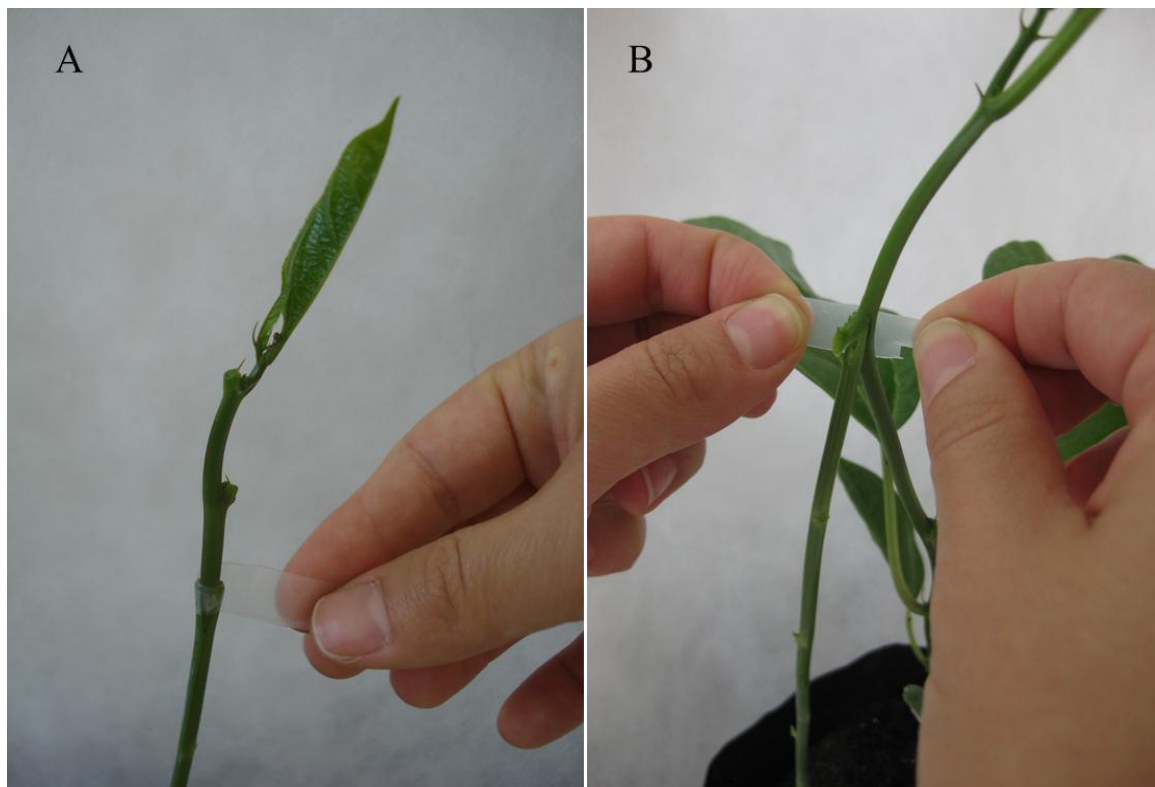


Figura 1. Maracujazeiro sendo enxertado pelo método convencional (A) e maracujazeiro sendo enxertado com permanência de dois sistemas radiculares.

5.1.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 6, três tipos de plantas (plantas não enxertadas (PNE), enxertadas por garfagem convencional (EC) e enxertia com manutenção de dois sistemas radiculares (RD)) e seis épocas de avaliação iniciando um dia após a enxertia em intervalos de três dias (1, 4, 7, 10, 13 e 16 dias após a enxertia), contendo cinco repetições, sendo que cada parcela foi constituída por cinco indivíduos.

5.1.4 Coleta do material para as análises enzimáticas

As análises de atividades enzimáticas foram realizadas em amostras retiradas na região da enxertia cortando-se 1 cm acima e 1 cm abaixo do local da enxertia e nas plantas não enxertadas as amostras foram retiradas da mesma região, também foram coletadas folhas de cada planta para análise. O material foi congelado em nitrogênio líquido e armazenado em ultrafreezer à -80°C até o momento das análises.

5.1.5 Avaliação enzimática

A atividade da superóxido dismutase (SOD) foi determinada, conforme Beauchamp e Fridovich (1971). O sistema de reação foi composto de 50 µL de extrato enzimático, com 2 mL de 50 mmol L⁻¹ de tampão fosfato de sódio, pH 7,8, 450 µmol L⁻¹ da mistura de azul de tetrazólio (NBT) + EDTA 0,66 mmol L⁻¹ (5:4) e mistura de 0,5 mL de 10 mmol L⁻¹ de L-metionina + riboflavina 3,3 mol L⁻¹ (1:1), totalizando um volume de 3,0 mL. Após iluminação dos tubos por dez minutos a 25°C, a redução do NBT foi medida por leituras de absorbância em espectrofotômetro (UV-visível) a 560 nm. A atividade da SOD foi expressa em U g⁻¹ de proteína, sendo que a unidade (U) representa a quantidade de enzima necessária para inibir em 50% a razão de redução do NBT.

A análise da atividade da enzima catalase (CAT) foi determinada conforme Kar e Mishra (1976). O sistema de reação foi mantido a 20°C por 120 segundos e foi composto de 150 µL de extrato enzimático contendo 0,1 mol L⁻¹ de tampão fosfato de potássio, pH 7,5 contendo 1 mmol L⁻¹ de EDTA e H₂O₂ 20 mmol L⁻¹, num volume final de 3 mL. Após leituras de absorbância a 240 nm, o coeficiente de extinção molar do H₂O₂ foi utilizado para o cálculo da atividade específica que foi expressa em µmol de H₂O₂ consumido min⁻¹ g⁻¹ de proteína.

A atividade da peroxidase (POD) foi determinada conforme Lima et al. (1999). O sistema de reação foi composto de 1 mL de extrato enzimático com 0,5 mL de 30% de peróxido de hidrogênio em tampão fosfato de potássio 0,2 M (pH 6,7) e 0,5 mL de solução de fenol e aminoantipirina. Em seguida, o sistema de reação foi colocado em

banho-maria a 30°C durante 5 minutos, em seguida, colocados em água fervente para paralisar a reação e centrifugados novamente durante 5 minutos a 10.000 rpm sendo o sobrenadante analisado e a leitura de absorbância realizada a 505 nm. A atividade específica da peroxidase foi expressa em μmol de H_2O_2 decomposto por $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de proteína

A atividade da polifenoloxidase (PPO) foi determinada segundo protocolo descrito por Kar e Mishra (1976). O sistema de reação foi composto de 1 mL de extrato enzimático adicionando-se 0,1 mol L^{-1} de tampão acetato (pH 5,0) e catecol 0,1mol L^{-1} e colocando-os em banho-maria durante 30 minutos acrescentando ácido perclórico, após este período, para paralisar a reação. A leitura foi realizada em absorbância no espectrofotômetro a 395 nm e a atividade expressa em μmol de catecol oxidado $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de proteína

Para as folhas também foi realizada a análise da atividade da ascorbato peroxidase (APX), sendo determinada segundo protocolo descrito por Nakano e Asada (1981). O sistema de reação foi composto de 75 μL de extrato enzimático adicionando-se 100 mM de tampão fosfato de sódio com 1 mM de EDTA, 3 mM de DDT e 4% de PVPP com pH da solução de 7,5. Foi acrescido ao sistema de reação água destilada, ascorbato de sódio 50 mM, e peróxido de hidrogênio 1 mM. A absorbância foi lida a cada 5 segundo, durante o período de 120 segundos à 290 nm, sendo a atividade da APX expressa em μmol de H_2O_2 decomposto $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de proteína.

Foi avaliado o teor de clorofila *a*, clorofila *b*, e carotenoides totais nas folhas segundo a metodologia proposta por Sims e Gamon (2002), Para a análise utilizou-se 50 mg de amostra moída e congelada, sendo estas homogeneizadas com 3mL de solução de acetona/Tris-HCl (80:20, 0,2M v:v. pH 7,8), durante 60 segundos. A solução foi centrifugada à 12000 rpm durante cinco minutos e o sobrenadante utilizado para leitura em espectrofotômetro à 663 nm, 647nm 537 nm e 470 nm, sendo os valores obtidos, utilizados nos cálculos para obtenção dos teores de pigmentos conforme as equações abaixo:

$$\text{Clorofila } a \text{ } (\mu\text{mol mL}^{-1}) = 0,01373 A_{663} - 0,000897 A_{537} - 0,003046 A_{647}$$

$$\text{Clorofila } b \text{ } (\mu\text{mol mL}^{-1}) = 0,02405 A_{647} - 0,004305 A_{537} - 0,005507 A_{663}$$

Carotenoides ($\mu\text{mol ml}^{-1}$)= $(A_{470} - (17.1 \times (\text{Clorofila } a + \text{Clorofila } b) - 9,479 \times \text{antocianinas}))/119,26$.

5.2 Experimento 2

5.2.1 Localização

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, SP entre o período de fevereiro e julho de 2012.

5.2.2 Preparo das mudas

As mudas foram preparadas como descrito no item 5.1.2

5.2.3 Avaliação do crescimento

A análise do desenvolvimento das plantas foi realizada avaliando-se as seguintes características: altura da planta, número de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea e raízes, comprimento dos entrenós, diâmetro do caule 5 cm abaixo e acima da enxertia e na altura da enxertia.

A altura da planta foi avaliada utilizando-se régua graduada medindo-se da base da planta até o ápice caulinar. O comprimento do entrenó foi obtido através da razão entre o número de folhas e a altura da planta e ambos foram expressos em centímetros.

Os três diâmetros foram avaliados com utilização de paquímetro digital, sendo expressos em milímetros.

A área foliar foi obtida em integralizador de área, *Area Meter* modelo Li-3100 da Li-Cor e foi expressa em cm^2 .

A massa seca da parte aérea e radicular foi medida separando-se os materiais em sacos de papel identificados e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar a 60°C , até obtenção de massa constante, aferida em balança de precisão com resultados expressos em gramas.

Os resultados de área foliar, massa seca total e massa seca foliar foram ajustados simultaneamente em relação ao tempo, através da combinação de equações exponenciais quadráticas e os índices fisiológicos estimados com o aplicativo Anacres (PORTES; CASTRO JÚNIOR, 1991), sendo calculadas a taxa de crescimento absoluto (TCA) em g dia^{-1} , taxa de crescimento relativo (TCR) em $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$, taxa assimilatória líquida (TAL) em $\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$, razão de área foliar (RAF) em $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$, área foliar específica (AFE) em $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ e duração de área foliar (DAF) em dias, razão de massa foliar (RMF) em g g^{-1} e massa específica foliar (MEF) em g dm^2 (BENICASA, 2003).

5.2.4 Trocas gasosas e análise de fluorescência da clorofila

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas utilizando-se equipamento com sistema aberto de fotossíntese com analisador de CO_2 e vapor d'água por radiação infravermelha (IRGA, modelo Li-6400, Li-Cor). Utilizou-se a última folha expandida e as avaliações ocorreram sempre entre as 9 e 11 horas do período matutino em dias com ausência de nuvens. Para o estudo da fluorescência da clorofila *a* as folhas utilizadas para as medidas de trocas gasosas foram cobertas com folhas de papel alumínio, mantendo-se lacradas durante o período de 30 minutos.

As medidas foram calculadas a partir da diferença entre a concentração de CO_2 e vapor d'água do ar de referência (valor presente na câmara sem a folha) e da amostra (valor com a folha presente na câmara), obtendo-se as concentrações

de vapor d'água e CO₂ que serão liberados (transpiração – vapor d'água) e assimilados (assimilação de CO₂) pelos estômatos das folhas.

As características avaliadas foram: taxa de assimilação de CO₂ (A), expressa em $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, taxa de transpiração (E), expressa em $\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, condutância estomática (g_s), expressa em $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e concentração interna de CO₂ na folha (C_i), sendo expressa em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$.

Os dados coletados foram submetidos ao *software* de análise de dados do equipamento medidor de fotossíntese através da equação geral de trocas gasosas, descrita por Von Caemmerer e Farquhar (1981).

A atividade fotoquímica foi analisada por meio da fluorescência da clorofila *a*, sendo os dados coletados simultaneamente com os dados de trocas gasosas utilizando-se fluorômetro de luz modulada (Li-6400-40) acoplado ao Li-6400. As características determinadas foram: eficiência quântica potencial (F_v/F_m) e efetiva ($\Delta F/F_m'$) do fotossistema II (FSII), sendo os valores de F_m e F_v representados pela fluorescência máxima e variável determinadas após 30 minutos de adaptação ao escuro e os valores de F_m' e F_s representados pela fluorescência máxima e no estado de equilíbrio dinâmico na presença de luz e F_0' representando a fluorescência basal, após a excitação do fotossistema I (FSI), coeficiente de extinção fotoquímico (qP) e não-fotoquímico [$NPQ = (F_m - F_m')/F_m'$] da fluorescência e a taxa de transporte de elétrons ($ETR = DFFF * \Delta F/F_m' * 0,5 * 0,84$) (BILGER; BJÖRKMAN, 1990).

5.3 Experimento 3

5.3.1 Localização

O experimento 3 foi conduzido na fazenda experimental da APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Polo Alta Sorocabana no município de Presidente Prudente (SP) e as análises de qualidade dos frutos foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Gestão Agroindustrial da Faculdade de

Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, SP.

5.3.2 Preparo das mudas

As mudas foram preparadas como descrito no item 5.1.2.

5.3.3 Condução do experimento

O sistema de condução foi o de espaldeira com um fio de arame liso, fixo em mourões de 2,8 m de altura (mais 0,5 m enterrado) espaçados de 5 metros, dessa forma o fio de arame ficou suspenso à 2 m de altura. O espaçamento da cultura foi de 2,5 m entre as plantas por 3,5 metros entre linhas. No primeiro ano de cultivo, o plantio das mudas foi realizado no mês de setembro de 2012 e foram cortadas em julho de 2013 para que em setembro de 2013 novas mudas pudessem ser transplantadas e conduzidas até junho de 2014. O plantio neste período ocorreu em função das condições climáticas, pois, foi o mês em que houve quantidades significativas de precipitação, viabilizando o plantio das mudas sem que houvessem perdas ou necessidade de irrigação (Figura 2)

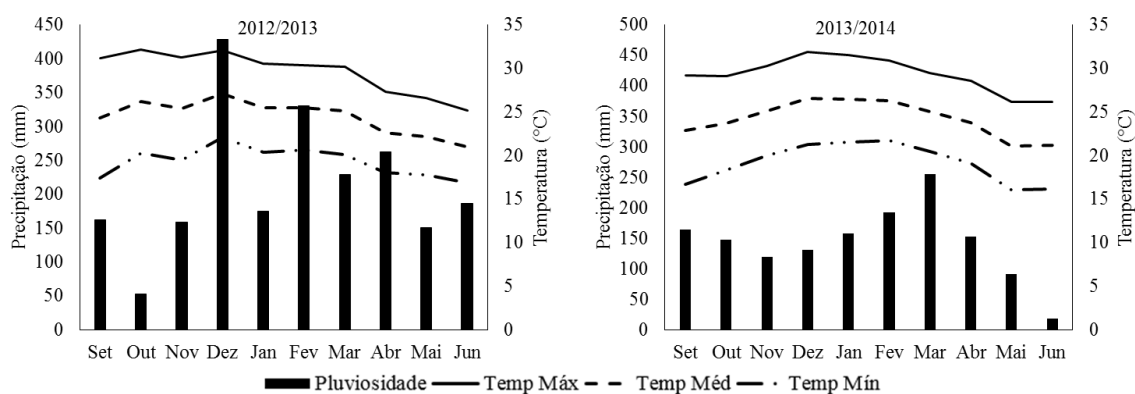


Figura 2. Dados de temperatura e precipitação registrados no período de condução do experimento (setembro/2012 a junho/2014). Presidente Prudente – SP.

Antes do plantio foi realizada a análise de solo para verificar a necessidade de calagem e adubação de produção. De acordo com os resultados da análise de solo (Tabela 2) foram efetuadas as recomendações de adubação e calagem para a cultura, segundo Raij et al. (1996).

Tabela 2. Análise química de solo antes da correção de pH e adubação de plantio nos dois anos agrícolas, APTA, Presidente Prudente/SP.

Ano	pH	M.O.	P _{resina}	S	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³									
2012	4,9	12,3	9,9	5,2	1	26,9	5,3	23,2	6,1	34,5	56,7	61,6
2013	5,2	11,4	6,9	5,2	0	19,1	4,5	19,0	7,2	61,6	49,9	61,5

Fonte: Laboratório de Análise de Solos e Tecido Vegetal. Faculdade de Agronomia – UNOESTE- Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente/SP.

A adubação de formação iniciou após o estabelecimento das mudas obedecendo a recomendação de Piza Junior et al. (1996) utilizando-se sulfato de amônio durante o desenvolvimento inicial até atingir o período produtivo, quando foi realizada adubação com adubo formulado 20-05-20.

As mudas foram transplantadas e conduzidas com um único ramo vegetativo (ramo primário) até atingir o fio de arame, sendo as brotações laterais eliminadas. Ao atingir o fio, todos os ramos foram conduzidos para o mesmo lado, deixando-o crescer sobre o fio de arame, sendo que nesta fase, os ramos secundários emitidos não foram eliminados.

Para o controle de doenças fúngicas foram efetuados tratamentos preventivos, utilizando-se a mistura de oxiclreto de cobre e mancozeb. As pulverizações foram realizadas sempre no período da manhã para não afetar os insetos polinizadores e a polinização artificial foi realizada entre 14 e 17 horas, sempre que houve a abertura de flores. Para o controle de plantas invasoras foi realizada capina manual na linha e nas entrelinhas foram plantadas *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco), durante a época de primavera/verão (Figura 3A) e *Raphanus sativus* (nabo forrageiro), durante as épocas de

outono/inverno (Figura 3B), sendo roçadas sempre que necessário, como forma de auxiliar no controle de virose.



Figura 3. (A) *Canavalia ensiformis* na entre linhas da cultura do maracujazeiro. (B) *Raphanus sativus* na entre linhas da cultura do maracujazeiro. Presidente Prudente – SP.

5.3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com três tratamentos (plantas não enxertadas, enxertia por garfagem e plantas com dois sistemas radiculares) com oito repetições, sendo cada parcela constituída por cinco plantas. Para comparação entre os dois anos agrícolas, foi realizada análise conjunta.

5.3.5 Avaliação de produção

As avaliações de produção foram realizadas duas vezes por semana, no período da manhã a partir do mês de novembro, quando se iniciou o período de

florescimento e frutificação até o mês de junho quando terminou a produção de frutos. Durante esta etapa foram avaliadas as seguintes características: número de frutos, comprimento e diâmetro dos frutos, massa média dos frutos e produção total de frutos por hectare

Para a análise do número de frutos foi realizada a contagem de todos os frutos colhidos e para a análise do diâmetro e comprimento dos frutos foi utilizado paquímetro digital e suas medidas utilizadas para classificar os frutos, segundo CEAGESP (2001), sendo os frutos que apresentaram diâmetro equatorial igual ou inferior à 55 mm pertencentes à classe 1, frutos que apresentaram diâmetro equatorial entre 55 e 65 mm foram classificados como pertencentes à classe 2, frutos que apresentaram diâmetro equatorial entre 65 e 75 mm foram classificados como pertencentes à classe 3, frutos com diâmetro equatorial entre 75 e 85 mm foram classificados como pertencentes à classe 4 e frutos com diâmetro equatorial superior à 85 mm foram classificados como pertencentes à classe 5. Já para a avaliação da produção total de frutos, estes foram pesados em balança analítica sendo sua massa expressa em quilogramas. Com relação a massa média dos frutos foi utilizada a razão entre a massa total de frutos por planta e o número total de frutos por planta.

5.3.6 Qualidade dos frutos e potencial antioxidante

Durante o mês de março foi realizada a avaliação da qualidade de frutos, pois neste período, há um pico na produção dos frutos. As características avaliadas nesta etapa foram: teor de sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, potencial hidrogeniônico, firmeza, carboidratos totais e teor de açúcares redutores. Foram avaliados também o rendimento de polpa, assim como a espessura da casca dos frutos.

O potencial antioxidante da polpa dos frutos foi realizado através da análise dos seguintes parâmetros: fenóis totais, flavonoides totais, teor de ácido ascórbico, carotenoides totais e determinação da atividade antioxidantes DPPH.

A textura foi medida nos frutos inteiros utilizando-se texturômetro Stevens LFRA *Texture Analyser*, com ponta de prova A 9/1000. A velocidade de

penetração foi de $2,0 \text{ mm seg}^{-1}$ a uma profundidade de 5 mm. Os resultados foram expressos em Newton (N).

O pH e a acidez titulável (AT) foram determinados conforme as normas do Instituto Adolfo Lutz, publicadas em Brasil (2005). A acidez titulável foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100 gramas de polpa, na qual foi medida 10 g de polpa homogeneizados em 100 mL de água destilada e a titulação realizada com hidróxido de sódio 0,1 M.

O teor de nitrato foi determinado utilizando-se “medidor compacto de íon”, modelo c-141 da Horiba® e os resultados expressos em ppm.

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado conforme recomendação feita pela A.O.A.C. (1992) com refratômetro digital e os resultados expressos em °Brix. A determinação de carboidratos totais foi realizada segundo Dubois et al. (1956), extraíndo-se em solução aquosa e incubadas em banho-maria durante 40 minutos à 40 °C, sendo as leituras comparadas com a curva padrão de glicose e os resultados expressos em g de glicose 100g^{-1} de amostra. Os açúcares redutores foram determinados pelo método descrito por Somogyi e adaptado por Nelson (1944), sendo os resultados expressos em porcentagem.

