



Universidade Federal  
de São João del-Rei

**JOELMA GONÇALVES**

**AMOR-PERFEITO (*Viola x wittrockiana* Gams.) SOB DIFERENTES  
NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E INOCULAÇÃO MICORRÍZICA**

**SETE LAGOAS**

**2018**

**JOELMA GONÇALVES**

**AMOR-PERFEITO (*Viola x wittrockiana* Gams.) SOB DIFERENTES  
NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E INOCULAÇÃO MICORRÍZICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal de São João Del Rei, *Campus* Sete Lagoas, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador:

Prof. Dr. João Carlos Ferreira Borges Júnior

Co-orientadoras:

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lanamar de Almeida Carlos

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Leila de Castro Louback Ferraz

**SETE LAGOAS**

**2018**

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)  
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G635a            Gonçalves, Joelma.  
                  Amor-perfeito (*Viola x wittrockiana* Gams.) sob  
diferentes níveis de irrigação e inoculação micorrízica  
/ Joelma Gonçalves ; orientador João Carlos Ferreira  
Borges Júnior; coorientadora Lanamar de Almeida  
Carlos, Leila de Castro Louback Ferraz. -- Sete  
Lagoas, 2018.  
                  96 p.

                  Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Agrárias) -- Universidade Federal de São  
João del-Rei, 2018.

                  1. Fitotecnia. 2. Floricultura. 3. Biotecnologia.  
4. Compostos bioativos. 5. Irrigação. I. Ferreira  
Borges Júnior, João Carlos , orient. II. de Almeida  
Carlos, Leila de Castro Louback Ferraz, Lanamar, co  
orient. III. Título.

**JOELMA GONÇALVES**

**AMOR-PERFEITO (*Viola x wittrockiana* Gams.) SOB DIFERENTES  
NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E INOCULAÇÃO MICORRÍZICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal de São João Del Rei, *Campus* Sete Lagoas, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador:

Prof. Dr. João Carlos Ferreira Borges Júnior

Co-orientadoras:

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lanamar de Almeida Carlos

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Leila de Castro Louback Ferraz

Sete Lagoas, 19 junho de 2018

Banca examinadora:

Prof. Dr. Francisco Adriano de Souza

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Paula Coelho Madeira Silva

---

Prof. Dr. João Carlos Ferreira Borges Júnior  
Orientador

DEDICO ao meu amigo e companheiro Rogério Pena de Castro e ao meu filho Pedro Augusto Belotti de Castro, pois sem eles, seria impossível a caminhada até aqui.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo milagre da vida e pelas vitórias durante minha vida.

À minha família, que mesmo distante me apoiou em todos os momentos.

Ao Rogério Pena de Castro, obrigada pelo carinho, companheirismo, paciência, apoio e compreensão em momentos bons e ruins, sempre me dando força para seguir em frente.

Aos amigos do mestrado, pela amizade e descontração.

Aos amigos dos laboratórios, Gabriela, Adriana, Luma, Bárbara, Eduardo, Antônio e Miriã, pela cumplicidade, força e alegria em todos os momentos.

Aos funcionários e técnicos, Edmilson, Luana, Édipo, Geraldo, Wladimir, Edil, João Paulo, Carla, Elismar, Alessandra, Jonatas e Cleiton, pela paciência e boa vontade em ajudar.

Ao Prof. Dr. João Carlos Ferreira Borges Júnior, pela orientação, amizade, ensinamentos, paciência, dedicação, sabedoria e confiança para execução deste trabalho.

À Prof.<sup>a</sup> Lanamar de Almeida Carlos, pela co-orientação, amizade, disponibilidade, ensinamentos e confiança.

À Prof.<sup>a</sup> Leila de Castro Louback Ferraz, pela co-orientação, amizade, disponibilidade, ensinamentos e confiança.

À Prof.<sup>a</sup> Ana Paula Coelho Madeira, pela dedicação, disponibilidade, ensinamentos, paciência e amizade.

Ao Dr. Francisco Adriano de Souza, pelos ensinamentos, disponibilidade e confiança.

À Universidade Federal de São João Del-Rei, pela oportunidade em cursar o mestrado.

À FAPEMIG, pelo financiamento da bolsa de mestrado.

À EMBRAPA Milho e Sorgo, pelo estágio e aprendizagem.

À banca examinadora, pela disponibilidade, conselhos e contribuições a este trabalho.

*“O Senhor é meu pastor, nada me faltará.”*  
**Salmos 23:1**

## LISTA DE SÍMBOLOS E ACRÔNIMOS

- AF - Área foliar
- ALT - Altura da planta
- ANTT - Antocianinas totais
- Cc - Capacidade de campo
- CFT – Compostos fenólicos totais
- CM - Com inoculação micorrízica
- CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono
- Cp - Capacidade de pote
- CRA - Capacidade de retenção de água
- CTC - Capacidade de troca de cátions
- CYN-3-GLU - Cianidina-3-glicosídeo
- D - Percolação ou drenagem
- DAG - Decagrama
- DAS - Dias após semeadura
- DAT - Dias após transplântio
- DB - Diâmetro da base
- DCNT - Doenças crônicas não transmissíveis
- DNA - Ácido desoxirribonucleico
- EAG - Equivalente a ácido gálico
- EQ - Equivalente a quercitina
- ER - Equivalente a rutina
- Ev - Evaporação
- EV - Evaporação dos vasos de monitoramento
- F.C. - Folin-Ciocalteau
- FLT - Flavonoides totais
- FMA - Fungo micorrízico arbuscular
- G% - Porcentagem de plântulas germinadas

HCl - Ácido clorídrico

HPLC - High performance liquid chromatography

i - Índice representando o instante de tempo considerado para o balanço hídrico

I - Irrigação aplicada no vaso no intervalo de tempo;

IVG - Índice de velocidade de germinação

Kc - Coeficiente de cultura

MAs - Micorrizas arbusculares

MFF - Matéria fresca da flor

MFFA - Matéria fresca da parte aérea

MFR - Matéria fresca da raiz

Mi - Massa total do vaso de monitoramento no instante

MSF - Matéria seca da flor

MSPA - Matéria seca da parte aérea

MSR - Matéria seca da raiz

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> - Carbonato de Sódio

NBA - Núcleo de Biologia Aplicada

NF - Número de folhas verdadeiras

P1 - Peso do vaso com o substrato seco

P2 - Peso do vaso em capacidade de pote

PANC - Plantas alimentícias não convencionais

pH - Potencial hidrogeniônico

PMP - Ponto de murcha permanente

PROD - Produção

q.s.p. - Quantidade suficiente para

rpm - Rotação por minuto

RRPAMF - Relação raiz e parte aérea da matéria fresca

RRPAMS - Relação raiz e parte aérea da matéria seca

SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SM - Sem inoculação micorrízica

TF - Tamanho das flores

TRAT - Tratamentos

VM - Vasos de monitoramento

VT - Vasos de tratamento

$\rho_a$  - Massa específica da água

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Valores médios da qualidade da água utilizada na irrigação durante a execução do experimento, no período de maio a setembro de 2017 ..... 54
- Tabela 2. Característica físico-química de macro e micronutrientes do substrato utilizado na produção de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*)..... 54
- Tabela 3. Mudanças na massa (g) de referência da capacidade de pote dos vasos de monitoramento (VM) no decorrer da execução do experimento..... 58
- Tabela 4. Medições de altura (ALT); número de folhas/planta (NF); diâmetro da base (DB); matéria fresca da parte aérea (MFPA); matéria seca da parte aérea (MSPA); área foliar (AF) de mudas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*), produzidas em casa de vegetação, sob fator inoculação micorrízica: sem inoculação micorrízica (SM) e com inoculação micorrízica (CM) ..... 61
- Tabela 5. Avaliação média de altura (ALT); número de folhas (NF); matéria fresca da parte aérea (MFPA); matéria seca da parte aérea (MSPA); área foliar (AF); diâmetro da base (DB); matéria fresca da raiz (MFR); matéria seca da raiz (MSR); relação raiz e parte aérea da matéria fresca (RRPAMF); relação raiz e parte aérea da matéria seca (RRPAMS) de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*), produzidas em casa de vegetação, sob fator inoculação micorrízica: sem inoculação micorrízica (SM) e com inoculação micorrízica (CM), aos 115 DAS..... 63
- Tabela 6. Teor nutricional da parte aérea de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) submetidas ao fator inoculação micorrízica (SM: sem micorriza; CM: com micorriza), cultivadas em casa de vegetação aos 115 DAS ..... 68
- Tabela 7. Conteúdo nutricional da parte aérea de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) submetidas ao fator inoculação micorrízica (SM: sem micorriza; CM: com micorriza), cultivadas em casa de vegetação aos 115 DAS (unidades: g planta<sup>-1</sup> para N, P, K, Ca, S, Cu e Mn; (g planta<sup>-1</sup>)<sup>0,24</sup> para Mg; (g planta<sup>-1</sup>)<sup>0,33</sup> para Fe; (g planta<sup>-1</sup>)<sup>0,29</sup> para Zn ..... 70
- Tabela 8. Avaliação do produto das dimensões florais (PDF), matéria fresca da flor (MFF), matéria seca da flor (MSF) e produção de flores de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) em resposta ao fator inoculação micorrízica: sem micorriza (SM) e com micorriza (CM), produzidas em casa de vegetação ..... 72
- Tabela 9. Teor de antocianinas totais (mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca) em flores de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) submetidas a diferentes níveis de irrigação e inoculação micorrízica ..... 77
- Tabela 10. Quantidade de flavonoides (FLT) (mg cyn-3-glu planta<sup>-1</sup>)<sup>0,1</sup> e antocianinas totais (ANTT) (mg cyn-3-glu planta<sup>-1</sup>)<sup>0,16</sup> em flores de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) submetidas a diferentes níveis de irrigação e inoculação micorrízica ..... 79

Tabela 11. Controle da evaporação e reposição de água diária nos vasos de monitoramento (VM) e da reposição de água nos vasos de tratamento (VT) equivalente à 100% de reposição da evaporação .....	92
--	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma das classes e subclasses de fitoquímicos com potencial antioxidante. .	27
Figura 2. Casa de vegetação da Universidade Federal de São João Del Rei – <i>Campus Sete Lagoas</i> -MG.....	41
Figura 3. Bandejas de tubetes, substrato e coletor solar utilizados para preparação de mudas de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) .....	42
Figura 4. Vasos plásticos forrados com manta de drenagem e substrato utilizado para produção de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) .....	42
Figura 5. Amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> Gams) Majestic Giants II Rosalyn .....	43
Figura 6. Semeadura (esquerda) e germinação agrônômica (direita) de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ).....	44
Figura 7. Vasos de monitoramento imersos em água para saturação do substrato (esquerda) e balança de precisão para posterior pesagem dos vasos (direita) .....	46
Figura 8. Plântulas de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ), sem inoculação micorrízica (esquerda) e com inoculação micorrízica (direita).....	47
Figura 9. Medição das dimensões florais (largura e altura) (esquerda) e pesagem de matéria fresca da flor de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) (direita).....	48
Figura 10. Coleta (esquerda) e armazenamento (direita) de flor de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) para posterior análise de compostos bioativos.....	49
Figura 11. Determinação de compostos fenólicos totais de flores de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) em espectrofotômetro FEMTO (esquerda) e amostras após leitura (direita) ....	50
Figura 12. Armazenamento a 5°C (esquerda) e filtragem (direita) de amostras de flor de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) preparadas para determinação de flavonoides e antocianinas totais .....	51
Figura 13. Temperatura máxima, média e mínima, no interior da casa de vegetação, UFSJ em Sete Lagoas- MG, no período de 12/05 à 06/09/2017 .....	53
Figura 14. Umidade relativa do ar, no interior da casa de vegetação, UFSJ em Sete Lagoas-MG, no período de 12/05 à 06/09/2017 .....	53
Figura 15. Fragmentos de raízes isentos de colonização micorrízica (A); unidade de infecção micorrízica com presença de hyphopodia (a) e arbúsculos (b) (B); fragmentos de raízes colonizadas (c) e não colonizadas (d) (C) e fragmentos de raízes colonizadas (D) com <i>C. etunicatum</i> de plantas de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ).....	55

Figura 16. Taxa de colonização no sistema radicular de plantas de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) submetida a diferentes níveis de irrigação, durante produção em casa de vegetação .....	56
Figura 17. Esporos do fungo micorrízico <i>C. etunicatum</i> extraídos do substrato dos vasos nos quais foram cultivadas plantas de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) durante o experimento, em casa de vegetação .....	57
Figura 18. Controle da reposição de água (mL) nos vasos de monitoramento (VM), durante a produção de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ), em casa de vegetação .....	57
Figura 19. Variação de massa (g), ao longo do experimento, determinada em vasos de monitoramento (VM) antes da reposição de água para restabelecimento à capacidade de pote .....	58
Figura 20. Percolação média de água nos vasos de tratamento (unidades experimentais) 120% (T1; T6) e 100% (T2; T7) de reposição da evaporação, durante execução do projeto de produção de plantas de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ), em casa de vegetação .....	60
Figura 21. Variação de médias das variáveis relativas ao crescimento de mudas de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ), sem inoculação micorrízica (SM) e com inoculação micorrízica (CM), ao longo do tempo, em casa de vegetação, com indicação de intervalo de confiança de 95% ....	61
Figura 22. Análise de crescimento, ao longo do tempo, de plantas de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) em resposta a diferentes níveis de irrigação e inoculação micorrízica, em casa de vegetação .....	62
Figura 23. Avaliação média da matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria fresca da raiz (MFR); altura (ALT) e número de folhas/planta (NF) de plantas de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) produzidas em casa de vegetação sob diferentes níveis de irrigação aos 115 DAS .....	65
Figura 24. Avaliação média da matéria fresca da parte aérea (MFPA); matéria seca da raiz (MSR); diâmetro da base (DB) e área foliar (AF) de plantas de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) produzidas em casa de vegetação sob diferentes níveis de irrigação aos 115 DAS (MFPA e AF transformação Box Cox, $\lambda=0,14$ e $\lambda=0,3$ ; respectivamente) .....	66
Figura 25. Avaliação da relação raiz e parte aérea da matéria fresca (RRPAMF) e relação raiz e parte aérea da matéria seca (RRPAMS) de plantas de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) produzidas em casa de vegetação sob diferentes níveis de irrigação.....	67
Figura 26. Teor nutricional da parte aérea de plantas de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) submetidas à diferentes níveis de irrigação, cultivadas em casa de vegetação aos 115 DAS..	69
Figura 27. Conteúdo nutricional (gramas por planta) da parte aérea de plantas de amor-perfeito ( <i>V. wittrockiana</i> ) submetidas à diferentes níveis de irrigação, cultivadas em casa de vegetação aos 115 DAS (Mg, Fe e Zn transformação Box Cox com $\lambda=0,24$ ; 0,33; 0,29, respectivamente) .....	70

- Figura 28. Produto das dimensões florais (PDF), matéria fresca de flor (MFF) e produção de flores (PROD) em plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) em resposta aos diferentes tratamentos: T1,T2,T3,T4 e T5 (sem inoculação micorrízica e 120%, 100%, 80%, 60% e 40% de reposição da evaporação, respectivamente); T6,T7,T8,T9 e T10 (com inoculação micorrízica e 120%, 100%, 80%, 60% e 40% de reposição da evaporação, respectivamente), dias após semeadura (DAS) em casa de vegetação ..... 73
- Figura 29. Avaliação da medida de dimensão floral (MDF), produção de flores (PROD), matéria fresca da flor (MFF) e matéria seca da flor (MSF) de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) produzidas em casa de vegetação sob diferentes níveis de irrigação (MSF transformação Box Cox com  $\lambda=0,1$ ) ..... 74
- Figura 30. Teores de flavonoides totais (FLT) (a) e antocianinas totais (ANTT) sem presença de inoculação micorrízica (b) em flores de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) submetidas a diferentes níveis de irrigação, produzidas em casa de vegetação ..... 78
- Figura 31. Quantidade de compostos fenólicos totais (CFT) (transformação Box Cox,  $\lambda=0,16$ ) em plantas de amor-perfeito produzidas em casa de vegetação sob diferentes níveis de irrigação ..... 78
- Figura 32. Quantidade de flavonoides totais (FLT) e antocianinas totais (ANTT) (transformação Box Cox,  $\lambda=0,1$  e  $\lambda=0,16$ ; respectivamente) em plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) produzidas em casa de vegetação sob diferentes níveis de irrigação com ausência (a, c) e presença de inoculação micorrízica (b, d) ..... 80

## SUMÁRIO

RESUMO .....	XVIII
ABSTRACT .....	XIX
1 INTRODUÇÃO .....	20
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1 Flores e plantas ornamentais no Brasil .....	21
2.1.1 Aspectos gerais .....	21
2.1.2 Tendências do setor .....	22
2.1.3 PANC e paisagismo produtivo ou jardim comestível.....	23
2.2 Amor-perfeito ( <i>Viola x wittrockiana</i> Gams.) .....	24
2.2.1 Aspectos gerais .....	24
2.2.2 Usos .....	24
2.2.3 Manejo de produção.....	25
2.3 Compostos antioxidantes .....	26
2.3.1 Compostos fenólicos.....	27
2.3.2 Compostos antioxidantes em flores .....	28
2.4 Disponibilidade de água para as plantas .....	30
2.5 Micorrizas.....	34
2.5.1 Aspectos gerais .....	34
2.5.2 Micorrizas arbusculares (MAs) .....	34
2.5.3 Efeitos das MAs nas plantas.....	36
2.5.4 MAs na agricultura .....	37
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	40
3.1 Condições de instalação do experimento .....	40
3.2 Sementeiras, vasos e substratos .....	41
3.2.1 Sementeiras e substrato .....	41
3.2.2 Vasos e substrato .....	42
3.3 Material vegetal .....	43
3.4 Material fúngico .....	44
3.4.1 Avaliação da colonização micorrízica .....	44
3.5 Controle da irrigação.....	45
3.6 Avaliação da produção de mudas .....	47

3.7	Avaliação do crescimento da planta, produção de flores e estado nutricional .....	48
3.8	Avaliação dos compostos antioxidantes .....	49
3.8.1	Compostos fenólicos totais .....	50
3.8.2	Flavonoides totais e antocianinas totais .....	50
3.9	Análises estatísticas .....	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	53
4.1	Condições ambientais do experimento .....	53
4.1.1	Temperatura e umidade.....	53
4.1.2	Qualidade da água.....	54
4.1.3	Características físico-químicas do substrato .....	54
4.2	Colonização micorrízica: taxa de colonização e quantificação de esporos.....	55
4.3	Irrigação .....	57
4.3.1	Vasos de monitoramento.....	57
4.3.2	Unidades experimentais .....	59
4.3.3	Percolação .....	59
4.4	Análise de crescimento vegetativo .....	60
4.4.1	Mudas.....	60
4.4.2	Plantas .....	61
4.5	Compostos bioativos: compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas totais .....	75
5	CONCLUSÃO .....	81
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	82
	APÊNDICE .....	92

## AMOR-PERFEITO (*Viola x wittrockiana* Gams.) SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E INOCULAÇÃO MICORRÍZICA

**RESUMO** - As flores comestíveis estão ganhando cada vez mais espaço na culinária e no mercado brasileiro por serem consideradas como alimentos funcionais de alto potencial antioxidativo. O amor-perfeito é muito utilizado no paisagismo e jardinagem devido a exuberante combinação de cores em suas flores, mas também por ser cultivado como plantas alimentícias não convencionais (PANC). Estudos sobre o manejo e o uso de biotecnologia no cultivo de amor-perfeito fazem-se necessários para que se obtenham incrementos na produção de flores e nos teores de compostos antioxidantes. O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento, absorção de nutrientes, produção de flores e produção de compostos antioxidantes em plantas de amor-perfeito (*Viola x wittrockiana* Gams.) variedade Majestic Giants II Rosalyn, submetidas à diferentes níveis de irrigação e inoculação micorrízica. O experimento foi conduzido em blocos casualizados no esquema fatorial 2x5, sendo presença e ausência de inoculação micorrízica em combinação com 5 níveis de reposição de evaporação de água (120%, 100%, 80%, 60% e 40%), totalizando 10 tratamentos com 6 repetições, realizado em casa de vegetação. Foram feitas avaliações do material fúngico, crescimento e análise nutricional das plantas, produção de flores e conteúdo de compostos antioxidantes (compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas totais). Os dados resultantes foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial, após testes de homocedasticidade e normalidade. As variáveis qualitativas foram submetidas ao teste de F ( $p < 0,05$ ) e as variáveis quantitativas submetidas à análise de regressão ( $p < 0,05$ ). Não houve interação significativa entre os fatores inoculação micorrízica e níveis de irrigação pelo teste F ( $p < 0,05$ ), com exceção para flavonoides e antocianinas totais. Verificou-se para o fator inoculação micorrízica diferença não significativa ( $p < 0,05$ ) na biomassa da parte aérea das plantas, biomassa das flores, produção de flores e teor de compostos antioxidantes. Entretanto, observou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na biomassa do sistema radicular das plantas e na absorção de alguns nutrientes. Verificou-se para os níveis de irrigação diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em todas as variáveis de crescimento, análise nutricional, produção de flores e produção de compostos antioxidantes. Conclui-se que, para as condições de desenvolvimento do estudo, o fungo micorrízico utilizado (*Claroideoglossum etunicatum*) não demonstrou eficiência simbiótica nas plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*). Obteve-se, no nível de 100% de reposição da evaporação de água, melhores resultados para cultivo e produção de compostos antioxidantes em flores de amor-perfeito.

Palavras-chaves: Flores comestíveis, Déficit hídrico, Fungos micorrízicos.

Comitê orientador: Prof. Dr. João Carlos Ferreira Borges Junior – UFSJ, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lanamar de Almeida Carlos – UFSJ e Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Leila de Castro Louback Ferraz – UFSJ

## GARDEN PANSY (*Viola x wittrockiana* Gams.) UNDER DIFFERENT LEVELS OF IRRIGATION AND MICORRYZIC INOCULATION

**ABSTRACT** - Edible flowers are gaining more and more space in cooking and in the Brazilian market for being considered as functional foods with high antioxidative potential. The pansy is widely used in landscaping and gardening due to the exuberant combination of colors in its flowers, but also because it is grown as unconventional food plants (PANC). Studies on the management and use of biotechnology in pansy cultivation are necessary in order to obtain increases in flower production and in the contents of antioxidant compounds. The objective of this study was to evaluate growth, nutrient uptake, flower production and production of antioxidant compounds in pansy plants (*Viola x wittrockiana* Gams.) Variety Majestic Giants II Rosalyn, submitted to different levels of irrigation and mycorrhizal inoculation. The experiment was conducted in randomized blocks in the 2x5 factorial scheme, with the presence and absence of mycorrhizal inoculation in combination with 5 levels of water evaporation (120%, 100%, 80%, 60% and 40%), totaling 10 treatments with 6 replicates, done in greenhouse. Evaluations of fungal material, plant growth and nutritional analysis, flower production and antioxidant compounds content (phenolic compounds, flavonoids and total anthocyanins) were performed. The resulting data were submitted to analysis of variance in a factorial scheme, after homoscedasticity and normality tests. The qualitative variables were submitted to the F test ( $p < 0.05$ ) and the quantitative variables submitted to the regression analysis ( $p < 0.05$ ). There was no significant interaction between the factors mycorrhizal inoculation and irrigation levels by the F test ( $p < 0.05$ ), except for total flavonoids and anthocyanins. The non-significant difference ( $p < 0.05$ ) in the biomass of the aerial part of the plants, flower biomass, flower production and antioxidant compounds content were verified for the mycorrhizal inoculation factor. However, a significant difference ( $p < 0.05$ ) was observed in the biomass of the plant root system and in the absorption of some nutrients. There was a significant difference ( $p < 0.05$ ) in all growth variables, nutritional analysis, flower production and antioxidant compounds production for irrigation levels. It is concluded that, for the study development conditions, the mycorrhizal fungus used (*Claroideoglossum etunicatum*) did not show symbiotic efficiency in the pansy plants (*V. wittrockiana*). The best results for cultivation and production of antioxidant compounds in pansy flowers were obtained at the 100% replacement level of water evaporation.

Key-words: Edible flowers, Water deficit, Mycorrhizal fungi.

Steering Committee: Prof. Dr. João Carlos Ferreira Borges Junior – UFSJ, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lanamar de Almeida Carlos – UFSJ e Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Leila de Castro Louback Ferraz – UFSJ

## 1 INTRODUÇÃO

O setor de flores e plantas ornamentais vem crescendo a cada ano no Brasil e se tornou um interessante campo do agronegócio brasileiro. Com o cenário promissor e impulsionado pela demanda dos consumidores, novos ramos estão surgindo no setor, em especial o de flores comestíveis, que além da beleza dada na elaboração de pratos *gourmet*, também trazem benefícios à saúde devido à presença de compostos antioxidantes.

Os compostos antioxidantes, também nomeados de compostos bioativos ou fitoquímicos, estão presentes em todos os vegetais e tem como função proteger as plantas contra estresses bióticos e abióticos. O consumo de alimentos ricos em compostos antioxidantes ajuda na prevenção do envelhecimento celular, algumas doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como câncer, doenças cardiovasculares e diabetes.

O novo ramo de flores comestíveis oportuniza nova geração de renda para pequenos produtores rurais, já que esse ramo não demanda grandes áreas agricultáveis e o mercado consumidor é diversificado, como supermercados, floriculturas, centros atacadistas e feiras em geral, facilitando sua comercialização.

No intuito de tornar o sistema produtivo mais eficiente, reduzindo o consumo de água e de insumos agrícolas, bem como melhorar a qualidade dos produtos finais, o interesse pelo uso de tecnologias também vem crescendo neste ramo.

O manejo da irrigação com base no monitoramento da demanda hídrica da cultura possibilita a racionalização do consumo de água, minimização de custos associados à irrigação e otimização da produtividade das culturas, considerando-se a potencialidade do sistema de produção empregado.

Simultaneamente, o uso de biotecnologia também tem sido promissor para redução do uso da água e de adubação mineral, especialmente a utilização de micorrizas arbusculares.

As micorrizas são amplamente conhecidas pela sua capacidade de absorver nutrientes do solo, especialmente o fósforo, e fornecê-los às plantas em troca de compostos de carbono, desenvolvendo uma interação benéfica entre os organismos. Também trazem outros benefícios às plantas hospedeiras, como maior eficiência na absorção de água e aumento nas concentrações de compostos secundários vegetais.

O correto uso da água aliado ao uso de biotecnologia possibilita aumentar a eficiência no sistema produtivo e alcançar produtividade e qualidade desejadas.

Dessa forma, o presente trabalho visa avaliar a hipótese que o suprimento de água de acordo com a plena demanda evapotranspirométrica da cultura, aliado ao uso de micorrizas arbusculares, influencia os componentes de produção vegetal e produção de flores comestíveis, bem como a produção de compostos antioxidantes e absorção de nutrientes em plantas de amor-perfeito.

Assim, tem como objetivo avaliar o crescimento, produção de flores, absorção de nutrientes e produção de compostos antioxidantes de plantas de amor-perfeito (*Viola x wittrockiana* Gams.) variedade Majestic Giants II Rosalyn, sob diferentes níveis de irrigação, sendo 120%, 100%, 80%, 60% e 40% de reposição da evaporação de água, e inoculação micorrízica, sendo presença e ausência de micorriza, em casa de vegetação.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Flores e plantas ornamentais no Brasil**

#### **2.1.1 Aspectos gerais**

Nos últimos anos, apesar da crise econômica nacional, o setor de flores e plantas ornamentais apresenta crescimento significativo, tornando-se um segmento dinâmico e promissor do agronegócio brasileiro (SEBRAE, 2015).

Entre 2008 e 2011 apresentou crescimento de 8% a 10%; em 2012 e 2013 o crescimento foi de 7% e 8,3%, respectivamente (SEBRAE, 2015); em 2014 foi de 6,1% (IBRAFLOR, 2015a); em 2015 foi 8% (G1, 2016); e em 2016, no final do primeiro semestre, já tinha atingido a meta que era de 8% de crescimento, surpreendendo o setor (ALENCAR e GALERA, 2016) e destacando o Brasil como um dos maiores produtores mundiais de flores e plantas ornamentais (SNA, 2015).

A produção comercial brasileira é voltada, principalmente, para o mercado interno e tem como principais estados produtores São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Rio de Janeiro (SEBRAE, 2015). São mais de 350 espécies produzidas e mais de 3.000 variedades (IBRAFLOR, 2015b). O setor é segmentado em plantas ornamentais para paisagismo e jardinagem, que concentra a maior movimentação financeira do setor com cerca de 41,5%, seguido por flores e folhagens de corte com cerca de 34,3% e por último flores e plantas envasadas com cerca 24,1% (SEBRAE, 2015).

A cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais responde por 215.818 empregos diretos, sendo 78.485 (36,37%) na produção, 8.410 (3,9%) na distribuição, 120.574 (55,87%)

no varejo e 8.349 (3,8%) em outras funções, especialmente como apoio (SNA, 2015). Existem mais de 8.000 produtores voltados para a atividade. A grande maioria é de pequenos produtores rurais, cujas propriedades têm tamanho médio de 1,8 hectares, totalizando mais de 14.000 hectares plantados destinados ao setor de floricultura (IBRAFLOR, 2015b).

