



EDUARDO CARVALHO OLIVEIRA

**IRRIGAÇÃO DA ROSEIRA CULTIVADA EM
SISTEMA DE PRODUÇÃO INTEGRADA:
VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA**

LAVRAS – MG

2012

EDUARDO CARVALHO OLIVEIRA

**IRRIGAÇÃO DA ROSEIRA CULTIVADA EM SISTEMA DE
PRODUÇÃO INTEGRADA: VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, área de concentração em Engenharia e Manejo de Irrigação, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Jacinto de Assunção Carvalho

LAVRAS – MG

2012

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Oliveira, Eduardo Carvalho.

Irrigação da roseira cultivada em sistema de produção integrada :
viabilidade técnica e econômica / Eduardo Carvalho Oliveira. –
Lavras : UFLA, 2012.

186 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Jacinto de Assunção Carvalho.

Bibliografia.

1. Floricultura. 2. Análise econômica. 3. Manejo da irrigação. 4.
Rosa de corte. 5. Custos de produção. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD – 631.587

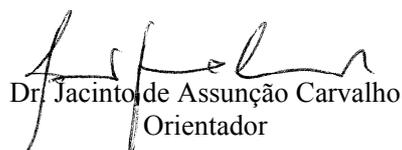
EDUARDO CARVALHO OLIVEIRA

**IRRIGAÇÃO DA ROSEIRA CULTIVADA EM SISTEMA DE
PRODUÇÃO INTEGRADA: VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, área de concentração em Engenharia e Manejo de Irrigação, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 24 de julho de 2012.

Dra. Fátima Conceição Rezende	UFLA
Dra. Elka Fabiana Aparecida Almeida	EPAMIG
Dr. Ricardo Pereira Reis	UFLA
Dr. Gilberto Coelho	UFLA


Dr. Jacinto de Assunção Carvalho
Orientador

LAVRAS - MG

2012

A Deus, nosso criador e pai de todos.

Aos meus queridos pais: Rômulo Márcio de Oliveira e Maria Augusta Carvalho Oliveira, meus exemplos de vida e dedicação.

A minha noiva, Maria Cláudia, pelo amor, carinho e apoio incondicional.

A todos aqueles que, assim como eu, acreditam que os maiores obstáculos da vida encontram-se dentro de nós mesmos, bastando apenas acreditar que tudo é possível quando se quer seguir em frente. E assim, sigo...

DEDICO

Aos meus irmãos:
Romualdo Augusto Carvalho Oliveira
Cristiano Carvalho Oliveira

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade concedida para a realização do Doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas – Engenharia e Manejo de Irrigação, sendo esta minha “casa” durante dez anos.

Ao professor Dr. Jacinto de Assunção Carvalho, pela orientação, acompanhamento, ensinamentos, paciência e amizade, fundamentais para a realização do curso e deste trabalho.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Dra. Fátima Conceição Rezende, pelas sugestões e apoio.

Ao professor Dr. Gilberto Coelho, pela participação na banca de defesa.

Ao professor Dr. Ricardo Pereira Reis, pelos ensinamentos e apoio prestado.

Aos professores do Setor de Hidráulica, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos amigos de curso: Arionaldo, Camila, Daniel, Fábio, Gervásio, João José, Léo, Lidiane, Lucas, Marcos, Matheus, Maurício, Wellington e Willian.

Ao Reginaldo e José Hugo, da Lavras Irrigação, pela amizade e apoio prestados.

À pesquisadora Dra. Elka Fabiana Aparecida Almeida, por tornar possível a realização dos experimentos junto à FERN/EPAMIG, pelo apoio e dedicação.

Aos pesquisadores e funcionários da FERN/EPAMIG, “Chiquinho”, Erivelton, Flávia, Gilson, Lívia, Mauro, Milton, Murilo e Simone, pelo apoio e amizade.