O rendimento de polpa foi avaliado retirando-se a polpa com a semente e posterior separação das sementes, sendo determinado pela razão entre a massa da polpa e do fruto multiplicado por 100, sendo o resultado expresso em porcentagem. A espessura da casca foi obtida com auxílio de paquímetro digital e seu resultado expresso em milímetro.

A determinação do teor de fenóis totais na polpa de maracujá foi realizada conforme método de Folin-Ciocalteu (SINGLENTON; ROSSI, 1965) e os resultados expressos em g 100g^{-1} de amostra de acordo com a curva de calibração de ácido gálico. O teor de vitamina C foi determinado pelo teor de ácido ascórbico, no qual 20 g de polpa foram homogeneizados com 20 mL de ácido oxálico a 1% e titulados com solução de 2,6-diclorofenol-indofenol (CARVALHO et al., 1990) e os resultados expressos em mg 100g^{-1} de amostra. Os flavonoides totais foram determinados conforme método de Awad et al. (2000) e os resultados foram expressos em mg 100g^{-1} de amostra. Os carotenos totais foram determinados pelo método de Sims e Gamon (2002), sendo os resultados expressos

em $\mu\text{g g}^{-1}$ de amostra. A determinação da atividade antioxidante (DPPH) foi realizada segundo método de Brand-Williams et al. (1995) e os resultados expressos em $\mu\text{g g}^{-1}$ de amostra.

5.3.7 Trocas gasosas e análise de fluorescência da clorofila

As avaliações ocorreram conforme descrito no item 5.2.4.

5.3.8 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade das variâncias pelo teste Levene para verificar a necessidade de transformação dos dados e, posteriormente, submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade com auxílio do software S.A.S. para Windows, versão 9.2.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 EXPERIMENTO 1 – Atividade bioquímica e fotossintética de mudas de maracujazeiro após enxertia

No local da enxertia, a atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) apresentou comportamento polinomial de terceiro grau para todos os tratamentos, segundo análise de regressão. As mudas de maracujazeiro enxertadas convencionalmente (EC) foram as que apresentaram a maior atividade no local da enxertia, ocorrendo por volta dos 12 dias após a enxertia. As mudas de maracujazeiro com manutenção de dois sistemas radiculares (RD) apresentaram aumento em sua atividade até o sexto dia após a enxertia (DAE), entretanto, com pouca intensidade e decrescendo gradativamente até o décimo quinto dia após a enxertia (Figura 4A). A SOD é a primeira enzima na linha de defesa contra as espécies reativas de oxigênio, dismutando o $O_2^{\bullet-}$ em H_2O_2 (ALSCHER et al., 2002), sendo encontrada tanto no estroma do cloroplasto como na matriz mitocondrial (MALLICK; MOHN, 2000). A provável origem da alta atividade da SOD em nossos resultados foram as mitocôndrias, devido ao processo de cicatrização, onde a atividade mitótica é elevada e consequentemente a demanda por energia aumenta. A mitocôndria é a principal organela responsável pela geração dessa energia, o que pode sobrecarregá-la e a mesma acaba por produzir grandes quantidades de radicais superóxido sendo necessária a superóxido, sendo necessária a sua degradação que é promovida pela SOD.

A atividade da catalase (CAT) apresentou comportamento polinomial de segundo grau para ECs e de terceiro grau para as RDs conforme equação gerada pela análise de regressão. Em ambos tratamentos o aumento de atividade ocorreu aos 16 dias após a enxertia para as ECs e para as RDs, já para as PNEs a atividade permaneceu constante (Figura 4B). A resposta da catalase (CAT) foi posterior ao da SOD em função da CAT ser responsável pela degradação de H_2O_2 em H_2O e O_2 (IGAMBERDIEV; LEA, 2002), sendo o H_2O_2 o produto da reação da SOD com o $O_2^{\cdot-}$.

A atividade da peroxidase em ECs e RDs apresentou comportamento quadrático com o pico de atividade por volta dos 8 e dos 10 dias após a enxertia respectivamente. As PNEs apresentaram comportamento linear crescente, com atividade máxima aos 16 dias após enxertia (Figura 4C). A PPO e a POD são as únicas enzimas em que se observa aumento nas plantas não enxertadas, fato este que pode ser atribuído à participação destas duas enzimas no processo de lignificação que ocorre ao longo do desenvolvimento vegetal (HIRAGA et al., 2001; MAYER; STAPLES, 2002).

As polifenoloxidasas (PPO) são responsáveis pela oxidação de compostos fenólicos que são substâncias presentes no interior da célula e que participam da defesa da planta. Com o ferimento causado no momento da enxertia há liberação de compostos fenólicos e, conseqüentemente, ativação das PPOs (ANGELO; JORGE, 2007). Na Figura 4D observa-se que a atividade da PPO nas ECs apresenta resposta já no primeiro dia após a enxertia atingindo o pico aos quatro dias e reduzindo sua atividade ao longo do tempo. As RDs também apresentam atividade máxima aos quatro dias após a enxertia e (Figura 4D). Como a enxertia pelo método convencional (garfagem) é mais invasiva, provavelmente, ocorre maior liberação de compostos fenólicos no início e que são degradados ao longo do tempo. Dessa forma, com a redução da quantidade de fenóis, há redução da atividade das PPOs. A técnica de enxertia utilizada nas RDs é menos invasiva, dessa forma, sua atividade é aumentada de forma menos expressiva comparando-se aos das ECs.

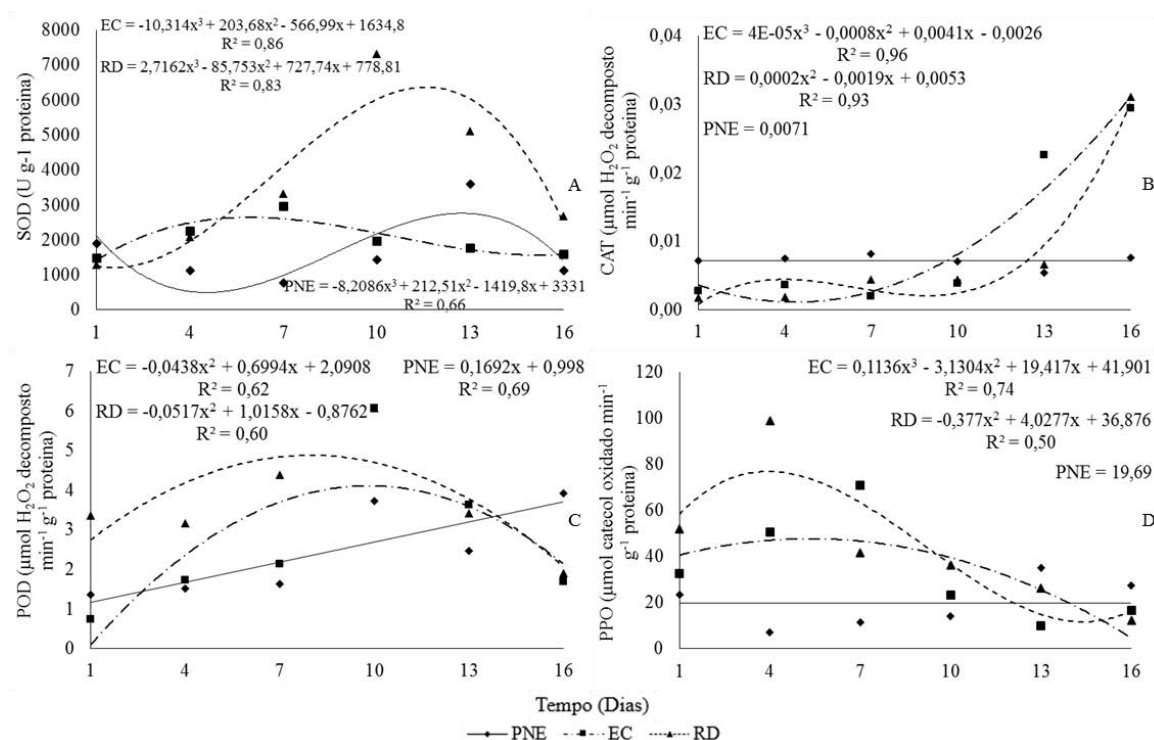


Figura 4. (A) Atividade da superóxido dismutase (U g⁻¹ proteína) - SOD, (B) catalase (μmol H₂O₂ decomposto min⁻¹ g⁻¹ proteína) - CAT, (C) peroxidase (μmol H₂O₂ decomposto min⁻¹ g⁻¹ proteína) - POD e (D) polifenoloxidase (μmol catecol oxidado min⁻¹ g⁻¹ proteína) - PPO na região da enxertia em *P. edulis* enxertados convencionalmente sobre *P. gibertii* (EC), *P. edulis* com adição do sistema radicular de *P. gibertii* (RD) e *P. edulis* não enxertados (PNE) ao longo do tempo de cicatrização da enxertia.

A atividade da SOD em folhas das ECs aumentou a partir do sétimo dia após enxertia, atingindo 14 dias conforme equação gerada pela análise de regressão polinomial de terceiro grau. O aumento da atividade da SOD para as folhas de RDs também se iniciam aos sete dias após enxertia e atinge o pico no décimo sexto dia, contudo, de forma menos expressiva (Figura 5A). Como foi observado para a região da enxertia, nas folhas a CAT também apresenta atividade mais tardia com pico aos 16 dias após enxertia, conforme equação gerada pela análise de regressão cúbica (Figura 5B).

Nas folhas de maracujazeiros submetidos aos dois métodos de enxertia, houve aumento da atividade da POD logo após a enxertia, apresentando comportamento linear crescente, sendo o pico de sua atividade aos 16 dias após enxertia, já para a atividade da PPO nas folhas de maracujazeiros enxertados convencionalmente, o aumento da atividade ocorreu aos oito dias, entretanto, decresce rapidamente atingindo valor menor que das plantas não enxertadas 16 dias após a enxertia. O aumento e pico de

atividade das plantas com dois sistemas radiculares ocorre sete dias após a enxertia e, assim, como ocorre com as plantas enxertadas convencionalmente, as plantas com dois sistemas radiculares diminuem rapidamente sua atividade segundo equação gerada pela análise de regressão quadrática (Figura 5C e Figura 5D).

Outra enzima que participa da desintoxicação da célula por H_2O_2 é a ascorbato peroxidase (APX), que atua convertendo o peróxido de hidrogênio em água utilizando como doador de elétrons o ascorbato (ácido ascórbico ionizado) (SHARMA et al., 2012). A APX, geralmente, atua quando os níveis de H_2O_2 são relativamente baixos, ou seja, são as primeiras na linha de defesa contra o H_2O_2 , assim como são as mais efetivas (MADHUSHUDHAN et al., 2003). Conforme a Figura 5E, é possível observar que quando se inicia o aumento da atividade da SOD, a atividade da APX também aumenta apresentando, apresentando atividade máxima para os dois tratamentos aos 16 dias após a enxertia.

A maior atividade das enzimas estudadas pode estar relacionada ao conteúdo relativo de água (CRA) nas folhas, uma vez que, a técnica da enxertia ocasiona o total desligamento da parte aérea com a parte radicular cessando totalmente o fluxo de água até as folhas até que ocorra a cicatrização e o ligamento dos vasos condutores, novamente, entre as duas partes da planta, dessa forma, as folhas perdem água. Já no primeiro dia após a enxertia há redução do CRA nas folhas de ECs e aos quatro dias após a enxertia observa-se o menor valor de CRA comparando-se às plantas não enxertadas e aquelas com dois sistemas radiculares. Aos dez dias após a enxertia ocorre aumento do CRA, entretanto, ainda apresenta CRA inferior ao dos demais tratamentos. A recuperação total acontece apenas a partir do décimo terceiro dia, conforme a Figura 5F.

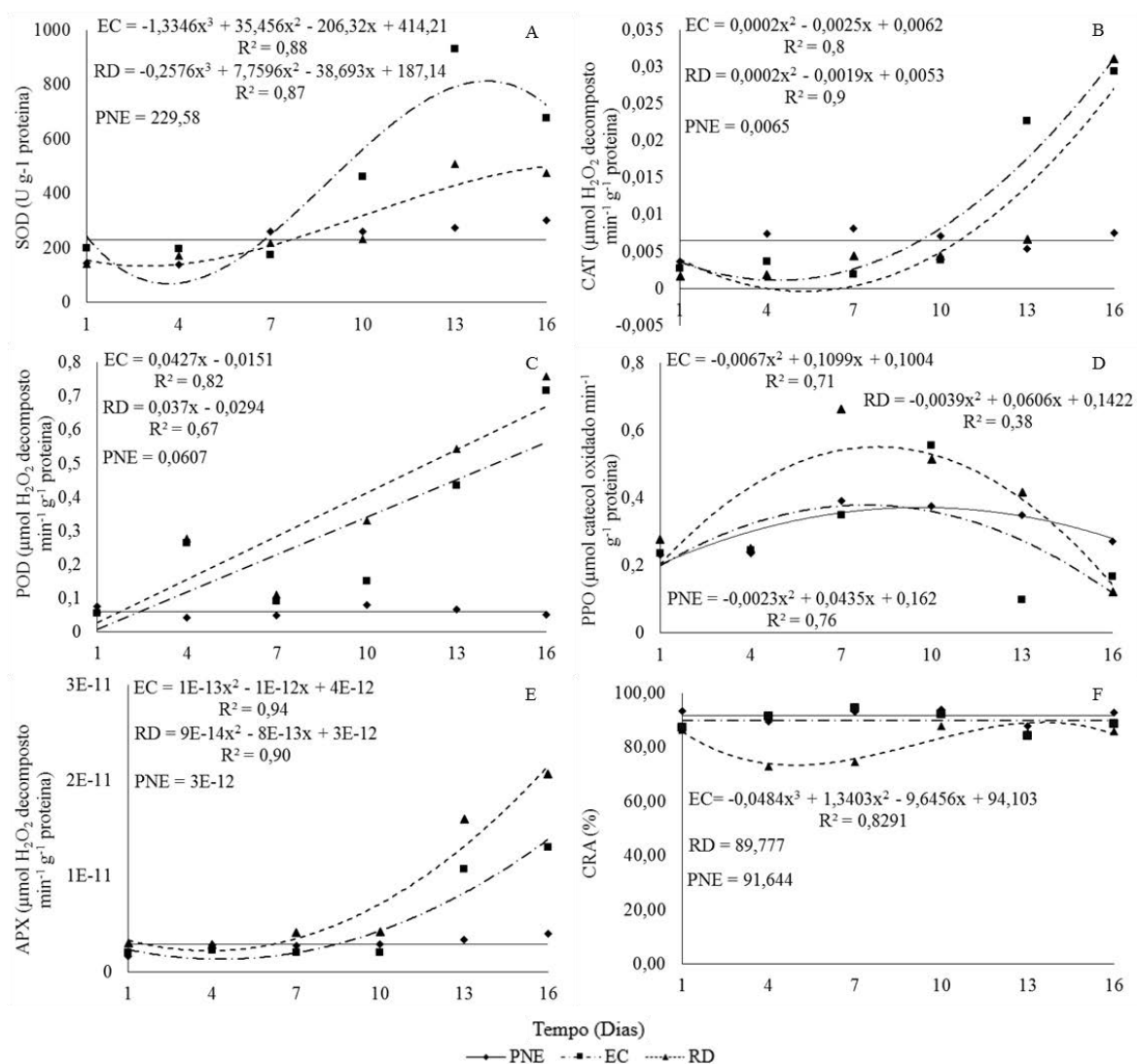


Figura 5. (A) Atividade da superóxido dismutase (U g⁻¹ proteína) – SOD, (B) catalase (μmol H₂O₂ decomposto min⁻¹ g⁻¹ proteína) – CAT, (C) peroxidase (μmol H₂O₂ decomposto min⁻¹ g⁻¹ proteína) – POD, (D) polifenoloxidase (μmol catecol oxidado min⁻¹ g⁻¹ proteína) – PPO, (E) ascorbato peroxidase – APX (μmol H₂O₂ decomposto min⁻¹ g⁻¹ proteína) e (F) conteúdo relativo de água na folha de *P. edulis* enxertados convencionalmente sobre *P. gibertii* (EC), *P. edulis* com adição do sistema radicular de *P. gibertii* (RD) e *P. edulis* não enxertados (PNE) ao longo do tempo de cicatrização da enxertia.

A redução no CRA ocasiona o fechamento estomático e, consequentemente, menor entrada de CO₂ para ser incorporado, dessa forma, ocorre excesso de energia acarretando em maior produção de espécies reativas do oxigênio (EROs). Um dos primeiros efeitos da produção excessiva de EROs é a degradação dos pigmentos fotossintéticos (LOGGINI et al., 1999). A degradação das clorofilas é um mecanismo que impede a excitação do aparelho fotossintético e, consequentemente, pode

prevenir danos pelo fato de haverem poucos aceptores de elétrons entre os fotossistemas em condições de restrição hídrica (FARRANT; KRUGER, 2001). Observa-se que tanto as clorofilas *a* e clorofilas *b* apresentam redução em seu teor durante o período em que suas folhas apresentam baixo CRA (Figura 6).

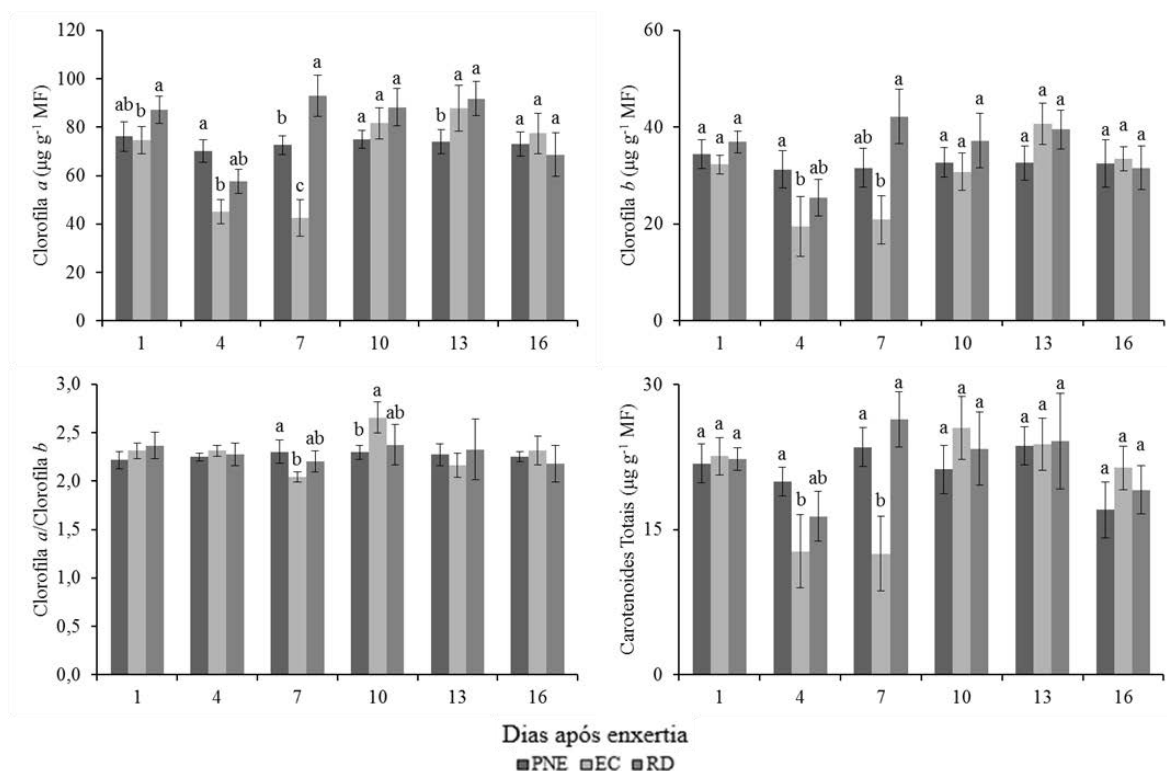


Figura 6. Teores de clorofila *a* ($\mu\text{g g}^{-1}$ MF), clorofila *b* ($\mu\text{g g}^{-1}$ MF), carotenoides totais ($\mu\text{g g}^{-1}$ MF) e relação clorofila *a*/clorofila *b* em folhas de *P. edulis* enxertados convencionalmente sobre *P. gibertii* (EC), *P. edulis* com adição do sistema radicular de *P. gibertii* (RD) e *P. edulis* não enxertados (PNE) ao longo do tempo de cicatrização da enxertia.

*Colunas indicadas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

A relação clorofila *a*/clorofila *b*, geralmente, apresenta valores próximos à 3 em condições normais (STREIT et al., 2005), entretanto, este valor pode variar conforme a espécie estudada. Para este estudo, observa-se que os valores foram próximos à 2, variando apenas aos sete e aos dez dias após a enxertia, onde aos sete, as plantas enxertadas convencionalmente apresentaram valores abaixo dos demais tratamentos e aos dez dias, apresentou valores acima dos demais tratamentos (Figura 6).