Apesar da grande produção, o Brasil realiza importações de países como Holanda, Colômbia e Tailândia para atender a demanda interna e para buscar novas tecnologias e produtos específicos. O segmento de flores de corte, botões e arranjos para buquês respondeu por 58%, mudas de plantas ornamentais e plantas vivas por 22% e o de folhagens e gramíneas por 20% das importações brasileiras. Já as exportações são esporádicas devido às dificuldades enfrentadas na logística e transporte (IBRAFLOR, 2015a).

O consumo per capita brasileiro de flores e plantas ornamentais ainda é pequeno, sendo considerado bem inferior em relação ao consumo per capita exterior. Gira em torno de R\$ 26,00 por habitante/ano, restringindo-se a datas comemorativas como o dia das mães, na qual há o maior volume comercializado de flores (IBRAFLOR, 2015a).

### **2.1.2 Tendências do setor**

Diante do dinamismo apresentado pelo setor brasileiro de flores e plantas ornamentais, algumas tendências ganham cada vez mais expressão no mercado.

Além do investimento em qualidade, as perspectivas de expansão e abertura de novos polos produtivos no Nordeste do país, com a produção voltada para plantas tropicais regionais, ganham cada vez mais força (MACHADO e ARARIPE, 2017). A abertura desses polos pode diminuir dificuldades enfrentadas na logística e transporte da produção para esta região além de valorizar as plantas regionais.

A busca por biotecnologia e melhoramento genético de flores e plantas ornamentais também ganham atenção especial. A criação de novos cultivares com alto valor comercial, mais resistentes e com maior tempo de conservação pós-colheita, é um dos propósitos do melhoramento genético na floricultura. Outra linha de pesquisa refere-se à mudança na coloração das flores, que está diretamente ligada ao conteúdo de antocianinas, carotenoides e flavonoides, importantes compostos antioxidantes (BOTELHO et al., 2015).

Em contrapartida, existe grande potencial, ainda pouco explorado, na utilização de cactos, palmeiras, abacaxis ornamentais, bromélias e orquídeas nativas na área do paisagismo (RANJAN et al., 2016; MACHADO e ARARIPE, 2017), ou seja, a utilização de plantas mais rústicas e melhor adaptadas aos ambientes de interesse. Esse potencial promissor também se

observa para utilização de plantas alimentícias não convencionais (PANC), muitas das quais são extremamente ornamentais e se tornam componentes chave na formação de paisagismo produtivo ou jardim comestível.

### **2.1.3 PANC e paisagismo produtivo ou jardim comestível**

O termo PANC (Plantas Alimentícias Não Convencionais) foi idealizado por Valdely Ferreira Kinupp em 2008 e representa todas as plantas que possuem uma ou mais categorias de uso alimentício, sejam espécies nativas, exóticas, silvestres, espontâneas ou cultivadas, frutíferas, hortaliças, daninhas ou ornamentais (KINUPP e LORENZI, 2014).

As PANC são plantas muito abundantes no Brasil e fáceis de encontrar em áreas urbanas, quintais, hortas, jardins, lavoura e florestas nas diferentes regiões brasileiras. Apresentam alto potencial de cultivo, alto valor nutricional, alta produção e produtividade. Porém, todas essas características são subutilizadas, seja devido à falta de conhecimento do preparo para o consumo, seja devido à falta de conhecimento sobre o manejo de produção (KINUPP e LORENZI, 2014).

A utilização de PANC no paisagismo e jardinagem traz, não somente, o bem estar visual como maximiza o aproveitamento da biodiversidade local e o potencial de uso alimentar dessas plantas, diversificando o cardápio e os nutrientes ingeridos (KINUPP e LORENZI, 2014).

Nesse contexto, os termos “paisagismo produtivo ou jardim comestível” são cada vez mais empregados na floricultura. O paisagismo e a jardinagem deixam de ser estético estável para serem funcionais (IPEMA, 2004).

O paisagismo produtivo ou jardim comestível são definidos como a criação de macro e micro paisagens, com uso intensivo de plantas, a fim de produzir alimentos (grãos, frutas, hortaliças, ervas e outros), respeitando os processos e ciclos naturais, e de forma integrada com o ecossistema de cada local, mantendo e aumentando a biodiversidade (IPEMA, 2004; ANTÔNIO, 2013).

Para a formação deste é preciso atentar para diversidade de espécies, finalidade de uso, hábitos de crescimento, rusticidade, ciclo de vida, exigências nutricionais e climáticas, luminosidade, disponibilidade de água e possibilidade de consórcios e combinações entre as plantas (COMBA et al., 1999; IPEMA, 2004; ANTÔNIO, 2013).

A utilização de plantas com flores comestíveis nesses ambientes são altamente desejáveis, já que as flores embelezam e colorem o ambiente, atraem insetos polinizadores, pássaros e inimigos naturais de pragas agrícolas, além de serem ótima fonte de compostos

antioxidantes e óleos essenciais, podendo ser utilizadas em saladas, sopas, refogados, assados, sobremesas e bebidas (IPEMA, 2004; KINUPP e LORENZI, 2014). São bem apreciadas na alta gastronomia mundial e vem conquistando paladares no Brasil.

A junção da função paisagística de um jardim com as necessidades diárias de produção de temperos, chás, flores, frutas, verduras e legumes, se torna extremamente versátil, pois, ao mesmo tempo em que é bonito e funcional, também pode gerar uma nova fonte de renda (IPEMA, 2004).

Assim como as PANC, devido a novidade do termo e considerando a grande biodiversidade brasileira, outras tantas espécies de plantas ornamentais necessitam de mais estudos detalhados sobre seus potenciais nutricionais, funcionais, medicinais e comerciais, bem como sobre os aspectos agronômicos a fim de se extrair o máximo desses potenciais.

## **2.2 Amor-perfeito (*Viola x wittrockiana* Gams.)**

### **2.2.1 Aspectos gerais**

O amor-perfeito pode ser considerado uma das espécies preferidas para compor paisagens e jardins devido a sua variada combinação de cores nas flores e por ser tolerante ao frio. É uma espécie híbrida do cruzamento entre *Viola tricolor* L. e possivelmente de *Viola lutea* Huds com *Viola altaica* Ker Gawl. (KINUPP e LORENZI, 2014). É também conhecida como amor-perfeito-de-jardim, viola, pansy e violet.

O amor-perfeito é uma planta herbácea perene, delicada, de hastes muito ramificada e atinge de 20 a 30 cm de altura. As folhas são simples, pecioladas, de lâmina membranácea, glabra em ambas as faces medindo de 4 a 6,5 cm de comprimento. As flores são solitárias, longo-pedunculadas achatadas, de corola arredondada com 5 a 13 cm de diâmetro, com manchas que remetem a face humana. Apresentam variadas colorações e combinações de cores branco, roxo, amarelo, róseo e marrom. As sementes apresentam, em média, 3 mm de comprimento e são único meio de propagação (LORENZI, 2001; KINUPP e LORENZI, 2014).

### **2.2.2 Usos**

Suas flores comestíveis, de textura aveludada e sabor ligeiramente adocicado, podem ser utilizadas no preparo de sobremesas, saladas, sopas, bebidas ou para decoração de pratos. As folhas frescas podem ser usadas no preparo de saladas e sopas. Comercialmente, são vendidas apenas no mercado *gourmet* nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (KINUPP e LORENZI, 2014).

As flores e folhas apresentam boa atividade antioxidante e contêm compostos bioativos, como flavonoides e antocianinas, sendo que nas flores estes compostos estão em maiores quantidades (VUKICS et al., 2008). Podem ser utilizadas como alimentos funcionais com potencial capacidade de eliminação de radicais livres (SKOWYRA et al., 2014).

### 2.2.3 Manejo de produção

O amor-perfeito é cultivado durante o inverno e primavera, principalmente para fins ornamentais, se adequando bem em vasos, jardineiras e canteiros em blocos a pleno sol ou meia-sombra. Embora perene, recomenda-se sua semeadura anualmente (KINUPP e LORENZI, 2014).

Sua propagação deve ser realizada através de sementes e pode levar até 21 dias para germinação em condições naturais adequadas (LORENZI, 2001; KINUPP e LORENZI, 2014). Segundo Fernandes et al. (2015), a exposição das sementes de amor-perfeito Gigante Azul Suíço por 30 minutos ao ácido giberélico na concentração de 5 mg L<sup>-1</sup> proporcionou melhores resultados na porcentagem de germinação e no tempo médio de germinação.

Em estudos de Pirola et al. (2015), a mistura de Latossolo Vermelho + areia + cama de frango (composta por maravalha de *Pinus* sp. e serragem) proporcionaram maior porcentagem de sementes germinadas de amor-perfeito e o recipiente tubete pequeno redondo (12 x 2,5 cm; com 6 estrias) proporcionou melhor desenvolvimento inicial das plântulas.

Com a exigência de ser produzida em solos ricos em matéria orgânica, úmidos e bem drenados (LORENZI, 2001), no trabalho de Zurawik e Placek (2013) avaliou-se diferentes composições de substrato para o crescimento e desenvolvimento de plantas de amor-perfeito (*Viola x wittrockiana* Gams.) cultivadas em casa de vegetação, tendo sido observado que os melhores resultados foram encontrados quando utilizaram 2% de húmus e 98% de turfa para a composição do substrato.

Rota e Pauletti (2008) avaliaram a produção de mudas de *Viola tricolor* L. utilizando diferentes misturas de substrato comercial a base de turfa e casca de arroz carbonizada e indicaram que o melhor substrato foi a mistura de 50% de turfa com 50% de casca de arroz carbonizada, por ter diminuído a densidade, aumentado a aeração e facilitado a drenagem.

Já estudos direcionados à necessidade hídrica para planta de amor-perfeito são escassos, bem como para o emprego de biotecnologias, especialmente em relação ao uso de microrganismos como micorrizas e bactérias promotoras de crescimento, embora, para demais plantas ornamentais, de maior valor comercial, esses estudos estejam bastante avançados.

### 2.3 Compostos antioxidantes

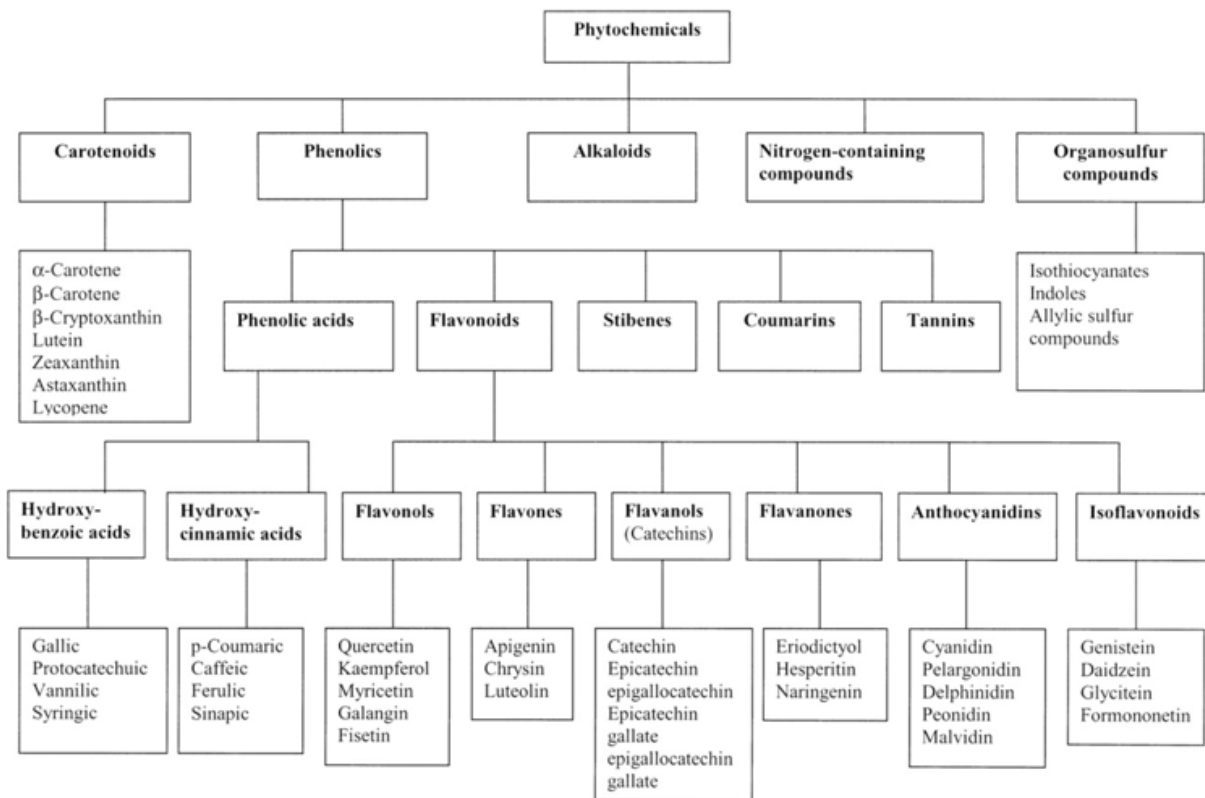
Alguns alimentos e/ou componentes alimentares, possuem além de seu valor nutritivo, propriedades que trazem benefícios fisiológicos a uma ou a várias funções do organismo, promovendo bem-estar, melhoria no estado de saúde e reduzindo o risco de doenças cardiovasculares, câncer, diabetes, obesidade, osteoporose e de outras doenças crônicas não transmissíveis. Esses alimentos são denominados como alimentos funcionais e vem atraindo o interesse dos consumidores, indústrias alimentícias e da comunidade científica (ROSA e COSTA, 2011).

Os alimentos funcionais possuem substâncias ativas que podem ser nutrientes, como vitaminas, ácido fólico e cálcio, ou podem ser não nutrientes, como diversos compostos químicos presentes em frutas e hortaliças (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

As substâncias ou compostos bioativos apresentam atividade antioxidante, capaz de combater os processos oxidativos desencadeados por radicais livres produzidos normalmente durante o curso do metabolismo. Os radicais livres reagem com outras substâncias orgânicas e causam danos as células, ao material genético e aos tecidos. Os danos são acumulativos e levam ao desenvolvimento de doenças (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Diversos compostos naturais apresentam potencial antioxidativo e podem ser encontrados em alimentos de origem animal e vegetal (RIBEIRO et al., 2012). Os compostos antioxidantes de origem vegetal estão presentes em grãos, folhas, flores e frutas (CHITARRA e CHITARRA, 2005; ROSA e COSTA, 2011), e apresentam diversas classes e subclasses (Figura 1). Entre as diversas classes, ganham destaque, os compostos fenólicos.

Figura 1. Fluxograma das classes e subclasses de fitoquímicos com potencial antioxidante.



Fonte: (LIU, 2004)

### 2.3.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são substâncias produzidas pelas plantas e constituem um grupo quimicamente heterogêneo. Muitos desses compostos fenólicos apresentam atividade antioxidativa. Entre eles estão os ácidos fenólicos, ácido ferúlico, ácido caféico, xantonas, flavonoides, cumarinas, lignanas e ligninas (RIBEIRO et al., 2012).

Os compostos fenólicos atuam como sequestradores de radicais livres, bem como exercem ação antioxidante através de outros mecanismos, como quelantes de íons metálicos, que catalisam reações de oxidação. Estes compostos interferem na oxidação dos lipídeos e de outras moléculas por uma rápida doação de um átomo de hidrogênio aos radicais livres (RIBEIRO et al., 2012).

Os flavonoides são os compostos mais explorados e apresentam muitas variações como os flavonóis, flavonas, flavanonas, catequinas, antocianinas, isoflavonas e chalconas. São encontrados abundantemente em frutas e hortaliças (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Desempenham atividade antioxidante mais importante do que a atividade antioxidante da

vitamina C, ação anti-inflamatória, anticancerígena, antitrombótica e atua nos processos de regulação do metabolismo (CABRERA e MACH, 2012; RIBEIRO et al., 2012).

Os flavonoides são encontrados em frutas, como: uva, cereja, amora, morango e jaboticaba; em hortaliças, como: batata-inglesa, couve-flor, repolho, cebola, alho, tomate, rabanete, couve e nabo; em castanhas, chá preto e verde e em vinhos (LEITE e ROSA, 2011).

Dentre as variações dos flavonoides, as antocianinas ganham maior destaque. As antocianinas, depois da clorofila, é o grupo de pigmentos mais importante de origem vegetal, sendo o maior grupo de pigmentos hidrossolúveis (LOPES et al., 2007; GARZÓN, 2008).

Nas plantas, as antocianinas desempenham ação antioxidante, proteção contra ação da luz, mecanismo de defesa e função biológica. As antocianinas são responsáveis por pigmentos atrativos observados em frutas, flores e folhas, variando do vermelho ao azul. Essa coloração intensa atrai os polinizadores que conseqüentemente dispersam as sementes dessas plantas e garantem sua propagação (LOPES et al., 2007).

Nos animais, incluindo seres humanos, as antocianinas desempenham ação antioxidante, anticancerígenas, anti-inflamatórias e antidiabéticas (GARZÓN, 2008), devido ao seu poder estabilizante sobre as espécies reativas de oxigênio (STRINGHET et al., 2011).

### **2.3.2 Compostos antioxidantes em flores**

Como em outras partes vegetais, os compostos antioxidantes também estão presentes nas flores comestíveis e têm motivado diversos estudos sobre seus teores, já que estes sofrem variações entre espécies, período de floração, solo e clima (FERNANDES et al., 2016).

Estudos de Costa et al. (2014) confirmam a presença de compostos antioxidantes em flores de maracujá, cravo amarelo, rosa e capuchinha, sendo que os maiores teores de flavonoides foram encontrados nas flores de capuchinha vermelha (248,14 mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup>) e os maiores teores de antocianinas foram encontrados nas flores de rosa vermelha e maracujá (405,7 e 378,5 mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente).

Segundo Lara-Cortés et al. (2014), os teores de compostos fenólicos nas flores de dália, de cores púrpura e amarela, apresentaram os maiores valores (127,5 e 102,1 mg ácido gálico g<sup>-1</sup>, respectivamente) e para os teores de antocianinas totais, as flores de cor púrpura tiveram os maiores valores (257,5 mg pelargonidina 100 g<sup>-1</sup>).

Nos estudos de Vieira (2013), avaliando os compostos bioativos e atividade antioxidantes de seis variedades de flores comestíveis, os resultados encontrados mostraram que o conteúdo de fenólicos totais foi maior no brócolis (3.870 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>), a capuchinha

amarela e o amor-perfeito apresentaram o maior teor de flavonoides totais (1.309,63 mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup> e 281,39 mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup>) e a capuchinha vermelha destacou-se pela maior quantidade de antocianinas totais (6.120 mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup>), seguida da capuchinha laranja (1.900 mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup>).

Aleman e Marques (2016), avaliando a produção de óleo essencial e flavonoides das flores de camomila sob diferentes lâminas de irrigação e adubação orgânica, verificaram que a produção e o conteúdo de flavonoides totais demonstraram aumento progressivo conforme aumentou-se os níveis de lâminas de água aplicadas associados com a maior dose de adubação orgânica (cama de frango).

Já nos estudos feitos por Bortolo et al. (2009), quando avaliaram o teor e o rendimento de flavonoides em calêndula cultivada com diferentes lâminas de irrigação, não observaram-se alterações no teor de flavonoides em função das lâminas de água aplicadas.

### **2.3.2.1 Constituintes de compostos fenólicos em amor-perfeito**

Os compostos antioxidantes em flores comestíveis são bastante variáveis em função de cada espécie. Os flavonoides mais encontrados em flores comestíveis são a quercetina, kaempferol, miricetina, rutina, apigenina, luteolina, catequina e epicatequina. As antocianinas mais relatadas são cianidina, delphinidina e pelargonidina glicosiladas (FERNANDES et al., 2016).

Skowrya et al. (2014), identificaram por HPLC, 10 flavonoides em pétalas de amor-perfeito de diferentes colorações (amarela, vermelha e violeta), derivados principalmente de quercetina e apigenina. Entre eles, os que mais se destacaram, foram rutina, violantina, vicen-2 e orientina, encontrados em todos os extratos aquosos das diferentes colorações de pétalas amostradas. Também foram identificadas 4 antocianinas, sendo violanina, petunidin-3-(4''-p-coumaroyl)-rutinoside-5-glucoside, cyanidin-3-(4''-p-coumaroyl)-rutinoside-5-glucoside e malvidin-3-(4''-p-coumaroyl)-rutinoside-5-glucoside. A violanina foi a principal antocianina encontrada nas três cores de amor-perfeito, apresentando valores mais altos em pétalas violetas.

Vieira (2013), ao avaliar a composição química dos compostos bioativos em espécies de flores comestíveis, identificou em flores de amor-perfeito (*Viola tricolor* L.) os compostos fenólicos: ácido gálico e ácido clorogênico; e os flavonoides: quercetina e rutina.

Vukics et al. (2008), comparando a composição fotoquímica de *Viola tricolor* L. e *Viola x wittrockiana* Gams, observaram predominância dos flavonoides rutina e violantina nas diferentes colorações de flores de amor-perfeito estudadas.

## 2.4 Disponibilidade de água para as plantas

É crescente a busca por melhores e mais adequados manejos e usos da água na sociedade como um todo, principalmente na agricultura irrigada, que é responsável por 67,2% do consumo total de água no Brasil (ANA, 2017).

As plantas no ambiente terrestre são expostas a perda de água e a desidratação continuamente, sendo necessária sua absorção pelas raízes e posterior transporte através da planta para evitar a dessecação. Aproximadamente 97% da água absorvida pelo sistema radicular é perdida por transpiração na superfície das folhas devido à necessidade contínua de absorção de CO<sub>2</sub> (TAIZ e ZEIGER, 2013). Assim, a captação de CO<sub>2</sub> para a realização da fotossíntese está intimamente ligada à perda de água da planta para atmosfera durante todo seu ciclo de vida (RAVEN et al., 2014). Em média 400 moléculas de água são perdidas para cada molécula de CO<sub>2</sub> capturada (TAIZ e ZEIGER, 2013) e centenas de gramas de água para cada grama de matéria seca acumulada (REICHARD e TIMM, 2012).

O solo é um reservatório natural de água para as plantas, que pode ser encontrada nas formas de água gravitacional, água higroscópica e água capilar. A água na forma gravitacional é drenada rapidamente através dos macroporos do solo, sendo pouco utilizada pelas plantas. A água na forma higroscópica está intimamente ligada às partículas do solo por forte tensão de retenção, formando assim, uma película líquida e indisponível para as plantas. Já a água na forma capilar, está presente nos microporos e representa a fonte direta de água para as plantas (ZONTA et al., 2006).

A água se movimenta até a superfície da raiz por difusão ou fluxo em massa, sendo absorvida principalmente por pelos radiculares, seguindo por diferentes rotas (simplástica, apoplástica ou transmembrantar) até o cilindro central vascular. Então, a água sobe pela raiz e pelo caule até as folhas, onde grande parte será perdida por transpiração para atmosfera (ZONTA et al., 2006; RAVEN et al., 2014).

Sob condições de boa disponibilidade de água para a planta, a absorção segue via simplástica. Quando ocorre redução da água disponível ou aumento da transpiração, a via apoplástica é ativada. Em condições de estresse hídrico a via transmembrantar passa a atuar, sendo facilitada pela presença das aquaporinas (ZONTA et al., 2006).

As plantas se diferem no hábito de crescimento radicular e na capacidade de absorver água do solo, apresentando variações na espessura, estrutura e composição química da cutícula, assim como no tamanho, frequência e comportamento estomático, e na capacidade de controle

sobre a transpiração (LOPES e LIMA, 2015). O conteúdo e a taxa de movimento da água no solo também dependem de variações no tipo e estrutura do solo (TAIZ e ZEIGER, 2013).

O movimento da água do solo, através da planta, para atmosfera envolve forças físicas que regulam o *continuum* água-solo-planta-atmosfera (TAIZ e ZEIGER, 2013). Qualquer mudança nas condições ambientais que promovam alterações no metabolismo, crescimento ou desenvolvimento do vegetal, acarreta em estresse biológico. Assim, excesso de água, normalmente por inundação, ou escassez de água no solo, levam ao estresse hídrico vegetal (LOPES e LIMA, 2015).

No caso da escassez de água, o estresse hídrico é definido como déficit hídrico, que pode ocorrer devida a excessiva perda de água por transpiração, pela deficiência na absorção de água ou pela combinação de ambos os fatores (LOPES e LIMA, 2015).

Conforme o solo seca, a resistência ao fluxo da água para a rizosfera aumenta, levando ao inadequado suprimento de água à planta. Caso não ocorra reposição de água no solo por precipitação ou irrigação, incrementos no crescimento radicular, redução na taxa transpiratória por fechamento estomático ou redução de área foliar, a planta sofrerá injúrias que poderão ser irreversíveis (LIER, 2010; LOPES e LIMA, 2015).

Dessa forma, o déficit hídrico impacta no crescimento e desenvolvimento da planta, modifica sua anatomia, morfologia, bioquímica e fisiologia, e conseqüentemente reduz sua produtividade (LOPES e LIMA, 2015).

O processo fisiológico mais sensível ao déficit hídrico é o crescimento radicular devido ao decréscimo no potencial hídrico interno que reduz o alongamento celular e a síntese de parede celular (TAIZ e ZEIGER, 2013). O déficit hídrico acarreta alterações nas atividades enzimáticas, inibem a divisão celular, os níveis de citocininas diminuem enquanto os níveis de ácido abscísico aumentam, promovendo fechamento estomático, redução da transpiração, fotossíntese e respiração. Em contrapartida, ocorre aumento do sistema radicular e na condutividade hídrica através das raízes a fim de minimizar os danos (TAIZ e ZEIGER, 2013; LOPES e LIMA, 2015).

O movimento *continuum* água-solo-planta-atmosfera é regido pelo decréscimo de potencial total da água ao longo do percurso solo-atmosfera. O potencial total da água no solo é determinado pelo potencial gravitacional (posição ou profundidade), pelo potencial matricial (dependente do teor de água) e pelo potencial osmótico (teor de solutos no solo). Na atmosfera, o potencial total de água é dado pela temperatura e umidade relativa do ar, e apresenta valores mais negativos do que o potencial de água no solo. Já o potencial de água na planta é considerado intermediário entre o potencial de água no solo e o potencial de água na atmosfera.

Esse comportamento define a direção de deslocamento da água do solo para atmosfera, por evaporação ou por transpiração (LIER, 2010).

O movimento da água pelo sistema solo-planta-atmosfera é dependente de fatores relacionados ao solo (como condutividade hidráulica, umidade e potencial), fatores relacionados à planta (como densidade e fisiologia das raízes e área foliar) e fatores relacionados à atmosfera (como déficit de saturação, vento e radiação solar) e apresentam interdependência atuando, muitas vezes, de forma simultânea. A entrada e a saída de água em um volume de solo, em um determinado tempo, fundamentam o balanço hídrico, que do ponto de vista agrônomo é indispensável para definir as condições hídricas ideais ao desenvolvimento de uma determinada cultura. A saída de água do solo por evaporação, através da superfície do solo, e por transpiração, através da planta, define o processo de evapotranspiração, o qual é um parâmetro importante para se avaliar o ciclo hidrológico em áreas de cultivo (REICHARD e TIMM, 2012).

O fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera não é definido apenas pela extração da água pela planta, mas também pela disponibilidade e permanência da água na zona radicular. Assim, o conteúdo máximo de água no solo para o qual a perda por drenagem é pequena, determina o limite superior de disponibilidade de água à planta ou capacidade de campo (Cc). E o conteúdo de água no solo no qual as folhas de uma planta atingem murchamento irreversível quando colocada em atmosfera saturada com vapor d'água, define o limite inferior de disponibilidade de água à planta, ou ponto de murcha permanente (PMP). A região entre a Cc e o PMP é definida como a região na qual o conteúdo de água presente está disponível à planta (LIER, 2010).

Diversos trabalhos têm se dedicado em avaliar o comportamento vegetal perante a redução da disponibilidade de água sem comprometimento da produtividade e demais produtos secundários, bem como indicar melhores métodos e manejos para suprir adequadamente a necessidade hídrica das plantas de interesse.

Duarte et al. (2010), avaliando o consumo hídrico do tomateiro com adubação orgânica e avaliando as estimativas da evapotranspiração e do coeficiente de cultura (Kc) em ambiente protegido por diferentes métodos (Tanque Classe A, Radiação Solar, Penman e Penman-Monteith), observaram que a máxima evapotranspiração da cultura foi durante a fase de maturação dos frutos, demandando o maior consumo de água neste período. Neste estudo, todos os métodos utilizados para estimativa da evapotranspiração apresentaram alta precisão e concordância, mostrando-se todos adequados para tal estimativa.

Loose et al. (2014), com o objetivo de determinar a evapotranspiração máxima e o coeficiente de cultura da berinjela cultivada em estufa plástica em condição de clima subtropical úmido, verificaram que a evapotranspiração da berinjela é maior na primavera do que no outono e o seu coeficiente de cultura apresenta maiores valores no subperíodo que vai do início ao final da colheita, tanto na primavera quanto no outono. Com esses resultados é possível dimensionar de forma adequada o suprimento de água da cultura em períodos de maior demanda.