Aos bolsistas de apoio técnico da FERN/EPAMIG, Moema, Sérgio e Sônia e aos bolsistas de iniciação científica, Bethânia, Dayani, Guilherme, Iara, Junia e Tainá, pela ajuda prestada na condução dos experimentos.

Aos pós-doutorandos da FERN/EPAMIG, Gustavo e Marília, pelo apoio.

Aos funcionários do Setor de Hidráulica, Oswaldo e José Luiz, pelo apoio.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para o meu êxito em mais esta etapa.

RESUMO

A floricultura de corte tem nas rosas a sua principal exploração no Brasil. É uma atividade interessante por representar um faturamento bastante superior em comparação às culturas tradicionais. A falta de informações dos roseicultores sobre a aplicação de água e sua quantidade ao longo do ciclo fenológico da cultura, bem como a aplicação deficitária ou excessiva de nutrientes às plantas, pode propiciar condições desfavoráveis ao desenvolvimento da roseira. Tais condições podem acarretar em queda na produtividade e qualidade do produto, sendo desejável a utilização de boas práticas agrícolas associadas à produção integrada, as quais se justificam com a redução de insumos como água, energia de bombeamento e fertilizantes. Assim, este trabalho objetivou estabelecer critérios para o manejo da irrigação e da adubação nitrogenada de forma economicamente adequada para a cultura da roseira. Foram realizados três experimentos (I, II e III) com a roseira de corte (cv. Carola) em casa de vegetação localizada na Fazenda Experimental Risoleta Neves (FERN), Unidade Regional Sul de Minas da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em São João Del Rei/MG. No Experimento I, utilizou-se um delineamento em blocos casualizados, envolvendo seis tensões de água no solo (15, 30, 45, 60, 90 e 120 kPa) para monitoramento das irrigações, com cinco repetições. A produtividade da roseira decresceu com o aumento das tensões de água no solo; o preço médio da dúzia de rosas mostrou-se rentável, cobrindo os custos totais médios de produção. O Experimento II consistiu de um delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas, sendo as parcelas definidas por quatro níveis percentuais de lâminas de reposição de água no solo (40, 70, 100 e 130%) e as subparcelas por quatro níveis percentuais de doses de nitrogênio (40, 70, 100 e 130%), com quatro repetições, com quatro repetições. A produtividade da roseira apresentou redução pelo déficit e excesso hídrico; as lâminas que proporcionaram as máximas eficiências técnica e econômica foram praticamente idênticas. Em relação ao Experimento III, obteve-se a evapotranspiração de referência (ET_o), a evapotranspiração potencial (ET_p) da cultura e, com isso, o coeficiente de cultura (K_c). A ET_p e a ET_o tiveram sua amplitude alterada principalmente devido a umidade relativa e radiação solar; o K_c apontou valores médios de 0,75 na fase vegetativa e 1,18 durante a fase produtiva. De forma geral, o cultivo de rosas utilizando-se técnicas de produção integrada é indicado.

Palavras-chave: Irrigação. Floricultura. Produção Integrada. Análise econômica.

ABSTRACT

Floriculture has cut roses as its main exploration in Brazil. It is an interesting activity for representing much higher proceeds compared to traditional crops. The lack of information by part of the rose producers on the quantity of water applied along the phenological culture cycle, as well as deficient or excessive nutrient application to the plants, may provide unfavorable conditions to rosebush development. Such conditions may result in the decrease of productivity and product quality, with good agricultural practices associated with integrated production being desirable, which is justified by the reduction of inputs such as water, fertilizer and pumping energy. This study aimed to establish criteria for irrigation and nitrogen fertilization management in a form which is economically appropriate for rosebush culture. Three experiments (I, II and III) were performed with rose-cut (cv. Carola) in a greenhouse located at the Fazenda Experimental Risoleta Neves (FERN), Sul de Minas regional unit of the Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), in São João Del Rei, Minas Gerais. In Experiment I, a randomized block design involving six soil water tensions (15, 30, 45, 60, 90 and 120 kPa) for irrigation monitoring, with five replicates was used. Rosebush productivity decreased with higher soil water tension. The average price of a dozen roses proved profitable, covering the average total costs of production. Experiment II consisted of a randomized block design with split-plots, with plots defined by four percentage levels of spare soil water depths (40, 70, 100 and 130%), and split-plots by four percentage levels of nitrogen doses (40, 70, 100 and 130%), with four replicates. Rosebush productivity presented reduction due to water deficit and surplus; the water depth that provided the maximum economic and technical efficiencies were nearly identical. In Experiment III, the reference evapotranspiration (ET_o), potential evapotranspiration (ET_p) of the culture and, therefore, crop coefficient (K_c), were obtained. ET_p and ET_o had their amplitude altered mainly due to relative humidity and solar radiation; K_c appointed average values of 0.75 during the vegetative phase and 1.18 during the productive phase. In general, rose cultivation using integrated production techniques is indicated.