Os carotenoides são pigmentos acessórios e responsáveis pela coloração amarela, laranja e o vermelho em frutos, vegetais e flores nas plantas (SILVA et al., 2010). A estrutura básica dos carotenoides confere à esta molécula a propriedade antioxidante, devido à grande quantidade de ligações duplas na cadeia polieno e desta forma, protege as células vegetais contra o ataque, principalmente, do oxigênio *singlet*, entretanto, podem atuar na proteção contra outros radicais livres (SIKORA et al., 2008). No presente estudo, observa-se que durante o período onde a planta estava sob restrição hídrica os teores de carotenoides totais diminuíram, elevando-se novamente apenas aos 10 dias após a enxertia (Figura 6).

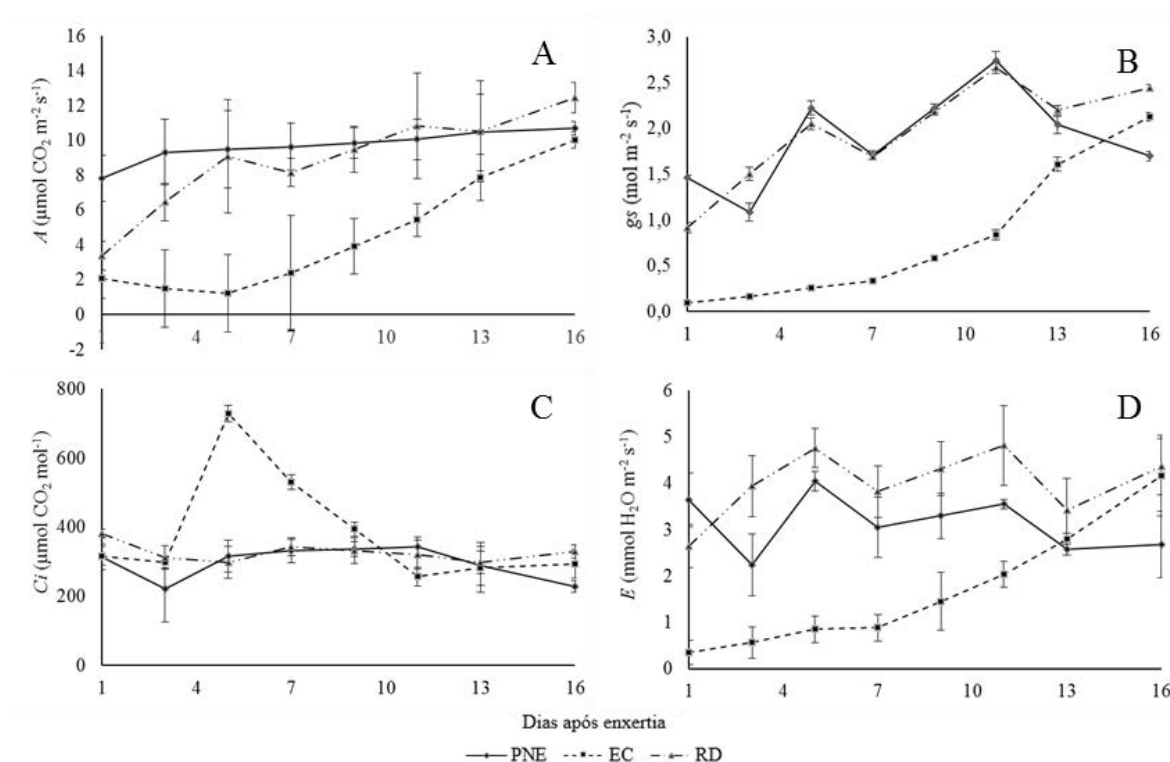


Figura 7. (A) Taxa de assimilação de CO₂ (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), (B) condutância estomática (g_s - $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), (C) conteúdo interno de CO₂ (C_i - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) e (D) taxa de transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) de mudas de *P. edulis* enxertados convencionalmente sobre *P. gibertii* (EC), *P. edulis* com adição do sistema radicular de *P. gibertii* (RD) e *P. edulis* não enxertados (PNE) ao longo do tempo de cicatrização da enxertia.

A atividade mais elevada da PPO e da POD nas ECs e nas RDs nos períodos iniciais, provavelmente, está relacionado com o processo de cicatrização entre as duas plantas do que com o estresse sofrido pelo processo de enxertia. Nogueira-Filho et al. (2010), estudando a cicatrização na enxertia entre *Passiflora edulis* e *P. alata*, relatam que aos seis dias após a enxertia já havia ocorrido soldadura entre os dois materiais, fato este que coincide com a redução da atividade da PPO no local da enxertia (Figura 4), assim como, é o momento em que as ECs apresentam elevação na taxa de assimilação de CO₂ (Figura 7A), condutância estomática (Figura 7B) e na taxa de transpiração (Figura 7D) e redução do conteúdo interno de CO₂ (Figura 7C). Segundo os mesmos autores, o espaço entre o enxerto e o porta-enxerto apresenta-se completamente preenchido aos 9 dias após a enxertia, entretanto, de acordo com a Figura 7A, 7B e 7D as ECs passam a ter comportamento semelhante aos da PNEs e RDs apenas aos 13 dias.

As RDs apresentam desempenho muito semelhante aos da PNEs, em todos os parâmetros avaliados, a partir do terceiro dia após a enxertia, devido ao fato deste método ser menos invasivo, pois não há desligamento da parte aérea com a parte radicular da planta. Dessa forma, não há interrupção da condução de água, apenas redução em seu fornecimento (Figura 7). Este fato também pode explicar a baixa atividade da SOD para este tratamento (Figura 4).

A baixa atividade da SOD, CAT e APX na folha até o décimo dia pode estar relacionado à degradação dos pigmentos (clorofilas *a* e *b* e carotenoides totais), sendo que a redução das clorofilas está relacionada à redução na captação de energia. Dessa forma, diminui a geração de EROs e protege todas as estruturas ligadas à fotossíntese (FARRANT; KRUGER, 2001). Já os carotenoides atuam na eliminação das EROs pelo fato de serem oxidadas facilmente por elas (SIKORA et al., 2008), o que explica a sua diminuição até os sete dias após a enxertia e o aumento em seu teor após esse período. Fato que também ocorre aumento na atividade das enzimas estudadas e estas serem o principal meio de neutralização das EROs na planta.

Dessa forma, de acordo com os resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi conduzido, conclui-se que as ECs sofrem grande estresse no momento da enxertia, sendo necessário cerca de 13 dias para que se recupere. Já as RDs

conseguem metabolicamente se ajustar de forma a garantir a integridade, assim como, o funcionamento normal de seu aparato fotossintético.

6.2 EXPERIMENTO 2.1 - Análise de crescimento, desenvolvimento e partição de biomassa em mudas de maracujazeiro enxertadas, com dois sistemas radiculares e não enxertadas

Não foi obtida interação significativa para o diâmetro da base caulinar de *P. edulis*, onde constata-se que há aumento significativo do diâmetro ao longo do tempo, sendo a maior média apresentada pelas plantas não enxertadas (PNE). Em contrapartida, para o diâmetro da base de *P. gibertii* houve interação, onde observa-se que ao longo do desenvolvimento há incremento no diâmetro, sobretudo para as plantas enxertadas pelo método convencional (Tabela 3).

Tabela 3. Diâmetro (mm) da base do caule de mudas de *Passiflora edulis* enxertadas convencionalmente sobre *P. gibertii* (EC), *P. edulis* com adição do sistema radicular de *P. gibertii* (RD) e *P. edulis* não enxertados (PNE) ao longo do tempo de cicatrização.

Época	Diâmetro Base <i>P. edulis</i>				Diâmetro Base <i>P. gibertii</i>			
	PNE	EC	RD	Média	PNE	EC	RD	Média
15	5,32	-	3,86	4,09 e	-	3,41 dA	3,81 cA	3,61 e
30	6,06	-	4,94	5,50 d	-	4,07 dB	4,39 bcA	4,23 d
45	6,80	-	5,55	6,17 c	-	5,14 cdA	4,40 bcB	4,76 cd
60	7,09	-	6,01	6,55 bc	-	5,71 bcA	4,93 abB	5,32 bc
75	7,33	-	6,44	6,88 ab	-	6,21 abA	5,46 aB	5,83 ab
90	7,75	-	6,72	7,23 a	-	6,59 aA	5,78 aB	6,18 a
Média	6,55 A	-	5,86 B		-	5,18 A	4,79 B	
F Trat			92,56**				42,64**	
F Epoc			100,71**				10,36**	
F Int			1,36ns				3,86**	
C.V. (%)			8,73				13,41	

**Significativo à 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si teste Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que o diâmetro da base dos caules das mudas com dois sistemas radiculares apresentaram desenvolvimento reduzido, possivelmente, este fato se deve à necessidade de divisão dos fotoassimilados entre os dois caules e sistemas radiculares. Cavichioli et al. (2011a) também observaram redução do diâmetro do caule na base da planta em *P. edulis* enxertadas sobre *P. gibertii*. Já, comparando *P. edulis* enxertadas sobre *P. gibertii* não houve alteração. Dessa forma, a redução do diâmetro de *P. edulis* quando houve sua manutenção após a enxertia, observado neste experimento, demonstra que, possivelmente, não é resultado da enxertia.

A altura sofreu interação significativa entre os fatores, onde os dados comportaram-se de forma linear (Figura 8A). O cultivo moderno do maracujazeiro preconiza mudas com altura em torno de 1,8 m (NARITA et al., 2012). Dessa forma, aos 45 dias as plantas não enxertadas e as plantas com dois sistemas radiculares apresentam altura para serem plantadas no campo. Já as plantas enxertadas pelo método convencional atingem altura apenas aos 90 dias, o que causa aumento nos custos de produção pelo tempo de permanência que as mudas necessitam ficar em ambiente protegido (NATALE et al., 2004).

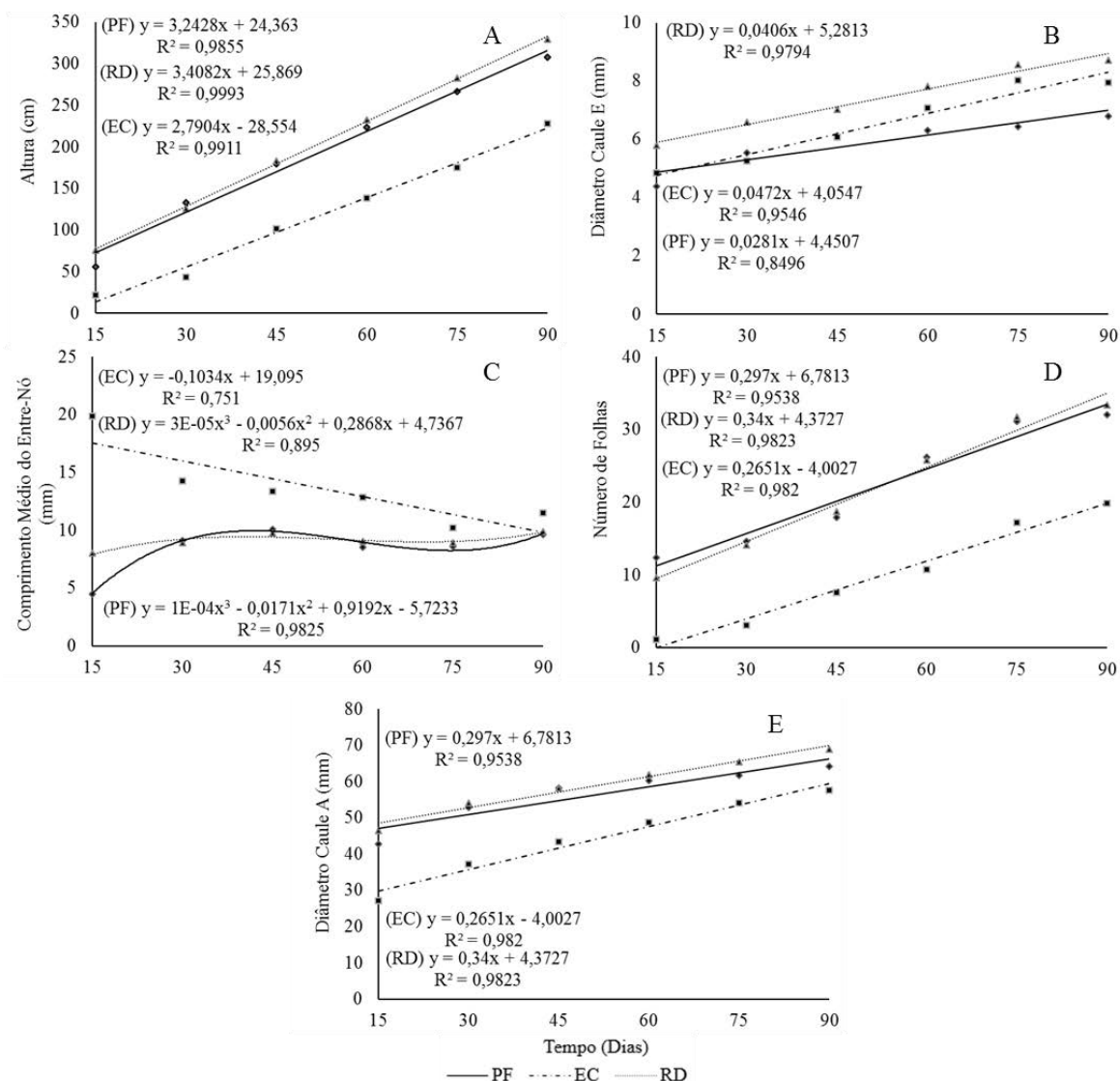


Figura 8. (A) Altura da planta de maracujazeiro (cm), (B) diâmetro do caule no local da enxertia (mm), (C) comprimento médio do entrenó (cm), (D) número de folhas e (E) diâmetro do caule acima da enxertia (mm) em plantas de maracujazeiro *Passiflora edulis* não enxertadas (PNE), enxertadas em *P. gibertii* (EC) e plantas enxertadas em *P. gibertii* com manutenção dos dois sistemas radiculares (RD).

O diâmetro no local da enxertia aumentou de forma linear para todos os tratamentos, sendo as plantas com dois sistemas radiculares aquelas que apresentaram maior diâmetro e as plantas não enxertadas, apresentaram aumento mais acentuado. Já as plantas enxertadas convencionalmente apresentaram desempenho inferior aos demais tratamentos (Figura 8B), assim como, o diâmetro do caule acima da enxertia (Figura 8E).

Um bom indicativo de qualidade de mudas pode ser atribuído ao comprimento médio de entrenó, uma vez que comprimentos muito elevados podem indicar plantas estioladas que compromete o vigor das mudas (CHAGAS et al., 2006). Dessa forma, os maracujazeiros enxertados convencionalmente, inicialmente apresentavam-se estiolados, o que possivelmente pode ser atribuído à retirada total das folhas no momento da enxertia, entretanto, com o tempo houve recuperação e equiparação do comprimento médio do entrenó com os demais tratamentos (Figura 8C).

Houve aumento linear para o número de folhas para todos os tratamentos, sendo o comportamento das plantas com dois sistemas radiculares muito semelhante ao das plantas não enxertadas. Já as plantas enxertadas pelo método convencional apresentaram número de folhas reduzido o que provavelmente foi causado pela retirada total das folhas no momento da enxertia, mas o aumento no número de folhas também foi linear, semelhante aos demais tratamentos (Figura 8D).

A partição de biomassa observada em plantas não enxertadas (PNE) e com dois sistemas radiculares (RD) apresentam comportamento semelhante, onde no início as folhas eram o órgão com maior massa seca, mas, a partir dos 60 dias, a planta passou a investir mais no crescimento caulinar. As raízes não sofreram alteração ao longo do tempo permanecendo com aproximadamente 20% da massa seca da planta. As plantas enxertadas convencionalmente em função da retirada das folhas no momento da enxertia necessitaram 45 dias para recuperar as folhas e a partir dos 60 dias passou a apresentar o mesmo comportamento dos outros tratamentos, investindo mais no caule (Figura 9).

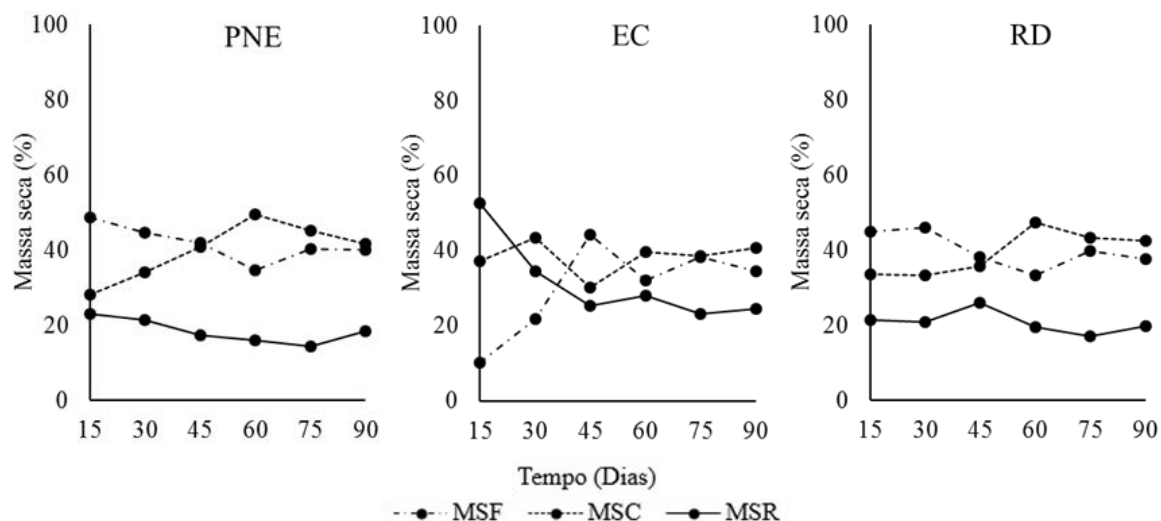


Figura 9. Massa seca foliar (MSF - g), massa seca de caule (MSC - g) e massa seca radicular (MSR - g) de plantas jovens de *P. edulis* enxertadas convencionalmente sobre *P. gibertii* (EC), *P. edulis* com adição do sistema radicular de *P. gibertii* (RD) e *P. edulis* não enxertadas (PNE) ao longo do tempo de cicatrização da enxertia.

Em condições de fornecimento adequado de água as mudas de maracujazeiro, Suassuna et al. (2010) encontraram, aproximadamente, 60% da biomassa alocada nas folhas, sendo semelhante às plantas não enxertadas e plantas com manutenção de dois sistemas radiculares, entretanto, a raiz foi o órgão com a segunda maior alocação de biomassa apresentando cerca de 32% e apenas 10% da biomassa foi alocada ao caule, diferindo dos resultados encontrados neste experimento, no qual, inicialmente, o caule é o órgão com a segunda maior alocação de biomassa passando a ser o primeiro ao longo do tempo. Durand et al. (1991) destacam que o investimento na formação de sistema radicular ocorre em plantas que apresentam alguma condição limitante. Dessa forma, observa-se que as plantas jovens de maracujazeiro de todos os tratamentos apresentavam condições adequadas de desenvolvimento.

As equações ajustadas da massa seca total (MST), área foliar (AF) e massa seca foliar (MSF) e seus respectivos coeficientes de correlação encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Equações de ajustes de massa seca total (MST - g), área foliar (AF - cm²) e massa seca foliar (MSF - g) de plantas jovens de maracujazeiro *Passiflora edulis* não enxertada e enxertada em *P. gibertii*, em função do tempo.

Tratamentos	Medida	Equações	r
Planta não enxertada	MST	$y = (2,22) [(-2,15 \cdot 10^{-4})x^2 + (5,60 \cdot 10^{-2})x]$	0,97
	AF	$y = (3,53) [(-2,33 \cdot 10^{-4})x^2 + (4,70 \cdot 10^{-2})x]$	0,98
	MSF	$y = (1,37) [(-1,03 \cdot 10^{-4})x^2 + (4,05 \cdot 10^{-2})x]$	0,98
Enxertia Convencional	MST	$y = (0,19) [(-1,48 \cdot 10^{-4})x^2 + (7,15 \cdot 10^{-2})x]$	0,97
	AF	$y = (2,05 \cdot 10^{-2}) [(-8,97 \cdot 10^{-4})x^2 + (0,16)x]$	0,99
	MSF	$y = (8,50 \cdot 10^{-3}) [(-672 \cdot 10^{-4})x^2 + (0,14)x]$	0,98
Enxertia com dois sistemas radiculares	MST	$y = (0,80) [(-5,07 \cdot 10^{-4})x^2 + (9,26 \cdot 10^{-2})x]$	0,99
	AF	$y = (2,54) [(-3,37 \cdot 10^{-4})x^2 + (6,04 \cdot 10^{-2})x]$	0,99
	MSF	$y = (0,44) [(-4,24 \cdot 10^{-4})x^2 + (0,08)x]$	0,99

As curvas ajustadas em relação ao tempo estão representadas na Figura 10, pela qual pode-se observar aumento de massa seca total e massa seca foliar lento até os 30 dias após a enxertia, mesmo para plantas não enxertadas e aumento rápido até os 75 dias e após este período, tendência de estabilização para ECs. Já as PNEs e RDs continuam acumulando massa seca até os 90 dias após enxerta.

Os maracujazeiros enxertados convencionalmente (EC) apresentam desempenho inferior aos outros dois tratamentos, fato este que pode ser atribuído à necessidade de recuperação, após a desfolha das plantas. No momento da enxertia, entretanto, mesmo não atingindo acúmulo de massa e área foliar semelhante aos outros tratamentos, aos 75 dias, também apresenta estabilização com tendência de redução. A estabilidade no aumento da massa seca e na área foliar pode ter ocorrido em função da maturidade da planta que altera seu metabolismo e passa a investir em sua reprodução (PORTES; CARVALHO, 2009), uma alteração que caracteriza essa transição em maracujazeiro é relacionada à morfologia da folha, sendo as plantas jovens caracterizadas por apresentarem folha simples e as maduras folhas trilobadas, como foi observado neste experimento.