Nunes et al. (2014), investigando os efeitos de cinco disponibilidades hídricas (25%, 50%, 75%, 100% e 125% da máxima capacidade de retenção de água no vaso), sobre a produção da rúcula em Latossolo Vermelho, observaram que a maior altura e maior número de folhas foram encontrados no tratamento que permaneceu 75% da máxima capacidade de vaso.

Segundo Arévalo et al. (2014), com o objetivo de determinar um planejamento de irrigação eficiente para a produção de rosa cultivadas em casa de vegetação fornecendo diferentes lâminas de irrigação baseadas na evapotranspiração (100%, 80% e 70% da evapotranspiração), observaram que a qualidade das rosas não sofreram danos com os tratamentos impostos e que o regime de irrigação ótimo foi quantificado como sendo o de 70% da evapotranspiração estimada da cultura.

Em estudo de Girardi et al. (2015), avaliando o desempenho do processo de balanço hídrico por lisimetria de pesagem no cultivo de alstroemeria em vaso sob ambiente controlado, utilizando diferentes percentuais da capacidade de retenção de água do substrato no vaso (30%, 45%, 60%, 75% e 90% da capacidade de vaso), puderam concluir que a lisimetria permite medir com precisão o consumo de água de plantas cultivadas em recipientes.

Bortolas et al. (2016), avaliando a produtividade de flores de *Kalanchoe blossfeldiana* sob diferentes épocas de plantio e diferentes lâminas de irrigação (100%, 80%, 60% e 40% da capacidade de vaso), em casa de vegetação, concluíram que as planta de kalanchoe apresentam maior produtividade quando transplantadas no mês de outubro e se adaptam melhor as condições do estudo (RS), quando submetidas à irrigação correspondente a 60% da capacidade de vaso.

Álvarez e Sánchez-Blanco (2015), estudando a comparação de efeitos individuais e combinados de salinidade e déficit hídrico em aspectos fisiológicos, nutricionais e ornamentais de plantas de *Callistemon laevis* cultivadas em vasos ao ar livre e submetidas a quatro tratamentos de irrigação (0,8 dS m<sup>-1</sup>, 100% de capacidade de retenção de água), déficit hídrico (0,8 dS m<sup>-1</sup>, 50% da quantidade de água fornecida ao controle), solução salina (4,0 dS m<sup>-1</sup>, a mesma quantidade de água fornecida ao controle) e déficit hídrico salino (4,0 dS m<sup>-1</sup>, 50% da água fornecida ao controle), observaram que água e estresse salino quando aplicados

individualmente, levaram a uma redução de 12% e 39% da biomassa total (respectivamente), mas não afetou a qualidade da planta (cor da folha e floração). Entretanto, o déficit hídrico salino afetou a cor da folha, a floração e induziu uma diminuição excessiva do crescimento da planta em 68%.

## **2.5 Micorrizas**

### **2.5.1 Aspectos gerais**

As micorrizas são fungos de solo que estabelecem simbiose mutualística com raízes vivas metabolicamente ativas da grande maioria das espécies de plantas (SMITH e READ, 2008). A simbiose micorrízica está baseada na troca bidirecional de nutrientes e fotoassimilados ou outros benefícios entre planta e o fungo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; SMITH e READ, 2008).

Estudos feitos em raízes fossilizadas indicam que as micorrizas surgiram há cerca de 400 milhões de anos juntamente com o aparecimento das primeiras plantas terrestres, sugerindo que a interação fungo-planta foi um fator determinante para o estabelecimento das plantas no novo ambiente (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; SMITH e READ, 2008).

Somente no século XIX as micorrizas foram observadas e descritas pela primeira vez. Desde então, têm sido estudadas amplamente devido a seus efeitos benéficos às plantas. No Brasil, a Dra. Lilian Tomazini realizou os primeiros estudos de colonização de micorrizas em plantas do Cerrado, na UNESP em São Paulo, em 1970 (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Atualmente, são considerados seis diferentes tipos de associação micorrízica reconhecidas, sendo: arbuscular; arbutóide; ericóide; ecto; monotropóide e orquidóide. Algumas são bastante específicas e encontradas em pouquíssimas famílias de plantas terrestres (BERBARA et al., 2006). Assim, as que apresentam maior número de estudos são as micorrizas arbusculares (MAs) e as ectomicorrizas.

### **2.5.2 Micorrizas arbusculares (MAs)**

As MAs são o tipo mais comum das micorrizas, sendo simbiontes obrigatórios e colonizando 80% das espécies vegetais. Recentemente, baseados em exames de DNA, foram reclassificadas como Filo Glomeromycota (SMITH e READ, 2008).

O nome 'arbuscular' é derivado de estruturas característica, os arbúsculos, que são formados intracelularmente nas células do córtex das raízes (SMITH e READ, 2008). As MAs não apresentam evidências de especificidade hospedeira e não apresentam alterações

morfológicas visíveis nas raízes colonizadas o que as diferem das ectomicorrizas. Somente através de observações feitas por microscópio é possível detectar a associação das MAs nas raízes das plantas hospedeiras (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

A colonização das MAs começa com o crescimento das hifas na rizosfera a partir de propágulos dos fungos micorrízicos (esporos, micélio e, ou fragmentos de raiz micorrízica) ou até mesmo de uma planta já micorrizada que esteja crescendo na proximidade. Após a chegada das hifas fúngicas na superfície radicular, em torno de 2 a 3 dias, um apressório (estrutura especial de fixação e penetração) é formado nas células epidérmicas. Então, hifas colonizadoras originárias do apressório passam através dos espaços intercelulares e, em seguida, entram nos tecidos radiculares se espalhando entre e através das células das camadas do córtex da raiz (AZCÓN-AGUILAR e BAREA, 1997; SMITH e READ, 2008).

Isso é possível, devido à combinação de pressão mecânica e degradação enzimática parcial da parede celular vegetal por pectinas, celulasas e hemiceluloses produzidas pelo fungo. A degradação enzimática ocorre em nível baixo e de forma localizada, preservando a integridade do tecido e minimizando a ativação do sistema de defesa vegetal, garantindo assim o desenvolvimento intraradicular do fungo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; SMITH e READ, 2008).

Ao atingirem o córtex interno, as hifas crescem para o interior das células e, por meio de ramificações dicotômicas repetidas, formam os arbúsculos, cujo tempo de vida gira em torno de 4 a 14 dias. A formação do arbúsculo gera uma grande superfície de contato celular entre o fungo e a planta facilitando a troca de metabólitos entre hospedeiro e fungo, ou seja, nutrientes minerais para planta e compostos de carbono para o fungo (AZCÓN-AGUILAR e BAREA, 1997; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

À medida que a colonização interna se espalha, hifas extra-radicais se ramificam e crescem ao longo da superfície da raiz formando mais pontos de penetração. O crescimento também ocorre fora das células no solo circundante, o que leva ao desenvolvimento de uma extensa rede tridimensional de micélio que interage com as partículas do solo (AZCÓN-AGUILAR e BAREA, 1997; SMITH e READ, 2008).

O comprimento das hifas externas pode atingir uma média de 1 m por cm de raiz, atravessando a zona de depleção de nutrientes em torno das raízes para absorver íons de baixa mobilidade e água, função crucial para o sucesso da simbiose (AZCÓN-AGUILAR e BAREA, 1997; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

As hifas extra-radicais também interagem com componentes da microbiota da rizosfera, e juntos formam agregados estáveis, devido ao seu entrelaçamento com as partículas do solo e

a quantidade de hifas, que pode atingir até 50 m por grama de agregado, garantindo assim uma boa estruturação do solo (AZCÓN-AGUILAR e BAREA, 1997; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006), característica que confere sustentabilidade, preservação e funcionalidade aos ecossistemas naturais e agrícolas (GARZÓN et al., 2015; RUBIN e STÜRMER, 2015).

Um conjunto de fatores ambientais e edáficos podem interferir na formação, no funcionamento e na ocorrência das MAs. Os fatores relacionados ao solo são referentes à disponibilidade de nutrientes, especialmente o fósforo (P), pH do solo, elementos tóxicos como Alumínio (Al) e Manganês (Mn), salinidade, textura, estrutura e agregação do solo, densidade do solo, umidade e organismos predadores como as colêmbolas (BERBARA et al., 2006; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; KOLTAI, 2010).

Os fatores relacionados à planta hospedeira são referentes à espécie da planta, variedade, estado nutricional, idade, ciclo e taxa de crescimento, alelopatia, sistema radicular, exsudação de compostos e especificidade hospedeira (BERBARA et al., 2006; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; KOLTAI, 2010).

Em relação ao ambiente, os principais fatores são a intensidade luminosa, temperatura, sazonalidade, precipitação, poluição atmosférica e do solo e estresses diversos. No uso e manejo do solo irão interferir o histórico da área, tipo de cultivo, erosão do solo, irrigação e qualidade da água, uso de fertilizantes e defensivos químicos e mudança na vegetação (BERBARA et al., 2006; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; KOLTAI, 2010).

### **2.5.3 Efeitos das MAs nas plantas**

Os principais efeitos da simbiose das MAs nas plantas podem ser resumidos em: melhoria do enraizamento e estabelecimento das plantas; melhoria na absorção de íons de baixa mobilidade; ciclagem de nutriente melhorada; maior tolerância da planta ao estresse biótico e abiótico; melhoria na qualidade da estrutura do solo; e maior diversidade da comunidade vegetal. A simbiose, portanto, influencia em vários aspectos da fisiologia vegetal, como na nutrição, no crescimento, desenvolvimento e proteção das plantas (AZCÓN-AGUILAR e BAREA, 1997).

Todos esses efeitos se devem às ações biofertilizante, biorreguladora e biocontroladora que as MAs desempenham junto às plantas. A ação biofertilizante é considerada efeito primário e as demais como secundários em resposta as melhorias nutricionais ocorridas devido à primeira ação (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

A capacidade biofertilizante das MAs aumenta a oferta de nutrientes minerais para plantas, principalmente o fosfato, aumentando consideravelmente a produção de fitomassa, resultando em melhores taxas de crescimento tanto da parte aérea como radicular (AZCÓN-AGUILAR e BAREA, 1997; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Contudo, os efeitos no crescimento das plantas podem variar muito dependendo da planta hospedeira, que pode apresentar diferentes graus de responsividade, do fungo que pode apresentar diferentes graus de eficiência, e dos teores de P disponíveis, que em excesso inibem a simbiose (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

As demais ações, consideradas não nutricionais, favorecem proteção contra estresses adversos bióticos e abióticos. Em relação ao estresse biótico, as MAs reduzem os malefícios causados por nematoides, fungos patogênicos do sistema radicular e algumas pragas. Contudo, respostas contrárias também podem ocorrer a interação MAs-pragas ainda é pouco explorada. Para o estresse abiótico, as MAs amenizam os efeitos causados por elevada acidez do solo, presença de metais pesados, salinidade e fitotóxicos como aleloquímicos e resíduos de herbicidas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Também contribuem para agregação do solo e acumulação de substâncias húmicas e aumenta a tolerância das plantas ao déficit hídrico (BERBARA et al., 2006).

O favorecimento na relação água-plantas promovido pela simbiose com MAs pode ser considerado o segundo maior efeito benéfico nas plantas depois do efeito nutricional. As MAs promovem alterações na elasticidade das folhas, elevam o potencial de água e turgor nas folhas, aumentam a taxa de transpiração e condutância estomática, reduzem a resistência hidráulica nas raízes e promovem aumento no comprimento e ramificações no sistema radicular (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; SMITH e READ, 2008).

Algumas alterações metabólicas também podem ocorrer em plantas micorrizadas, como produção em maior quantidade de auxinas, citocininas, giberelinas, vitaminas e compostos bioativos (KIRIACHEK et al., 2009). Essas alterações podem levar a mudanças fenológicas nas plantas como florescer precocemente e em maior quantidade e apresentar senescência retardada, ou seja, ter maior duração do florescimento (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

#### **2.5.4 MAs na agricultura**

Vários estudos já foram feitos avaliando os benefícios da micorrização para as plantas, especialmente naquelas que apresentam potencial agrônômico e florestal. Os efeitos benéficos das micorrizas já estão bem documentados para as culturas de mandioca (MIRANDA et al.,

2005; SILVEIRA e FREITAS, 2007); cana-de-açúcar, citros, banana, frutíferas tropicais (SILVEIRA e FREITAS, 2007); abacaxi (SANTOS et al., 2011); maracujá (RITER NETTO et al., 2014); pau-jangada (ZANGARO et al., 2015); tomate (CANDIDO et al., 2015); pastagem (BENDER et al., 2015); mamão (ALMEIDA et al., 2016); soja (MIRANDA e MIRANDA, 2002; MOTTA et al., 2016); morango (BONA et al., 2015; CECATTO et al., 2016); café (FRANÇA et al., 2016; SILVEIRA e FREITAS, 2007); leguminosas arbóreas (STOFFEL et al., 2016); arroz (LI et al., 2016); sorgo (DHAWI et al., 2016); pepino (RAVNSKOV e LARSEN, 2016); amendoim (MIRANDA et al., 2016), dentre outras mais.

No setor de floricultura o interesse pelos benefícios da micorrização não é diferente. Trabalhos como de Gómez-Bellot et al. (2015), na Espanha, demonstraram que plantas de folhado-comum (*Viburnum tinus*) típicas no paisagismo do Mediterrâneo, cultivadas em campo sob irrigação com água reciclada de alta salinidade, tiveram melhor valor estético e potencial de água no caule e condutância estomática estimulados quando as plantas foram inoculadas com micorrizas da espécie *Glomus iranicum*.

Estudos realizados por Majewska et al. (2017), na Polônia, verificaram que a inoculação de fungo micorrízico arbuscular (FMA) (*Glomus irregulare*, *Glomus mosseae* e *Glomus claroideum*) em plantas de margarida-amarela (*Rudbeckia laciniata*) e *Solidago gigantea* proporcionaram incrementos na produção de biomassa e efeitos nos estádios iniciais de crescimento das plantas, garantindo seu estabelecimento.

Segundo Castañón-Silva et al. (2013), estudando solos contaminados com cobre no Chile, as MAs (*Glomus spp.*) proporcionaram maior crescimento de plantas de girassol e resistência a altas concentrações de Cu nas raízes. As concentrações variaram entre 174 a 697 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto que o permitido para bom desenvolvimento das plantas seria de 5 a 20 mg kg<sup>-1</sup>.

Hayek et al. (2012) em estudos com petúnia (*Petunia hybrida*) avaliando os efeitos de biofertilização, bioproteção e bioregulação das micorrizas sobre as plantas, verificaram que a utilização de *Glomus mosseae* compensou a deficiência de fósforo no substrato utilizado na produção das mudas, bem como aumentou a matéria seca das plantas e melhorou a absorção de água. Os danos radiculares causados por *Thielaviopsis basicola* foram reduzidos devido à ação bioprotetora do *G.mosseae*. Contudo, não houve promoção de resistência ao estresse salino.

Rewald et al. (2015) em estudos com mudas de *Ulmus glabra*, árvore utilizada no paisagismo urbano, observaram redução no crescimento e aumento na respiração de raízes finas sob estresse salino. Entretanto, quando as plantas foram inoculadas com MAs a partir de inóculo comercial, o efeito do estresse salino sobre o crescimento e a respiração foi grandemente

reduzido, embora as plantas não inoculadas tenham crescido melhor devido à elevada demanda de carbono, o qual nas plantas inoculadas tiveram que ser repartidos com as micorrizas.

Janowska et al. (2016), estudando os efeitos da micorrização (*Glomus spp.*) sobre o crescimento, o florescimento, o conteúdo de pigmentos, sacarídeos e proteínas nas folhas de gloxínia (*Sinningia speciosa*) em casa de vegetação, verificaram que plantas micorrizadas apresentaram maior número de botões florais, maior teor de clorofila, sacarídeos e carotenóides nas folhas. Contudo, não foram observadas diferenças significativas nos teores de proteínas entre as plantas micorrizadas e não micorrizadas.

Püschel et al. (2014), verificando se a inoculação micorrízica poderia estimular o crescimento e a floração de oito plantas ornamentais (*Capsicum annuum*, *Dimorphoteca sinuata*, *Gazania splendens*, *Impatiens hawkerii*, *Pelargonium peltatum*, *Pelargonium zonale*, *Sanvitalia procumbense* *Verbena × hybrida*), cultivadas em vaso com substrato a base de turfa sob irrigação normal ou reduzida, concluíram que houve aumento significativo nos parâmetros de crescimento como número de flores, tamanho da flor, peso seco da parte aérea, peso seco da raiz, número de folhas, o comprimento da planta, número de ramos e o comprimento total dos ramos, em ambos os regimes de rega (normal e reduzida). Entretanto, as plantas inoculadas que receberam irrigação reduzida apresentaram melhorias mais significativas do que as plantas inoculadas que receberam irrigação normal.

Rydlová et al. (2015), avaliando a importância das MAs para *Cyclamen purpurascens* endêmica da Eslováquia, em casa de vegetação, verificaram que a inoculação com MAs acelerou o crescimento das plantas de *Cyclamen* e aumentou significativamente todos os parâmetros de crescimento, como: peso, número de folhas e área foliar, número de flores, tubérculo, peso seco da raiz e absorção de fósforo.

Asrar et al. (2012), investigando a melhoria no crescimento, produção de flores e relações hídricas de flor do dragão (*Antirrhinum majus* L.) cultivadas em casa de vegetação sob condições de boa irrigação e em condições de estresse hídrico, utilizando FMA (*Glomus deserticola*), observaram que as plantas de flor do dragão micorrizadas tinham significativamente maior massa seca de ramos e raízes, maior acúmulo de nutrientes (P, N, K, Mg e Ca) e conteúdo de clorofila do que as plantas não micorrizadas. As MAs melhoraram o crescimento das plantas, o rendimento das flores e as relações hídricas, particularmente em condições de aumento do nível de estresse hídrico, mitigando seu efeito deletério.

Heitor et al. (2016), em estudos sobre o crescimento e a produção de capítulos florais de calêndula (*Calendula officinalis*) em resposta à inoculação micorrízica (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*) e fósforo, em casa de vegetação, verificaram que nos tratamentos sem

adição de fósforo, as plantas de calêndula inoculadas com *Gigaspora margarita*, apresentaram maior incremento na altura, na massa seca da parte aérea e da raiz, no número e na massa seca dos capítulos florais em comparação com as plantas não micorrizadas.

Jentschel et al. (2007), em estudo sobre a capacidade das MAs em aumentarem os níveis e a biossíntese de auxina em *Tropaeolum majus* durante os estádios de colonização, observaram padrões diferentes nos níveis e na biossíntese das auxinas, mas não conseguiram saber ao certo se estas modificações foram exclusivamente devido as micorrizas.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Condições de instalação do experimento**

O experimento foi realizado em casa de vegetação (Figura 2) na Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus Sete Lagoas*, localizado a cerca de 70 km de Belo Horizonte, cujas coordenadas geográficas são latitude 19°28'4" Sul e longitude 44°14'52" Oeste. O clima é considerado tropical de altitude, com verões quentes e chuvosos e invernos secos; temperatura média de 20,9°C; precipitação média anual de 1.272 milímetros e umidade relativa do ar média anual é de 70,5% (INPE, 2017).

O experimento iniciou-se com a semeadura da variedade em maio de 2017 e teve término em setembro de 2017. Foi conduzido em blocos casualizados no esquema fatorial 2 x 5, sendo dois níveis de inoculação micorrízica (ausência e presença) e cinco níveis de irrigação (120%, 100%, 80%, 60% e 40% de reposição da evaporação) com 6 repetições, totalizando 10 tratamentos.

Durante o período de execução do experimento, desde a semeadura até a retirada das plantas, a temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), no interior da casa de vegetação, foram registradas diariamente sempre no período vespertino, utilizando Termo-Higrômetro Digital, com medição de temperatura interna e externa, temperatura máxima e mínima, e umidade interna, da marca Incoterm® modelo 7666.02.0.00.

Figura 2. Casa de vegetação da Universidade Federal de São João Del Rei – *Campus Sete Lagoas-MG*



Fonte: Arquivo pessoal

## **3.2 Sementeiras, vasos e substratos**

### **3.2.1 Sementeiras e substrato**

As sementeiras foram bandejas de tubetes pequenos redondos, com capacidade de 55 cm<sup>3</sup>, dimensões: 12,5 cm de altura; 3,5 cm de diâmetro externo; 2,9 cm diâmetro interno; com 6 estrias e 1 furo de 1 cm de diâmetro (Figura 3).

O substrato utilizado nas bandejas de semeadura foi composto por terra vegetal comercial (marca Terra de Minas), sem adubação mineral e vermicomposto (marca Adubos Bom Jardim), na proporção de 3:1 (v:v) (três partes de terra vegetal e 1 parte de húmus de minhoca), previamente homogeneizado, umedecido e solarizado em coletor solar por 24 horas a aproximadamente 60°C (GHINI, 2004) (Figura 3).

Figura 3. Bandejas de tubetes, substrato e coletor solar utilizados para preparação de mudas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*)



Fonte: Arquivo pessoal

### 3.2.2 Vasos e substrato

Os vasos para o transplântio foram vasos pretos comuns de polietileno nº 3 com capacidade de 3,1 L, dimensões de 17 cm de altura, 23 cm de diâmetro na boca e 14,5 cm de diâmetro na base (marca Tetraplast), forrados com manta de drenagem (Figura 4). Os pratos colocados sob os vasos foram pratos redondos nº 4, dimensões 3,8 cm de altura por 23 cm de diâmetro inferior (marca Tretaplast).

O substrato utilizado para preenchimento dos vasos foi composto com solo típico do Cerrado homogeneizado com areia e matéria orgânica, em proporções de 2:1,5:0,5 (v:v) (duas partes de solo, uma parte e meio de esterco bovino e meio parte de areia fina lavada) (Figura 4). O substrato foi umedecido e solarizado no coletor solar por 24 horas a aproximadamente 60°C (GHINI, 2004), previamente ao transplântio. Após a solarização, coletou-se uma amostra do substrato (500 g) e enviou-a ao laboratório LABORSOLO para realização de análise completa de substrato.

Figura 4. Vasos plásticos forrados com manta de drenagem e substrato utilizado para produção de amor-perfeito (*V. wittrockiana*)



Fonte: Arquivo pessoal

Para o preenchimento dos vasos de tratamento (unidades experimentais), utilizou-se massa média de 2.255,45 g de substrato, com desvio padrão de 0,019 g e coeficiente de variação de 0,0008%.

### 3.3 Material vegetal

As sementes utilizadas foram de amor-perfeito (*Viola x wittrockiana* Gams) variedade Majestic Giants II Rosalyn, geração F1, germinação 93%, pureza física 99,9 %, categoria S2 híbrido, lote 99.173, origem Japão, adquiridas comercialmente da empresa Sakata® (Figura 5). Semeou-se 3 sementes por célula, após quebra de dormência em água destilada por 30 minutos (FERNANDES et al., 2015).

Figura 5. Amor-perfeito (*V. wittrockiana* Gams) Majestic Giants II Rosalyn



Fonte: Arquivo pessoal

A germinação agronômica iniciou-se aos 9 dias após semeadura (DAS) e aos 21 DAS realizou-se o desbaste das plântulas. Retirou-se plântulas deformadas e com baixo desenvolvimento, deixando apenas uma plântula por tubete, de forma que as plântulas selecionadas proporcionassem um conjunto mais homogêneo possível (Figura 6).

Aos 52 DAS realizou-se o transplântio para os vasos definitivos, nos quais foram mantidas 2 plantas por vaso.

Figura 6. Semeadura (esquerda) e germinação agrônômica (direita) de amor-perfeito (*V. wittrockiana*)



Fonte: Arquivo pessoal

### 3.4 Material fúngico

O solo inóculo, contendo fungo *Claroideoglossum etunicatum* (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler, foi obtido junto ao Núcleo de Biologia Aplicada (NBA) da Embrapa Milho e Sorgo, e foi adicionado ao substrato das bandejas de sementeira na proporção de 20% do volume do substrato, conforme tratamentos, no mesmo dia da sementeira.

Para equilibrar a microbiota do substrato das bandejas de sementeiras, foi adicionado a cada tubete, 1 mL do filtrado da suspensão de inóculo, que foi feita a partir da homogeneização de 100 g de solo inóculo adicionado em 1 L de água destilada autoclavada.

#### 3.4.1 Avaliação da colonização micorrízica

Avaliação da taxa de colonização micorrízica foi realizada na época do transplante e ao final do experimento. Já a quantificação da densidade de esporos foi realizada apenas ao final do experimento. Tais análises foram realizadas no Laboratório de Ecologia Molecular Microbiana do NBA da Embrapa Milho e Sorgo.

##### 3.4.1.1 Determinação da taxa de colonização micorrízica

As raízes mais finas foram separadas do sistema radicular para estimativa da colonização micorrízica. Após separação, as raízes foram lavadas em água corrente e acondicionadas em álcool 50%.

Posteriormente, as raízes foram clarificadas com solução de hidróxido de potássio (KOH) a 10%, em banho-maria a temperatura de 90°C por 1 hora. Em seguida, foram lavadas em água corrente e acidificadas com ácido clorídrico (HCl) a 2%, em temperatura ambiente por 24 horas. Após este período, as raízes foram retiradas da solução de HCl e colocadas em solução

corante azul de Trypan a 0,05%, em banho-maria a temperatura de 60°C por 45 minutos (PHILLIPS e HAYMAN, 1970).

A taxa de colonização micorrízica foi estimada utilizando o método de “magnified gridline intersection” (GIOVANNETTI e MOSSE, 1980), quantificando com auxílio de lupa, modelo Zeiss SV11, as estruturas que caracterizam a associação micorrízica como: hifas, arbúsculos e vesículas, nos fragmentos das raízes de amor-perfeito.

#### **3.4.1.2 Quantificação do número de esporos de FMA**

O número de esporos de FMA foi determinado em 50 g de amostra de substrato coletados dos vasos após o final do experimento. Os esporos foram extraídos através de peneiramento úmido utilizando peneiras de 425 e 53 micras.

Após peneiramento úmido, o material recolhido da peneira foi transferido para tubo falcon e centrifugado a 3000 rpm por 4 minutos; posteriormente, retirado o sobrenadante e acrescida solução de sacarose 50%, foi novamente centrifugado a 1000 rpm por 1 minuto.

O sobrenadante foi vertido na peneira de 53 micras e o material retido foi avaliado e feita a quantificação dos esporos com auxílio de lupa, modelo Zeiss SV11, em placa canelada.

### **3.5 Controle da irrigação**

A irrigação foi feita utilizando a água fornecida pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), de Sete Lagoas, MG.

Durante o período de produção de mudas e durante o período de estabelecimento da cultura, estipulado como até 8 dias após transplântio (DAT), irrigou-se considerando 100% da capacidade de retenção de água do substrato.

Aos 60 DAS (9 DAT), iniciou-se aplicação dos diferentes níveis de irrigação conforme medição da evaporação da água dos vasos com solos não cultivados (vasos de monitoramento), pelo método da balança. Então, realizou-se a irrigação diária, manualmente, repondo 120%, 100%, 80%, 60% e 40% da evaporação.

Para aferição do volume de água a ser aplicado em cada nível de irrigação, utilizou-se 3 vasos de monitoramento, os quais eram pesados diariamente em balança analítica, com capacidade máxima de 5 kg e precisão de 0,01 g (Figura 7). Considerou-se a massa específica da água igual a 1 g cm<sup>-3</sup>, estabelecendo-se assim uma proporção de 1:1 em relação à leitura na balança para indicar o volume em mL a repor de água perdida por evaporação.

Os vasos de monitoramento, preenchidos com substrato até cerca de 5 cm abaixo da borda, foram previamente saturados por capilaridade, colocando-os em uma bandeja com nível de água em cerca de 2/3 da altura dos vasos, por 48 horas, para que alcançassem a condição de saturação (Figura 7). A face superior dos vasos foi coberta com plástico filme para evitar a evaporação durante o período de saturação e posterior verificação da drenagem.

Figura 7. Vasos de monitoramento imersos em água para saturação do substrato (esquerda) e balança de precisão para posterior pesagem dos vasos (direita)



Fonte: Arquivo pessoal

Após período de saturação, os vasos foram retirados da bandeja e colocados sobre uma superfície telada para que ocorresse a percolação do excesso de água. Após 24 horas, ao se constatar a não ocorrência de respingos de água (percolação) em um intervalo de aproximadamente 30 minutos, considerou-se, então, que havia se atingido a capacidade máxima de retenção de água, ou seja, capacidade de pote ( $C_p$ ).

A partir daí a perda de água por evaporação nos vasos de monitoramento foi determinada por meio da equação do balanço hídrico, conforme a expressão:

$$E_v = \frac{M_i - M_{i+1}}{\rho_a} - D \quad (1)$$

Em que:  $E_v$  é a evaporação ocorrida no vaso de monitoramento em determinado intervalo de tempo (mL);  $M_i$  é a massa total do vaso de monitoramento no início do intervalo (g);  $i$  é o índice representando o instante de tempo considerado para o balanço;  $M_{i+1}$  é a massa total do vaso de monitoramento ao término do intervalo (g);  $D$  é a percolação (ou drenagem), que eventualmente ocorria no intervalo de tempo (mL) e  $\rho_a$  é a massa específica da água, considerada igual a  $1 \text{ g cm}^{-3}$ .