Outro aspecto que poderia estar limitando o acúmulo de matéria seca seria a limitação do espaço físico que as raízes estavam submetidas causadas pelo tamanho do recipiente.

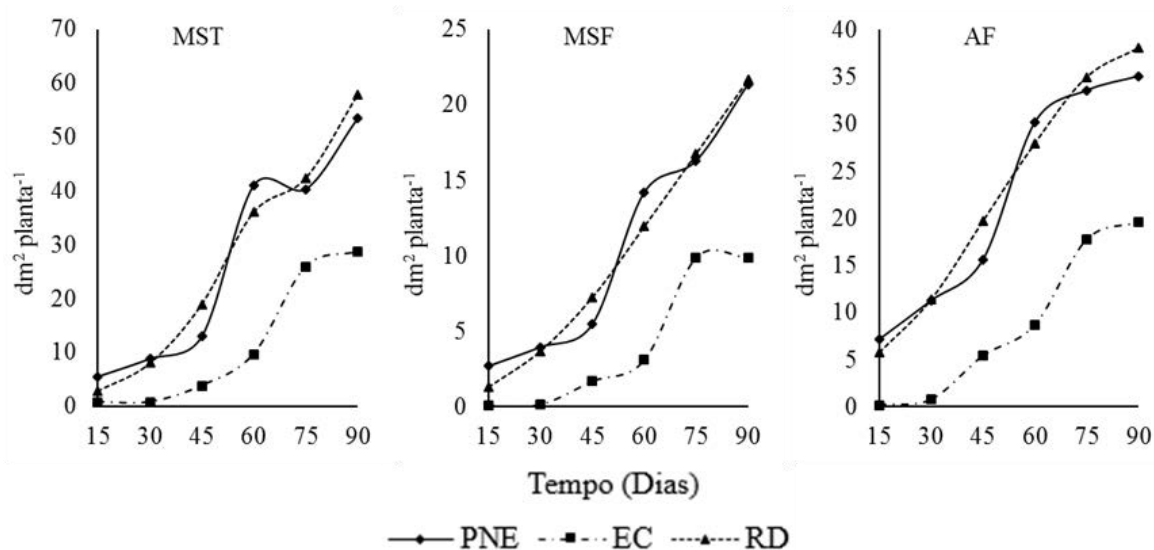


Figura 10. Ajustes de massa seca total (MST - g), massa seca foliar (MSF - g) e área foliar (AF - cm^2) de mudas plantas de maracujazeiro *Passiflora edulis* não enxertadas (PNE), enxertadas em *P. gibertii* (EC) e plantas enxertadas em *P. gibertii* com manutenção dos dois sistemas radiculares (RD) ao longo do tempo após enxertia.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) representa a produtividade primária da cultura (BENICASA, 2003) e a paralização no acúmulo de massa seca e área foliar é resultado de sua redução, sobretudo para as PNEs e RDs a partir dos 60 dias (Figura 11), que é um indicativo da maturação da planta e alteração do estágio vegetativo para o reprodutivo (ZUCARELI et al., 2010).

A taxa de crescimento relativo (TCR) indica o aumento de massa seca a partir da pré-existente na planta, havendo redução linear para todos os tratamentos, sobretudo para as RDs que demonstraram declínio mais acentuado (Figura 11). Os valores altos de TCR indicam crescimento rápido, principalmente, o investimento na formação de folhas. Ao longo do tempo, as plantas passaram a investir em outros órgãos não fotossintetizantes, assim como há aumento na atividade respiratória nas folhas com a idade mais avançada, sendo este processo comum em diversas culturas (ALVARES et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2005).

A taxa assimilatória líquida (TAL) reduziu ao longo do tempo para as RDs. Já para as plantas não enxertadas não foi observada alteração e as ECs apresentaram os valores mais altos no início, decrescendo rapidamente até os 60 dias e após esse período, passou a aumentar novamente (Figura 11). A TAL representa o ganho

de massa seca por área foliar ao longo do tempo e a sua redução está ligada, principalmente, com o crescimento da planta e sombreamento das folhas mais basais causadas pelas folhas mais jovens como observado por Povh e Ono (2008) e David e Boaro (2009) estudando sálvia e menta, respectivamente. Mesmo aumentando o número de folhas (Figura 8D) e a área foliar (Figura 10) esperava-se que a TAL de ECs continuassem a reduzir, entretanto, houve aumento após os 60 dias, fato este que pode ser atribuído à maturação das folhas e, conseqüentemente, ao melhor aproveitamento da energia luminosa por área foliar como observado em bertalha (CAMPOS et al., 2012).

Em todos os tratamentos as mudas de maracujazeiro apresentaram redução em sua área foliar específica (AFE) ao longo do tempo (Figura 11). Fato este, normal, pois no início de seu desenvolvimento as mudas apresentam folhas menos espessas e ao longo de sua maturação tornam-se mais espessas em função do acúmulo de fotoassimilados. A massa específica da folha (MEF) também demonstra este acúmulo de fotoassimilados que ocorreu na folha através do aumento nos valores em todos os tratamentos, entretanto, demonstrando maior variação ao longo do tempo (Figura 11). O investimento em folhas também pode ser representado pela razão de massa foliar (RMF) que é um índice fisiológico que indica o acúmulo de massa seca nas folhas. Conforme visto na Figura 9, no início do seu crescimento, as mudas apresentavam grande parte da massa seca acumulada nas folhas e ao longo do tempo, passou a investir em outros órgãos. Dessa forma, observa-se redução de RMF para as PNEs e RDs, já as ECs apresentam aumento acentuado até os 45 dias, quando passa a decrescer novamente. Fato este que ocorre em função da necessidade de formação de folhas, uma vez que, sofreram desfolha no momento da enxertia.

A razão de área foliar diminuiu para as PNEs e RDs, fato este atribuído, principalmente, ao sombreamento das folhas mais basais e ao investimento na formação de outros órgãos, sobretudo no caule, conforme a Figura 9. Já as ECs apresentam aumento acentuado até os 60 dias que decai após esse período, chegando a atingir valores semelhantes aos dos demais tratamentos aos 90 dias.

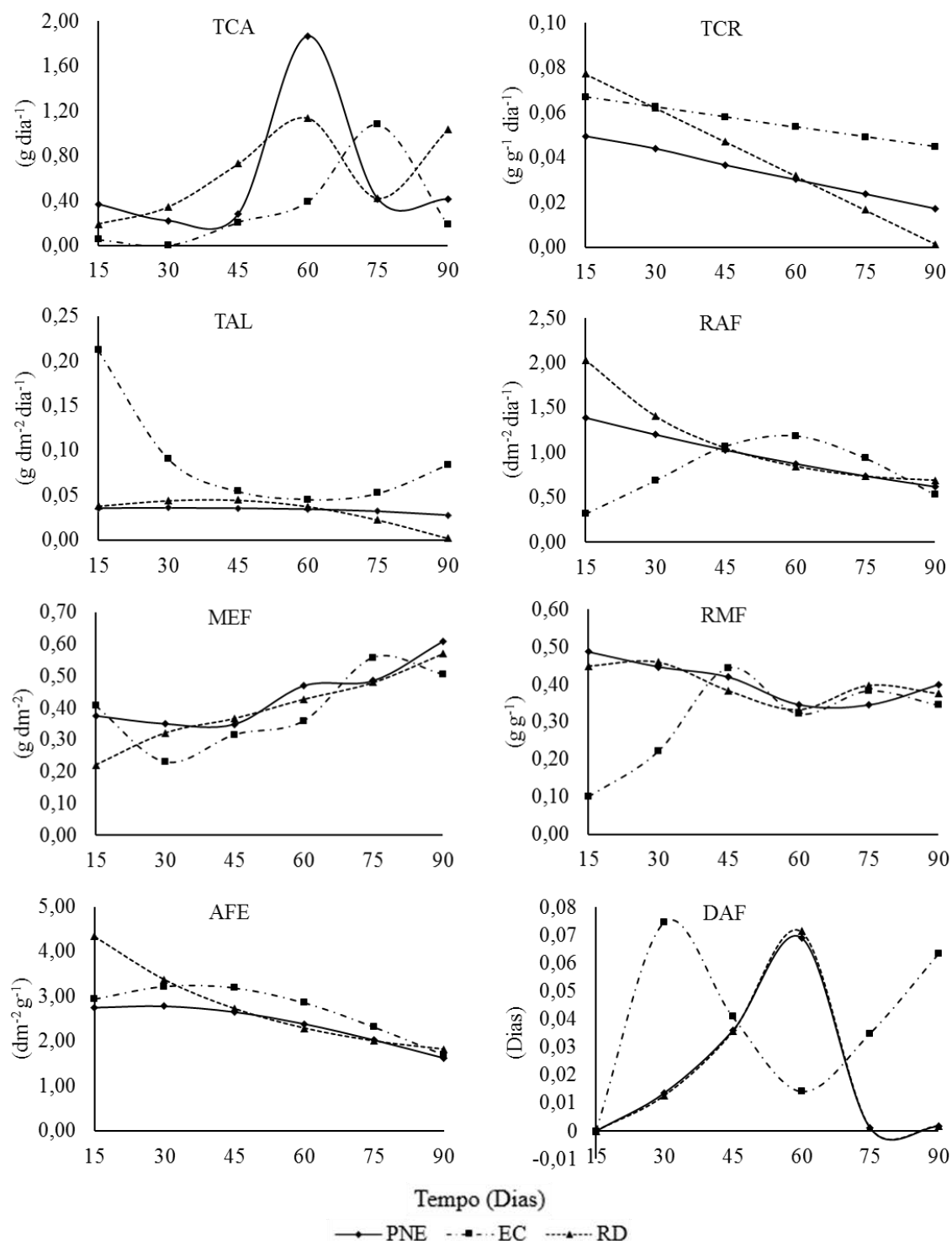


Figura 11. Taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL), razão de área foliar (RAF), massa específica de folha (MEF), razão de massa foliar (RPF), área foliar específica (AFE) e duração de área foliar (DAF) de plantas jovens de maracujazeiro *Passiflora edulis* não enxertadas (PNE), enxertadas em *P. gibertii* (EC) e plantas enxertadas em *P. gibertii* com manutenção dos dois sistemas radiculares (RD).

O comportamento das PNEs e RDs quanto à duração de área foliar (DAF) foi semelhante, aumentando lentamente até atingir o pico aos 60 dias. Já as ECs apresentaram aumento rápido atingindo o pico aos 30 dias e após este período, passou a apresentar queda até os 60 dias que apresentou aumento na DAF. Segundo Campos et al. (2012), a área foliar depende do número e do tamanho das folhas, assim como o tempo de permanência na planta, sendo a área foliar e a produtividade biológica diretamente proporcional (MONTEIRO et al., 2005).

Conforme os resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi realizado, as plantas enxertadas convencionalmente necessitam de um tempo maior até se recuperarem, estando cerca de 30 dias atrasadas em relação às demais plantas. Já a enxertia com manutenção de dois sistemas radiculares (RD) parece ser um método promissor devido ao seu comportamento superior às plantas não enxertadas e enxertadas pelo método convencional em muitos aspectos.

6.3 EXPERIMENTO 2.2 – Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* em mudas de maracujazeiro enxertadas, com dois sistemas radiculares e não enxertadas

A assimilação de CO₂ nas mudas de maracujazeiro apresentaram diferença apenas aos 15 dias após a enxertia, sendo as RDs aquelas que apresentaram maiores valores, em contrapartida, as PNEs foram aquelas que apresentaram o pior desempenho e as ECs comportamento intermediário, entretanto, nas demais épocas de avaliação não foi observada diferença significativa (Figura 12).

A concentração interna de CO₂ e a condutância estomática não sofreram influência da enxertia em nenhuma das épocas de avaliação, apesar da condutância estomática apresentar valores absolutos maiores nos períodos finais de avaliação (Figura 12).

Apesar de não ter apresentado diferença significativa, aos 45 e 60 dias após a enxertia, a condutância estomática parece ter influenciado na

evapotranspiração, onde as RDs apresentaram os maiores valores aos 45 dias, contudo aos 60 dias as PNEs foram aquelas que apresentaram maior transpiração (Figura 12).

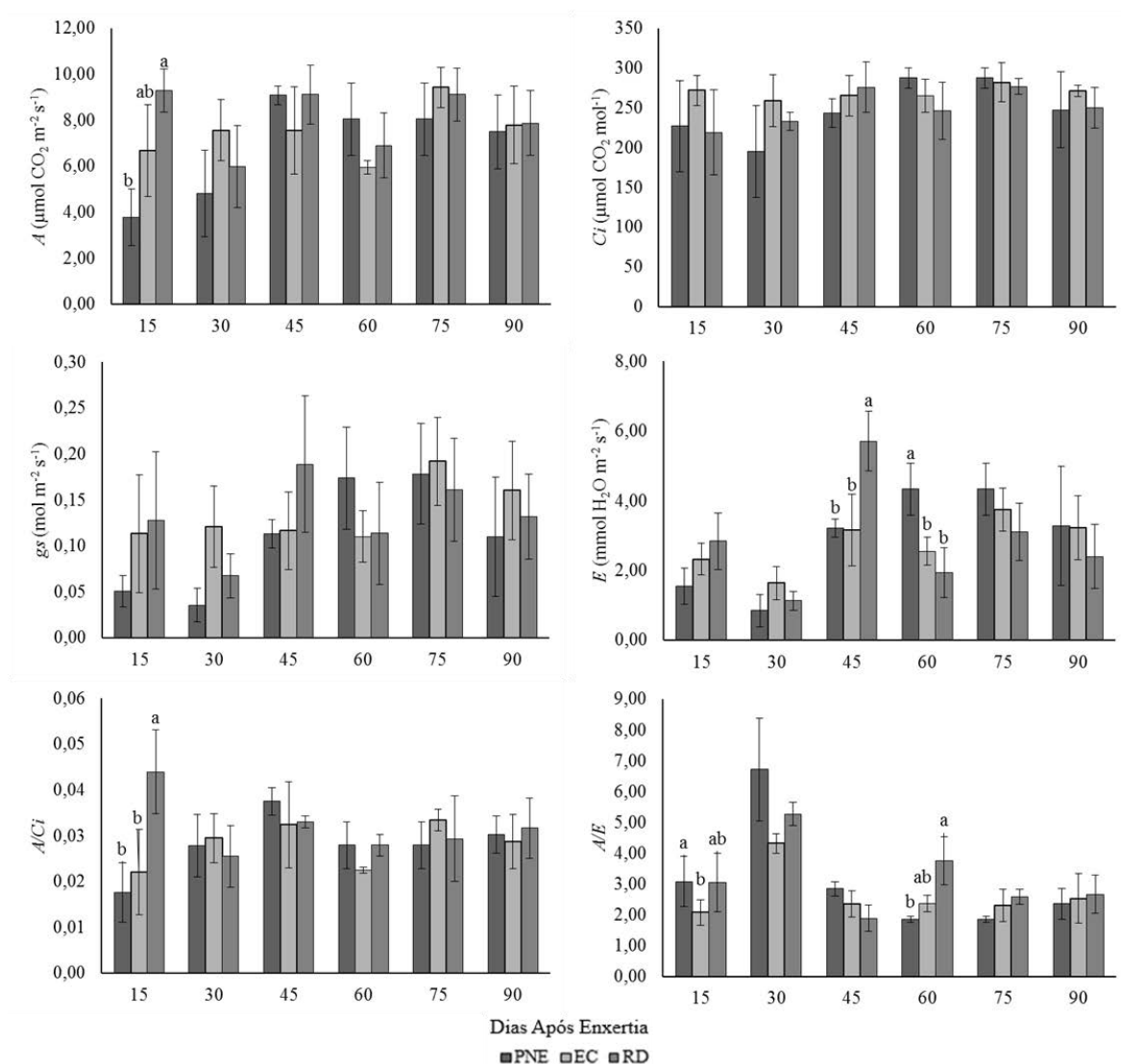


Figura 12. Taxa de assimilação de carbono (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), conteúdo interno de CO_2 (C_i - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência de carboxilação (A/C_i) e eficiência do uso de água (A/E) em mudas de maracujazeiro *Passiflora edulis* não enxertadas (PNE), enxertadas em *P. gibertii* (EC) e plantas enxertadas em *P. gibertii* com manutenção dos dois sistemas radiculares (RD) ao longo do tempo após a enxertia.

A relação entre a quantidade de CO_2 assimilado pela quantidade de CO_2 presente no interior da folha é responsável por fornecer dados da eficiência de carboxilação (A/C_i) que apresentou alteração entre os tratamentos apenas aos 15 dias após

a enxertia, sendo que as RDs apresentaram os maiores valores. Fato este que, provavelmente, ocorreu em função da assimilação de CO₂ que apresentou comportamento semelhante (Figura 12). A eficiência do uso da água é a relação entre a quantidade de CO₂ assimilado pela quantidade de H₂O perdida por transpiração. Neste estudo, ao longo da formação das mudas de maracujazeiro a EUA apresentou diferença entre os tratamentos apenas aos 15 dias após a enxertia e 60 dias, sendo aos 15 dias as PNEs e RDs as plantas que apresentaram melhor desempenho, apesar de que as RDs não diferiram estatisticamente das ECs. Já aos 60 dias, as PNEs foram aquelas que apresentaram pior desempenho, em contrapartida as RDs mantiveram alta eficiência no uso da água (Figura 12).

Aos 15 dias as RDs apresentaram alta taxa de assimilação de carbono, entretanto, apresentou também alta taxa de transpiração, o que pode ter sido ocasionado pela alta condutância estomática. Dessa forma, as RDs apresentaram baixa eficiência do uso da água nesse momento, mas melhorando após este período. Segundo Morgado (2011), o *P. gibertii* apresenta sistema radicular vigoroso, somando ao da *P. edulis* as mudas apresentam alta capacidade de captação de água, fato este que pode ser observado através das ECs que possuem apenas o sistema radicular do *P. gibertii*, entretanto, apresentou comportamento semelhante às RDs. Em condições ótimas, as plantas tendem a permanecer o maior tempo possível com os estômatos abertos para que possa captar CO₂, dessa forma, ocorre grande perda de água por transpiração e a eficiência do uso de água diminui, entretanto, em condições limitantes as plantas apresentam comportamento contrário (LARCHER, 2005).

O fato da maior parte das diferenças ocorrerem apenas 15 dias após a enxertia, provavelmente, pode ser atribuído ao sistema radicular que nas PNEs, provavelmente, apresentavam menor desenvolvimento e, após esse período, igualou de forma que não foram encontradas mais diferenças. Hurtado-Salazar (2013) não encontrou diferença entre os maracujazeiros enxertados sobre *P. gibertii* e não enxertados para a assimilação de CO₂, condutância estomática, transpiração e concentração interna de CO₂, entretanto, as avaliações ocorreram a partir dos 128 dias após o transplante.

A fluorescência basal, eficiência quântica do FSII (Fv/Fm), eficiência quântica efetiva do FSII (ΦPSII) e taxa aparente de transporte de elétrons não apresentaram alteração entre os tratamentos (Figura 13).

O coeficiente de extinção fotoquímica da fluorescência (qP) quantifica a capacidade fotoquímica do PSII indicando a fração de centros de reação do PSII que podem ser reduzidos (MAXWELL; JOHNSON, 2000). Aos 30 dias após a enxertia as ECs apresentaram os maiores valores de qP. Já aos 60 dias, as PNEs passam a apresentar os maiores valores sendo o comportamento do qP muito semelhante aos de assimilação de CO₂, sugerindo que a energia absorvida pelos centros de reação está de fato sendo aproveitados na fotossíntese.

O *quenching* não fotoquímico é uma resposta ao excesso de energia luminosa, cuja energia luminosa é convertida em energia térmica e dissipada ao meio diminuindo então a produção de O₂*⁻ no fotossistema II (MÜLLER et al., 2001). Para as mudas de maracujazeiro, o único momento em que houve alteração entre os tratamentos, ocorreu aos 15 dias após a enxertia, sendo as plantas não enxertadas aquelas que apresentaram os maiores valores, entretanto, sem diferir das ECs (Figura 13). Por outro lado, as RDs apresentaram o menor NPQ aos 15 dias após a enxertia. Nas demais épocas de avaliação, as RDs apresentaram valores absolutos menores, evidenciando a maior eficiência na captação de água que a presença de sistema radicular adicional causa à planta.