O volume de água perdido por evaporação nos vasos de monitoramento era repostado diariamente para que voltassem a Cp. Percolações foram captadas nos pratos, acondicionados embaixo dos vasos, e, quando ocorriam, mensuradas diariamente.

### 3.6 Avaliação da produção de mudas

A partir do início da germinação agrônômica até 21 DAS, período máximo para germinação das sementes da variedade, determinou-se a porcentagem de plântulas germinadas (G%) e o índice de velocidade de germinação (IVG) (BRASIL, 2009) (Figura 8).

Figura 8. Plântulas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*), sem inoculação micorrízica (esquerda) e com inoculação micorrízica (direita)



Fonte: Arquivo pessoal

Foi avaliado o crescimento de 15 plântulas por nível de inoculação (presença e ausência de inoculação micorrízica), marcadas aleatoriamente nas bandejas de semeadura. Procedeu-se a contagem do número de folhas verdadeiras (NF), medição da altura da plântula (ALT) e diâmetro da base (DB) semanalmente, a partir da emissão do 1º par de folhas verdadeiras.

Para determinação da biomassa, pesou-se a matéria fresca e seca da parte aérea das plântulas sob avaliação na época do transplantio. A matéria seca foi determinada após secagem em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas à  $70\pm 5^{\circ}\text{C}$ , ou até que atingisse peso constante (LOPES e LIMA, 2015).

Realizou-se a medição da área foliar total das plântulas sob avaliação através da digitalização de todas as folhas das plântulas. As imagens digitais foram usadas para o cálculo da área foliar total ( $\text{cm}^2$ ) através do software ImageJ®, utilizando como base as imagens capturadas pelo software e por meio de procedimento de contrastes de cores e comparação com uma escala real presente (1x1) (JADOSKI et al., 2012; ZEIST et al., 2014).

### 3.7 Avaliação do crescimento da planta, produção de flores e estado nutricional

Ao final do experimento (115 DAS), para avaliação do crescimento das plantas de amor-perfeito em resposta aos tratamentos aplicados, mediu-se a área foliar total (AF) pelo mesmo procedimento adotado para medição nas plântulas. Determinou-se a matéria fresca e matéria seca da parte aérea (MFPA e MSPA) por pesagem em balança analítica de precisão (0,0001 g), sendo a matéria seca determinada após secagem em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas a  $70\pm 5^{\circ}\text{C}$ , ou até que atingisse peso constante (LOPES e LIMA, 2015). Avaliou-se, também, a razão raiz/parte aérea da matéria fresca e matéria seca da parte aérea (RRPAMF e RRPAMS).

Para avaliação da produção de flores realizaram-se coletas das flores presentes totalmente abertas, semanalmente no início da manhã. Fez-se medição do parâmetro produto das dimensões florais (PDF), aqui proposto como o produto entre as dimensões largura e altura da flor, e pesagem da matéria fresca e seca das flores (MFF e MSF), durante o período de início do florescimento até o período final do experimento, que ocorreu entre 76 e 111 DAS (Figura 9).

Figura 9. Medição das dimensões florais (largura e altura) (esquerda) e pesagem de matéria fresca da flor de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) (direita)



Fonte: Arquivo pessoal

A aferição do estado nutricional das plantas foi realizada ao final do experimento, mediante análise química para macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e para micronutrientes (Fe, Zn, Mn e Cu). Toda parte aérea, exceto folhas doentes e amarelcidas, foi colhida no início da manhã, limpas e secas em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas à  $70\pm 5^{\circ}\text{C}$ , ou até atingir peso constante, e posteriormente, moídas (RIBEIRO et al., 1999).

Para determinação dos teores de P, K, S, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn, pesou-se 0,5 g de amostra moída, adicionou-se 6 mL de solução de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) mais ácido perclórico (HClO<sub>4</sub>), na proporção de 2:1 (v/v) e, fez-se a digestão nitroperclórica em bloco digestor à 210°C. Após a digestão, aferiu-se o volume da solução digerida para 50 mL adicionando-se água destilada (MALAVOLTA et al., 1997). Os teores foram determinados através de leitura no equipamento ICP-Optical Emission Spectrometer, Varian 720-ES, no laboratório de Análises Foliaves da Embrapa Milho e Sorgo.

Para determinação de N, pesou-se 0,10 g de amostra moída, adicionou-se solução de sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) mais sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>), em seguida ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Fez-se a digestão sulfúrica em bloco digestor à 370°C. Após digestão, realizou-se destilação com hidróxido de sódio (NaOH) seguida de titulação com ácido clorídrico (HCl) (MALAVOLTA et al., 1997). O teor de N foi determinado no laboratório de Solos da UFSJ-CSL.

### 3.8 Avaliação dos compostos antioxidantes

Para avaliação dos compostos antioxidantes das flores, foram coletadas todas as flores sem pecíolo totalmente abertas presentes, semanalmente, no início da manhã. Posteriormente à coleta, as flores foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Conservação de Alimentos, onde foram congeladas a -20°C, para posteriores análises em duplicata (Figura 10).

Figura 10. Coleta (esquerda) e armazenamento (direita) de flor de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) para posterior análise de compostos bioativos



Fonte: Arquivo pessoal

### 3.8.1 Compostos fenólicos totais

O conteúdo de compostos fenólicos totais foi quantificado por meio de espectrofotometria, utilizando reagente Folin-Ciocalteu (SINGLETON et al., 1999).

Pesou-se 0,5 g das amostras de flor maceradas, em tubo falcon (15 mL), na balança analítica de precisão. Em seguida adicionou-se etanol 70% em quantidade suficiente para (q.s.p.) completar o volume até 7,5 mL. Agitou-se no vórtex e colocou-se na lavadora ultrassônica por 5 minutos para homogeneização da solução. Após, colocou-se em banho-maria por 30 minutos à 50°C e em seguida centrifugou-se por 10 minutos à 3600 rpm. Pipetou-se 0,5 mL do sobrenadante das amostras em tubo de ensaio envolto com papel alumínio e acrescentou-se 2,5 mL de solução Folin-Ciocalteu (F.C.). Aguardou-se 5 minutos e acrescentou-se 2 mL de solução de Carbonato de Sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

As amostras ficaram em repouso por 2 horas ao abrigo da luz. A leitura foi realizada em espectrofotômetro FEMTO a 760 nm de absorbância. O branco utilizado para calibração do equipamento foi composto por 2,5 mL de F.C. + 2 mL de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  + água destilada em q.s.p. 10 mL (Figura 11).

Os resultados foram calculados com base em uma curva padrão de ácido gálico pré-determinada ( $y=0,0025x + 0,5113$ ;  $R^2= 0,96$ ) e expressos em miligramas equivalentes de ácido gálico (EGA) 100 g<sup>-1</sup> de flor em base úmida (NEVES et al., 2009).

Figura 11. Determinação de compostos fenólicos totais de flores de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) em espectrofotômetro FEMTO (esquerda) e amostras após leitura (direita)



Fonte: Arquivo pessoal

### 3.8.2 Flavonoides totais e antocianinas totais

O conteúdo de flavonoides e antocianinas totais foi determinado pela metodologia de (LEES e FRANCIS, 1971). Pesou-se 0,5 g das amostras de flor, na balança analítica de precisão. Em seguida adicionou-se solução extratora de HCl 1,5 N + etanol 95%, para maceração das

amostras. Transferiu-se o macerado para balão volumétrico de 25 mL, envolto em papel alumínio, e completou-se o volume com solução extratora.

As amostras ficaram em repouso, ao abrigo da luz, por 24 horas a 5°C. Após este período, fez-se a filtragem em papel filtro e efetuaram-se as leituras em espectrofotômetro FEMTO nos comprimentos de onda de 374 nm e 535 nm de absorbância para flavonoides e antocianinas totais, respectivamente (Figura 12). O branco utilizado para calibração do equipamento foi solução extratora e os resultados foram expressos em mg de cianidina-3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup> de flor em base úmida.

Figura 12. Armazenamento a 5°C (esquerda) e filtragem (direita) de amostras de flor de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) preparadas para determinação de flavonoides e antocianinas totais



Fonte: Arquivo pessoal

### 3.9 Análises estatísticas

As variáveis estudadas, quando não atendiam aos pressupostos estatísticos de homocedasticidade (Teste de Levene) e de normalidade (Teste de Lilliefors) foram submetidas a transformação Box Cox (BOX e COX, 1964). Após transformação, verificou-se novamente o atendimento aos pressupostos do modelo estatístico. Confirmado a homocedasticidade e normalidade das variáveis, realizou-se então, análise de variância, em delineamento de blocos casualizados, devido ao escalonamento de retirada do experimento, no esquema fatorial 2x5, com 6 repetições, ao nível de 5% de significância.

Para as variáveis que apresentaram diferença significativa entre si, pelo teste F ao nível de 5% de significância, em relação ao fator qualitativo, ausência e presença de inoculação micorrízica, foi utilizado o próprio teste F ao nível de 5% de significância e, em relação ao fator quantitativo, níveis de irrigação, foi aplicada a análise de regressão ao nível de 5% de significância. Quando observado interação significativa entre os fatores estudados, realizou-se o desdobramento. Para tais análises utilizou-se o pacote ExpDes.pt.

Todas as análises estatísticas foram executadas no programa estatístico R, versão 3.4.3 (2017). Para as variáveis de crescimento e produção de flores, observadas ao longo do tempo,

não se aplicou análise estatística. Tais observações foram feitas para caracterização do cultivo, e o tempo não foi considerado como fator principal de mudanças significativas, durante o cultivo, devido ao curto ciclo da cultura.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Condições ambientais do experimento

#### 4.1.1 Temperatura e umidade

As temperaturas máxima média, mínima média e média durante o período de execução foram de 33,2°C, 13,8°C e 23,5°C, respectivamente (Figura 13). A umidade relativa do ar máxima média, mínima média e média foi de 81,1%, 29% e 55%, respectivamente (Figura 14).

Figura 13. Temperatura máxima, média e mínima, no interior da casa de vegetação, UFSJ em Sete Lagoas- MG, no período de 12/05 à 06/09/2017

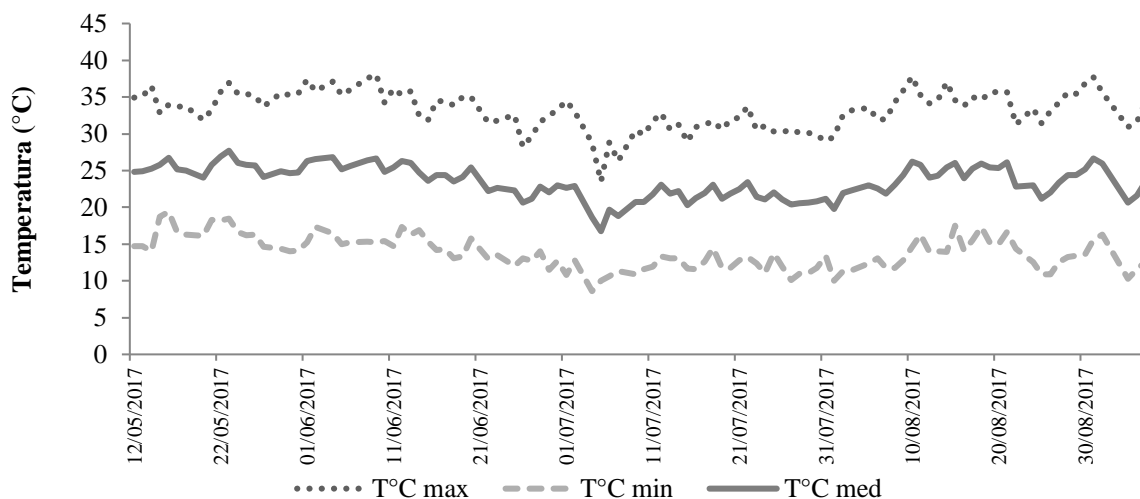
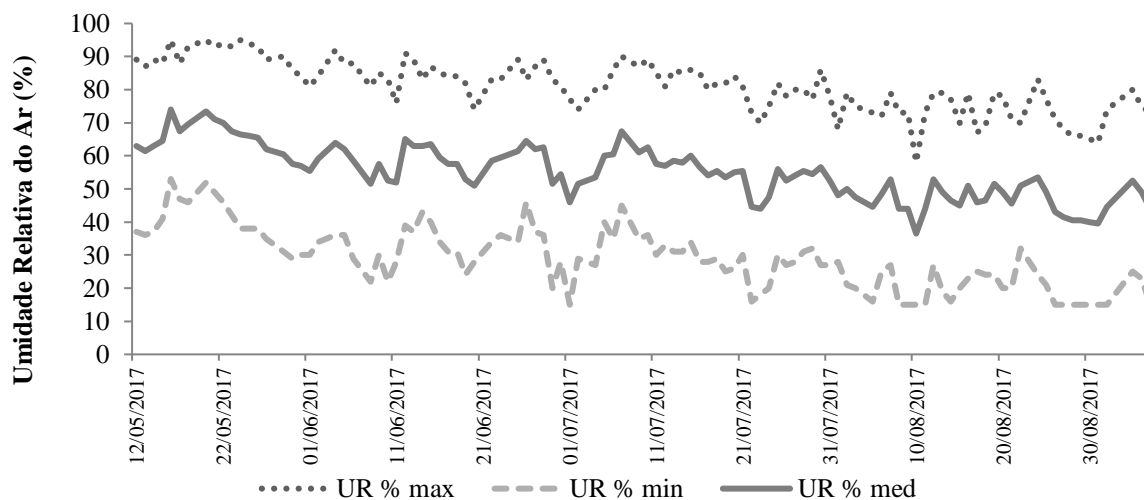


Figura 14. Umidade relativa do ar, no interior da casa de vegetação, UFSJ em Sete Lagoas- MG, no período de 12/05 à 06/09/2017



#### 4.1.2 Qualidade da água

Os valores médios de controle da qualidade da água utilizada na irrigação, fornecida pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Sete Lagoas, durante o período de maio a setembro de 2017, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios da qualidade da água utilizada na irrigação durante a execução do experimento, no período de maio a setembro de 2017

Cor	Turbidez	pH	Cloro	Flúor	Coliformes totais
2,64	0,27	7,67	0,58	Natural	Ausência / 100 ml / 95% amostras

Fonte: SAAE – Sete Lagoas, MG

#### 4.1.3 Características físico-químicas do substrato

A análise físico-química do substrato utilizado para a produção das plantas de amor-perfeito foi realizada no laboratório LABORSOLO em Londrina-PR, estando os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Característica físico-química de macro e micronutrientes do substrato utilizado na produção de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*)

Análise	<i>In Natura</i>	Base Seca (65° C)
pH em CaCl <sub>2</sub> 0,01m	7,17	
Condutividade elétrica (μS/cm)	1,865x10 <sup>3</sup>	
Umidade perdida a 65°C (%)	24,08	
CRA - Capacidade de retenção de água (%)	10,07	13,26
CTC - Capacidade de troca de cátions (mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	136,00	179,14
Fósforo total - P (mg kg <sup>-1</sup> )	1,99	2,62
Potássio total - K <sup>+</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	243,20	320,34
Cálcio total - Ca <sup>++</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	175,80	231,56
Magnésio total - Mg <sup>++</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	64,58	85,06
Enxofre total - S (mg kg <sup>-1</sup> )	48,32	63,65
Sódio total - Na <sup>++</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	131,60	173,34
Cobre total - Cu <sup>++</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	0,02	0,03
Ferro total - Fe <sup>++</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	1,03	1,36
Manganês total - Mn <sup>++</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	0,00	0,00
Zinco total - Zn <sup>++</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	0,01	0,01
Cobalto total - Co (mg kg <sup>-1</sup> )	0,01	0,01
Molibdênio total - Mo (mg kg <sup>-1</sup> )	0,01	0,01
Níquel total - Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	0,00	0,00
Silício total - Si (mg kg <sup>-1</sup> )	8,99	11,84

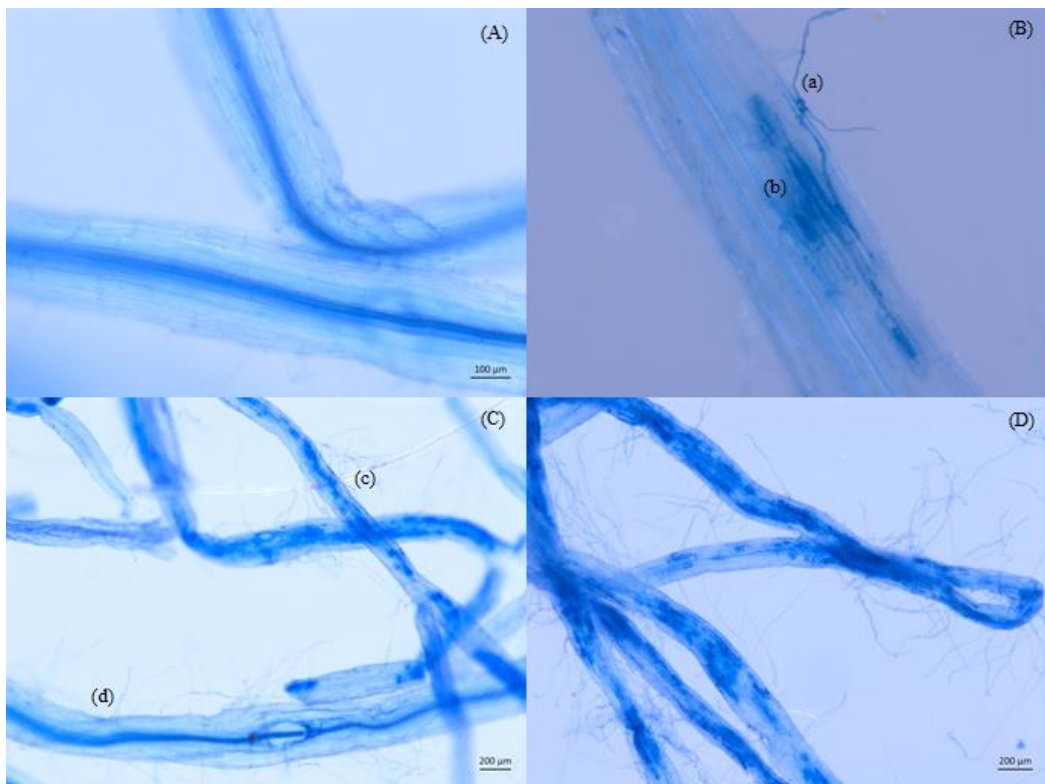
## 4.2 Colonização micorrízica: taxa de colonização e quantificação de esporos

A determinação da colonização micorrízica nas plântulas de amor-perfeito que haviam recebido material inoculante, apresentou taxa média de 43,93% de fragmentos de raízes colonizados com o fungo *Claroideoglossum etunicatum*, e para as plântulas que não receberam material inoculante, a taxa foi de 0%.

Já para as raízes das plantas de amor-perfeito, a taxa de colonização apresentou valor médio de 32% de fragmentos de raízes colonizados para as plantas que receberam o inoculante e 0% de colonização para as plantas que não receberam inoculante (Figura 15).

Em estudo de Gouveia (2016), utilizando mix de MAs (*Rhizophagus clarus*, *Gigaspora gigantea*, *Funneliformis mosseae*, *Claroideoglossum etunicatum* e *Paraglossum occulum*), encontrou-se 74,5% de fragmentos de raízes colonizadas em *Viola x wittrockiana* 'Matrix Series' e, em estudos de Zubek et al. (2015), utilizando mix de *Rhizophagus irregulares* e *Funneliformis mosseae*, encontraram taxa de colonização acima de 80% em *Viola tricolor*.

Figura 15. Fragmentos de raízes isentos de colonização micorrízica (A); unidade de infecção micorrízica com presença de hyphopodia (a) e arbúsculos (b) (B); fragmentos de raízes colonizadas (c) e não colonizadas (d) (C) e fragmentos de raízes colonizadas (D) com *C. etunicatum* de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*)

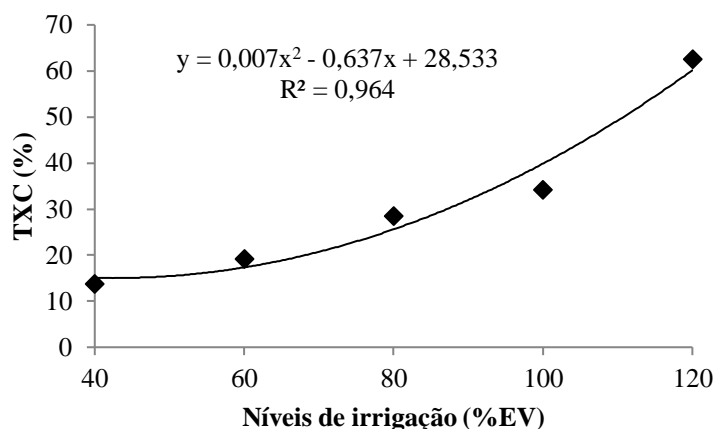


Fonte: Dr. Francisco Adriano de Souza – EMBRAPA Milho e Sorgo

Os valores relativamente baixos da taxa de colonização neste estudo em relação aos estudos citados devem-se à responsividade simbiótica da planta hospedeira ao fungo utilizado. A responsividade simbiótica varia em relação a espécies de plantas hospedeiras, espécie de fungo micorrízico e condições ambientais. Dessa forma, apresenta valores distintos para cada situação (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; SMITH e READ, 2008).

Em relação à irrigação, a taxa de colonização aumentou conforme o aumento da disponibilidade de água nos vasos. Com tendência quadrática, a menor taxa de colonização ocorreu com reposição de 42,44% da água evaporada (Figura 16).

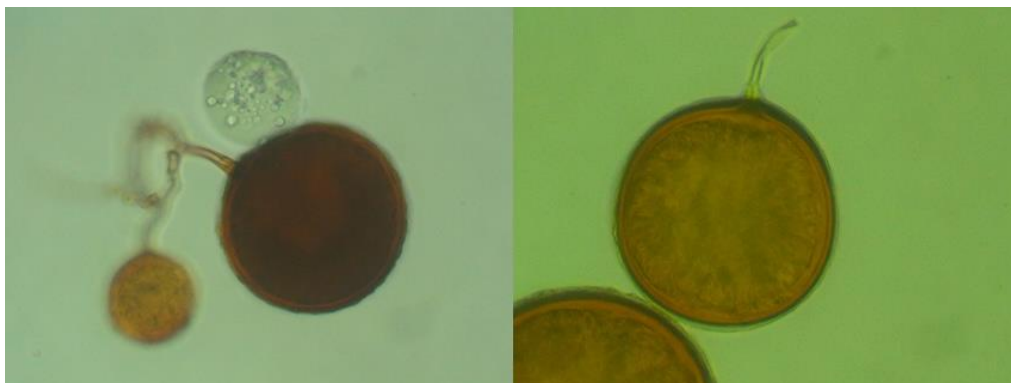
Figura 16. Taxa de colonização no sistema radicular de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) submetida a diferentes níveis de irrigação, durante produção em casa de vegetação



A maior disponibilidade de água favoreceu maiores taxas de colonização micorrízica, pois estas apresentam melhor desenvolvimento próximo a capacidade de campo ou de pote, tal como ocorre para o melhor desenvolvimento vegetal (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

A quantificação de esporos extraídos do substrato retirado dos vasos de plantio de amor-perfeito que receberam material inoculante, foi em média de 224 esporos/50 g de substrato (Figura 17). Os esporos foram encontrados apenas no tratamento que recebeu inoculação micorrízica mais 120% de reposição da evaporação de água, sugerindo que o fungo encontrou condições favoráveis à esporulação somente neste tratamento (SMITH e READ, 2008).

Figura 17. Esporos do fungo micorrízico *C. etunicatum* extraídos do substrato dos vasos nos quais foram cultivadas plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) durante o experimento, em casa de vegetação



Fonte: Dr. Francisco Adriano de Souza – EMBRAPA Milho e Sorgo

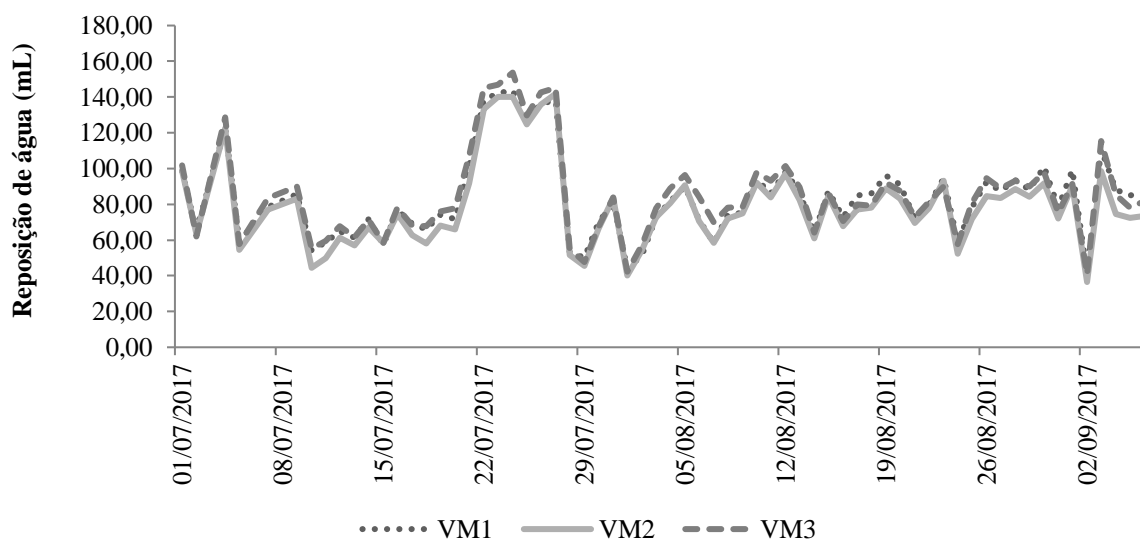
### 4.3 Irrigação

#### 4.3.1 Vasos de monitoramento

O controle de reposição da água perdida por evaporação nos vasos de monitoramento, realizado diariamente, em período vespertino, tem seus valores apresentados no Apêndice.

As variações entre os valores de reposição de água dos três vasos de monitoramento foram ínfimas, conforme se observa Figura 18. Isso é indicativo de consistência na medição e no método utilizado. Os valores máximo, médio e mínimo de reposição de água nos vasos de monitoramento foram de 145,8; 82,4 e 39,4 mL, respectivamente.

Figura 18. Controle da reposição de água (mL) nos vasos de monitoramento (VM), durante a produção de amor-perfeito (*V. wittrockiana*), em casa de vegetação

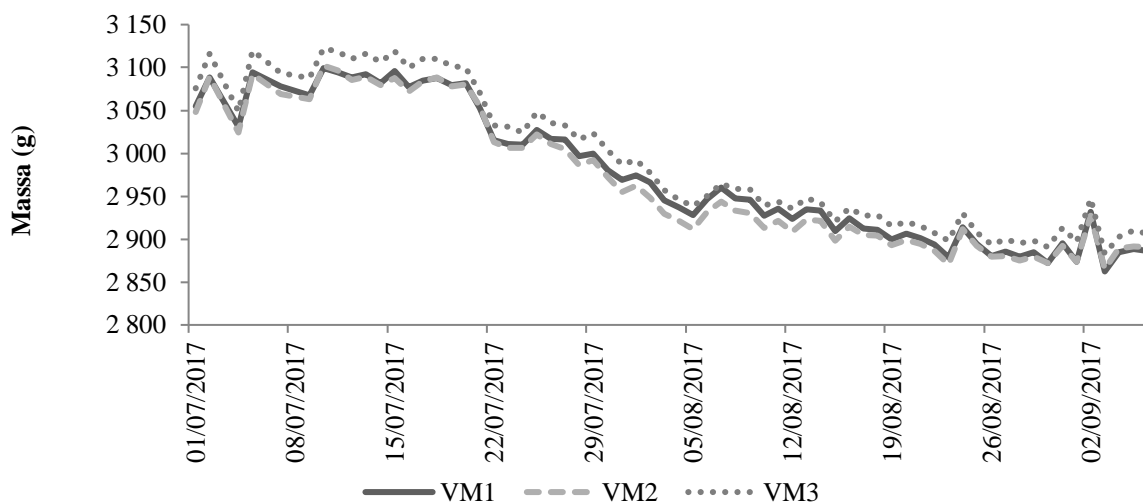


Durante o período de execução do experimento, houve a necessidade de novas aferições da capacidade de pote dos vasos de monitoramento (Tabela 3), devido à perda da capacidade de retenção de água que estes apresentaram (Figura 19).

Tabela 3. Mudanças na massa (g) de referência da capacidade de pote dos vasos de monitoramento (VM) no decorrer da execução do experimento

Data	Capacidade de pote		
	VM1	VM2	VM3
01/07/2017	3153,57	3146,46	3177,65
28/07/2017	3049,82	3038,08	3071,15
01/08/2017	3018,18	3002,29	3034,49
08/08/2017	3021,52	3005,30	3036,73
14/08/2017	2997,05	2982,19	3006,96
21/08/2017	2973,00	2963,79	2988,21

Figura 19. Variação de massa (g), ao longo do experimento, determinada em vasos de monitoramento (VM) antes da reposição de água para restabelecimento à capacidade de pote



A redução da capacidade de retenção de água nos vasos de monitoramento ocorreu, possivelmente, devido a degradação da matéria orgânica presente no substrato. O esterco bovino fresco apresenta material prontamente decomponível, como proteínas, amido e celulose. Estas substâncias são atacadas facilmente por microrganismo decompositores, por não estarem quimicamente estáveis, dando início ao processo de degradação ou mineralização da matéria orgânica, reduzindo, assim, seu volume (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; BUSATO et al., 2008).

Aliado a isso, é possível que com a degradação da matéria orgânica e acomodamento do material, tenha ocorrido o surgimento de caminhos preferenciais de infiltração da água através do substrato dos vasos de monitoramento (REICHARD e TIMM, 2012).

#### **4.3.2 Unidades experimentais**

O volume médio diário de água aplicado nas unidades experimentais conforme os níveis de irrigação 120%, 100%, 80%, 60% e 40% de EV, no decorrer da execução do experimento, foram de 102, 85, 68, 51 e 34 mL, respectivamente.

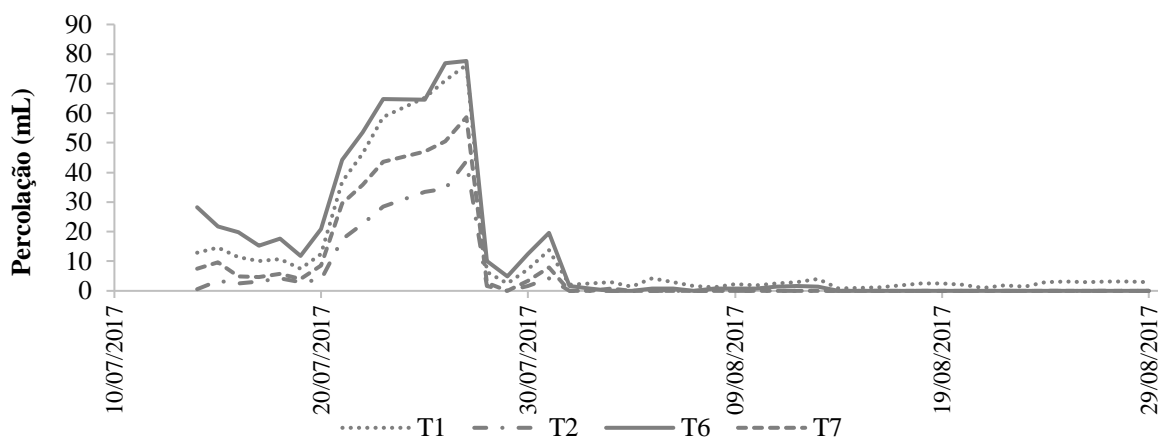
É importante mencionar que o uso da evaporação do substrato dos vasos de monitoramento como medida para irrigação nas unidades experimentais, implicou no uso de quantidades menores de água em relação ao que seria aplicado caso fosse considerado a evapotranspiração da cultura em relação ao nível de irrigação de 100%.

#### **4.3.3 Percolação**

Houve percolação nos vasos que receberam 120% e 100% de reposição da evaporação de água. O maior volume percolado de água ocorreu no período inicial do crescimento vegetativo. Com o crescimento das plantas, ao passar do tempo, houve redução no volume percolado nas unidades experimentais que receberam o nível 120% e não houve mais percolação nas unidades experimentais que receberam o nível de 100% de reposição da evaporação de água, indicando que o volume acrescentado de água era consumido quase que integralmente no processo de evapotranspiração (Figura 20).

Observou-se, também, que os maiores volumes percolados de água ocorreram nos vasos em que houve perda de planta, ficando com apenas uma planta por vaso.

Figura 20. Percolação média de água nos vasos de tratamento (unidades experimentais) 120% (T1; T6) e 100% (T2; T7) de reposição da evaporação, durante execução do projeto de produção de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*), em casa de vegetação



#### 4.4 Análise de crescimento vegetativo

##### 4.4.1 Mudanças

Verificou-se para germinação agrônômica das plântulas de amor-perfeito, na ausência e presença de inoculação micorrízica, %G de 95% e 94,1% respectivamente. Já para o IVG verificou-se 70,9 e 88,6 na ausência e presença de inoculação micorrízica, respectivamente.

Na análise de crescimento vegetativo, avaliando a altura (cm) (Figura 21-a), número de folhas/planta (Figura 21-b) e diâmetro da base (mm) (Figura 21-c), ao longo do tempo, da produção das mudas de amor-perfeito, não constatou-se mudanças consideráveis em relação ao uso de inoculação micorrízica, realizada na época da semeadura, apesar das plântulas inoculadas, visualmente, estarem mais homogêneas.

No final do período de produção das mudas, ou seja, na época do transplante, as médias finais das variáveis estudadas nas mudas de amor-perfeito não diferiram entre si em relação à inoculação micorrízica, pelo teste F ao nível de 5% de significância, corroborando com o desenvolvimento já observado ao longo do tempo da produção das mudas (Tabela 4).

Durante a produção das mudas, manteve-se irrigação diária sempre próximo à capacidade de pote. A temperatura média nesse período foi de 25°C e a umidade relativa do ar foi 61%. Tais condições ambientais e hídricas se mostraram ideais para o desenvolvimento das mudas. No entanto, a expressão do potencial micorrízico não se expressou favoravelmente nas condições utilizadas.

Figura 21. Variação de médias das variáveis relativas ao crescimento de mudas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*), sem inoculação micorrízica (SM) e com inoculação micorrízica (CM), ao longo do tempo, em casa de vegetação, com indicação de intervalo de confiança de 95%

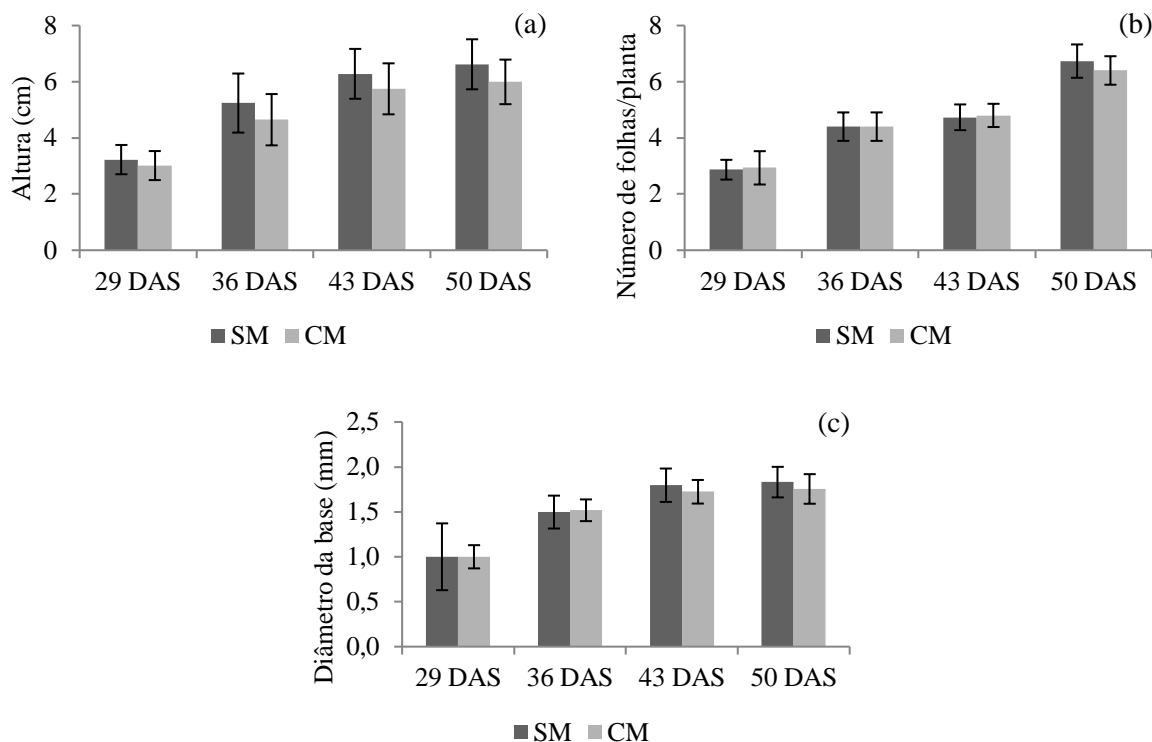


Tabela 4. Medições de altura (ALT); número de folhas/planta (NF); diâmetro da base (DB); matéria fresca da parte aérea (MFPA); matéria seca da parte aérea (MSPA); área foliar (AF) de mudas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*), produzidas em casa de vegetação, sob fator inoculação micorrízica: sem inoculação micorrízica (SM) e com inoculação micorrízica (CM)

Inoculação micorrízica	ALT (cm)	NF	DB (mm)	MFPA (g)	MSPA (g)	AF (cm <sup>2</sup> )
SM	5,34	4,68	1,59	1,40	0,24	49,62
CM	4,85	4,63	1,51	1,16	0,20	42,20

#### 4.4.2 Plantas

##### 4.4.2.1 Análise de crescimento

Ao longo do experimento foram feitas avaliações no crescimento das plantas de amor-perfeito, apenas para caracterização do crescimento, que então estavam submetidas, além do fator quanto à inoculação micorrízica, ao fator quanto à disponibilidade hídrica.

Para variável altura (Figura 22-a) e diâmetro da base (Figura 22-c), os tratamentos não acarretaram mudanças até 74 DAS, mas passam a ser percebidas a partir deste dia. Em relação ao fator sem inoculação micorrízica, o efeito do déficit hídrico, nestas variáveis, foi maior

conforme a disponibilidade da água diminuía. Já para o fator com inoculação micorrízica, o efeito do déficit hídrico não seguiu o mesmo padrão, sendo que as variáveis altura e diâmetro da base apresentaram maiores valores nos níveis intermediários de água (100% e 80% EV).

Para variável número de folhas/planta (Figura 22-b), os tratamentos não causaram variações até os 60 DAS. A partir de 67 DAS, variações decorrentes dos tratamentos se mostram mais acentuadas, sendo que, tanto para os tratamentos sem e com inoculação micorrízica, em relação a irrigação, os melhores valores foram encontrados em níveis intermediários de água (100% e 80% EV). O padrão se alterou somente aos 102 DAS, quando o efeito do déficit hídrico aumentou conforme se diminuía a disponibilidade hídrica.

Figura 22. Análise de crescimento, ao longo do tempo, de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) em resposta a diferentes níveis de irrigação e inoculação micorrízica, em casa de vegetação

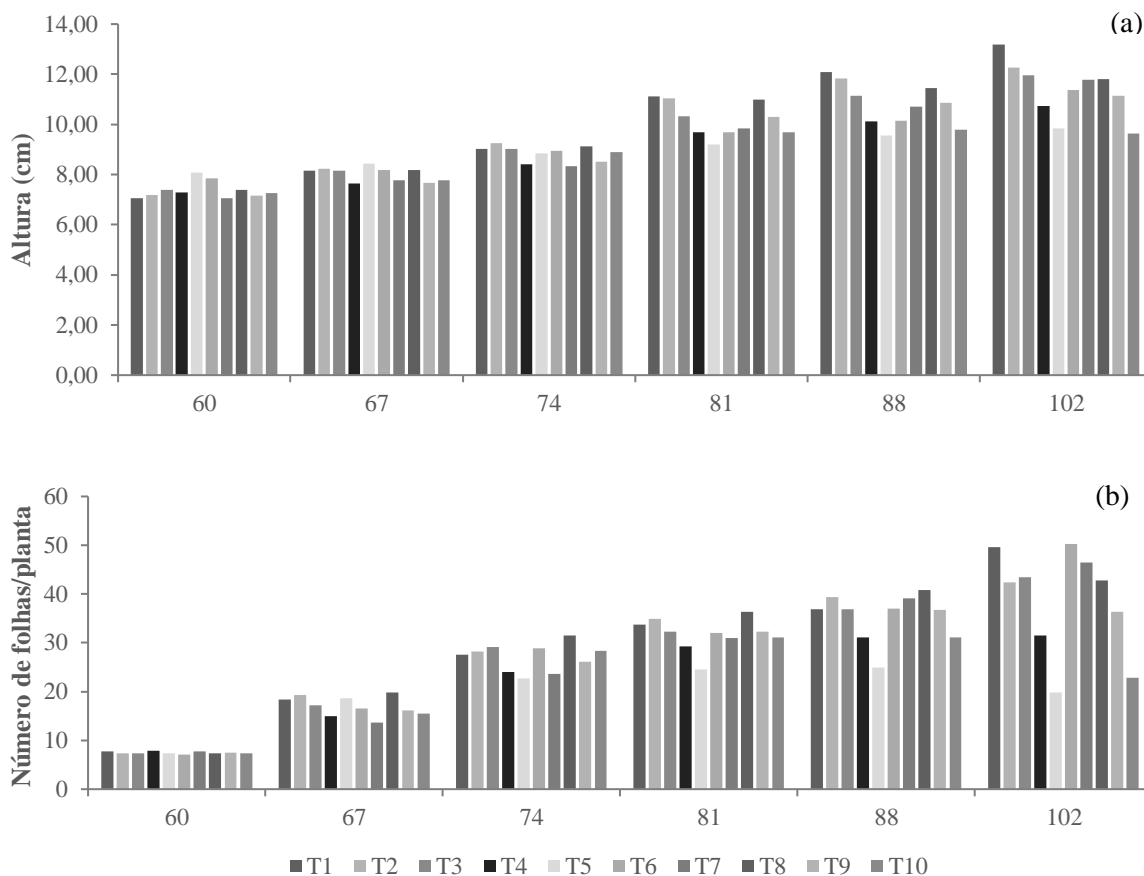
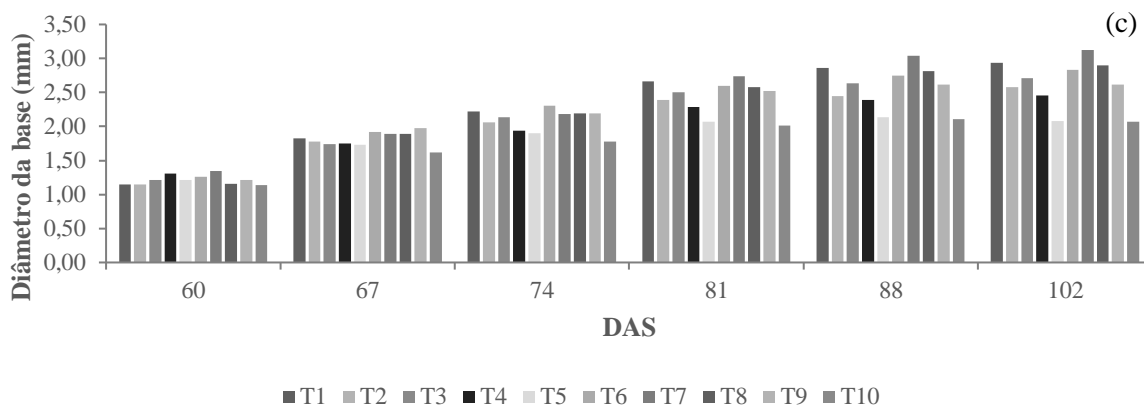


Figura 22. Continuação...



Ao final do período de experimentação, novas avaliações do crescimento das plantas de amor-perfeito foram feitas. As variáveis MFPA ( $\lambda=0,14$ ) e AF ( $\lambda=0,3$ ) sofreram transformação Box Cox para atender os pressupostos estatísticos. Para as variáveis observadas (ALT, NF, DB, MFPA, MSPA, AF, MFR, MSR, RRPAMF E RRPAMS), não se constatou interação significativa entre os fatores inoculação micorrízica e níveis de irrigação pelo teste F ao nível de 5% de significância e, assim, os fatores foram avaliados separadamente.

O fator inoculação micorrízica apresentou diferença significativa apenas nas variáveis do sistema radicular, na relação raiz/parte aérea e no diâmetro da base (MFR, MSR, RRPAMF, RRPAMS e DB). As demais variáveis estudadas da parte aérea não apresentaram diferença entre os níveis do fator inoculação micorrízica (Tabela 5).

Tabela 5. Avaliação média de altura (ALT); número de folhas (NF); matéria fresca da parte aérea (MFPA); matéria seca da parte aérea (MSPA); área foliar (AF); diâmetro da base (DB); matéria fresca da raiz (MFR); matéria seca da raiz (MSR); relação raiz e parte aérea da matéria fresca (RRPAMF); relação raiz e parte aérea da matéria seca (RRPAMS) de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*), produzidas em casa de vegetação, sob fator inoculação micorrízica: sem inoculação micorrízica (SM) e com inoculação micorrízica (CM), aos 115 DAS

Inoculação micorrízica	ALT (cm)	NF	MFPA (g) <sup>0,14</sup>	MSPA (g)	AF (cm <sup>2</sup> ) <sup>0,3</sup>	DB (mm)	MFR (g)	MSR (g)	RRPAMF	RRPAMS
SM	11,84 a	79 a	1,40 a	2,17 a	5,35 a	2,57 b	4,64 b	0,44 b	0,37 b	0,21 b
CM	11,24 a	86 a	1,41 a	2,11 a	5,54 a	2,74 a	6,36 a	0,55 a	0,53 a	0,28 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância. MFPA e AF transformação Box Cox ( $\lambda=0,14$  e  $\lambda=0,3$ ; respectivamente)

Maiores valores de massa encontrados em raízes colonizadas com MAs também já foram observados em estudos com gazânia, margaridinha-rasteira (PÜSCHEL et al., 2014) e calêndula (HEITOR et al., 2016). Tal efeito pode ser explicado pela presença dos micélios intrarradiculares, cuja biomassa representa até 20% do peso das raízes (SMITH e READ, 2008).

Observando os valores de RRPAMF e RRPAMS, também é possível dizer que houve maior aporte de carbono nas raízes colonizadas, a fim de garantir a manutenção do fungo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

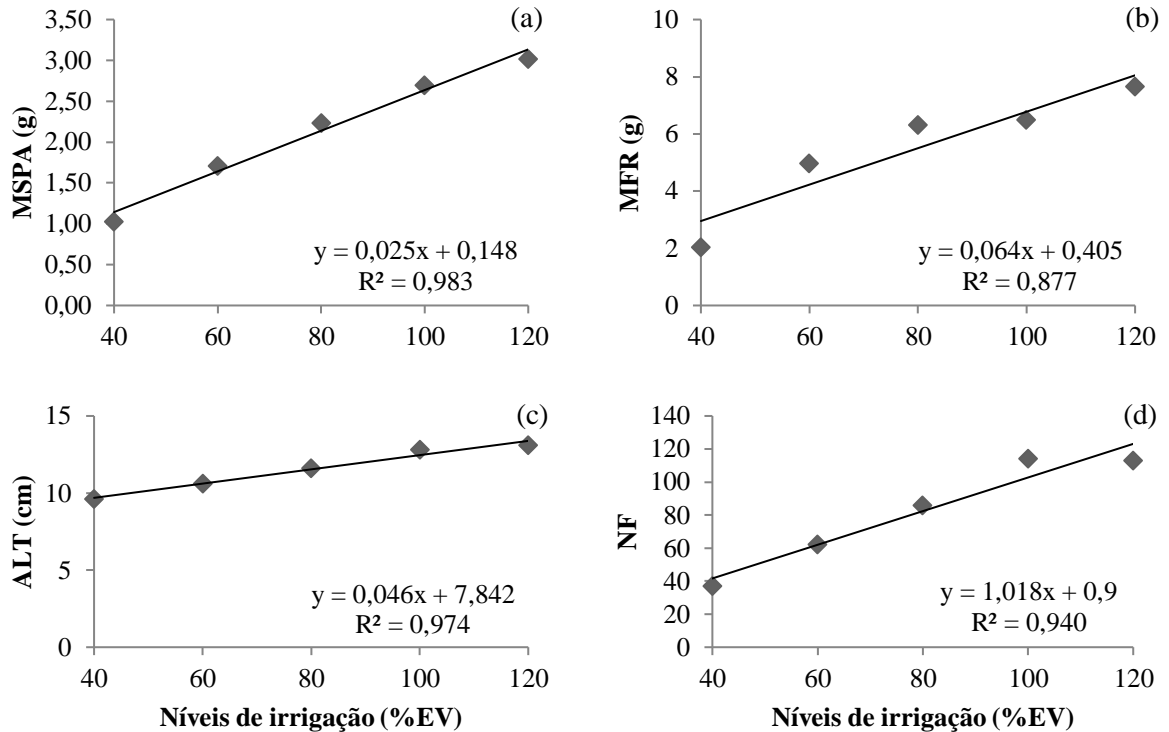
Efeitos não significativos da micorrização sobre a parte aérea de plantas inoculadas também já foram relatos na produção de helicônia (SATO et al., 1999), margarida-africana, beijo-pintado (PÜSCHEL et al., 2014), amor-perfeito (*V. tricolor*) (ZUBEK et al., 2015), cravo-de-defunto e sálvia (JANOWSKA e ANDRZEJAK, 2017). Tal fato pode ter ocorrido devido à baixa eficiência simbiótica, que varia de acordo com as diferentes espécies de MAs, planta hospedeira e condições ambientais (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006) e, dessa forma, não proporcionou benefícios a parte aérea do amor-perfeito mesmo com a colonização efetivada.

Além disso, o baixo teor de P disponível no substrato, possivelmente, não foi suficiente para estimular a ação das micorrizas. Em solos com fertilidade muito baixa, como solos típicos do cerrado, o qual foi usado para composição do substrato na produção das plantas, a adição de pequenas quantidades de P pode favorecer o efeito da inoculação no crescimento vegetal (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Contudo, resultados positivos no crescimento e desenvolvimento de plantas ornamentais inoculadas com MAs são relatados em trabalhos com folhado-comum (GÓMEZ-BELLOT et al., 2015a); ciclame (RYDLOVÁ et al., 2015); gloxínia (JANOWSKA et al., 2016) margarida-amarela e solidago (MAJEWSKA et al., 2017).

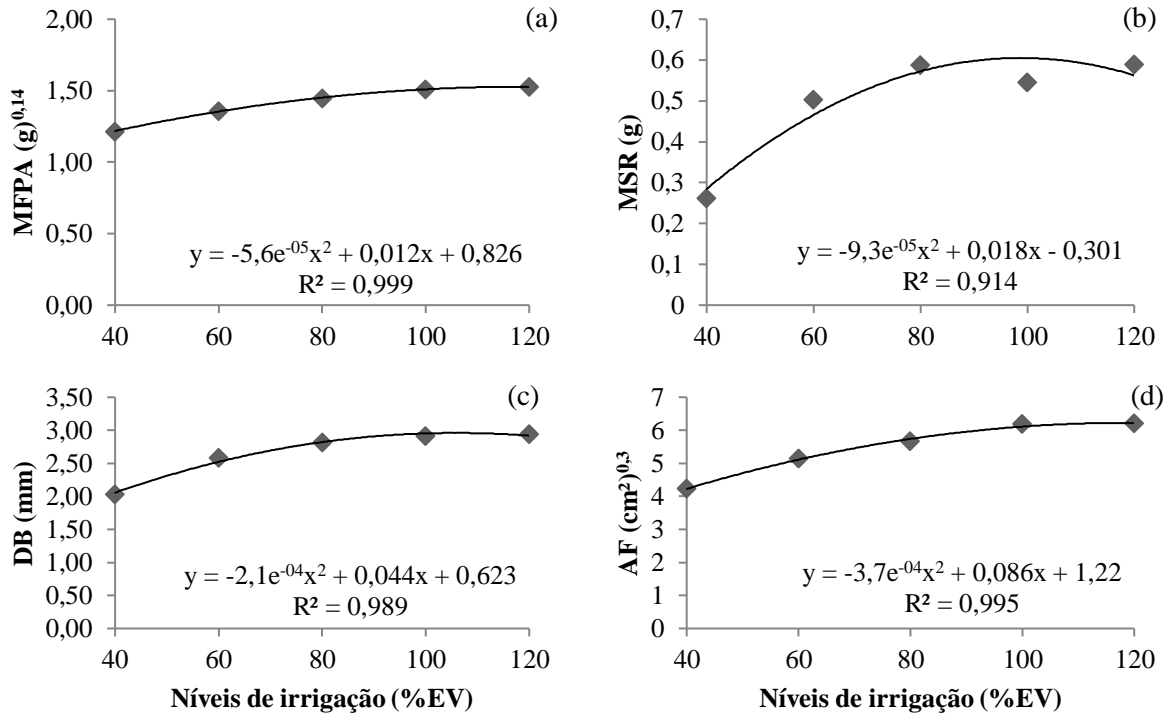
O fator irrigação apresentou diferença significativa entre os níveis avaliados sobre as variáveis de crescimento das plantas analisadas ao final do experimento. Observou-se efeito linear (ajuste de modelo,  $p < 0,05$ ; desvio de regressão,  $p > 0,05$ ) para as variáveis MSPA, MFR, ALT e NF, indicando que a cada 1% de reposição da evaporação de água efetuado, havia crescimento de 0,025 g; 0,064 g; 0,046 cm e 1,018 unidades, respectivamente (Figura 23-a, b, c, d).

Figura 23. Avaliação média da matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria fresca da raiz (MFR); altura (ALT) e número de folhas/planta (NF) de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) produzidas em casa de vegetação sob diferentes níveis de irrigação aos 115 DAS



Para as variáveis MFPA ( $\lambda=0,14$ ), MSR, DB e AF( $\lambda=0,3$ ) observou-se comportamento quadrático (ajuste de modelo,  $p<0,05$ ; desvio de regressão,  $p>0,05$ ), tendo pontos de máximo crescimento vegetativo em reposições de água de 107,1%; 96,8%; 104,8% e 116,2% de EV (Figura 24-a, b, c, d).

Figura 24. Avaliação média da matéria fresca da parte aérea (MFPA); matéria seca da raiz (MSR); diâmetro da base (DB) e área foliar (AF) de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) produzidas em casa de vegetação sob diferentes níveis de irrigação aos 115 DAS (MFPA e AF transformação Box Cox,  $\lambda=0,14$  e  $\lambda=0,3$ ; respectivamente)



A redução da biomassa vegetal em resposta a baixos níveis de irrigação também já foram observados por Cirillo et al. (2017) na produção de bougainville (*Bougainvillea*) em que, além do decréscimo na biomassa vegetal, mudanças morfo-fisiológicas em resposta ao déficit na irrigação também ocorreram.

A mesma situação foi observada por Ugolini et al. (2015) quando avaliaram a produção de arbusto ornamentais (*Viburnum opulus* e *Photinia x fraseri*) sob déficit hídrico, ao ar livre e em casa de vegetação, e tiveram maiores médias de crescimento vegetativo quando aplicaram reposição de água considerando 100% da evapotranspiração da cultura. Além de Elansary et al. (2016) na produção de *Spiraea nipponica* e *Pittosporum eugenioides*, e Álvarez e Sánchez-Blanco (2013, 2015) na produção de escova-de-garrafa (*Callistemon citrinus* e *Callistemon laevis*) que também obtiveram respostas similares em relação à baixa disponibilidade de água às suas culturas.

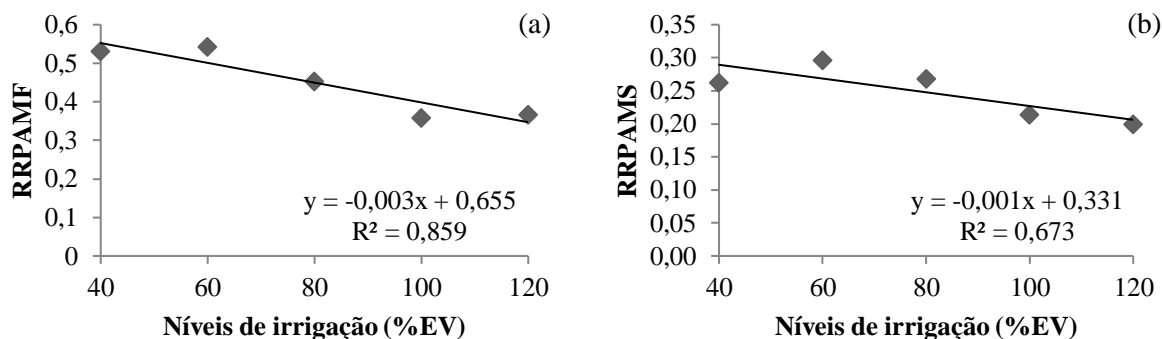
O crescimento vegetativo ou ganho de biomassa vegetal está intimamente ligado a disponibilidade hídrica oferecida às culturas, uma vez que o crescimento celular só ocorre devido a tensão de turgor, ou turgência, exercido pela água em seu interior, garantindo a

expansão da parede celular, seu crescimento em extensão e da mesma forma, a divisão celular (LARCHER, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2013; LOPES e LIMA, 2015).

Adicionalmente, uma série de processos metabólicos são afetados pela deficiência de água, como abertura estomática, absorção de nutrientes e o metabolismo de proteínas e aminoácidos, o que impede o correto funcionamento celular e, por conseguinte, o crescimento vegetal (LARCHER, 2000; TAIZ e ZEIGER, 2013; LOPES e LIMA, 2015).