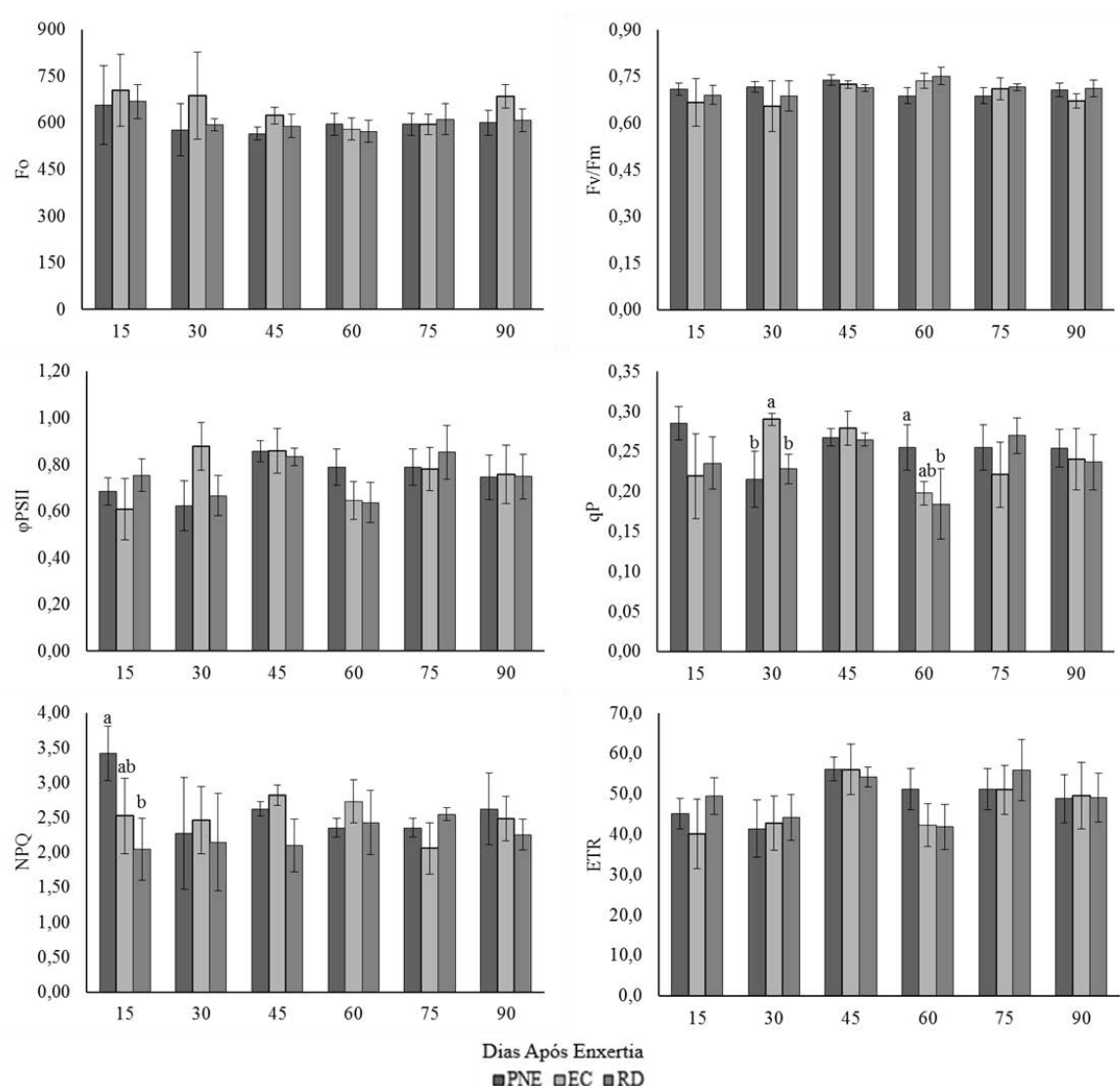


Figura 13. Fluorescência basal (Fo), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), eficiência quântica efetiva do fotossistema II (Φ PSII), coeficiente de extinção fotoquímica da fluorescência (qP), *quenching* não fotoquímico (NPQ) e taxa de transporte de elétrons (ETR) em mudas de maracujazeiro *Passiflora edulis* não enxertadas (PNE), enxertadas em *P. gibertii* (EC) e plantas enxertadas em *P. gibertii* com manutenção dos dois sistemas radiculares (RD) ao longo do tempo.

As poucas variações encontradas para os parâmetros de fluorescência e de trocas gasosas nas mudas de maracujazeiro, indicam que a enxertia afetou pouco a eficiência do sistema fotossintético. Dessa forma, conclui-se que a enxertia e a utilização de dois sistemas radiculares influenciam moderadamente o sistema fotossintético de mudas de maracujazeiro.

6.4 EXPERIMENTO 3.1 – Produtividade, qualidade e potencial antioxidante de frutos de maracujazeiro enxertado com dois sistemas radiculares e não enxertados

O sistema de classificação dos frutos utilizado foi o proposto pela CEAGESP (2001), que apesar de apresentar em suas normas, frutos da classe 1, neste experimento não houve a presença de frutos desta classe, portanto há apenas os valores de números de frutos, produção e massa média dos frutos das classes 2, 3, 4 e 5.

O número total de frutos por planta sofreu interação entre os tratamentos e o ano de cultivo para as classes 2, 4, 5 e número total de frutos, já para a classe 3 não houve interação, havendo diferença apenas quando se estudou os fatores de forma isolada (Tabela 5). O número de frutos da classe 3 foi menor para as plantas enxertadas convencionalmente, apresentando aproximadamente 15% menos frutos do que os demais tratamentos (Tabela 5). Com relação ao ano de cultivo, observa-se que no segundo ano houve maior número de frutos da classe 3 (Tabela 5).

Tabela 5. Número total de frutos e número de frutos dentro de cada classe* (número de frutos planta⁻¹), em maracujazeiros enxertados em *Passiflora gibertii*, com dois sistemas radiculares e não enxertados (*P. edulis*).

Tratamentos	Classe				Total
	2	3	4	5	
Plantas não enxertadas	17,38 b	38,96 a	40,59 a	11,12 a	108,05 a
Enxertia convencional	25,47 a	33,18 b	23,01 b	3,63 b	84,85 b
Dois sistemas radiculares	18,07 b	40,57 a	40,91 a	12,84 a	112,4 a
F trat	9,43**	6,07**	30,97**	15,87**	23,60**
Épocas	Classe				Total
	2	3	4	5	
Ano 1	25,47 a	32,56 b	23,74 b	6,14 b	87,93 b
Ano 2	15,14 b	42,57 a	45,93 a	13,04 a	115,61 a
F ano	37,61**	30,23**	109,06**	16,95**	61,80**
F conjunta	9,34**	0,75ns	12,51**	7,38**	3,55*
C.V.(%)	28,75	16,78	21,12	50,85	11,98

ns– não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade, **significativo à 1% de probabilidade pelo teste F.

médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade

* classes de frutos segundo CEAGESP (2001).

O desdobramento da interação entre os tratamentos e o ano de cultivo, demonstra que para os frutos da classe 2 no primeiro ano não houve diferença entre os tratamentos, entretanto, no segundo ano, houve diminuição da quantidade de frutos para as plantas não enxertadas e para as plantas com dois sistemas radiculares, contudo as plantas enxertadas convencionalmente apresentaram a mesma quantidade de frutos nos dois anos (Tabela 6).

O número de frutos da classe 4 no primeiro ano também não sofreu influência dos tratamentos no primeiro ano de cultivo, já no segundo ano houve aumento do número de frutos para as plantas não enxertadas e para as plantas com dois sistemas radiculares (Tabela 6). Comparando-se os anos de cultivo observa-se aumento de aproximadamente 140% e 88% para as plantas não enxertadas e plantas com dois sistemas radiculares no segundo ano de cultivo (Tabela 6).

Na classe 5 o número de frutos das plantas não enxertadas e das plantas com dois sistemas radiculares no primeiro ano foi maior do que as plantas enxertadas convencionalmente e o mesmo comportamento foi verificado no segundo ano, sendo que para as plantas com dois sistemas radiculares houve aumento do número de frutos no segundo ano (Tabela 6).

O número total de frutos apresentou comportamento semelhante ao do número de frutos da classe 4, onde as plantas não enxertadas e as plantas com dois sistemas radiculares apresentaram maior número de frutos nos dois anos, entretanto, no segundo ano houve aumento do número de frutos destes tratamentos comparando-se ao do primeiro ano (Tabela 6). A semelhança entre o número de frutos da classe 4 e o número de frutos total pode ser explicado devido a representatividade da classe 4, que é responsável por cerca de 40 a 45% do número total de frutos.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre os tratamentos e o ano de cultivo para o número de frutos das classes 2, 4, 5 e número total de frutos de maracujazeiros enxertados em *Passiflora gibertii*, com dois sistemas radiculares e não enxertados (*P. edulis*).

Tratamento	Classe 2		Classe 4	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Plantas não enxertadas	25,86 aA	8,90 bB	23,83 aB	57,35 aA
Enxertia convencional	25,56 aA	25,37 aA	19,03 aA	27,00 bA
Dois sistemas radiculares	25,00 aA	11,13 bB	28,36 aB	53,45 aA

Tratamento	Classe 5		Total	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Plantas não enxertadas	8,36 aA	13,87 bA	90,50 aB	126,00 aA
Enxertia convencional	3,66 bA	3,60 cA	77,60 bA	92,10 bA
Dois sistemas radiculares	6,40 aB	19,29 aA	95,60 aB	129,00 aA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si na coluna pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Segundo as condições apresentadas por Banzato e Kronka (2006), não foi possível realizar a análise conjunta da produtividade total dos frutos da classe 2. Observa-se que no primeiro ano de cultivo não houve diferença entre os tratamentos, contudo, no segundo ano de cultivo, constata-se que as plantas enxertadas convencionalmente apresentaram maior produtividade comparado aos demais tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7. Produtividade de frutos da classe 2* (ton de frutos ha⁻¹), em maracujazeiros enxertados em *Passiflora gibertii*, com dois sistemas radiculares e não enxertados (*P. edulis*).

Tratamento	Classe 2	
	Ano 1	Ano 2
Plantas não enxertadas	3,46 a	0,96 b
Enxertia convencional	3,73 a	2,25 a
Dois sistemas radiculares	3,50 a	1,15 b
F	0,89ns	9,19**
C.V. (%)	12,4	44,64

ns – não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade

**significativo à 1% de probabilidade pelo teste F

médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

* classes de frutos segundo CEAGESP (2001).

A produtividade ($t\ ha^{-1}$) sofreu interação significativa apenas para as classes 4, 5 e produtividade total, já a produtividade de frutos da classe 3 não alterou devido aos tratamentos e ano de cultivo (Tabela 8).

Tabela 8. Produtividade total e produtividade de frutos dentro de cada classe* (ton de frutos ha^{-1}), em maracujazeiros enxertados em *Passiflora gibertii*, com dois sistemas radiculares e não enxertados (*P. edulis*).

Tratamentos	Classe				
	2	3	4	5	Total
Plantas não enxertadas	-	10,56 a	14,05 a	4,89 a	32,83 a
Enxertia convencional	-	9,06 a	6,99 b	1,98 b	22,29 b
Dois sistemas radiculares	-	10,56 a	14,91 a	5,34 a	34,32 a
F trat	-	2,48ns	25,58**	10,37**	24,22**
Épocas	Classe				
	2	3	4	5	Total
Ano 1	-	9,84 a	8,97 b	2,88 b	27,06 b
Ano 2	-	10,25 a	14,98 a	5,56 a	32,56 a
F ano	-	0,48ns	36,76**	12,87**	12,84**
F conjunta	-	1,11ns	9,44**	3,76*	5,27*
C.V.(%)	-	21,91	28,67	52,39	17,87

ns – não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade

*Significativo à 5% de probabilidade pelo teste F

**significativo à 1% de probabilidade pelo teste F

médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

* classes de frutos segundo CEAGESP (2001).

No desdobramento da interação entre os tratamentos e o ano de cultivo observa-se que a produtividade de frutos da classe 4 no primeiro ano não sofreu influência do tratamento, já no segundo ano a produtividade das plantas não enxertadas e das plantas com dois sistemas radiculares aumentou significativamente, sendo aproximadamente 170% maior do que a produtividade das plantas enxertadas convencionalmente e 114% e 71% maior do que as plantas não enxertadas e com dois sistemas radiculares, do primeiro ano de cultivo, respectivamente (Tabela 9).

A produtividade de frutos da classe 5 já sofreu influência dos tratamentos no primeiro ano de cultivo, onde as plantas enxertadas convencionalmente apresentaram menor produtividade com apenas 48% da produtividade média dos outros

dois tratamentos. No segundo ano de cultivo o comportamento foi semelhante, entretanto, a produtividade das plantas com dois sistemas radiculares foi superior no segundo ano (Tabela 9).

Tabela 9. Desdobramento da interação entre os tratamentos e o ano de cultivo para a produtividade total, e produtividade de frutos das classes 4 e 5 (ton de frutos ha⁻¹) de maracujazeiros enxertados em *Passiflora gibertii*, com dois sistemas radiculares e não enxertados (*P. edulis*).

Tratamento	Classe 4		Classe 5		Total	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Plantas não enxertadas	8,90 aB	19,13 aA	3,96 aA	5,80 aA	27,94 aB	37,70 aA
Enxertia convencional	6,96 aA	7,02 bA	1,68 bA	2,38 bA	22,80 bA	21,50 bA
Dois sistemas radiculares	10,99 aB	18,82 aA	2,97 aB	7,69 aA	30,18 aB	38,40 aA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si na coluna pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

A produtividade total apresentou o mesmo comportamento da produtividade de frutos da classe 4, onde nos dois anos de cultivo as plantas enxertadas convencionalmente produziram menos do que os outros dois tratamentos, sendo que no segundo ano de cultivo as plantas não enxertadas e as plantas com dois sistemas radiculares apresentaram produtividade superior ao do primeiro ano de cultivo (Tabela 9).

Em estudos realizados com melão utilizando-se duas raízes concluiu-se que o uso de um sistema radicular adicional promove aumento significativo em sua produtividade, sendo 12 e 56% maior comparando-se às plantas enxertadas convencionalmente e não enxertadas, respectivamente (SAN BAUTISTA et al., 2011). Neste estudo observou-se resultados parcialmente semelhantes, onde as plantas com dois sistemas radiculares produziram mais do que as enxertadas convencionalmente, entretanto, apresentaram produtividade semelhante ao das plantas não enxertadas.

A maior produtividade encontrada, sobretudo para os frutos das classes 4 e 5 são desejáveis, uma vez que estes frutos apresentam maior valor comercial. As plantas enxertadas convencionalmente podem apresentar a menor produtividade total, assim como menor quantidade de frutos das classes 4 e 5 devido à incompatibilidade, entre

o enxerto e o porta-enxerto. Hartmann et al. (2010) relatam que diversos fatores podem influenciar nessa compatibilidade, onde ambos os organismos devem apresentar necessidades e capacidades semelhantes quanto às necessidades de água e nutrientes. Dessa forma, abrem-se novas perspectivas de estudo, onde a alteração do manejo pode suprir a falta de compatibilidade entre o enxerto e porta-enxerto, como é o caso da manutenção do sistema radicular original.

A massa média dos frutos sofreu interação significativa apenas para os frutos da classe 2 e para a média ponderada dos frutos. Para as demais classes observa-se que o ano de cultivo influenciou na massa. Já com relação ao tratamento, apenas os frutos da classe 4 e 5 sofreram alteração (Tabela 10).

Os frutos da classe 3, 4 e 5 apresentaram massa média maior no primeiro ano de cultivo, sendo 33%, 16% e 17% superior à massa média dos frutos no segundo ano (Tabela 10). Com relação aos tratamentos, observa-se que os frutos provenientes de plantas enxertadas convencionalmente produziram frutos com massa média menor ao dos frutos provenientes dos outros tratamentos, tanto para os frutos da classe 4 como para os frutos da classe 5 (Tabela 10).

Os frutos pertencentes à classe 2 apresentaram maior massa no primeiro ano, contudo, as plantas não enxertadas produziram frutos com menor massa, sendo praticamente 10% menores do que os frutos provenientes de plantas enxertadas convencionalmente (Tabela 11). No segundo ano de cultivo, o comportamento foi inverso, quando as plantas enxertadas convencionalmente produziram os menores frutos, sendo aproximadamente 20% menores (Tabela 11).

Seguindo comportamento semelhante ao dos frutos da classe 2, a massa média ponderada dos frutos apresentou maior massa no primeiro ano de cultivo, quando nenhum dos tratamentos apresentou diferença. Já no segundo ano, observa-se que os frutos provenientes de plantas enxertadas convencionalmente apresentaram valor menor comparado aos demais tratamento (Tabela 11).

Tabela 10. Massa média de frutos dentro de cada classe* (g) em maracujazeiros enxertados em *Passiflora gibertii*, com dois sistemas radiculares e não enxertados (*P. edulis*).

Tratamentos	Classe				
	2	3	4	5	Médial
Plantas não enxertadas	120,28 a	183,67 a	237,76 ab	298,77 a	210,12 a
Enxertia convencional	117,60 a	173,11 a	217,05 b	275,28 b	191,46 b
Dois sistemas radiculares	120,99 a	172,42 a	247,04 a	288,34 ab	207,21 a
F trat	1,04ns	1,65ns	3,93*	7,14**	9,26**
Épocas	Classe				
	2	3	4	5	Média
Ano 1	139,87 a	201,57 a	251,90 a	310,16 a	225,87 a
Ano 2	99,38 b	151,27 b	216,00 b	263,81 b	179,99 b
F ano	400,78**	78,98**	16,13**	61,95**	145,07**
F conjunta	18,75**	1,90ns	1,16ns	2,00ns	5,87**
C.V.(%)	5,86	11,11	13,23	7,27	6,50

ns e **= não significativo e significativo à 1% de probabilidade pelo teste F
médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey à 5% de probabilidade

* classes de frutos segundo CEAGESP (2001).

Tabela 11. Desdobramento da interação entre os tratamentos e o ano de cultivo para a massa média de frutos, da classe 2 e a massa média da média ponderada (g) de maracujazeiros enxertados em *Passiflora gibertii*, com dois sistemas radiculares e não enxertados (*P. edulis*).

Tratamento	Classe 2		Média	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Plantas não enxertadas	133,84 bA	106,71 aB	226,50 aA	193,74 aB
Enxertia convencional	146,10 aA	89,11 bB	223,30 aA	159,62 bB
Dois sistemas radiculares	139,68 abA	102,31 aB	227,82 aA	186,60 aB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si na coluna pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Nogueira-Filho et al. (2010) não observaram diferença na massa média de frutos de plantas enxertadas, assim como nos valores da média ponderada deste trabalho, entretanto, Cavichioli et al. (2011a) relataram redução da massa de frutos de plantas enxertadas sobre *P. gibertii*, contudo os valores obtidos, mesmo para a massa de frutos de plantas não enxertadas, foram inferiores aos apresentados neste estudo.

A massa média dos frutos cultivados no primeiro ano pode ter atingido valores maiores em função do número de frutos que a planta produziu, observando-se as Tabelas 5 e 6 é possível constatar que no primeiro ano o número de frutos foi menor comparando-se com o segundo ano de cultivo. Fato este, que pode ser explicado através da relação fonte/dreno, onde o maior número de drenos faz com que haja divisão maior de fotoassimilados, resultados semelhantes foram encontrados para a cultura do melão (QUEIROGA et al., 2009) e para melancia (LINS et al., 2013); entretanto, estudando-se a influência dos tratamentos, observa-se que mesmo as plantas enxertadas convencionalmente terem produzido menor quantidade de frutos, estes também foram menores, o que contraria a hipótese da relação fonte-dreno, Oliveira et al. (2003) estudando diversos genótipos de maracujazeiro não encontraram correlação entre o número de frutos produzidos e a massa média desses frutos. Dessa forma, outros mecanismos podem estar envolvidos e influenciar de forma que restrinja o crescimento e desenvolvimento dos frutos como é o caso do uso de diferentes porta-enxertos (MARINI et al., 2002).

O rendimento de polpa não pôde ser analisado conjuntamente, por não atender aos pressupostos exigidos por este tipo de análise, dessa forma, realizou-se a análise de variância separadamente para cada ano (Figura 12). Os frutos da classe 2 apresentaram diferença apenas no primeiro ano, sendo as plantas com duas raízes as responsáveis por apresentar o menor rendimento de polpa, sendo aproximadamente 10% menor do que os demais tratamentos (Figura 12).

Os frutos da classe 3 apresentaram diferença para o rendimento de polpa nos dois anos de cultivo e as plantas enxertadas convencionalmente foram as responsáveis por apresentar o maior rendimento nos dois anos, entretanto, no primeiro ano, não diferiram das plantas com duas raízes (Tabela 12).

Houve diferença para os frutos da classe 4 apenas no segundo ano de cultivo, no qual, as plantas enxertadas convencionalmente apresentaram novamente o maior rendimento de polpa. As plantas não enxertadas apresentaram frutos com rendimento de polpa intermediário, sem diferença dos frutos provenientes das plantas não enxertadas e dos frutos de plantas com duas raízes (Tabela 12). Já os frutos da classe 5, não apresentaram diferença em nenhum ano de cultivo (Tabela 12).

O rendimento de polpa é uma das principais características comerciais do maracujá, pois, a mesma é utilizada basicamente para fazer suco, tanto pela indústria como pelo mercado de mesa. Oliveira et al. (2011), estudando a diferença entre os estádios de maturação, observaram que quanto mais maduro o fruto, maior é o rendimento de polpa, entretanto, encontraram valores de rendimento inferiores ao deste trabalho, o que pode estar ligado ao genótipo estudado, ao local em que foi conduzido o experimento ou ao manejo empregado à cultura. Outro aspecto importante foi o estudo da relação tamanho de fruto e rendimento do fruto, que neste caso não foi encontrada diferença. Por outro lado, Coelho et al. (2011) encontraram diferenças para relação tamanho de fruto e rendimento de polpa, onde os frutos maiores apresentaram maior rendimento de polpa, contudo também apresentaram valores inferiores ao do presente estudo.