Uma das estratégias para amenizar os possíveis danos causados pela falta de água é o crescimento radicular, possibilitando maior exploração do solo em busca de água (LOPES e LIMA, 2015). Essa ação foi observada nas plantas de amor-perfeito, as quais apresentaram maiores valores de RRPAMF e RRPAMS quando se encontravam com menor disponibilidade hídrica (Figura 25-a, b, respectivamente). O mesmo ocorreu em estudos com arbustos ornamentais (UGOLINI et al., 2015) e escova-de-garrafa (ÁLVAREZ e SÁNCHEZ-BLANCO, 2013).

Figura 25. Avaliação da relação raiz e parte aérea da matéria fresca (RRPAMF) e relação raiz e parte aérea da matéria seca (RRPAMS) de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) produzidas em casa de vegetação sob diferentes níveis de irrigação



#### 4.4.2.2 Análise nutricional

Ao final do experimento, avaliou-se os teores de macro e micronutrientes na parte aérea das plantas de amor-perfeito. Para os nutrientes avaliados (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn e Cu) não se constatou interação significativa entre os fatores inoculação micorrízica e níveis de irrigação pelo teste F ao nível de 5% de significância e, assim, os fatores foram avaliados separadamente.

O fator inoculação micorrízica apresentou diferença significativa nos teores dos nutrientes P, K, Ca, Mg, Fe, Zn e Mn (Tabela 6). Para os demais nutrientes (N, S e Cu) não se obteve diferença significativa.

Tabela 6. Teor nutricional da parte aérea de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) submetidas ao fator inoculação micorrízica (SM: sem micorriza; CM: com micorriza), cultivadas em casa de vegetação aos 115 DAS

Inoculação micorrízica	Macronutrientes					Micronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Mn
	-----dag kg <sup>-1</sup> -----					-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
SM	1,7 a	0,6 b	4,9 b	1,1 b	0,40 b	0,3 a	389 b	101 b	6,1 a	34,8 b
CM	1,7 a	0,8 a	5,5 a	1,3 a	0,44 a	0,3 a	455 a	122 a	6,4 a	41,1 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

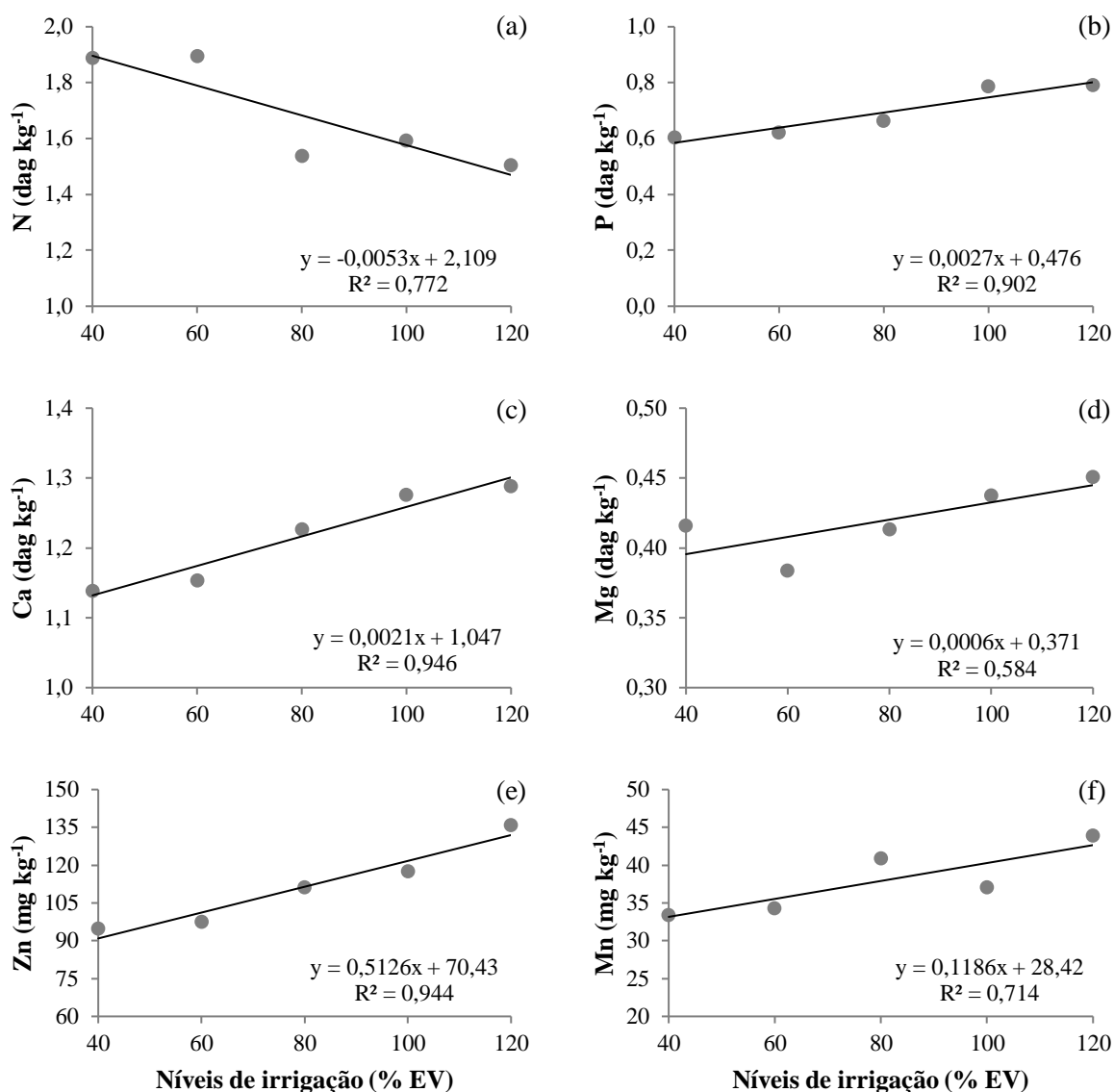
Segundo Berbara et al. (2006), os benefícios proporcionados pelas micorrizas as plantas hospedeiras são reconhecidos, principalmente, pela capacidade de melhorar a absorção de nutrientes em geral do solo, mas em especial o P. Tal incremento na absorção de nutrientes se deve ao maior volume radicular, decorrente do crescimento das hifas do fungo micorrízico. Dessa forma, é possível a exploração de uma área maior de solo e acessar os nutrientes que as raízes sozinhas não conseguiriam.

Os incrementos alcançados nos teores dos nutrientes neste trabalho, pela presença da micorriza, corroboram com o que é descrito por Berbara et al. (2006), uma vez que a presença da micorriza também proporcionou maior biomassa radicular das plantas de amor-perfeito.

Para o fator irrigação, obteve-se diferença significativa apenas nos nutrientes N, P, Ca, Mg, Zn e Mn e foram submetidas a análise de regressão. Para os demais nutrientes (K, S, Cu e Fe) não foi verificada diferença significativa.

Para os teores dos nutrientes P, Ca, Mg, Zn e Mn observou-se tendência linear ascendente em relação ao aumento nos níveis de irrigação (ajuste de modelo,  $p < 0,05$ ; desvio de regressão,  $p > 0,05$ ), tendo acréscimo no teor de 0,0027; 0,0021; 0,0006 dag kg<sup>-1</sup>; 0,5126 e 0,1186 mg kg<sup>-1</sup>, a cada 1% de reposição EV, respectivamente (Figura 26-b, c, d, e, f). Para o N, houve tendência linear descendente (ajuste de modelo,  $p < 0,05$ ; desvio de regressão,  $p > 0,05$ ) em relação ao aumento nos níveis de irrigação, com decréscimo no teor de -0,0053 dag kg<sup>-1</sup> a cada 1% de reposição EV (Figura 26-a).

Figura 26. Teor nutricional da parte aérea de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) submetidas à diferentes níveis de irrigação, cultivadas em casa de vegetação aos 115 DAS



Segundo Malavolta (1980), os nutrientes, quanto a translocação, são todos considerados móveis a favor da corrente transpiratória via xilema. Assim, de maneira geral, quanto maior a disponibilidade hídrica, maior a corrente transpiratória, e conseqüentemente, maior a absorção de nutrientes pelas plantas. Tal efeito pôde ser comprovado neste estudo, no qual obteve-se maiores teores de nutrientes quando se utilizou maiores níveis de irrigação.

Entretanto, para o teor de N esse padrão não foi observado. É possível que, devido aos fatores de instabilidade do composto orgânico (esterco bovino fresco) utilizado na composição do substrato, a baixa temperatura e o curto tempo de execução do experimento, aliados aos níveis mais altos de irrigação, não tenham permitido que o nitrogênio, em sua forma orgânica

presente no substrato, se reduzisse à formas inorgânicas (nitrato ou amônio) que poderiam ser melhor absorvidas pelas plantas (SOUZA e FERNANDES, 2006).

A avaliação da absorção de nutrientes, considerando o conteúdo gramas por planta, com transformação Box Cox para Mg ( $\lambda=0,24$ ), Fe ( $\lambda=0,33$ ) e Zn ( $\lambda=0,29$ ) para atendimento aos pressupostos estatísticos, não apresentou interação significativa ( $p<0,05$ ) entre os fatores de estudo, sendo estes avaliados separadamente.

O fator inoculação micorrízica apresentou diferença significativa ( $p<0,05$ ) apenas para o P, com maior valor na presença de micorriza (Tabela 7).

Tabela 7. Conteúdo nutricional da parte aérea de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) submetidas ao fator inoculação micorrízica (SM: sem micorriza; CM: com micorriza), cultivadas em casa de vegetação aos 115 DAS (unidades: g planta<sup>-1</sup> para N, P, K, Ca, S, Cu e Mn; (g planta<sup>-1</sup>)<sup>0,24</sup> para Mg; (g planta<sup>-1</sup>)<sup>0,33</sup> para Fe; (g planta<sup>-1</sup>)<sup>0,29</sup> para Zn

Inoculação micorrízica	Macronutrientes					Micronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Mn
	-----g planta <sup>-1</sup> -----					-----g planta <sup>-1</sup> -----				
SM	0,00030 a	0,16 b	0,0011 a	0,0002 a	0,10 a	5,94 <sup>-05</sup> a	0,093 a	0,084 a	1,35 a	7,7 <sup>-05</sup> a
CM	0,00029 a	0,17 a	0,0012 a	0,0003 a	0,11 a	5,92 <sup>-05</sup> a	0,098 a	0,088 a	1,34 a	8,7 <sup>-05</sup> a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância. Mg, Fe e Zn transformação Box Cox ( $\lambda=0,24$ ; 0,33; 0,29; respectivamente)

O fator irrigação apresentou diferença significativa ( $p<0,05$ ) no conteúdo de todos os nutrientes avaliados (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu e Mn) (Figura 27). Contudo, diferentemente do desempenho observado pelo N quando avaliado seu teor em dag kg<sup>-1</sup>, este apresentou tendência linear ascendente (ajuste do modelo,  $p<0,05$ ; desvio de regressão,  $p>0,05$ ), com incremento no conteúdo absorvido de 2,8e<sup>-06</sup> gramas de nitrogênio a cada 1% de reposição de evaporação de água (Figura 27-a).

Figura 27. Conteúdo nutricional (gramas por planta) da parte aérea de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) submetidas à diferentes níveis de irrigação, cultivadas em casa de vegetação aos 115 DAS (Mg, Fe e Zn transformação Box Cox com  $\lambda=0,24$ ; 0,33; 0,29, respectivamente)

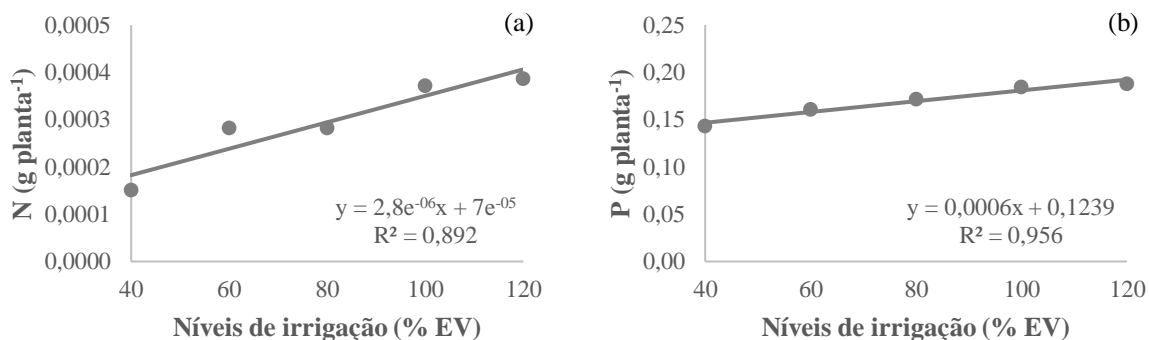
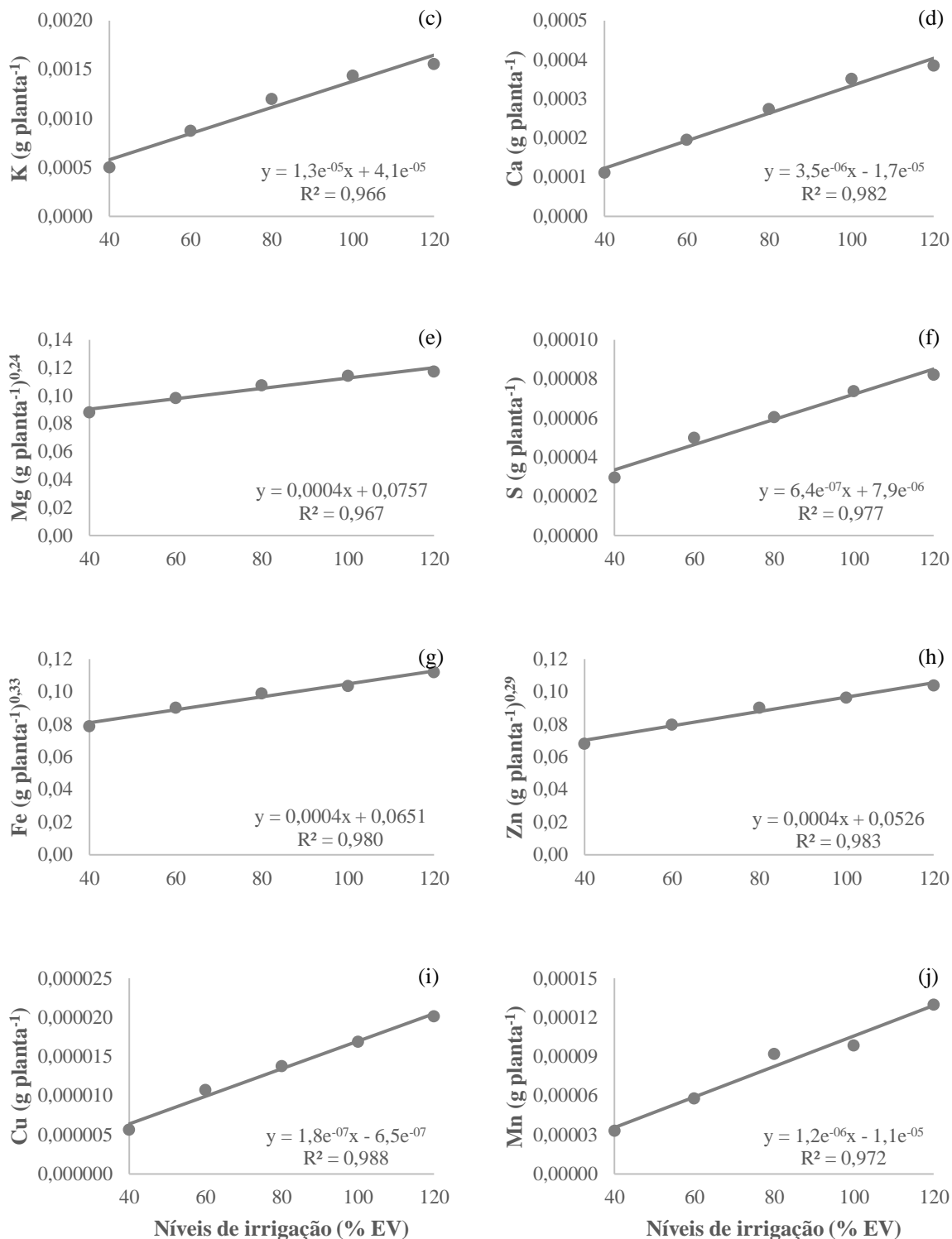


Figura 27. Continuação...



As diferenças observadas na absorção de nutrientes pelas plantas de amor-perfeito, quando comparada entre teor (dag kg<sup>-1</sup> ou mg kg<sup>-1</sup>) e conteúdo (g planta<sup>-1</sup>), possivelmente, se devem ao efeito de diluição dos nutrientes na biomassa da planta (SILVA et al., 2006).

#### 4.4.2.3 Produção de flores

De maneira geral, ao longo do período de florescimento das plantas de amor-perfeito, nas avaliações feitas para sua caracterização observou-se queda em seus valores para produto das dimensões florais (PDF), matéria fresca da flor (MFF) e produção de flores (PROD) conforme havia diminuição da disponibilidade hídrica, independentemente da inoculação micorrízica (Figura 28-a, b, c, respectivamente).

As variáveis PDF, MFF, MSF e PROD, avaliadas ao final do experimento, tendo a MSF ( $\lambda=0,1$ ) transformada para atender os pressupostos estatísticos, não apresentaram interação significativa, pelo teste F ao nível de 5% de significância, entre os fatores inoculação micorrízica e níveis de irrigação, sendo então os fatores avaliados separadamente.

Quanto ao fator inoculação micorrízica, não se observou diferença significativa entre seus níveis, nas variáveis de florescimento (Tabela 8). Em estudos com gazânia, pimenta-ornamental, margarida-africana e gerânio, também não foram observados incrementos no florescimento com uso de micorrizas (PÜSCHEL et al., 2014).

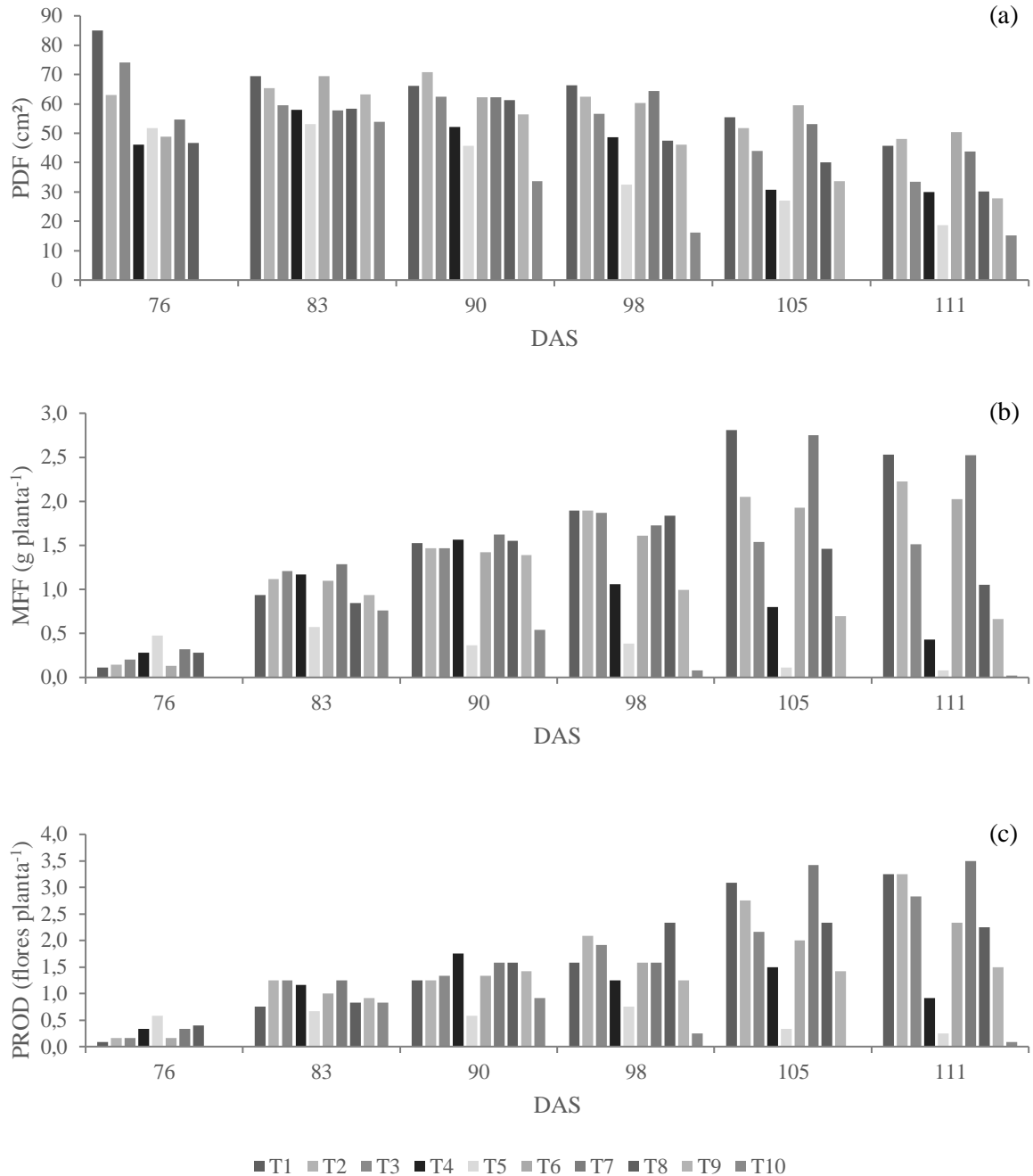
Provavelmente, a baixa responsividade das plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) ao fungo *C. etunicatum* em relação ao crescimento vegetal refletiu-se em seu florescimento, e, dessa forma, não houve incrementos nas flores.

Tabela 8. Avaliação do produto das dimensões florais (PDF), matéria fresca da flor (MFF), matéria seca da flor (MSF) e produção de flores de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) em resposta ao fator inoculação micorrízica: sem micorriza (SM) e com micorriza (CM), produzidas em casa de vegetação

Inoculação micorrízica	PDF (cm <sup>2</sup> )	MFF (g planta <sup>-1</sup> )	MSF (g planta <sup>-1</sup> ) <sup>0,1</sup>	PROD (flores planta <sup>-1</sup> )
SM	51,61 a	6,08 a	0,98 a	8,10 a
CM	48,97 a	5,67 a	0,96 a	7,68 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância. MSF transformação Box Cox ( $\lambda=0,1$ )

Figura 28. Produto das dimensões florais (PDF), matéria fresca de flor (MFF) e produção de flores (PROD) em plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) em resposta aos diferentes tratamentos: T1,T2,T3,T4 e T5 (sem inoculação micorrízica e 120%, 100%, 80%, 60% e 40% de reposição da evaporação, respectivamente); T6,T7,T8,T9 e T10 (com inoculação micorrízica e 120%, 100%, 80%, 60% e 40% de reposição da evaporação, respectivamente), dias após semeadura (DAS) em casa de vegetação

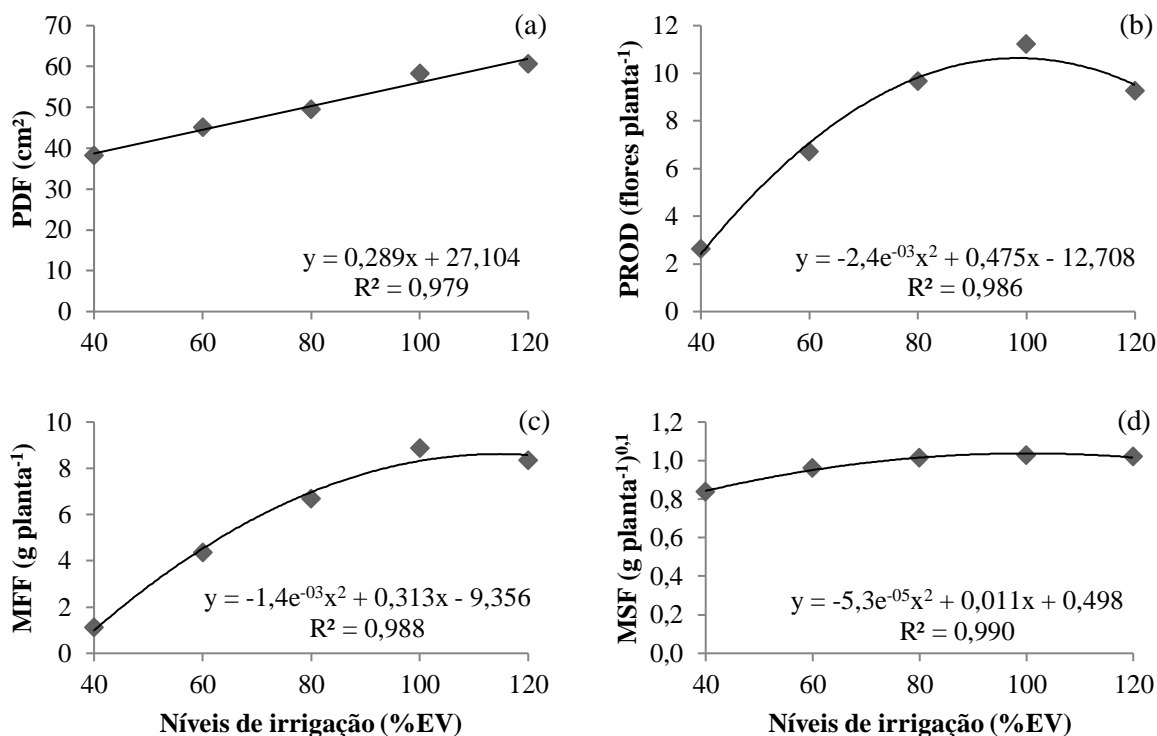


Para o fator irrigação constatou-se diferenças significativas entre seus níveis, nas variáveis de florescimento das plantas de amor-perfeito. O desempenho apresentado na fase de reprodução das plantas de amor-perfeito é reflexo do ocorrido na fase de crescimento vegetativo.

Os resultados observados demonstram incrementos na PDF conforme maior disponibilidade de água para as plantas, seguindo tendência linear (ajuste de modelo,  $p < 0,05$ ; desvio de regressão,  $p > 0,05$ ) com acréscimo de  $0,289 \text{ cm}^2$  a cada 1% de EV reposta (Figura 29-a).

Já para as variáveis de PROD, MFF e MSF ( $\lambda=0,1$ ) observou-se tendência quadrática (ajuste de modelo,  $p < 0,05$ ; desvio de regressão,  $p > 0,05$ ), com pontos de máxima produção e crescimento floral em níveis de 98,9%; 111,8% e 103,8% de EV, respectivamente (Figura 29-b, c, d).

Figura 29. Avaliação da medida de dimensão floral (MDF), produção de flores (PROD), matéria fresca da flor (MFF) e matéria seca da flor (MSF) de plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) produzidas em casa de vegetação sob diferentes níveis de irrigação (MSF transformação Box Cox com  $\lambda=0,1$ )



Resultados semelhantes foram encontrados por Aleman e Marques (2016) quando avaliaram a produção de matéria seca de capítulos florais de camomila e observaram aumento crescente conforme aumentava-se os níveis de irrigação.

Plantas cultivadas sob boa disponibilidade hídrica tendem a apresentar melhor capacidade de absorção de nutrientes, melhor taxa fotossintética e, conseqüentemente, melhor aporte para crescimento vegetativo e reprodutivo (TAIZ e ZEIGER, 2013; LOPES e LIMA, 2015). Dessa forma, a maior disponibilidade de água resultou em maiores valores médios de

crescimento vegetativo e, por consequência, maiores valores médios nas variáveis de florescimento estudadas, indicando a relevância do manejo da irrigação sob as condições do experimento.

#### **4.5 Compostos bioativos: compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas totais**

Os teores de compostos fenólicos totais, extraídos das flores de amor-perfeito, quando avaliados em g EAG 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca de flor, não apresentaram interação significativa entre os fatores inoculação micorrízica e níveis de irrigação, pelo teste F ao nível de 5% de significância, e também não apresentaram diferença significativa entre seus níveis, tanto para o fator inoculação micorrízica quanto para o fator irrigação.

O teor médio de compostos fenólicos totais encontrado neste estudo foi de 2,75 g EAG 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca. Tal valor difere do encontrado por Grzeszczuk et al. (2016) (0,97 g EAG 100 g<sup>-1</sup> amostra fresca) em *V. tricolor*, Rop et al. (2012) (0,51 g EAG 100 g<sup>-1</sup> amostra fresca) em *V. wittrockiana* e Vieira (2013) (3,71 g EAG 100 g<sup>-1</sup> amostra fresca) em *V. tricolor*. Todos os estudos foram analisados através de espectrofotometria.

Já em estudos de Skowrya et al. (2014), os valores de compostos fenólicos totais, analisados em HPLC, encontrados em *V. wittrockiana* foram de 465,76; 464,17 e 287,51 mg EAG g<sup>-1</sup> de amostra seca em flores de cor violeta, vermelha e amarela, respectivamente.