Tabela 12. Rendimento de polpa de frutos (%) dentro de cada classe*, em maracujazeiros enxertados em *Passiflora gibertii*, com dois sistemas radiculares e não enxertados (*P. edulis*).

Tratamento	Classe 2		Classe 3	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Planta não enxertada	43,39 a	40,93 a	41,21 b	40,18 b
Enxertia convencional	45,63 a	45,57 a	47,48 a	49,39 a
Dois sistemas radiculares	33,30 b	40,89 a	47,49 a	38,97 b
F	11,24**	1,20ns	5,72**	15,54**
C.V. (%)	21,44	26,97	14,67	15,06
Tratamento	Classe 4		Classe 5	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Planta não enxertada	45,20 a	44,11 ab	45,52 a	42,93 a
Enxertia convencional	47,23 a	47,59 a	45,79 a	42,26 a
Dois sistemas radiculares	45,44 a	42,84 b	44,42 a	41,39 a
F	0,69ns	3,50*	0,25ns	0,22ns
C.V. (%)	13,51	12,84	12,03	17,59

ns – não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade, **significativo à 1 % de probabilidade pelo teste F.

médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade

* classes de frutos segundo CEAGESP (2001).

Além da relação fonte/dreno, outro importante fator responsável pelo enchimento e, conseqüentemente, pela massa dos frutos de maracujás é o uso da

polinização manual, que segundo Krause et al. (2012), promovem aumento de 36% para 41% em diversas cultivares de maracujá amarelo, sendo este valor muito semelhante ao encontrado neste estudo.

Não houve interação significativa para a espessura da casca dos frutos de nenhuma classificação. Os frutos das classes 2 e 3 foram influenciados pelo tratamento e pelo ano de cultivo. Já os frutos da classe quatro sofreram influência apenas do ano de cultivo, enquanto que os frutos da classe 5 não alterou em função dos tratamentos nem do ano de cultivo.

Os frutos das plantas com dois sistemas radiculares apresentaram frutos da classe 2 com maior espessura de casca, sendo 5% maior do que os frutos das plantas não enxertadas, já os frutos de plantas enxertadas convencionalmente apresentaram valores intermediários, não diferindo dos demais tratamentos (Tabela 13). Para os frutos da classe 3, observa-se que as plantas enxertadas convencionalmente foram as responsáveis por produzirem frutos com maior espessura de casca (Tabela 13).

O ano de cultivo influenciou de forma significativa a espessura da casca dos frutos das classes, 2, 3 e 4, sendo que para as duas primeiras classes, houve redução da espessura no segundo ano. Já para os frutos da classe 4 houve aumento da espessura da casca.

A espessura da casca é uma importante característica e apresenta dois pontos controversos, primeiro, os menores valores são preferíveis pelos consumidores, devido ao maior rendimento de polpa, entretanto, para frutos que precisam ser transportados a longas distâncias, a casca mais espessa é uma característica desejável, pois, fornece maior proteção contra danos mecânicos que casualmente ocorrem durante o transporte.

Apenas o potencial hidrogeniônico (pH) e a firmeza dos frutos foram analisados conjuntamente, entretanto, não foi encontrada interação significativa entre os tratamentos e o ano de cultivo (Tabela 14). Estudando os fatores separadamente, observa-se que para o pH da polpa há influência apenas do ano de cultivo, já para a firmeza do fruto, não foi encontrada diferença para nenhum dos fatores (Tabela 14).

Tabela 13. Espessura da casca de *Passiflora edulis* (mm) dentro de cada classe*, em maracujazeiros enxertados em *P. gibertii*, com dois sistemas radiculares e não enxertados.

Tratamentos	2	3	4	5
Plantas não enxertadas	5,92 b	6,32 b	6,54 a	7,05 a
Enxertia convencional	6,20 ab	7,29 a	6,83 a	6,75 a
Dois sistemas radiculares	6,26 a	6,32 b	6,67 a	7,26 a
F trat	3,58*	13,36**	0,62ns	1,97ns
Épocas	2	3	4	5
Ano 1	6,44 a	6,88 a	6,38 b	7,01 a
Ano 2	5,82 b	6,41 b	6,98 a	7,02 a
F ano	32,38**	6,97*	8,33**	0,02ns
F conjunta	0,98ns	0,65ns	2,2ns	0,19ns
C.V.(%)	6,13	9,2	10,9	10,31

ns – não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade, **significativo à 1 % de probabilidade pelo teste F

médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

* classes de frutos segundo CEAGESP (2001).

As diferenças encontradas para o potencial hidrogeniônico entre os anos de cultivo pode estar relacionada ao estágio de maturação dos frutos, que foram colhidos em pontos iguais, entretanto, como o pomar estava em um município diferente de onde localiza-se o laboratório para a análise e o maracujá é um fruto climatérico, pode ser que no segundo ano de cultivo, os frutos no momento da análise estivessem mais maduros ocasionado por temperaturas mais elevadas durante o transporte.

Os dados de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), teor de nitrato (NO_3) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (*Ratio* – SS/AT) não foram analisados conjuntamente, dessa forma, procedeu-se a análise de cada variável para cada ano separadamente (Tabela 15). Observa-se que o teor de sólidos solúveis, acidez titulável, teor de nitrato e *ratio*, não apresentaram diferença entre os tratamentos em nenhum ano de cultivo.

Cavichioli et al. (2011c) também não constataram diferença com relação à enxertia sobre os teores de sólidos solúveis e acidez titulável, sendo os valores próximos. Para a indústria, os valores de sólidos solúveis devem ser de aproximadamente 13°Brix (BRUCKNER et al., 2002), sendo os altos teores relacionados a maiores rendimentos na indústria (NASCIMENTO et al., 2003).

Tabela 14. Potencial hidrogeniônico (pH) e firmeza (N) em frutos de maracujazeiros enxertados em *Passiflora gibertii*, com dois sistemas radiculares e não enxertados (*P. edulis*).

Tratamentos	pH	Firmeza
Plantas não enxertadas	12,17 a	522,80 a
Enxertia convencional	12,25 a	523,22 a
Dois sistemas radiculares	12,70 a	523,87 a
F trat	0,37ns	0,25ns
Épocas	pH	Firmeza
Ano 1	11,89 b	522,41 a
Ano 2	12,86 a	524,18 a
F ano	201,75**	2,03ns
F conjunta	0,43ns	1,31ns
C.V.(%)	3,34	0,91

ns – não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade, **significativo à 1 % de probabilidade pelo teste F, médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Tabela 15. Sólidos solúveis (SS - °Brix), acidez titulável (AT – g de ácido cítrico 100 g⁻¹ de amostra), nitrato (mg L⁻¹) e relação acidez titulável/sólidos solúveis (SS/AT) em frutos de maracujazeiros enxertados em *Passiflora gibertii*, com dois sistemas radiculares e não enxertados (*P. edulis*).

Tratamento	SS		AT	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Planta não enxertada	13,03 a	11,32 a	2,29 a	2,14 a
Enxertia convencional	12,38 a	12,12 a	2,55 a	2,32 a
Dois sistemas radiculares	13,18 a	12,23 a	2,48 a	2,11 a
F	0,78ns	1,16ns	1,53ns	2,01ns
C.V. (%)	11,8	12,26	13,82	11,6
Tratamento	NO ₃		SS/AT	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Planta não enxertada	30,9 a	49,3 a	5,75 a	5,34 a
Enxertia convencional	29,1 a	50,6 a	4,87 a	5,35 a
Dois sistemas radiculares	31,4 a	51,6 a	5,43 a	5,77 a
F	0,69ns	0,34ns	2,87ns	0,52ns
C.V. (%)	22,4	12,45	15,6	19,61

ns – não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade
médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

O teor de nitrato nos alimentos (origem vegetal), dependem sobretudo da adubação utilizada, sendo a adubação nitrogenada a principal responsável pelo seu acúmulo em frutos (PÔRTO et al., 2012). No presente estudo, observa-se que não houve diferença no acúmulo de nitrato entre os tratamentos, contudo, para os frutos do segundo ano de cultivo, observou-se maiores valores desse nutriente nos frutos, fato este que pode ter acontecido em função das condições climáticas. Observando a Figura 2, constata-se que durante o segundo ano, o índice pluviométrico foi inferior ao do primeiro ano, sobretudo, para os meses de janeiro, fevereiro e março, que foram os meses em que houve o florescimento, desenvolvimento e colheita do fruto respectivamente. Devido ao menor índice pluviométrico, provavelmente houve maior incidência de luz solar o que aumenta a atividade da enzima nitrato redutase, pois a mesma necessita de radiação solar para ser ativada (KAISER; HUBER, 2001).

A ausência de diferencia entre os tratamentos para os SS, AT, NO_3 e SS/AT, é um aspecto importante, uma vez que, os dois métodos de enxertia não interferem nas características organoléticas dos frutos de maracujazeiro.

O teor de carboidratos, porcentagem de açúcares redutores (%AR) e porcentagem de açúcares redutores totais (%ART) sofreram interação significativa entre os tratamentos e ano de cultivo (Tabela 15). A porcentagem de sacarose (%SAC) não alterou devido aos tratamentos. Já, com relação ao ano de cultivo, observa-se que houve decréscimo em sua porcentagem no segundo ano de cultivo (Tabela 16).

No primeiro ano de cultivo observa-se que o teor de carboidratos foi maior para as plantas não enxertadas, contudo, no segundo ano de cultivo houve decréscimo em seu teor, igualando-se aos demais tratamentos (Tabela 17). A porcentagem de açúcares redutores foi menor para as plantas enxertadas convencionalmente no primeiro ano de cultivo, já no segundo ano foi maior, superando os frutos provenientes de plantas enxertadas convencionalmente, que apresentou decréscimo em seu teor durante esse ano (Tabela 17). Comportamento semelhante é observado para a porcentagem de açúcares redutores totais durante o primeiro ano de cultivo. Já para o segundo, ao invés de haver aumento na %ART das plantas não enxertadas, houve redução na %ART das plantas não enxertadas e das plantas com dois sistemas radiculares (Tabela 16).

Tabela 16. Teor de carboidratos solúveis totais (g 100g⁻¹ de amostra) e porcentagem de açúcares redutores (%AR), açúcares totais (%ART) e sacarose (%SAC) em polpas de maracujá enxertados em *Passiflora gibertii*, não enxertados (*P. edulis*) e com dois sistemas radiculares.

Tratamentos	Carboidratos	%AR	%ART	%SAC
Plantas não enxertadas	0,78 a	2,83 b	4,42 a	1,51 a
Enxertia convencional	0,65 ab	2,72 b	4,33 a	1,52 a
Dois sistemas radiculares	0,54 b	3,19 a	4,57 a	1,30 a
F trat	8,91**	6,43**	0,79ns	0,91ns
Épocas	Carboidratos	%AR	%ART	%SAC
Ano 1	0,73 a	3,02 a	5,25 a	2,12 a
Ano 2	0,58 b	2,81 a	3,62 b	0,77 b
F ano	11,57**	3,32ns	100,65**	81,24**
F conjunta	3,40*	29,40**	23,96**	1,99ns
C.V.(%)	26,54	10,64	9,97	28,26

ns – não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade, **significativo à 1 % de probabilidade pelo teste F

médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Tabela 17. Desdobramento da interação entre os tratamentos e o ano de cultivo sobre o teor de carboidratos, açúcares redutores (%) e açúcares redutores totais (%) em frutos de maracujazeiro.

Tratamentos	Carboidratos		%AR		%ART	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Plantas não enxertadas	0,94 aA	0,62 aB	3,37 aA	2,29 bB	5,68 aA	3,16 bB
Enxertia convencional	0,58 bA	0,52 aA	2,24 bB	3,21 aA	4,35 bA	4,31 aA
Dois sistemas radiculares	0,69 bA	0,61 aA	3,46 aA	2,94 aA	5,73 aA	3,42 bB

ns – não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade

médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Assim como para rendimento de polpa, esperava-se que houvesse maior teor de carboidratos e porcentagem de açúcares redutores e totais nos frutos provenientes de plantas enxertadas convencionalmente, uma vez que a competição pelos fotoassimilados era menor, devido ao menor número de frutos n planta, entretanto, este fato não foi observado durante o primeiro ano de cultivo. Dessa forma, outro fator pode ter influenciado, como o menor desenvolvimento vegetativo apresentado pelas plantas enxertadas convencionalmente (CAVICHOLI et al., 2011a).

Outro aspecto que deve ser levado em consideração é o limite do número de frutos que a planta consegue suportar sem que haja perda em sua qualidade, durante o primeiro ano de cultivo. Os frutos provenientes de PNEs e RDs apresentaram maior %AR e %ART, contudo no segundo ano houve redução desses valores e resultado inverso aconteceu para o número de frutos. Já para as ECs, observa-se que os valores do teor de carboidratos e %ART não alteraram comparando-se os dois anos, assim como para o número de frutos. Estudando a qualidade de tangerina ‘Ponkan’, Cruz et al. (2009) e Moreira et al. (2012) observaram que houve incremento na qualidade dos frutos provenientes de plantas, sobretudo, a %ART.

Os teores de fenóis totais e carotenoides apresentaram interação entre os tratamentos e o ano de cultivo. Já a capacidade antioxidante não sofreu interação entre os fatores, bem como, não foi influenciada pelos tratamentos, contudo o ano de cultivo alterou este parâmetro (Tabela 18). A capacidade antioxidante consiste na avaliação do sequestro do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH·) através da ação de um antioxidante que o reduz à 2,2-difenilpicril-hidrazina (DPPH-H) (OLIVEIRA et al., 2009).

Os frutos provenientes de plantas não enxertadas foram aqueles que apresentaram menor teor de fenóis totais no primeiro ano. Já no segundo ano, não houve diferença, contudo, os teores de fenóis totais foram menores para as plantas enxertadas convencionalmente e para as plantas com duas raízes comparando-se com o ano anterior (Figura 19).

O teor de carotenoides foi maior para os frutos oriundos de plantas enxertadas convencionalmente comparado com os frutos de plantas não enxertadas no primeiro ano de cultivo (Tabela 19). No segundo ano de cultivo, os frutos que apresentaram menores teores de carotenoides foram os produzidos por plantas com dois sistemas radiculares, apresentando aproximadamente 45% do teor de carotenoide dos frutos provenientes de plantas não enxertadas (Tabela 19).

Tabela 18. Teores de fenóis totais ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ de amostra), carotenoides ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ de amostra) e atividade antioxidante (DPPH - $\mu\text{m g}^{-1}$ de amostra) em frutos de maracujazeiro *Passiflora edulis* proveniente de plantas não enxertadas, enxertadas convencionalmente sob *P. gibertii* e com manutenção de dois sistemas radiculares em dois anos de cultivo.

Tratamentos	Fenóis	Carotenoides	DPPH
Plantas não enxertadas	0,05 b	30,30 ab	0,53 a
Enxertia convencional	0,08 a	38,90 a	0,53 a
Dois sistemas radiculares	0,07 ab	27,11 b	0,49 a
F trat	11,17**	3,75*	1,07ns
Épocas	Fenóis	Carotenoides	DPPH
Ano 1	0,09 a	40,07 a	0,58 a
Ano 2	0,03 b	24,14 b	0,44 b
F ano	37,61**	19,16**	11,26**
F conjunta	4,79**	5,86*	0,83ns
C.V.(%)	54,95	43,89	31,02

ns – não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade, **significativo à 1 % de probabilidade pelo teste F, * significativo à 5% de probabilidade pelo teste F

médias seguidas letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Tabela 19. Desdobramento da interação entre os tratamentos e o ano de cultivo sobre teor de fenóis totais ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ de amostra) e carotenoides ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ de amostra) em frutos de maracujazeiro *Passiflora edulis* proveniente de plantas não enxertadas, enxertadas convencionalmente sob *P. gibertii* e com manutenção de dois sistemas radiculares em dois anos de cultivo.

Tratamentos	Fenóis		Carotenoides	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Plantas não enxertadas	0,06 bA	0,04 aA	29,92 bA	30,66 aA
Enxertia convencional	0,13 aA	0,04 aB	53,50 aA	24,30 aB
Dois sistemas radiculares	0,10 aA	0,03 aB	36,78 abA	17,45 bB

ns – não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade

médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Os compostos fenólicos são oriundos do metabolismo secundário, sendo uma das substâncias mais comuns entre as plantas e apresenta grande importância devido à sua atividade antioxidante. Segundo Vasco et al. (2008), o maracujá é classificado

como uma fruta de baixa produção dessa substância que é caracterizado por apresentar entre 0,012 a 0,130 g de fenóis totais 100g^{-1} de amostra, assim como obtido neste estudo. A produção de compostos fenólicos acontece, geralmente, quando as plantas são submetidas em condições adversas (NAKAZAWA et al., 2001).

Durante o primeiro ano de cultivo, os índices pluviométricos foram significativamente maiores, sobretudo, durante o período de desenvolvimento dos frutos (fevereiro e março) e, provavelmente, durante esse período, a possibilidade da infecção dos frutos por alguma doença fúngica era grande. Como o porta-enxerto estudado é uma espécie não domesticada, esta apresenta maior rusticidade, que em muitos casos possuem maior tolerância ou resistência ao ataque de pragas e doenças. A tolerância ou resistência deste porta-enxerto pode ser expressa através da produção de substâncias e translocação dessas substâncias até o órgão de interesse, ou, pode haver algum mecanismo de sinalização para que este órgão, que está mais propício ao ataque de patógenos ou que demanda mais cuidados, produza essas substâncias de defesa. A maior produção de compostos fenólicos pode ocorrer devido ao ajuste metabólico causado pela diferença genética do porta-enxerto, que face às condições adversas do ambiente pode expressar-se diferentemente da planta não enxertada (USENIK; STAMPAR, 2005).

Carotenoides são pigmentos lipossolúveis que possuem a função de auxiliar as clorofilas na coleta de energia luminosa utilizada na fotossíntese, assim como protegendo-as contra a oxidação (KRINSKY, 1994). Para os animais são importantes antioxidantes e é uma das principais fontes de vitamina A (OLSON, 1989). Na polpa de maracujá há diversas substâncias que fazem parte da família dos carotenoides, entretanto, o que é encontrado em maior quantidade é o β -caroteno, responsável por aproximadamente 75% de todos os carotenos na polpa (SILVA; MERCADANTE, 2002).

Alterações no conteúdo de carotenoides em polpas de maracujá foram relatadas, sendo o principal fator responsável por tais mudanças, a época do ano (SEPÚLVEDA et al., 1996). Como são sintetizadas a partir do metabolismo secundário diversos fatores podem influenciar, como por exemplo, a temperatura, irradiação, disponibilidade hídrica e ataque de patógenos (ZERAIK et al., 2010). Apesar dos carotenoides serem sintetizados em vias diferentes das vias responsáveis pela síntese de compostos fenólicos, comportamento semelhante foi encontrado, o que torna mais evidente a troca de informação entre o porta-enxerto e o enxerto.

O teor de ácido ascórbico sofreu alteração apenas no primeiro ano de cultivo, quando os frutos de tratamentos provenientes de plantas com duas raízes apresentaram maiores teores. Já as plantas enxertadas convencionalmente produziram frutos com menores teores de ácido ascórbico. No segundo ano de cultivo não houve alteração nos teores de ácido ascórbico entre os tratamentos (Tabela 19).

Os tratamentos alteraram o teor de flavonoides nos dois anos de cultivo, sendo o comportamento semelhante para ambos os anos. As plantas com duas raízes produziram frutos com os maiores teores de flavonoides e as plantas não enxertadas aqueles que produziram frutos com menores teores, sendo aproximadamente 50% menor no primeiro ano e, aproximadamente, 70% menor no segundo ano. As plantas enxertadas convencionalmente produziram frutos com teores intermediários de flavonoides (Tabela 19).

Tabela 20. Teores de flavonoides ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de amostra), ácido ascórbico (AA – mg de ácido ascórbico 100 g^{-1} de amostra) em frutos de maracujazeiro *Passiflora edulis* proveniente de plantas não enxertadas, enxertadas convencionalmente sob *P. gibertii* e com manutenção de dois sistemas radiculares em dois anos de cultivo.

Tratamento	Ácido ascórbico		Flavonoides	
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
Planta não enxertada	28,22 b	29,35 a	0,27 C	0,16 c
Enxertia convencional	25,44 c	29,03 a	0,36 B	0,37 b
Dois sistemas radiculares	31,93 a	28,38 a	0,49 a	0,56 a
F	19,75**	0,20ns	61,46**	105,14**
C.V. (%)	8,07	12,05	11,8	14,01

ns – não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade, **significativo à 1 % de probabilidade pelo teste F, * significativo à 5% de probabilidade pelo teste F
médias seguidas letras iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Em outras culturas, há resultados controversos, onde a enxertia pode ou não influenciar na qualidade dos frutos. Trata-Mavrona et al. (2000) relataram que em melão não houve alteração, já Kolayli et al. (2010) encontraram diferença no conteúdo de ácido ascórbico. Para tomate, Silva (2013) constatou alteração no conteúdo de ácido ascórbico em função do método de enxertia estudado, atribuindo a diferença ao estágio de maturação dos frutos. Segundo Smirnoff (1996), o ácido ascórbico é um importante

antioxidante resultante do metabolismo aeróbico; dessa forma, pode ser influenciado de acordo com o tratamento aplicado.

Os flavonoides são substâncias naturais que pertencem à classe dos fenóis, dessa forma, acreditava-se que a resposta fosse semelhante, entretanto, o comportamento apresentado nos dois anos de cultivo foi igual, ao contrário do obtido para o teor de compostos fenólicos totais. Diante da sua incapacidade de locomoção e frente às grandes adversidades impostas pelo ambiente, as plantas desenvolveram diversos mecanismos de defesa contra os efeitos causados pelo estresse oxidativo, sendo geradas principalmente, pelo metabolismo secundário que elas apresentam, sendo os flavonoides um desses metabólitos (MIERZIAK; KOSTYN; KULMA, 2014). Devido à importante participação dos compostos fenólicos durante as condições estressantes que as plantas enfrentam, geralmente, os seus teores alteram de acordo com o ambiente em que são cultivadas (TREUTTER, 2005). No entanto, neste estudo não foram encontradas tais respostas, onde, apesar dos maracujazeiros serem cultivados no mesmo ambiente, houve diferenças entre os anos de cultivo, principalmente, nos índices pluviométricos. Nakabayashi et al. (2014) não encontraram relação alguma entre o déficit hídrico e o acúmulo de flavonoides em diferentes genótipos de *Arabidopsis*, sugerindo que o seu acúmulo está ligado mais intimamente com outros agentes estressores.

6.5 EXPERIMENTO 3.2 – Aspectos fisiológicos do uso da enxertia e da manutenção de duas raízes ao longo do período vegetativo e reprodutivo do maracujazeiro

Não foi encontrada interação significativa entre os fatores meses do ano e métodos de enxertia para nenhuma das características estudadas. A utilização da enxertia e da inclusão de um novo sistema radicular também não afetou na assimilação de CO₂, sendo as diferenças encontradas, apenas de acordo com as épocas de avaliação (Figura 14).

A condutância estomática apresentou comportamento semelhante ao da assimilação de CO_2 , onde há elevação nos valores de outubro à dezembro e depois queda até fevereiro e pequeno aumento e estabilização de março à junho (Figura 14).

O conteúdo interno de CO_2 não sofreu influência dos tratamentos nem das épocas do ano, apesar de ter havido diferença na condutância estomática e no consumo do CO_2 (assimilação de CO_2). A evaporação, a eficiência de carboxilação (A/C_i) e a eficiência do uso da água (A/E) também apresentaram dinâmica dos valores, semelhantes aos da assimilação de CO_2 e da condutância estomática (Figura 14).

Nos aspectos fotossintéticos parece que o uso da enxertia não altera sua eficiência, sendo as principais diferenças influenciadas pela época em que foi realizada a avaliação. Conforme a Figura 2, observa-se que os períodos nos quais houveram as maiores precipitações foram àqueles que apresentaram a maior eficiência fotossintética em todas as características estudadas. Dessa forma, este parece ser o principal fator que interfere na fotossíntese do maracujazeiro.

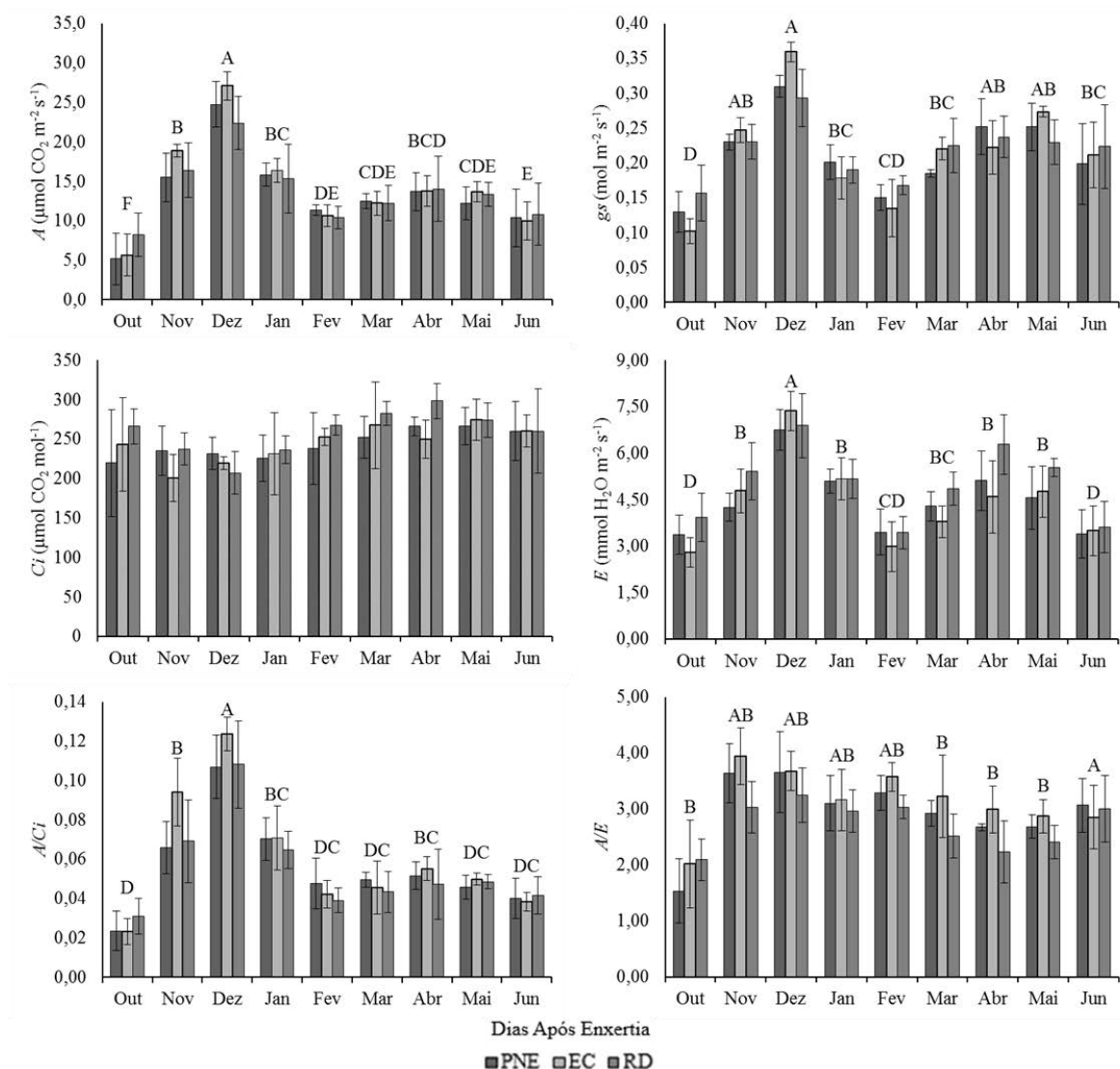


Figura 14. Taxa de assimilação de carbono (A - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), conteúdo interno de CO_2 (C_i - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração (E - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência de carboxilação (A/C_i) e eficiência do uso de água (A/E) em mudas de maracujazeiro *Passiflora edulis* não enxertadas (PNE), enxertadas em *P. gibertii* (EC) e plantas enxertadas em *P. gibertii* com manutenção dos dois sistemas radiculares (RD) após transplante no campo.

Um aspecto importante parece ser o tempo que a planta necessita para se reestabelecer e se aclimatar às novas condições após o plantio no campo, uma vez que os valores encontrados em outubro, são similares aos encontrados na fase de muda, conforme a Figura 9, elevando os valores rapidamente nos meses subsequentes até atingir o pico em dezembro.

O déficit hídrico afeta a condutância estomática, que é uma das primeiras respostas à esta condição. A redução da condutância estomática faz com que haja

menor perda de água, entretanto, também limita a entrada de CO_2 e, conseqüentemente, menor assimilação. Com o passar do tempo, o conteúdo interno de CO_2 tende a diminuir, pois ocorre consumo do mesmo durante a fotossíntese e sua entrada pelos estômatos é menor. Neste estudo, apesar das plantas apresentarem comportamento semelhante durante os meses em que houve menor precipitação para a assimilação de CO_2 e para a condutância estomática, o conteúdo interno de CO_2 não foi alterado, o que pode indicar que o déficit hídrico foi severo nestes períodos, pois, nem o CO_2 presente internamente foi consumido. Dessa forma, indicando alteração no metabolismo da planta que em condições não ideais, tendem a aumentar a atividade respiratória para que a energia seja produzida e disponibilizada para a manutenção e reparo da planta, aumentando no conteúdo interno de CO_2 (LARCHER, 2005).

Assim como para os parâmetros de fotossíntese, os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* também não sofreram influência da enxertia nem da adição de um sistema radicular à planta. Não houve interação significativa entre os fatores, sendo que as únicas diferenças encontradas ocorreram em função da época de avaliação (Figura 15).

Os meses de dezembro, janeiro e junho são àqueles que apresentaram maior fluorescência basal (*F_o*), sendo este parâmetro indicativo de que a planta apresenta alguma anormalidade. Aumento nos valores de *F_o* indicam que os centros de reação do fotossistema II (PSII) podem ter sido danificados ou que houve redução na transferência de energia da antena para o centro de reação, o que faz a energia se dissipar na forma de luz (BAKER; ROSENQVST, 2004). Apesar de haver elevada assimilação de CO_2 pela planta durante o mês de dezembro, parece que não é o suficiente para dissipar toda a energia, pois, o mês de dezembro é caracterizado pelas altas taxas de radiação solar. Já em janeiro, além das altas taxas de radiação solar, outro aspecto que deve ter contribuído para o aumento do *F_o* foi o menor índice pluviométrico registrado neste período (Figura 2). O aumento encontrado no mês de junho, provavelmente, se deve pelo ciclo da planta que se encontrava no final do período reprodutivo.

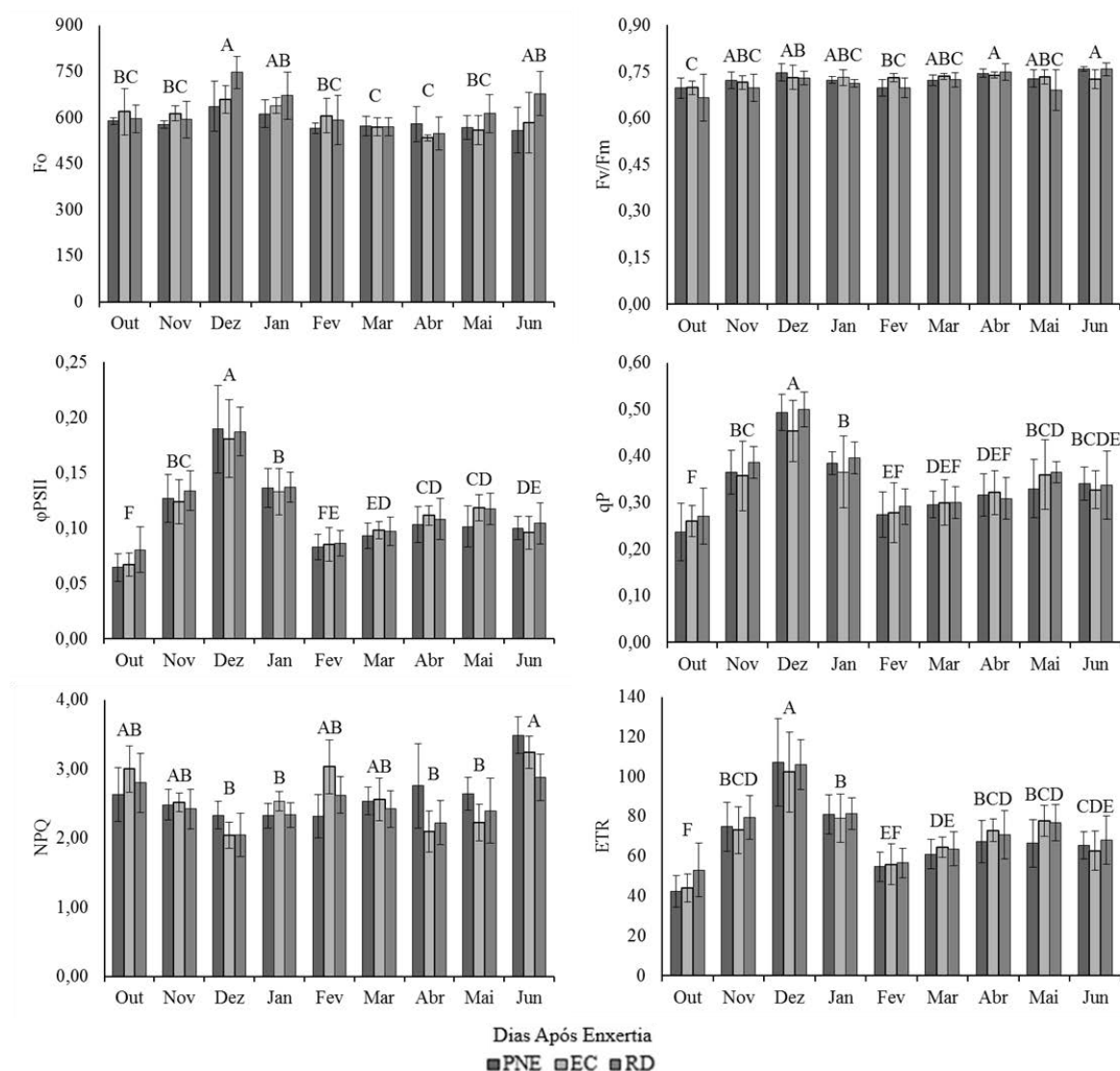


Figura 15. Fluorescência basal (F_o), eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), eficiência quântica efetiva do fotossistema II (Φ_{PSII}), coeficiente de extinção fotoquímica da fluorescência (qP), *quenching* não fotoquímico (NPQ) e taxa de transporte de elétrons (ETR) em mudas de maracujazeiro *Passiflora edulis* não enxertadas (PNE), enxertadas em *P. gibertii* (EC) e plantas enxertadas em *P. gibertii* com manutenção dos dois sistemas radiculares (RD) após transplante no campo.

Outro parâmetro que pode indicar alguma perturbação na planta é a eficiência quântica máxima do PSII, sendo a redução dos valores indicativos da inibição da atividade fotoquímica. Dessa forma, o mês onde foram encontrados os menores valores foi o de outubro, ou seja, o mês subsequente ao do plantio das mudas no campo. Neste caso, a redução encontrada pode ter sido influenciada pelo reestabelecimento e aclimação das mudas.

A eficiência quântica efetiva do fotossistema II apresentou comportamento semelhante ao dos parâmetros de fotossíntese, o que parece ser muito influenciado pela precipitação, assim como, o *quenching* fotoquímico e a taxa de transporte de elétrons (Figura 15). O *quenching* não fotoquímico (NPQ) indica que a energia luminosa coletada não está sendo utilizada na fotossíntese efetivamente e para evitar a formação de espécies reativas de oxigênio a energia é liberada na forma de calor, principalmente. Dessa forma, este também é um indicativo de alteração nas condições ótimas em que a planta é cultivada (MÜLLER et al., 2001). Diversos podem ser os fatores que contribuem para a alteração nos valores de NPQ, em outubro, um mês após o transplante das plantas no campo, indicando, mais uma vez, a aclimação da planta ao novo ambiente. Já em fevereiro, o principal fator se deve a baixa precipitação e em junho, ao final do ciclo da planta, assim como, a redução da temperatura.

Com base nos resultados obtidos para a eficiência fotossintética e para a fluorescência da clorofila *a*, quando as plantas atingiram a maturidade, a enxertia com a adição de dois sistemas radiculares na planta não afeta de forma significativa na eficiência do sistema fotossintético, sendo que o principal fator parece ser o climático.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A enxertia de plantas de *Passiflora edulis* F. *flavicarpa* sobre *P. gibertii* com a manutenção de dois sistemas radiculares se apresenta como um método promissor para o desenvolvimento e rentabilidade da cultura do maracujá amarelo, pois, consegue aliar a tolerância aos patógenos de solo sem diminuir a produtividade das plantas e alterar as características organolépticas dos frutos.

Outro aspecto importante, é que, apesar de terem sido submetidas à uma situação de estresse extremo, como é o caso da enxertia, as plantas com manutenção de dois sistemas radiculares mantiveram o desenvolvimento semelhante ao das plantas não enxertadas. Além do desenvolvimento vegetativo, a atividade das enzimas antioxidantes não alterou, tanto para a região da enxertia como para as folhas, assim como as respostas fotossintéticas.

Por outro lado, após a cicatrização da enxertia, ambos os métodos de enxertia não apresentaram alteração nas características fotossintéticas, sendo o clima, sobretudo os índices pluviométricos, o fator que exerceu maior influência sobre a eficiência fotossintética das plantas de maracujazeiro.

É importante salientar que, apesar de os resultados obtidos para as plantas com dois sistemas radiculares serem iguais aos das plantas não enxertadas, este experimento foi conduzido em condições em que não havia a presença do patógeno no solo, dessa forma, caso o estudo fosse conduzido em uma área que apresentasse histórico

da presença de patógenos de solo, provavelmente os resultados seriam diferente, uma vez que as plantas não enxertadas morreriam antes mesmo de começar a produzir.

Dessa forma, o método com manutenção de dois sistemas radiculares é o mais indicado em áreas em que há suspeitas de ocorrência de morte prematura, pois, caso não haja a presença do patógeno, haverá produção igual ao das plantas não enxertadas, e caso haja a presença de patógenos as plantas não morrerão, o que garantirá a produção de frutos.

Neste sentido, mais estudos são necessários para tentar desvendar quais são os fatores que estão associados à manutenção da produtividade e qualidade dos frutos em plantas com dois sistemas radiculares, assim como, avaliar o custo de produção desse tipo de muda, para verificar a real rentabilidade deste método.

8 CONCLUSÕES

Conforme os experimentos realizados e de acordo com as condições em que foram desenvolvidos estes trabalhos conclui-se que ambos os métodos de enxertia, enxertia convencional de *Passiflora edulis* F. *flavicarpa* sobre *P. gibertii*, influenciam a atividade fotossintética, apenas durante o período de cicatrização entre o porta-enxerto e o enxerto. Após este período, as condições ambientais controlam a atividade fotossintética nessas plantas.

As plantas com duas raízes suportam melhor o processo de cicatrização, pois, as respostas bioquímicas e fisiológicas não foram alteradas.

A técnica de enxertia com manutenção de dois sistemas radiculares pode ser empregada sem risco de perda de produtividade ou alteração nas qualidades organolépticas dos frutos e proporciona maior capacidade antioxidante.

9 REFERÊNCIAS

ALSCHER, R. G.; ERTURK, N.; HEATH, L. S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 1331–1341, 2002

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos - uma breve revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry international**. 18.ed. Gaithersburg, 2005. 1015p.

ALVAREZ, R. C. F. et al. Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Acta Scientia Agronomica**, Maringá, v. 27, n. 4, p.611-616, 2005.

ATAÍDE, E. M.; RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J. C. DE; RODRIGUES, J. D.; BARBOSA, J. C. Efeito de giberelina (GA₃) e do bioestimulante 'Stimulate' na indução floral e produtividade do maracujazeiro amarelo em condições de safra normal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 343-346, 2006.

AWAD, M. A.; DE JAGER, A; VAN WESTING, L. M. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterization of variation. **Scientia Horticulturae**, v.83, p.249-263, 2000.

BACARIN, M. A.; MOSQUIM, P. R. Cinética de emissão de fluorescência das clorofilas de dois genótipos de feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.4, p.705-710, 2002.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **J. Experimental Botany**, v.55, n.403, p.1607-1621, 2004.

BANZATO, D.A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237p.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 44, p. 276-287, 1971.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42p.

BILGER, W.; BJÖRKMAN, O. Role of the xanthophylls cycle in photoprotection elucidated by measurements of light-induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in *Hedera canariensis*. **Photosynthesis Research**. v.125, p.173-185, 1990.

BLOKINHA, O.; VIROLAINEN, E.; FAGERSTEDT, K. V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals of Botany**, London, v. 91, n. 2, p. 179-194, 2003

BRAGA, M. F.; SANTOS, E. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SOUSA, A. A. T. C.; FALEIRO, F. G.; REZENDE, L. N.; JUNQUEIRA, K. P. Enraizamento de estacas de três espécies silvestres de *Passiflora*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.284-288, 2006.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRANDÃO-FILHO et al. Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.3, p.474-477, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ªed. Brasília-DF: Ministério da Saúde, 1018 p. 2005.

BRUCKNER, C. H.; MELETTI, L. M. M.; OTONI, W. C.; ZERBINI JÚNIOR, F. M. Maracujazeiro. In: BRUCKNER, C. H. (Ed). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, 2002. P. 373-410.

CAMPOS, R. A. S.; LIMA, G. P. P.; SEABRA JUNIOR, S.; TAKATA, W. H. S.; SILVA, E. G. Crescimento e desempenho de bertalha (*Basella alba* L.) em função do tipo de propagação. *Revista Caatinga*, v. 25, p. 11-18, 2012.

CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL. 1990. 121p.

CARVALHO, S. A.; SETIN, D. W.; MAIA, E.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e relações hídricas em laranjeiras 'Valência' sobre porta-enxertos múltiplos de limoeiro 'Cravo' e citrumelereio 'Swingle'. In: **Anais do XII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal**. Fortaleza, CE, 2009.

CAVICHIOI, J. C.; CORRÊA, L. de S.; BOLIANI, A. C. Sobrevivência e desenvolvimento de seis espécies de maracujazeiros em área com histórico de morte prematura de plantas. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 18, n.04, p.67-73, 2009

CAVICHIOI, J. C.; CORRÊA, L. S.; BOLIANI, A. C.; SANTOS, P. C. Desenvolvimento e produtividade do maracujazeiro-amarelo enxertado em três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 558-566, 2011a.