Os compostos fenólicos são um grupo de fitoquímicos que compreende outros dois grandes grupos de compostos bioativos: os flavonoides e os não flavonoides, que inclui os ácidos fenólicos (BOROSKI et al., 2015). Diante dessa grande variedade, é possível que mudanças significativas não fossem detectadas no perfil de compostos fenólicos em relação aos fatores estudados, uma vez que tais compostos não são quantificados individualmente através da metodologia utilizada (espectrofotometria), a qual avaliou o teor de compostos fenólicos na sua totalidade.

O teor de flavonoides totais, extraído das flores de amor-perfeito, quando avaliado em mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca de flor, não apresentou interação significativa entre os fatores inoculação micorrízica e níveis de irrigação. Dessa forma, os fatores foram avaliados separadamente.

O teor de flavonoides totais não apresentou diferença significativa em relação ao fator inoculação micorrízica.

Em estudo de Zubek et al. (2015) observaram que a inoculação micorrízica promoveu incrementos em apenas um dos flavonoides avaliados em plantas de *V. tricolor*. Segundo Zeng et al. (2013), incrementos em compostos secundários devido ao uso de micorrizas ainda não são muito claros. Em geral, o aumento na sua produção deve-se a reações de defesa da planta contra o próprio fungo micorrízico (SBRANA et al., 2014).

Considerando que o fungo micorrízico (*C. etunicatum*) utilizado neste trabalho não proporcionou mudanças significativas na parte aérea das plantas de amor-perfeito, infere-se que também não provocou sinais de alerta à planta, para que ela acionasse seu sistema de defesa, e assim, aumentasse sua produção de compostos bioativos, neste caso, o grupo de compostos fenólicos, que incluem os flavonoides.

Além disso, é possível que alterações nos teores da grande variedade de flavonoides presentes na planta, também não tenham sido detectadas pela metodologia empregada em sua investigação (espectrofotometria), já que a mesma o avalia na sua totalidade.

De modo geral, o teor médio de flavonoides encontrado nas flores foi de 503,31 mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca. Esse valor difere do encontrado por Vieira (2013) de 281,34 mg EQ (equivalente a quercitina) 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca de flor de *V. tricolor*, por Rop et al. (2012) de 199 mg ER (equivalente a rutina) 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca quando avaliou flores azuis de *V. wittrockiana*, por Skowyra et al. (2014) em flores amarelas (55,91 mg ER (equivalente a rutina) g<sup>-1</sup> de amostra seca), vermelhas (83,58 mg ER (equivalente a rutina) g<sup>-1</sup> de amostra seca) e violetas (198,57 mg ER (equivalente a rutina) g<sup>-1</sup> de amostra seca) e por Vukics et al. (2008) em flores violetas (1,21 g ER (equivalente a rutina) 100 g<sup>-1</sup> amostra seca), branca-violetas (2,58 g ER (equivalente a rutina) 100 g<sup>-1</sup> amostra seca), brancas (2,01 g ER (equivalente a rutina) 100 g<sup>-1</sup> amostra seca) e amarelas (2,93 g ER (equivalente a rutina) 100 g<sup>-1</sup> amostra seca) de *V. wittrockiana*.

Em relação ao fator irrigação, verificou-se para o teor de flavonoides totais diferença significativa entre os níveis estudados do fator (Figura 30-a). Contudo, não observou-se desempenho claro, corroborando com o que é descrito por Gershenzon (1984) sobre o efeito do suprimento mineral e do déficit hídrico sobre o metabolismo secundário de plantas.

Em Bortolo et al. (2009) as diferentes lâminas de irrigação aplicadas no cultivo de calêndula (*Calêndula officinalis* L.) não alteraram os teores de flavonoides totais nas flores. Já em Aleman e Marques (2016), obteve-se incrementos positivos para o conteúdo de flavonoides totais quando aplicou-se lâminas de água repondo 150% da evapotranspiração, associado a fertilização orgânica, na produção de capítulos florais de camomila.

O desempenho da produção de flavonoides nas flores de amor-perfeito, diante dos níveis de irrigação utilizados, está de acordo com o resultado encontrado por Aleman e Marques (2016) e demonstra que, em níveis extremos de disponibilidade de água, ocorre um aumento na produção de flavonoides, visando possivelmente, a proteção da planta contra danos abióticos. E, em nível intermediário de disponibilidade hídrica, a produção de flavonoides se mantém baixa, pois em tal nível, não há sinalização de alerta.

O teor de antocianinas totais, quando avaliado em mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca de flor, apresentou interação significativa entre os fatores inoculação micorrízica e níveis de irrigação. O maior teor de antocianinas totais (96,14 mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca) foi encontrado na interação dos fatores sem micorriza mais o nível de 120% EV (Tabela 9) e o menor teor (50,90 mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca) para uma reposição de 76,87% EV sem micorriza (Figura 30-b). Para o teor de ANTT não houve diferença significativa para os níveis de irrigação nos tratamentos com presença de micorriza.

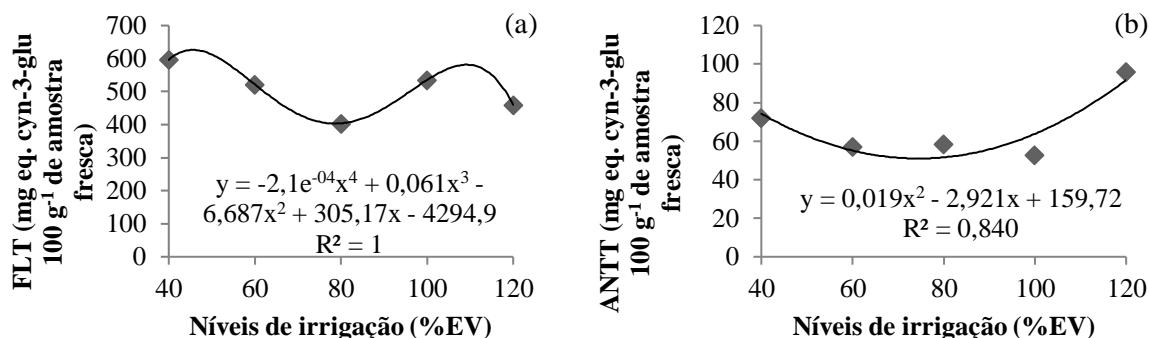
Valores distintos foram reportados por Benvenuti et al. (2016), que encontraram valores de 13,6; 12,4; 3,31 e 0,82 mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca, em flores de *V. wittrockiana* de cor azul, vermelha, amarela e branca, respectivamente, e também por Vukics et al. (2008), que encontraram valores de 1,52; 0,19; 0,09; 0,31 g cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup> de amostra seca de flores (*V. wittrockiana*) violeta, violeta-branca, branca e amarela, respectivamente. Os teores distintos de antocianinas encontrados, possivelmente, estão relacionados à variedade da espécie vegetal, condições edafoclimáticas, época de colheita, dentre outras condições que são capazes de promover mudanças na produção de compostos secundários nas plantas utilizadas nos estudos citados.

Tabela 9. Teor de antocianinas totais (mg cyn-3-glu 100 g<sup>-1</sup> de amostra fresca) em flores de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) submetidas a diferentes níveis de irrigação e inoculação micorrízica

Inoculação micorrízica	Níveis de irrigação (%EV)				
	120%	100%	80%	60%	40%
SM	96,14 a	52,65 a	58,47 a	57,09 a	72,13 a
CM	62,53 b	75,03 a	42,95 a	61,90 a	71,72 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

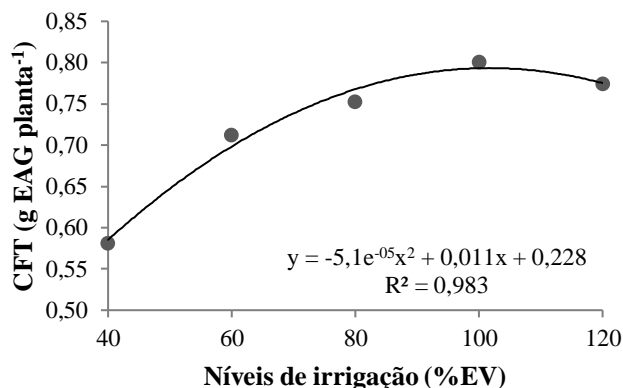
Figura 30. Teores de flavonoides totais (FLT) (a) e antocianinas totais (ANTT) sem presença de inoculação micorrízica (b) em flores de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) submetidas a diferentes níveis de irrigação, produzidas em casa de vegetação



O desempenho das antocianinas totais demonstra teores mais elevados de acordo com níveis extremos de disponibilidade hídrica, bem como, não demonstra sinais de alerta pela presença da micorriza.

A quantidade de compostos fenólicos totais (CFT), extraídos das flores de amor-perfeito, quando avaliada em g EAG planta<sup>-1</sup>, transformada para atender os pressupostos estatísticos ( $\lambda=0,16$ ), não apresentou interação significativa entre os fatores inoculação micorrízica e níveis de irrigação, e também não apresentou diferença significativa entre os níveis de inoculação micorrízica. Entretanto, apresentou diferença significativa entre os níveis do fator irrigação com tendência quadrática (ajuste do modelo,  $p<0,05$ ; desvio de regressão,  $p>0,05$ ) e ponto de máxima quantidade de compostos fenólicos em 107,84% de reposição da evaporação de água (Figura 31).

Figura 31. Quantidade de compostos fenólicos totais (CFT) (transformação Box Cox,  $\lambda=0,16$ ) em plantas de amor-perfeito produzidas em casa de vegetação sob diferentes níveis de irrigação



A quantidade de flavonoides totais, extraídos das flores de amor-perfeito, quando avaliada em mg cyn-3-glu planta<sup>-1</sup>, transformada para atender os pressupostos estatísticos

( $\lambda=0,1$ ), apresentou interação significativa entre os fatores inoculação micorrízica e níveis de irrigação. A maior quantidade de flavonoides totais nas flores de amor-perfeito ocorreu na interação entre a presença de micorriza (CM) mais o nível de 100% de EV (61,89 mg cyn-3-glu planta<sup>-1</sup>) e a menor quantidade ocorreu na interação entre a presença de micorriza (CM) mais o nível de 40% de EV (4,38 mg cyn-3-glu planta<sup>-1</sup>) (Tabela 10). A interação entre os níveis de irrigação e a ausência de inoculação micorrízica apresentou tendência linear (ajuste do modelo,  $p<0,05$ ; desvio de regressão,  $p>0,05$ ) com acréscimo de 0,0025 mg cyn-3-glu planta<sup>-1</sup> na quantidade de flavonoides totais a cada 1% de reposição da evaporação de água (Figura 32-a). Já para a interação entre os níveis de irrigação e a presença de inoculação micorrízica, a quantidade de flavonoides totais apresentou tendência quadrática (ajuste do modelo,  $p<0,05$ ; desvio de regressão,  $p>0,05$ ) com ponto de máxima quantidade em 105,64% de reposição da evaporação de água (Figura 32-b).

Para a quantidade de antocianinas totais, extraídas das flores de amor-perfeito, quando avaliada em mg cyn-3-glu planta<sup>-1</sup>, transformada para atender os pressupostos estatísticos ( $\lambda=0,16$ ), verificou-se interação significativa entre os fatores inoculação micorrízica e níveis de irrigação. A maior quantidade de antocianinas totais nas flores de amor-perfeito ocorreu na interação entre a ausência de micorriza (SM) mais o nível de 120% de EV (8,47 mg cyn-3-glu planta<sup>-1</sup>) (Tabela 10). A interação entre os níveis de irrigação e a ausência de inoculação micorrízica apresentou tendência linear (ajuste do modelo,  $p<0,05$ ; desvio de regressão,  $p>0,05$ ) indicando que a cada 1% de reposição da evaporação de água efetuado, havia aumento de 0,005 mg cyn-3-glu planta<sup>-1</sup> na quantidade de antocianinas totais (Figura 32-c). Já para a interação entre os níveis de irrigação e a presença de inoculação micorrízica, a quantidade de antocianinas totais apresentou tendência quadrática (ajuste do modelo,  $p<0,05$ ; desvio de regressão,  $p>0,05$ ) com ponto de máxima quantidade em 106,74% de reposição da evaporação de água (Figura 32-d).

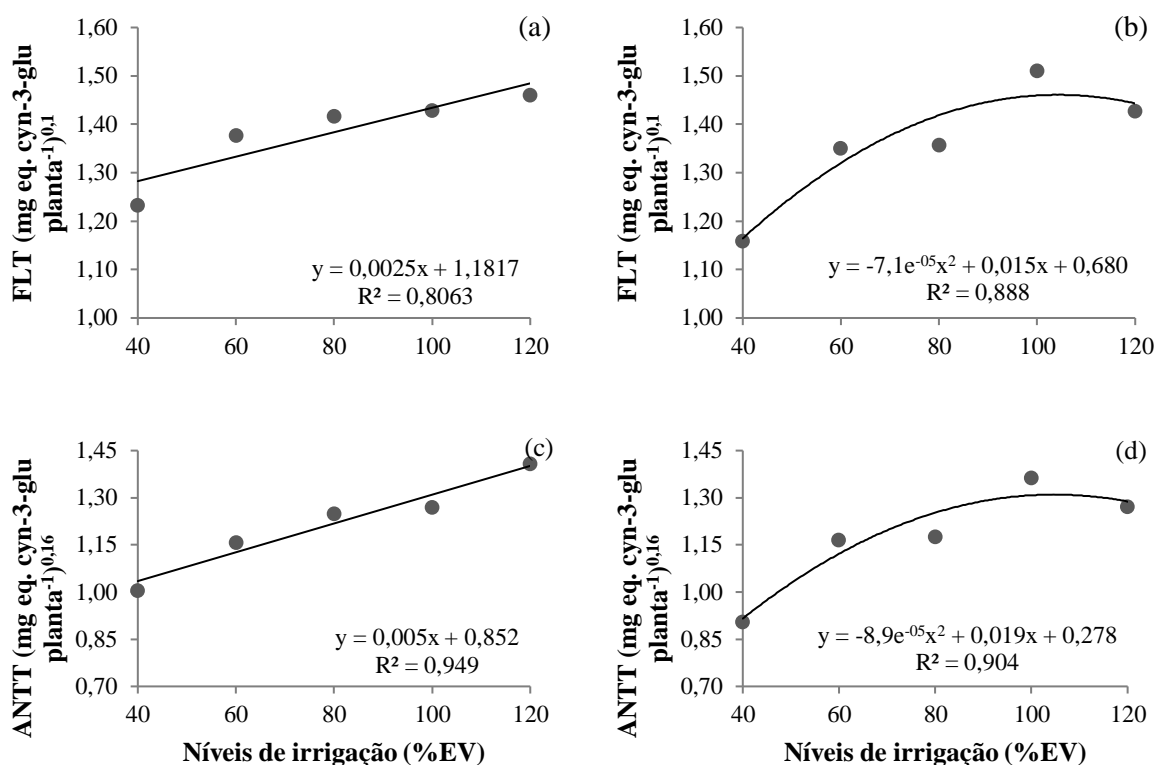
Tabela 10. Quantidade de flavonoides (FLT) (mg cyn-3-glu planta<sup>-1</sup>)<sup>0,1</sup> e antocianinas totais (ANTT) (mg cyn-3-glu planta<sup>-1</sup>)<sup>0,16</sup> em flores de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) submetidas a diferentes níveis de irrigação e inoculação micorrízica

Composto antioxidante	Inoculação micorrízica	Níveis de irrigação (%EV)				
		120%	100%	80%	60%	40%
FLT	SM	1,44 a	1,42 b	1,41 a	1,36 a	1,22 a
	CM	1,41 a	1,50 a	1,35 a	1,32 a	1,14 b
ANTT	SM	1,39 a	1,25 a	1,23 a	1,14 a	0,98 a
	CM	1,26 b	1,35 a	1,15 a	1,13 a	0,88 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância. FLT e ANTT transformação Box Cox ( $\lambda=0,1$ ; 0,16; respectivamente)

Os resultados distintos da inoculação micorrízica sobre as quantidades de FLT e ANTT indicam que as micorrizas acessaram um grupo de flavonoides que não compreendia as antocianinas. Possivelmente, o grupo de isoflavonoides, uma vez que estes são produzidos para estimular a micorrização (KOIDE et al., 1999).

Figura 32. Quantidade de flavonoides totais (FLT) e antocianinas totais (ANTT) (transformação Box Cox,  $\lambda=0,1$  e  $\lambda=0,16$ ; respectivamente) em plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) produzidas em casa de vegetação sob diferentes níveis de irrigação com ausência (a, c) e presença de inoculação micorrízica (b, d)



As quantidades de CFT produzidas nas flores por planta de amor-perfeito acompanharam a tendência observada no crescimento vegetativo em relação aos níveis de irrigação, ou seja, maior disponibilidade hídrica permite maior crescimento vegetativo e maior produção de flores, conseqüentemente, maior quantidade de compostos antioxidantes por planta também são produzidos.

As quantidades de FLT e ANTT produzidas nas flores de amor-perfeito demonstraram tendência de ter maior produção por planta com maiores porcentagens de reposição de água quando não submetidas a inoculação micorrízica. Tal fato corrobora com a indicação, segundo as observações no crescimento vegetativo e produção de flores, de que houve baixa eficiência simbiótica entre as plantas de amor-perfeito e o fungo micorrízico *C. etunicatum*.

Entretanto, é possível indicar neste caso, que a presença de micorriza possa ter amenizado os efeitos do estresse hídrico, seja pela falta ou pelo excesso de água, reduzindo a produção de compostos secundários que seriam usados para a sua proteção contra este estresse hídrico (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

De maneira geral, os resultados observados para produção de compostos antioxidantes, tanto em relação a suas concentrações quanto em relação a suas quantidades, demonstraram que as melhores respostas foram obtidas quando utilizou-se em torno de 100% de reposição da evaporação de água e sem uso de inoculação micorrízica.

Dentre os compostos antioxidantes considerados neste estudo, as antocianinas apresentam maior importância, devido a coloração púrpura presentes nas flores da variedade Majestic Giants II Rosalyn, aqui avaliadas, e previa-se que seus teores fossem claramente definidos em relação aos demais compostos antioxidantes estudados, o que se confirmou com os resultados encontrados.

As diferenças encontradas em relação a trabalhos de diversos autores aqui citados, nos teores dos compostos antioxidantes, confirma as variações que tais compostos podem sofrer de acordo com o manejo da cultura, solo, clima, temperatura, espécies e variedades de espécies (FERNANDES et al., 2016).

Este trabalho indica perspectivas para novos estudos de manejo agrícola com intuito de aliar produtividade e uso racional de recursos hídricos com qualidade nos alimentos produzidos, sejam eles, convencionais ou não convencionais, tais como as flores comestíveis.

## 5 CONCLUSÃO

Os fatores inoculação micorrízica e irrigação demonstraram efeito independente no crescimento vegetativo, produção de flores e análise nutricional das plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*), variedade Majestic Giants II Rosalyn.

As plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*), variedade Majestic Giants II Rosalyn, não obtiveram incrementos significativos no crescimento, produção de flores e produção de compostos antioxidantes em resposta a inoculação com fungo micorrízico *Claroideoglossum etunicatum*, mesmo obtendo uma efetiva colonização e reprodução do fungo.

Obteve-se melhores resultados no crescimento, produção de flores e produção de compostos antioxidantes quando se irrigou as plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) variedade Majestic Giants II Rosalyn, utilizando o volume de 100% de reposição da evaporação de água.

A absorção de P foi estimulada pela presença do fungo micorrízico *C. etunicatum*. Assim como, observou-se incrementos na absorção de todos os nutrientes avaliados, em níveis crescentes de reposição de água, pelas plantas de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) variedade Majestic Giants II Rosalyn.

Este estudo sugere que se faça novas pesquisas em busca de inóculos micorrízicos e doses de P que permitam maior eficiência simbiótica em relação às plantas de amor-perfeito, e o uso de metodologias mais precisas para determinação dos compostos antioxidantes presentes nas flores de amor-perfeito (*V. wittrockiana*) variedade Majestic Giants II Rosalyn, sob as condições do estudo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEMAN, C. C.; MARQUES, P. A. A. Irrigation and organic fertilization on the production of essential oil and flavonoid in chamomile. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 12, p. 1045–1050, 2016.

ALENCAR, B.; GALERA, V. **Mercado de flores atinge faturamento esperado para este ano**. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2016/06/mercado-de-flores-atinge-expectativa-de-faturamento-para-o-ano.%0Ahtml>>. Acesso em 18 jan 2017.

ALMEIDA, D. J.; PEREIRA, W. E.; ALEXANDRE, P. S.; NUNES, J. C.; FERREIRA, W. M. Growth and nutrient accumulation in mycorrhized papaya seedlings cultivated in a phosphorus-fertilized substrate. **Revista Ceres**, v. 63, n. 1, p. 86–94, 2016.

ÁLVAREZ, S.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Changes in growth rate, root morphology and water use efficiency of potted *Callistemon citrinus* plants in response to different levels of water deficit. **Scientia Horticulturae**, v. 156, p. 54–62, 2013.

ÁLVAREZ, S.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Comparison of individual and combined effects of salinity and deficit irrigation on physiological, nutritional and ornamental aspects of tolerance in *Callistemon laevis* plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 185, p. 65–74, 2015.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**. Relatório pleno / Agência Nacional de Águas, p. 169, 2017.

ANTÔNIO, M. Paisagismo Produtivo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 19, n. 1, p. 47–54, 2013.

ARÉVALO, J. J.; VÉLEZ, J. E. S.; INTRIGLILOLO, D. S. Determination of an efficient irrigation schedule for the cultivation of rose cv. Freedom under greenhouse conditions in Colombia. **Agronomía Colombiana**, v. 32, n. 1, p. 95–102, 2014.

ASRAR, A. A.; ABDEL-FATTAH, G. M.; ELHINDI, K. M. Improving growth, flower yield,

and water relations of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) plants grown under well-watered and water-stress conditions using arbuscular mycorrhizal fungi. **Photosynthetica**, v. 50, n. 2, p. 305–316, 2012.

AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J. M. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. **Scientia Horticulturae**, v. 68, p. 1–24, 1997.

BENDER, S. F.; CONEN, F.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A. Mycorrhizal effects on nutrient cycling, nutrient leaching and N<sub>2</sub>O production in experimental grassland. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 80, p. 283–292, 2015.

BENVENUTI, S.; BORTOLOTTI, E.; MAGGINI, R. Antioxidant power, anthocyanin content and organoleptic performance of edible flowers. **Scientia Horticulturae**, v. 199, p. 170–177, 2016.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos Arbusculares: Muito Além da Nutrição. In.: **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. 432 p.

BONA, E.; LINGUA, G.; MANASSERO, P.; CANTAMASSE, S.; MARSANO, F.; TODESCHINI, V.; COPETTA, A.; D'AGOSTINO, G.; MASSA, N.; AVIDANO, L.; et al. AM fungi and PGP pseudomonads increase flowering, fruit production, and vitamin content in strawberry grown at low nitrogen and phosphorus levels. **Mycorrhiza**, v. 25, p. 181–193, 2015.

BOROSKI, M.; VISENTAINER, J. V.; COTTICA, S. M.; MORAIS, D. R. **Antioxidantes: Princípios e métodos analíticos**. 1ª ed. Ed. Appris, 2015. 139 p.

BORTOLAS, F. A.; SOARES, F. C.; PARIZI, A. R. C.; CORREA, F. R.; RUSSI, J. L. **Produtividade de flores de *Kalanchoe blossfeldiana* Poelln sob diferentes épocas de plantio e doses de irrigação em Alegrete-RS**. XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola: Florianópolis SC, 2016.

BORTOLO, D. P. G.; MARQUES, P. A. A.; PACHECO, A. C. Teor e rendimento de flavonoides em calêndula (*Calendula officinalis* L.) cultivada com diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 4, p. 435–441, 2009.

BOTELHO, F.; RODRIGUES, C.; BRUZI, A. Ornamental Plant Breeding. **Ornamental Horticulture**, v. 21, n. 1, p. 9–16, 2015.

BOX GEP; COX DR. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Society**, 26: 211–252, 1964.

BRASIL. Regra para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: MAPA/ACS, 2009. p. 395.

BUSATO, J. G.; CANELLAS, L. P.; DOBBSS, L. B.; BALDOTTO, M. A.; AGUIAR, N. O.; ROSA, R. C. C.; SCHIAVO, J. A.; MARCIANO, C. R.; OLIVARES, F. L. **Guia para adubação orgânica baseado na experiência com solos e resíduos do Norte Fluminense**. Niterói: Progrma Rio Rural, 2008. 28 p.

CABRERA, A.; MACH, A. Flavonoides como agentes quimiopreventivos y terapéuticos contra el cáncer de pulmón. **Revista Española de Nutrición Humana y Dietética**, v. 16, n. 4, p. 143–153, 2012.

CANDIDO, V.; CAMPANELLI, G.; D'ADDABBO, T.; CASTRONUOVO, D.; PERNIOLA, M.; CAMELE, I. Growth and yield promoting effect of artificial mycorrhization on field tomato at different irrigation regimes. **Scientia Horticulturae**, v. 187, p. 35–43, 2015.

CASTAÑÓN-SILVA, P. A.; VENEGAS-URRUTIA, M. A.; LOBOS-VALENZUELA, M. G.; GAETE-OLIVARES, H. J. Influencia de micorrizas arbusculares *Glomus spp.* en el crecimiento y acumulación de cobre en girassol *Helianthus annuus* L. **Agrociencia**, v. 47, p. 309–317, 2013.

CECATTO, A. P.; RUIZ, F. M.; CALVETE, E. O.; MARTÍNEZ, J.; PALENCIA, P. Mycorrhizal inoculation affects the phytochemical content in strawberry fruits. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 38, n. 2, p. 227–237, 2016.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. rev. ed. Lavras - UFLA, 2005. 738 p.

CIRILLO, C.; DE MICCO, V.; ROUPHAEL, Y.; BALZANO, A.; CAPUTO, R.; DE PASCALE, S. Morpho-anatomical and physiological traits of two Bougainvillea genotypes trained to two shapes under deficit irrigation. **Trees - Structure and Function**, v. 31, n. 1, p. 173–187, 2017.

COMBA, L.; CORBET, S.A.; BARRON A.; BIRD, A.; COLLINGE, S.; MIYAZAKI, N.; POWELL, M. Garden flowers: insect visits and the floral reward of horticulturally-modified variants. **Annals of Botany**, v. 83, n. 1, p. 73–86, 1999.

COSTA, L. C.; RIBEIRO, W. S.; BARBOSA, J. A. Compostos bioativos e alegações de potencial antioxidante de maracujá, cravo amarelo, rosa e capuchinha. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 3, p. 279–289, 2014.

DHAWI, F.; DATTA, R.; RAMAKRISHNA, W. Mycorrhiza and heavy metal resistant bacteria enhance growth, nutrient uptake and alter metabolic profile of sorghum grown in marginal soil. **Chemosphere**, v. 157, p. 33–41, 2016.

DUARTE, G. R. B.; SCHÖFFEL, E. R.; MENDEZ, M. E. G.; PAULA, V. A. Medida e estimativa da evapotranspiração do tomateiro cultivado sob adubação orgânica em ambiente protegido. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 563–574, 2010.

ELANSARY, H. O.; SKALICKA-WOŹNIAK, K.; KING, I. W. Enhancing stress growth traits as well as phytochemical and antioxidant contents of *Spiraea* and *Pittosporum* under seaweed extract treatments. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 105, p. 310–320, 2016.

FERNANDES, F. S.; SOUZA-LEAL, T.; MORAES, C. P. Germinação de sementes de amor-perfeito submetidas à diferentes períodos de exposição e concentrações de GA3. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, p. 601–614, 2015.

FERNANDES, L.; CASAL, S.; PEREIRA, J. A.; SARAIVA, J. A.; RAMALHOSA, E. Uma

perspetiva nutricional sobre flores comestíveis. **Acta Portuguesa de Nutrição**, v. 6, p. 32–37, 2016.

FRANÇA, A. C.; FREITAS, A. F.; SANTOS, E. A.; GRASSIOTTI, P. H.; ANDRADE JÚNIOR, V. C. Mycorrhizal fungi increase coffee plants competitiveness against *Bidens pilosa* interference. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 2, p. 132–139, 2016.

**G1. Produção de flores cresce no Brasil em 2016.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/agroindustria/riquezadobrasil/%0Anoticia/2016/09/producao-de-flores-cresce-no-brasil-em-2016.%0Ahtml>>. Acesso em 18 jan 2017.

GARZÓN, G. A. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. **Acta Biologica Colombiana**, v. 13, n. 3, p. 27–36, 2008.

GARZÓN, G. A.; MANN, D. C.; RIEDL, K.; SCHWARTZ, S. J.; PADILLA-ZAKOUR, O. Identification of phenolic compounds in petals of nasturtium flowers (*Tropaeolum majus*) by high-performance liquid chromatography coupled to mass spectrometry and determination of oxygen radical absorbance capacity (ORAC). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 1803–1811, 2015.

GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, 84:489-500, 1980.

GERSHENZON, J. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress. In.: TIMMERMANN, B. N.; STEELINK, C.; LOEWUS, F. A. (Ed.). . **Phytochemical adaptations to stress**. Timmermann ed. New York: Plenum Press, 1984. p. 273–320.

GHINI, R. Coletor solar para desinfestação de substratos para produção de mudas sadias. **Embrapa Meio Ambiente**, p. 1–5, 2004.

GIRARDI, L. B.; ROBAINA, A. D.; PEREIRA, A. C.; MEZZOMO, W. **Desempenho do processo de balanço hídrico por lisimetria no cultivo de alstroemeria**. XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola: São Pedro - SP, 2015.

GÓMEZ-BELLOT, M. J.; ORTUÑO, M. F.; NORTES, P. A.; VICENTE-SÁNCHEZ, J.; BAÑÓN, S.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Mycorrhizal euonymus plants and reclaimed water: biomass, water status and nutritional responses. **Scientia Horticulturae**, v. 186, p. 61–69, 2015a.

GÓMEZ-BELLOT, M. J.; ORTUÑO, M. F.; NORTES, P. A.; VICENTE-SÁNCHEZ, J.; MARTÍN, F. F.; BAÑÓN, S.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Protective effects of *Glomus iranicum* var. tenuihypharum on soil and *Viburnum tinus* plants irrigated with treated wastewater under field conditions. **Mycorrhiza**, v. 25, n. 5, p. 399–409, 2015b.

GOUVEIA, E. M. R. **Effects of Arbuscular Mycorrhiza on plant growth of four ornamental annuals ( *Dianthus chinensis x barbatus* , *Impatiens wallerana* , *Petunia x hybrida* and *Viola x wittrockiana* ) commonly grown in South Africa** Estevam Manuel Rodrigues Gouveia. 2016. 108 p. Dissertação (Master of science in Ornamental Horticulture) - University of South Africa.

GRZESZCZUK, M.; STEFANIAK, A.; PACHLOWSKA, A. Biological value of various edible flower species. **Scientiarum polonorum**, v. 15, n. 2, p. 109–119, 2016.

HAYEK, S.; GROSCH, R.; GIANINAZZI-PEARSON, V.; FRANKEN, P. Bioprotection and alternative fertilisation of petunia using mycorrhiza in a soilless production system. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, n. 3, p. 765–771, 2012.

HEITOR, L. C.; FREITAS, M. S. M.; BRITO, V. N.; CARVALHO, A. J. C.; MARTINS, M. A. Crescimento e produção de capítulos florais de calêndula em resposta à inoculação micorrízica e fósforo. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 26–30, 2016.

IBRAFLOR. **Mapeamento e Quantificação da Cadeia de Flores e Plantas Ornamentais do Brasil**. 2015a. 132 p.

IBRAFLOR. O Mercado De Flores No Brasil. p. 2, 2015b. Disponível em: [http://www.ibraflor.com/ns\\_mer\\_interno.php](http://www.ibraflor.com/ns_mer_interno.php)>. Acesso em 18 jan 2017.

IPEMA. **Jardins Comestíveis**. Ubatuba/SP, 2004. 18 p.

JADOSKI, S. O.; LOPES, E. C.; MAGGI, M. F.; SUCHORONCZEK, A.; SAITO, L. R.; DENEGA, S. Método de determinação da área foliar da cultivar de batata Ágata a partir de dimensões lineares. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. SUPPL.1, p. 2545–2554, 2012.

JANOWSKA, B.; ANDRZEJAK, R. Effect of mycorrhizal inoculation on development and flowering of *Tagetes patula* L. “Yellow Boy” and *Salvia splendens* Buc’hoz ex Etl. “Saluti Red”. **Acta Agrobotanica**, v. 70, n. 2, p. 6–11, 2017.

JANOWSKA, B.; RYBUS-ZAJAC, M.; HOROJDKO, M.; ANDRZEJAK, R.; SIEJAK, D. The effect of mycorrhization on the growth, flowering, content of chloroplast pigments, saccharides and protein in the leaves of *Sinningia speciosa* (Lodd.) Hiern. **Acta Agrophysica**, v. 23, n. 2, p. 213–223, 2016.

JENTSCHER, K.; THIEL, D.; REHN, F.; LUDWIG-MÜLLER, J. Arbuscular mycorrhiza enhances auxin levels and alters auxin biosynthesis in *Tropaeolum majus* during early stages of colonization. **Physiologia Plantarum**, v. 129, n. 2, p. 320–333, 2007.

KIERS, E.T.; DUHAMEL, M.; BEESETTY, Y.; MENSAH, J.A.; FRANKEN, O.; VERBRUGGEN, E.; FELLBAUM, C.R.; KOWALCHUK, G.A.; HART, M.M.; BAGO, A.; PALMER, T.M.; WEST, S.A.; VANDENKOORNHUYSE, P.; JANSÁ, J.; BÜCKING, H. Reciprocal rewards stabilize cooperation in the mycorrhizal symbiosis. *Science* v. 333, p. 880–882, 2011.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil. Guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. São Paulo. Instituto Plantarum de Estudos de Flora, 2014. 768 p.

KIRIACHEK, S. G.; AZEVEDO, L. C. B.; PERES, L. E. P.; LAMBAIS, M. R. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1–16, 2009.

- KOIDE, R.T.; LANDHERR, L.L.; YLVA, L.B.; DETWEILER, J.M.; HOLCOMB, E.J. Strategies for mycorrhizal inoculation of six annual bedding plant species. *HortScience*, v. 34, n. 7, p. 1217-1220, 1999.
- KOLTAI, H. Mycorrhiza in floriculture: Difficulties and opportunities. *Symbiosis*, v. 52, p. 55–63, 2010.
- LARA-CORTÉS, E.; MARTÍN-BELLOSO, O.; OSORIO-DÍAZ, P.; BARRERA-NECHA, L. L.; SÁNCHEZ-LÓPEZ J. A.; BAUTISTA-BAÑOS, S. Actividad antioxidante, composición nutrimental y funcional de flores comestibles de dalia. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 20, n. 1, p. 101–116, 2014.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531 p..
- LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins. 6. Flavonols and anthocyanins in cranberries. *Journal of Food Science*, v. 36, p. 1056–1060, 1971.
- LEITE, J. I. A.; ROSA, C. O. B. Alimentos funcionais e dislipidemias. In.: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. (Eds.). **Alimentos funcionais - componentes bioativos e efeitos fisiológicos**, 2011. p. 307–321.
- LI, H.; CHEN, X. W.; WONG, M. H. Arbuscular mycorrhizal fungi reduced the ratios of inorganic/organic arsenic in rice grains. *Chemosphere*, v. 145, p. 224–230, 2016.
- LIER, Q. J. V. Disponibilidade de água às plantas. In.: LIER, Q. J. V. (Ed.). **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 283–298.
- LIU, R. H. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *The Journal of nutrition*, v. 134, n. 12 Suppl, p. 3479S–3485S, 2004.
- LOOSE, L. . H.; MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A. B.; LUCAS, D. D. P.; RIGHI, E. Z. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura da berinjela cultivada em estufa plástica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 250–257, 2014.
- LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia do produção**. Viçosa: Editora UFV, 2015. 492 p.
- LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 13, n. 3, p. 291–297, 2007.
- LORENZI, H. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3<sup>a</sup> ed. Nova Odessa: Plantarum, 2001. 1088 p.
- MACHADO, F. L.; ARARIPE, P. **Perspectivas e Inovações no Mercado de Floricultura**. Disponível em: <[www.clubeamigosdocampo.com.br/artigo/perspectivas-e-inovacaoe-?no-mercado-de-floricultura-1120](http://www.clubeamigosdocampo.com.br/artigo/perspectivas-e-inovacaoe-?no-mercado-de-floricultura-1120)>. Acesso em 24 jan 2017.
- MAJEWSKA, M. L.; ROLA, K.; ZUBEK, S. The growth and phosphorus acquisition of invasive plants *Rudbeckia laciniata* and *Solidago gigantea* are enhanced by arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, v. 27, p. 83–94, 2017.

- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MCGONIGLE, T. P.; MILLER, M. H.; EVANS, D. G.; FAIRCHILD, G. L.; SWAN, J. A. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 115, p. 495–501, 1990.
- MIRANDA, E. M.; SILVA, E. M. R.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Inoculação micorrízica e adubação fosfatada na produção de mudas de Amendoim Forrageiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 2, p. 240–246, 2016.
- MIRANDA, J. C. C.; FIALHO, J. F.; MIRANDA, L. N. Importância da micorriza arbuscular para o cultivo da mandioca na região do cerrado. **Comunicado Técnico-MAPA**, p. 4, 2005.
- MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Importância da Micorriza Arbuscular para o Cultivo da Soja na Região do Cerrado. **Comunicado Técnico-MAPA**, p. 5, 2002.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2ª ed. atual. Lavras, 2006. 729 p.
- MOTTA, P. E. F.; SIQUEIRA, J. O.; RIBEIRO, B. T.; NORTON, L. D.; SILVA, S. H. G.; CURI, N. Long-term phosphate fertilization, mycorrhizal inoculation and historical land use influence on soybean growth and P uptake. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 4, p. 418–431, 2016.
- NEVES, L. C.; ALENCAR, S. M.; CARPES, S. T. Determinação da atividade antioxidante e do teor de compostos fenólicos e flavonoides totais em amostras de pólen apícola de *Apis mellifera*. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 7, p. 107–110, 2009.
- NUNES, J. A. S.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; NUNES, P. C. M. **Disponibilidades hídricas do solo no desenvolvimento de rúcula em ambiente protegido**. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola: Campo Grande - MS, 2014.
- PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 55, n. 1, p. 158–161, 1970.
- PIROLA, K.; DOTTO, M.; WAGNER JUNIOR, A.; ALEGRETTI, A. L.; CONCEIÇÃO, P. C.; MENDES, A. S. Recipientes e substratos na germinação e desenvolvimento de crisântemo e amor-perfeito. **Ornamental Horticulture**, v. 21, n. 2, p. 151–160, 2015.
- PÜSCHEL, D.; RYDLOVÁ, J.; VOSÁTKA, M. Can mycorrhizal inoculation stimulate the growth and flowering of peat-grown ornamental plants under standard or reduced watering? **Applied Soil Ecology**, v. 80, p. 93–99, 2014.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>, 2017.

- RANJAN, P.; RANJAN, J. K.; MISRA, R. L.; DUTTA, M.; SINGH, B. Cacti: notes on their uses and potential for climate change mitigation. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 63, n. 5, p. 901–917, 2016.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. **Biologia vegetal**. 8. ed. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. 856 p.
- RAVNSKOV, S.; LARSEN, J. Functional compatibility in cucumber mycorrhizas in terms of plant growth performance and foliar nutrient composition. **Plant Biology**, v. 18, p. 816–823, 2016.
- REICHARD, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2. ed. Barueri: Manole, 2012. 500 p.
- REWALD, B.; HOLZER, L.; GÖRANSSON, H. Arbuscular mycorrhiza inoculum reduces root respiration and improves biomass accumulation of salt-stressed *Ulmus glabra* seedlings. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 14, n. 2, p. 432–437, 2015.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. V. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais- 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999, 359 p.
- RIBEIRO, S. M. R.; QUEIROZ, M. E. L. R.; PELUZIO, M. C. G.; COSTA, N. M. B.; MATTA, S. L. P.; QUEIROZ, J. H. Antioxidantes da dieta. In.: COSTA, N. M. B.; PELUZIO, M. C. G. (Eds.). **Nutrição básica e metabolismo**. 2012. p. 382–400.
- ROP, O.; MLCEK, J.; JURIKOVA, T.; NEUGEBAUEROVA, J.; VABKOVA, J. Edible Flowers-A new promising source of mineral elements in human nutrition. **Molecules**, v. 17, p. 6672–6683, 2012.
- ROSA, C. O. B.; COSTA, N. M. B. Alimentos funcionais: histórico, conceitos e atributos. In: COSTA, N. M. B.; PELUZIO, M. C. G. (Eds.). **Alimentos funcionais - componentes bioativos e efeitos fisiológicos**, 2011. p. 3–8.
- ROTA, L. D.; PAULETTI, G. F. Efeito da adição de casca de arroz em substrato comercial a base de turfa na produção de mudas de *Viola tricolor* L. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 14, n. 3–4, p. 45–48, 2008.
- RUBIN, J. G. K. R.; STÜRMER, S. L. Potencial de inóculo micorrízico e importância do comprimento do micélio para a agregação de solos de ambiente fluvial. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 39, p. 59–68, 2015.
- RYDLOVÁ, J.; SÝKOROVÁ, Z.; SLAVÍKOVÁ, R.; TURIS, P. The importance of arbuscular mycorrhiza for *Cyclamen purpurascens* subsp. *immaculatum* endemic in Slovakia. **Mycorrhiza**, v. 25, n. 8, p. 599–609, 2015.
- SANTOS, P. C.; FREITAS, M. S. M.; FREITAS, S. J.; SILVA, M. P. S.; BERILLI, S. S. Fungos micorrízicos no crescimento e nutrição de rebentos oriundos de coroa de abacaxi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. Especial, p. 658–665, 2011.

SATO, A. Y.; NANNETTI, D. C.; PINTO, J. E. B. P.; SIQUEIRA, J. O.; BLANK, M. F. A. Fungos micorrízicos-arbusculares no desenvolvimento de mudas de helicônia e gérbera micropropagadas. **Horticultura brasileira**, v. 17, n. 1, p. 25–28, 1999.

SBRANA, C.; AVIO, L.; GIOVANNETTI, M. Beneficial mycorrhizal symbionts affecting the production of health-promoting phytochemicals. **Electrophoresis**, v. 35, n. 11, p. 1535–1546, 2014.

SEBRAE. **Flores e Plantas Ornamentais do Brasil: Série Estudos Mercadológicos**. Brasília/DF, v. 1, 2015, 44 p.

SILVA, H.D.; FERREIRA, C.A.; CORRÊA, R.S. Teor, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em procedências de *Grevillea robusta*. **Comunicado Técnico 165**, Embrapa, 2006.

SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Instituto Agrônomo-IAC, Campinas, 2007. 312 p.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, v. 299, p. 152–178, 1999.

SKOWYRA, M.; CALVO, M. I.; GALLEGO, M. G.; AZMAN, N. A. M.; ALMAJANO, M. P. Characterization of phytochemicals in petals of different colours from *Viola × wittrockiana* Gams. and their correlation with antioxidant activity. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 9, p. 93–105, 2014.

SMITH, S. E.; READ, D. **Mycorrhizal Symbiosis**. 3. ed. Amsterdam: Elsevier, 2009. 787 p.

SNA. **Mercado de Flores Deve Crescer 10% e Faturar R\$ 6,2 bi**. Disponível em: <<http://sna.agr.br/mercado-de-flores-deve-crescer?-0-e-faturar-r-62-bi/>>. Acesso em 17 jan 2017.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In.: **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, 2006. 432 p.

STOFFEL, S. C. G.; ARMAS, R. D.; GIACHINI, A. J.; ROSSI, M. J.; GONZALEZ, D.; MEYER, E.; NICOLEITE, C. H.; ROCHA-NICOLEITE, E.; SOARES, C. R. F. S. Micorrizas arbusculares no crescimento de leguminosas arbóreas em substrato contendo rejeito de mineração de carvão. **Cerne**, v. 22, n. 2, p. 181–188, 2016.

STRINGHETA, P. C.; VOLP, A. C. P.; OLIVEIRA, T. T. Corantes naturais: usos e aplicações como compostos bioativos. In.: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. DE O. B. (Eds.). **Alimentos funcionais - componentes bioativos e efeitos fisiológicos**, 2011. p. 243–264.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

UGOLINI, F.; BUSSOTTI, F.; RASCHI, A.; TOGNETTI, R.; ENNOS, A. R. Physiological performance and biomass production of two ornamental shrub species under deficit irrigation. **Trees - Structure and Function**, v. 29, n. 2, p. 407–422, 2015.

VIEIRA, P. M. **Avaliação da composição química, dos compostos bioativos e da atividade antioxidante em seis espécies de flores comestíveis**, 2013. 102 p. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) - UNESP, Araraquara.

VUKICS, V.; KERY, A.; GUTTMAN, A. Analysis of polar antioxidants in Heartsease (*Viola tricolor* L.) and Garden pansy (*Viola x wittrockiana* Gams.). **Journal of Chromatographic Science**, v. 46, n. 9, p. 823–827, 2008.

ZANGARO, W.; TOREZAN, J. M. D.; ROSTIROLA, L. V.; SOUZA, P. B.; NOGUEIRA, M. A. Influencia of mycorrhizas, organic substrates and container volumes on the growth of *Heliocarpus popayanensis* Kunth. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 395–403, 2015.

ZEIST, A. R.; RONALDO, J.; DE OLIVEIRA, F.; BARROS DE, R.; FILHO, L.; LIGIA DE SOUZA SILVA, M. Comparação de métodos de estimativa de área foliar em morangueiro. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 20, n. 1–2, p. 33–41, 2014.

ZENG, Y.; GUO, L.-P.; CHEN, B.-D.; HAO, Z.-P.; WANG, J.-Y.; HUANG, L.-Q.; YANG, G.; CUI, X.-M.; YANG, L.; WU, Z.-X.; et al. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and active ingredients of medicinal plants: current research status and perspectives. **Mycorrhiza**, v. 23, n. 4, 2013.

ZONTA, E.; BRASIL, F. C.; GOI, S. R.; ROSA, M. M. T. Sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In.: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 8–52.

ZUBEK, S.; ROLA, K.; SZEWCZYK, A.; MAJEWSKA, M. L.; TURNAU, K. Enhanced concentrations of elements and secondary metabolites in *Viola tricolor* L. induced by arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v. 390, n. 1–2, p. 129–142, 2015.

ZURAWIK, P.; PLACEK, M. The influence of biohydrohumus on growth and development of garden pansy (*Viola x wittrockiana* Gams.). **Acta Agrobotanica**, v. 66, n. 3, p. 31–40, 2013.

## APÊNDICE

Tabela 11. Controle da evaporação e reposição de água diária nos vasos de monitoramento (VM) e da reposição de água nos vasos de tratamento (VT) equivalente à 100% de reposição da evaporação

Data	Massa (g)				
	Vasos	Capacidade de pote (g)	Massa dia (g)	Reposição VM (mL)	Média de reposição VT (mL)
01/06/2017	VM1	3153,57	3054,93	98,64	99,62
	VM2	3146,46	3047,88	98,58	
	VM3	3177,65	3076,01	101,64	
02/07/2017	VM1	3153,57	3088,39	65,18	63,55
	VM2	3146,46	3088,93	63,53	
	VM3	3177,65	3115,70	61,95	
04/07/2017	VM1	3153,57	3030,74	122,83	124,63
	VM2	3146,46	3024,01	122,45	
	VM3	3177,65	3049,04	128,61	
05/07/2017	VM1	3153,57	3094,38	59,19	57,12
	VM2	3146,46	3092,00	54,46	
	VM3	3177,65	3119,93	57,72	
07/07/2017	VM1	3153,57	3077,97	78,60	79,77
	VM2	3146,46	3069,40	77,06	
	VM3	3177,65	3094,00	83,65	
09/10/2017	VM1	3153,57	3067,79	85,78	86,27
	VM2	3146,46	3063,41	83,05	
	VM3	3177,65	3087,66	89,99	
10/07/2017	VM1	3153,57	3099,30	54,27	51,23
	VM2	3146,46	3102,15	44,31	
	VM3	3177,65	3122,53	55,12	
11/07/2017	VM1	3153,57	3094,67	58,90	56,05
	VM2	3146,46	3096,60	49,86	
	VM3	3177,65	3118,27	59,38	
12/07/2017	VM1	3153,57	3088,60	64,97	64,61
	VM2	3146,46	3085,24	61,22	
	VM3	3177,65	3110,02	67,63	
13/07/2017	VM1	3153,57	3092,14	61,43	60,06
	VM2	3146,46	3089,31	57,15	
	VM3	3177,65	3116,04	61,61	
14/07/2017	VM1	3153,57	3081,85	71,72	69,99
	VM2	3146,46	3079,60	66,86	
	VM3	3177,65	3106,27	71,38	
15/07/2017	VM1	3153,57	3096,08	57,49	58,18
	VM2	3146,46	3087,91	58,55	
	VM3	3177,65	3119,14	58,51	

Apêndice I. Continuação...

16/07/2017	VM1	3153,57	3077,04	76,53	76,42
	VM2	3146,46	3071,87	74,59	
	VM3	3177,65	3099,50	78,15	
17/07/2017	VM1	3153,57	3084,52	69,05	66,59
	VM2	3146,46	3083,67	62,79	
	VM3	3177,65	3109,72	67,93	
18/07/2017	VM1	3153,57	3087,69	65,88	63,86
	VM2	3146,46	3088,38	58,08	
	VM3	3177,65	3110,02	67,63	
19/07/2017	VM1	3153,57	3079,36	74,21	72,75
	VM2	3146,46	3078,26	68,20	
	VM3	3177,65	3101,80	75,85	
20/07/2017	VM1	3153,57	3082,03	71,54	71,75
	VM2	3146,46	3080,53	65,93	
	VM3	3177,65	3099,88	77,77	
21/07/2017	VM1	3153,57	3052,49	101,08	99,99
	VM2	3146,46	3054,71	91,75	
	VM3	3177,65	3070,50	107,15	
22/07/2017	VM1	3153,57	3015,16	138,41	138,87
	VM2	3146,46	3013,32	133,14	
	VM3	3177,65	3032,60	145,05	
23/07/2017	VM1	3153,57	3011,19	142,38	143,09
	VM2	3146,46	3006,43	140,03	
	VM3	3177,65	3030,79	146,86	
24/07/2017	VM1	3153,57	3010,00	143,57	145,78
	VM2	3146,46	3006,38	140,08	
	VM3	3177,65	3023,96	153,69	
25/07/2017	VM1	3153,57	3027,54	126,03	126,83
	VM2	3146,46	3021,80	124,66	
	VM3	3177,65	3047,85	129,80	
26/07/2017	VM1	3153,57	3017,15	136,42	138,22
	VM2	3146,46	3010,74	135,75	
	VM3	3177,65	3035,17	142,48	
27/07/2017	VM1	3153,57	3015,76	137,81	141,63
	VM2	3146,46	3004,65	141,81	
	VM3	3177,65	3032,39	145,26	
28/07/2017	VM1	3049,82	2996,85	52,97	53,24
	VM2	3038,08	2986,45	51,54	
	VM3	3071,15	3015,95	55,20	
29/07/2017	VM1	3049,82	2999,60	50,22	47,8
	VM2	3038,08	2992,52	45,56	
	VM3	3071,15	3023,53	47,62	

Apêndice I. Continuação...

30/07/2017	VM1	3049,82	2979,92	69,90	67,93
	VM2	3038,08	2971,67	66,41	
	VM3	3071,15	3003,68	67,47	
31/07/2017	VM1	3049,82	2968,72	81,10	82,80
	VM2	3038,08	2954,69	83,39	
	VM3	3071,15	2987,24	83,91	
01/08/2017	VM1	3018,18	2974,54	43,64	42,03
	VM2	3002,29	2962,02	40,27	
	VM3	3034,49	2992,32	42,17	
02/08/2017	VM1	3018,18	2966,40	51,78	54,54
	VM2	3002,29	2947,80	54,49	
	VM3	3034,49	2977,15	57,34	
03/08/2017	VM1	3018,18	2945,30	72,88	74,45
	VM2	3002,29	2929,48	72,81	
	VM3	3034,49	2956,82	77,67	
04/08/2017	VM1	3018,18	2936,62	81,56	83,64
	VM2	3002,29	2921,65	80,64	
	VM3	3034,49	2945,76	88,73	
05/08/2017	VM1	3018,18	2928,23	89,95	92,36
	VM2	3002,29	2911,54	90,75	
	VM3	3034,49	2938,10	96,39	
06/08/2017	VM1	3018,18	2946,85	71,33	75,40
	VM2	3002,29	2931,54	70,75	
	VM3	3034,49	2950,38	84,11	
07/08/2017	VM1	3018,18	2959,81	58,37	62,29
	VM2	3002,29	2943,75	58,54	
	VM3	3034,49	2964,52	69,97	
08/08/2017	VM1	3021,52	2947,52	74,00	74,67
	VM2	3005,30	2933,30	72,00	
	VM3	3036,73	2958,73	78,00	
09/08/2017	VM1	3021,52	2946,22	75,30	76,22
	VM2	3005,30	2930,49	74,81	
	VM3	3036,73	2958,19	78,54	
10/08/2017	VM1	3021,52	2927,48	94,04	94,72
	VM2	3005,30	2913,07	92,23	
	VM3	3036,73	2938,85	97,88	
11/08/2017	VM1	3021,52	2935,50	86,02	87,59
	VM2	3005,30	2921,58	83,72	
	VM3	3036,73	2943,70	93,03	
12/08/2017	VM1	3021,52	2923,24	98,28	98,91
	VM2	3005,30	2908,35	96,95	
	VM3	3036,73	2935,24	101,49	

Apêndice I. Continuação...

13/08/2017	VM1	3021,52	2934,65	86,87	86,35
	VM2	3005,30	2922,73	82,57	
	VM3	3036,73	2947,12	89,61	
14/08/2017	VM1	2997,05	2933,20	63,85	62,98
	VM2	2982,19	2921,31	60,88	
	VM3	3006,96	2942,76	64,20	
15/08/2017	VM1	2997,05	2909,47	87,58	86,16
	VM2	2982,19	2897,80	84,39	
	VM3	3006,96	2920,46	86,50	
16/08/2017	VM1	2997,05	2924,13	72,92	70,47
	VM2	2982,19	2914,48	67,71	
	VM3	3006,96	2936,19	70,77	
17/08/2017	VM1	2997,05	2911,96	85,09	80,68
	VM2	2982,19	2905,00	77,19	
	VM3	3006,96	2927,21	79,75	
18/08/2017	VM1	2997,05	2910,94	86,11	81,09
	VM2	2982,19	2904,23	77,96	
	VM3	3006,96	2927,77	79,19	
19/08/2017	VM1	2997,05	2900,00	96,15	92,38
	VM2	2982,19	2893,15	89,00	
	VM3	3006,96	2914,96	92,00	
20/08/2017	VM1	2997,05	2906,20	90,85	87,16
	VM2	2982,19	2898,93	83,26	
	VM3	3006,96	2919,59	87,37	
21/08/2017	VM1	2973,00	2900,90	72,10	71,49
	VM2	2963,79	2894,22	69,57	
	VM3	2988,21	2915,40	72,81	
22/08/2017	VM1	2973,00	2893,38	79,62	79,58
	VM2	2963,79	2885,99	77,80	
	VM3	2988,21	2906,88	81,33	
23/08/2017	VM1	2973,00	2878,47	94,53	92,60
	VM2	2963,79	2870,46	93,33	
	VM3	2988,21	2898,26	89,95	
24/08/2017	VM1	2973,00	2914,16	58,84	56,21
	VM2	2963,79	2911,60	52,19	
	VM3	2988,21	2930,60	57,61	
25/08/2017	VM1	2973,00	2894,74	78,26	76,82
	VM2	2963,79	2892,06	71,73	
	VM3	2988,21	2907,75	80,46	
26/08/2017	VM1	2973,00	2880,47	92,53	90,63
	VM2	2963,79	2879,20	84,59	
	VM3	2988,21	2893,44	94,77	

Apêndice I. Continuação...

27/08/2017	VM1	2973,00	2885,58	87,42	86,58
	VM2	2963,79	2880,3	83,49	
	VM3	2988,21	2899,37	88,84	
28/08/2017	VM1	2973,00	2879,33	93,67	91,83
	VM2	2963,79	2875,11	88,68	
	VM3	2988,21	28,95,06	93,15	
29/08/2017	VM1	2973,00	2884,95	88,05	87,37
	VM2	2963,79	2879,68	84,11	
	VM3	2988,21	2898,27	89,94	
30/08/2017	VM1	2973,00	2872,14	100,96	96,78
	VM2	2963,79	2872,15	91,64	
	VM3	2988,21	2890,48	97,73	
31/08/2017	VM1	2973,00	2894,89	78,11	96,78
	VM2	2963,79	2891,82	71,97	
	VM3	2988,21	2912,97	75,24	
01/09/2017	VM1	2973,00	2873,83	99,17	75,11
	VM2	2963,79	2873,37	90,42	
	VM3	2988,21	2896,75	91,46	
02/09/2017	VM1	2973,00	2931,97	41,03	93,68
	VM2	2963,79	2927,28	36,51	
	VM3	2988,21	2947,52	40,69	
03/09/2017	VM1	2973,00	2862,3	110,7	108,26
	VM2	2963,79	2865,13	98,57	
	VM3	2988,21	2882,7	115,51	
04/09/2017	VM1	2973,00	2884,75	88,25	82,62
	VM2	2963,79	2889,39	74,4	
	VM3	2988,21	2903	85,21	
05/09/2017	VM1	2973,00	2888,11	84,89	78,49
	VM2	2963,79	2891,34	72,45	
	VM3	2988,21	2910,07	78,14	
06/09/2017	VM1	2973,00	2886,43	86,57	80,56
	VM2	2963,79	2890,36	73,43	
	VM3	2988,21	2906,53	81,68	