CAVICHIOI, José Carlos et al. Desenvolvimento, produtividade e sobrevivência de maracujazeiro-amarelo enxertado e cultivado em área com histórico de morte prematura de plantas. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, jun. 2011b.

CAVICHIOI, J. C.; CORRÊA, L. S.; BOLIANI, A. C.; SANTOS, P. C. Características físicas e químicas de frutos de maracujazeiro-amarelo enxertados em três porta-enxertos. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 33, n.3, p. 906-914, 2011c.

CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Classificação do maracujá (*Passiflora edulis* Sims)**. Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e de Embalagens do Maracujá-Azedo. 2001. Disponível em: <www.ceagesp.com.br>.

CHAGAS, I. M.; TAVARES, J. C.; FREITAS, R. S.; RODRIGUES, G. S. O. Formação de mudas de maracujá amarelo em quatro tamanhos de recipiente. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 1, n. 2, p. 122-133, 2006.

CHAVES, R. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; MANICA, I.; PEIXOTO, J. R.; PEREIRA, A. V.; FIALHO, J. F. Enxertia de maracujazeiro-azedo em estacas herbáceas enraizadas de espécies de passifloras nativas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.120-123, 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL, Fundação de Apoio, Pesquisa e Extensão ao Ensino, 1990. 293 p

COELHO, A. A.; CENCI, S. A.; RESENDE, E. D. Rendimento em suco e resíduos do maracujá em função do tamanho dos frutos em diferentes pontos de colheita para o armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 1, p. 55-63, 2011.

COSTA, A.F.S.; ALVES, F.L.; COSTA, A.N. Plantio, formação e manejo da cultura do maracujá. In: COSTA, A.F.S.; COSTA, A.N. **Tecnologias para produção de maracujá**. Vitória, ES: Incaper, 2005. p. 23-56.

CRUZ, M. C. M. et al. Qualidade de frutas de tangerineira ‘Ponkan’ submetidas ao raleio químico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 127-134, 2009.

CURUK, SEBAHATTIN et al. Grafted eggplant yield, quality and growth in infested soil with *Verticillium dahliae* and *Meloidogyne incognita*. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 44, n. 12, Dec. 2009.

DAVID, E. F. S.; BOARO, C. S. F. Translocação orgânica, produtividade e rendimento de óleo essencial de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com variação nos níveis de N, P, K e Mg. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 236-246, 2009.

DENCHEVA, A.; KLISURKA, D. Interaction between peroxidases and IAA-oxidase in the course of growth and differentiation of the palnt cell. **Physiologie Végétale**, Paris, v.20, n.3, p.385-394, 1982.

DUBOIS, M.; GILLES, A. K.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

DURAND, J. L.; VARLET-RANCHER, C.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F.; MOULIA, B. Carbon partitioning in forage crops, **Acta Biotheoretica**, v. 39, p. 213-224, 1991.

EKLER, Z.; DUTKA, F.; STEPHENSON, G. R. Safener effects on acetochlor toxicity, uptake, metabolism and glutathione S-transferase activity in maize. **Weed Research**, Oxford, v. 33, p. 311-318, 1993.

FACHINELLO, J. C.; NATCHIGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Propagação de Plantas Frutíferas de Clima Temperado**. 2. ed. Pelotas, Ed. E Gráfica UFPEL, 1995. v. 1, 178p.

FARRANT J. M.; KRUGER L. A. Longevity of dry *Myrothamnus flabellifolius* in simulated field conditions. **Plant Growth Regulation**, v. 35, p. 109-120, 2001.

FERREIRA, G.; DETONI, A. M.; TESSER, S. M.; MALAVASI, M. M. Avaliação de métodos de extração do arilo e tratamento com ethephon em sementes de *Passiflora giberti* N.E. Brown pelos testes de germinação e de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 248-253, 2002.

FISCHER, I. H.; LOURENÇO, S. A.; MARTINS, M. C.; KIMATI, H.; AMORIM, L. Seleção de plantas resistentes e de fungicidas para o controle da podridão do colo do maracujazeiro causada por *Nectria haematococca*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.30, n.3, p.250-259, 2005.

GASPAR, T.; PENEL, C.; THORPE, T.; GREPPIN, H. **Peroxidases 1970-1980: a survey of their biochemical and physiological roles in higher plants**. Geneva: University of Geneva Press, 1982. 324p.

GIRARDI, E. A. **Métodos alternativos de produção de mudas cítricas em recipientes na prevenção da morte súbita dos citros**. Dissertação (Mestrado), 73 f., Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 2005.

HARKIN, J.M.; OBST, J.R. Lignification in trees. Indication of exclusive peroxidases participation. **Science**, Washington, v.180, p.296-298, 1973.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010. 849p.

HIRAGA, S.; SASAKI, K.; ITO, H.; OHASHI, Y.; MATSUI, H. A large family of class III plant peroxidases. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v. 2, n. 5, p. 462-468, 2001

HURTADO-SALAZAR, A. **Avaliação de diferentes porta-enxertos na produção de maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims)**. Tese (Doutorado), 71f. Universidade federal de Viçosa, 2013.

IGAMBERDIEV, A. U.; LEA, P. J. The role of peroxisomes in the integration of metabolism and evolutionary diversity of photosynthetic organisms. **Phytochemistry**, v. 60, p. 651-674, 2002.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Banco de dados - maracujá. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.iesa.gov.br>>. Acesso em: 24 set. 2011.

JUNQUEIRA, N.T.V. et al. Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In: _____. **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina: EMBRAPA Cerrado, 2005. p.143-158.

KAISER, W. M.; HUBER, S. C. Post-translational regulation of nitrate reductase: mechanism, physiology relevance and environmental triggers. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, p. 1981-1989, 2001.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, California: Wadsworth, v. 57, p. 315-319, 1976.

KHAN, S., YOSHIDA, Y., ISLAM, S. Characteristics of photosynthetic behavior and chlrophyl fluorescence in different vegetable species. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.5, n.2, p.266-270, 2006.

KOLAYLI, S.; KARA, M.; TEZCAN, F.;BEDIA ERIM, F.; SAHIN, H.; ULUSOY, E.; ALIYAZICIOGLU, R. Comparative study of chemical and biochemical properties of different melon cultivars: standard, hybrid, and grafted melos. **J. Agric. Food Chem.** v. 58, p. 9764–9769, 2010.

KRAUSE, G.H.; WEIS, E.. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Boca Raton, v.42, p.313-349, 1991.

KRAUSE, W.; NEVES, L. G.; VIANA, A. P.; ARAÚJO, C. A. T.; FALEIRO, F. G. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-amarelo com ou sem polinização artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 47, p. 1737-1742, 2012.

KRINSKY, N. I. The biological properties of carotenoids. **Pure & Applied Chemistry**, v. 66, p. 1003-1010, 1994.

LACHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 531, 2005.

LEMOS-FILHO, J. P. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysentericae* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, p. 45-50. 2000.

LEE, J.M. Cultivation of grafted vegetables I. Currents status, grafting methods, and benefits. **HortScience**, v.29, p.235-239, 1994.

LEE, J. M.; BANG, H. J.; HAM, H.S. Quality of cucumber fruit as affected by rootstocks **Acta Hort**, v. 483, p. 117–123, 1999.

LIMA, A. A.; CALDAS, R. C.; SANTOS, V. S. Germinação e crescimento de espécies de maracujá. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 125-127, 2006.

LIMA, G.P.P.; BRASIL, O.G.; OLIVEIRA, A.M. Poliaminas e atividade da peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. **Scientia Agricola**, v.56, p.21-25, 1999.

LINS, H. A.; QUEIROGA, R. C. F.; PEREIRA, A. M.; SILVA, G. D.; ALBUQUERQUE, J. R. T. Produtividade e qualidade de frutos de melancia em função de alterações na relação fonte-dreno. **Revista Verde De Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 143-149, 2013.

MALLICK, N.; MOHN, F. H. Reactive oxygen species: response of alga cells. **Journal of Plant Physiology**, 157:183-193, 2000

LOGGINI B., SCARTAZZA A., BRUGNOLI E., NAVARI-IZZO F. Antioxidative defense system, pigment composition, and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. **Plant Physiology**, v. 119, p. 1091-1099, 1999.

MARACUJÁ: Fruta para consumo *in natura* tem boa perspectiva de renda. In: **Agrianual 2012**: Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. p. 387-392, 2012.

MARACUJÁ: Fruta para consumo *in natura* tem boa perspectiva de renda. In: **Agrianual 2013**: Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira São Paulo: FNP Consultoria e Comércio. p. 387-392, 2013.

MARINI, R. P.; BARDEN, J. A.; CLINE, J. A.; PERRY, R. L.; ROBINSON, T. Effect of apple rootstocks on average 'Gala' fruit weight at four locations after adjusting for crop load. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v. 175, n. 5, p. 749-753, 2002.

MATIELLO, J. B.; AMARA, A. S.; LOUBACK, A. S.; FILHO, S. L.; BARROS, U. V. Novo sistema de enxertia, por encostia, em mudas de café e potencial de uso na melhoria do desenvolvimento das plantas. **Revista Brasileira de Tecnologia Cafeeira**, v. 1, n. 2, p. 18-20. 2004.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 659-668, 2000.

MAYER, A. M.; STAPLES, R. C. Laccase: new functions for an old enzyme. **Phytochemistry**, v. 60, p. 551-565, 2002.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v.51, n.345, p.659-668, 2000.

MELETTI, L. M. M.; BRUCKNER, C. H. Melhoramento genético. In: BRUCKNER, C. H.; PICANÇO, M. C. **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 345-385.

MENEZES, J. M. T.; OLIVEIRA, J. C.; RUGGIERO, C.; BANZATO, D. A. Avaliação da taxa de pegamento de enxertos de maracujá-amarelo sobre espécies tolerantes à “morte prematura de plantas”. **Científica**, v. 22, n. 1, p. 95-104, 1994.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant in Science**, v. 9, p. 405-410, 2002.

MADHUSUDHAN, R.; ISHIKAWA, T.; SAWA, Y.; SHIGEOKA S.; SHIBATA, H. Characterization of an ascorbate peroxidase in plastids of tobacco BY- 2 cells. **Physiologia Plantarum**, v.117, p.550- 557, 2003.

MIERZIAK, J.; KOSTYN, K.; KULMA, A. Flavonoides as important molecules of plant interactions with the environment. **Molecules**, v. 19, p. 16240-16265, 2014.

MONTEIRO, J. E. B. A. et al. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 15-24, 2005.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; SILVA, F. O. R.; COSTA, A. C. Qualidade de tangerinas ‘Ponkan’ em função da regularidade no raleio químico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n.3, p. 303-309, 2012.

MORGADO, M. A. D. **Passifloras silvestres: Área foliar, relações alométricas e potencial como porta-enxertos do maracujazeiro-amarelo**. 2011. 56 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2011.

MÜLLER, G. W.; NEGRI, J. D.; AHILAR-VILDOSO, C. I.; MATTOS JÚNIOR, D.; POMPEU JÚNIOR, J.; TEÓFILO SOBRINHO, J. CARVALHO, S. A.; GIROTTI, L. F.; MACHADO, M. A. Morte súbita dos citros: uma nova doença na citricultura brasileira. **Laranja**, v. 23, p. 371-386, 2002.

MÜLLER, P.; LI, X.; NIYOGI, K. K. Non-photochemical quenching. A response to excess light energy. **Plant Physiology**, v. 125, p. 1558-1566, 2001.

NAKABAYASHI, R.; YONEKURA-SAKAKIBARA, K.; URANO, K.; SUZUKI, M.; YAMADA, Y.; NISHIZAWA, T.; MATSUDA, F.; KOJIMA, M.; SAKAKIBARA, H.; SHINOZAKI, K.; MICHAEL, A. J.; TOHGE, T.; YAMAZAKI, M.; SAITO, K. Enhancement of oxidative and drought tolerance in *Arabidopsis* by overaccumulation of antioxidant flavonoids. **The Plant Journal**, v. 77, p. 367-379, 2014.

NAKAJIMA, Y.; XU, X. P.; HASEGAWA, K. Inarching of invigorating rootstock onto young pomelo trees grown under a plastic house. **Journal of the Japanese society for Horticultural Science**, v. 61, p. 521- 526, 1992.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiol**, v. 22, p. 867-880, 1981.

NAKAZAWA, A.; NOZUE, M.; YASUDA, H.; TAKEDA, G.; KUBO, H. Expression pattern and gene structure of phenylalanine ammonia-lyase in *Pharbitis nil*. **Journal of Plant Research**, v. 114, p. 323-328, 2001.

NARITA, N.; YUKI, V. A.; NARITA, H. H.; SILVA-HIRATA, A. C. Maracujá amarelo: tecnologia visando a convivência com o vírus do endurecimento dos frutos. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 1, jan-jun, 2012.

NASCIMENTO, W. M. do; TOMÉ, A. T.; OLIVEIRA, M. do S. P. de.; MÜLLER, C. H.; CARVALHO, J. E. U. de Seleção de progênies de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) quanto à qualidade de frutos. **Rev. Bras. Frutic.**, 2003, v. 25, n. 1, p. 186-188.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; LEAL, R. M.; FRANCO, C. F. Efeitos da aplicação de zinco no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 310-314, 2004.

NELSON, N.A photometria adaptation of somogi method for determination of glucose. **Journal Biological Chemistry**, Baltimore, v.31, n.2, p.159-161, 1944.

NOGUEIRA-FILHO, G. C.; RONCATTO, G.; RUGGIERO, C.; OLIVEIRA, J. C. de; MALHEIROS, E. B. Desenvolvimento e produção das plantas de maracujazeiro-amarelo produzidas por enxertia hipocotiledonar sobre seis porta-enxertos. **Rev. Bras. Frutic.** Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 535-543. 2010.

ODA, M., NAGATA, M., TSUJI, K., SASAKI, H. Effects of Scarlet eggplant rootstock on growth, yield, and sugar content of grafted tomato fruits. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v.65, p.531-536, 1996.

ODA, M., MARUYAMA, M., MORI, G. Water transfer at graft union of tomato plants grafted onto *Solanum* Roostocks. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v.74, n.6, p.456-463, 2005.

OLIVEIRA, A. C.; VALENTIM, I. B.; GOULART, M. O. F.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009.

OLIVEIRA, A. L. **Desenvolvimento de cafeeiros (*Coffea arábica* L.0 enxertados submetidos a diferentes níveis de reposição de água**. Dissertação (Mestrado) – 56 f. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

OLIVEIRA, A. T.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RANGEL, L. E. P.; FORTALEZA, J. M. Produtividade de genótipos de maracujazeiro azedo sob doses de potássio, no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 464-467, 2002.

OLIVEIRA, E. M. S.; REGIS, S. A.; RESENDE, E. D. Caracterização dos resíduos da polpa do maracujá-amarelo. *Ciência Rural*, v. 41, n. 4, p. 725-730, 2011.

OLIVEIRA, J. C. et al. Aspectos gerais do maracujazeiro. In: SÃO JOSÉ, A.R. (Ed.). **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudeste da Bahia, 1994. p.27-37.

OLIVEIRA, R. A. et al. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana planta, no estado do Paraná: taxas de crescimento. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 6, n. 1-2, p. 85-89, 2005.

OLSON, J. A. Biological actions of carotenoids. **Journal of Nutrition**, v. 119, p. 94-95, 1989.

PAUL, M. H.; PLANCHON, C. Chlorophyll fluorescence as a tool in soybean improvement for N fixation efficiency. **Euphytica**, Wageningen, v.45, n.1, p.43-47, 1990.

POGONYI, Á.; PÉK, Z.; HELYES, L.; LUGASI, A. Effect of grafting on the tomato's yield, quality and main fruit components in spring forcing. **Acta alimentaria**, v. 34, p. 453-462, 2005.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C. Crescimento e alocação de fitomassa de cinco gramíneas forrageiras em condições de cerrado. **Revista Biologia Neotropical**, Goiânia, v. 6, n. 2, p. 1-14, 2009.

PORTES, T. A.; CASTRO JÚNIOR, L. G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, p. 53-60, 1991.

PÔRTO, M. L. A.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECOM, P. R.; ALVES, J. C.; ARRUDA, J. A. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. **Bragantia**, v. 71, n. 2, p.190-195, 2012.

POVH, J. A.; ONO, E. O. Crescimento de plantas de *Salvia officinalis* sob ação de reguladores de crescimento vegetal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2186-2190, 2008.

QUEIROGA, R. C. F.; PUAITTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECOM, P. R. Características de frutos do meloeiro variando número e posição de frutos na planta. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 023-029, 2009.

RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100)

RESENDE, M. L. V.; SALGADO, S. M. L.; CHAVES, Z. M. Espécies ativas de oxigênio na resposta de defesa de plantas à patógenos. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, v. 28, n. 2, p. 123-130, 2003.

RODRIGUES, A.C. et al. Peroxidase e fenóis totais em tecidos de porta-enxertos de *Prunus sp.* nos períodos de crescimento vegetativo e de dormência. **Ciência Rural**, v.32, n.4, p.559-564, 2002.

RONCATTO, G.; OLIVEIRA, J. C.; RUGGIERO, C.; NOGUEIRA FILHO, G. C.; CENTURION, M. A. P. C.; FERREIRA, F. R. Comportamento de maracujazeiros (*Passiflora spp.*) quanto à morte prematura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 552-554, 2004.

SAN BAUTISTA, A.; CALATAYUD, A.; NEBAUER, S. G.; PASCUAL, B.; MAROTO, J. V.; LÓPEZ-GALARZA, S. Effects of simple and double grafting melon plants on mineral absorption, photosynthesis, biomass and yield. **Scientia Horticulturae**, v. 130, p. 575-580, 2011.

SANTAMOUR, F.S. Predicting graft incompatibility in woody plants. **Combined Proceedings International Plant Propagators Society**, New York, v.42, p.131-134, 1992

SÃO JOSÉ, A. R.; BRUCKNER, C. H.; MANICA, I.; HOFFMANN, M. **Maracujá: temas selecionados (1) melhoramento, morte prematura, polinização, taxionomia**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1997. p.47-57.

SCANDALIOS, J. G. Oxygen stress and superoxide dismutase. **Plant Physiology**, v. 101, p. 7-12, 1993.

SEPÚLVEDA, E.; SÁENZ, C.; NAVARRETE, A.; RUSTOM, A.; Parámetros de color del jugo de granadilla (*Passiflora aedulis* Sims): influencia de la época de cosecha de la fruta. **Food Sci Technol Intern**, v. 2, p. 29-33, 1996.

SHARMA, P. et al. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v.2012, p.1-26, 2012.

SHISHIDO, Y.; ZHANG, X.; KUMAKURA, H. Effect of rootstock varieties, leaves and grafting conditions on scion growth in eggplant. **J. Japan. Soc. Hort. Sci.**, v.64, n.3, p.581-588, 1995.

SIKORA, E.; CIESLIK, E.; LESZCZYNSKA, T.; FILIPIAK-FLORKIWUACZ, A.; PISULEWSKI, P. M. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. **Food Chemistry**, London, v. 107, p. 50-55, 2008.

SILVA, E. S. Enxertia no controle da murcha bacteriana, na atividade de enzimas e produção em tomateiro. Tese (Doutorado), 88 f. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

SILVA, S. R.; MERCADANTE, A. Z. Composição de carotenóides de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* flavicarpa) *in natura*. **Food Science and Technology**, v. 22, p. 254-258, 2002.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, v.81, p.337– 354, 2002.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SMIRNOFF, N. The function and metabolism of ascorbic acid in plants. **Ann. Bot.** London. v. 78, p. 661–669, 1996.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. do; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n.3, p.748-755, 2005.

SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S.; SOUSA, M. S. S.; COSTA, F. S.; FERNANDES, P. D.; PEREIRA, V. M.; BRITO, M. E. B. Growth and photochemical efficiency in seedlings of passion fruit hybrid under irrigation levels. **Bioscience journal**, v. 26, p. 566-571, 2010.

TEISSEIRE, H.; GUY, V. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science**, Limerick, v. 153, p. 65-72, 2000.

VON CAEMMERER, S.; FARQUHAR, G. D. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves, **Planta**, Berlin, v. 153, n. 4, p. 376-387, 1981.

TIEDEMANN, R. Graft union development and symplastic Phloem contact in the heterograft *Cucumis sativus* on *Cucurbita ficifolia*. **J. Plant Physiol.**, v.134, p.427-440, 1989.

TRATA-MAVRONA, E.; KOUTSIKA-SOTIRIOU, M.; PRITSA, T. Response of squash (*Cucurbita spp.*) as rootstock for melon (*Cucumis melo* L.). **Scientia Horticulturae**, v.83, p.353-362, 2000.

TREUTTER, D. Significance of flavonoids in plant resistance and enhancement of their biosynthesis. **Plant Biol.** v. 7, p. 581–591, 2005.

USENIK, V.; STAMPAR, F. Seasonal changes in polyphenols of ‘Lapins’ sweet cherry grafted on diferente rootstocks. **Acta Horticulturae**, v. 667, p. 239-246, 2005.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidante capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v. 111, p. 816-823, 2008.

ZERAIK, M. L.; PEREIRA, C. A. M.; ZUIN, V. G.; YARIWAKE, J. H. Maracujá: um alimento funcional? **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, p. 459-471, 2010.

ZUCARELI, C. et al. Índices biométricos e fisiológicos em feijoeiro sob diferentes doses de adubação fosfatada. **Semina**, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1313-1324, 2010.