Keywords: Irrigation. Floriculture. Integrated Production. Economic analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Preparo dos canteiros para o transplântio (A) e mudas transplantadas (B).....	49
Figura 2	Esquema de montagem dos tratamentos de tensões de água no solo (T) representados por um bloco (repetição).....	57
Figura 3	Esquema de montagem dos tratamentos de lâminas de irrigação (W) e doses de nitrogênio (N) representados por um bloco (repetição).....	58
Figura 4	Esquema de montagem e arranjo dos lisímetros de drenagem.....	65
Figura 5	Instalação dos lisímetros e coleta de água de drenagem	66
Figura 6	Área foliar das plantas em função dos tratamentos de 40 e 70% de reposição de água no solo (A) e 100 e 130 % de reposição (B)	118
Figura 7	Produtividade em função da interação entre os tratamentos de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio (W x N).	136
Figura 8	Área foliar e desenvolvimento das plantas aos 20 DAT (A) e 100 DAT (B)	161

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Situações de análises econômica e operacional da atividade produtiva	40
Gráfico 2	Curva característica de retenção de água no solo gerada por meio do modelo proposto por Genuchten (1980).....	54
Gráfico 3	Temperatura máxima, mínima e média no interior da casa de vegetação, registradas durante a execução dos Experimentos I e II	86
Gráfico 4	Umidade relativa máxima, mínima e média no interior da casa de vegetação, registradas durante a execução dos Experimentos I e II	88
Gráfico 5	Diâmetro do botão floral, em função das tensões de água no solo	96
Gráfico 6	Número de hastes por planta, em função das tensões de água no solo	100
Gráfico 7	Comprimento da haste, em função das lâminas de reposição de água	119
Gráfico 8	Comprimento do botão floral, em função das lâminas de reposição de água	122
Gráfico 9	Diâmetro do botão floral, em função das lâminas de reposição de água	123
Gráfico 10	Teor de matéria seca da haste (TMSH), em função das lâminas de reposição de água	126
Gráfico 11	Matéria seca total, em função das lâminas de reposição de água	127
Gráfico 12	Número de hastes por planta, em função das lâminas de irrigação.....	129

Gráfico 13	Produtividade em função da interação entre os tratamentos de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio (W x N).	137
Gráfico 14	Receita total, lucro e custos totais da produção, em função das lâminas de irrigação, de junho de 2011 a maio de 2012	143
Gráfico 15	Lâmina ótima econômica, em função da relação entre o preço da água (P_w) e o preço da dúzia de rosas (P_Y), para a produtividade comercial.....	144
Gráfico 16	Eficiência do uso da água, em função das lâminas de reposição de água	147
Gráfico 17	Eficiência do uso do nitrogênio, em função das lâminas de reposição de água no solo.....	150
Gráfico 18	Eficiência do uso do nitrogênio, em função das doses de adubação nitrogenada.....	151
Gráfico 19	Evapotranspiração potencial da cultura (ET_p), evapotranspiração de referência (ET_o) e hastes florais da roseira em casa de vegetação	154
Gráfico 20	Evapotranspiração potencial da cultura (ET_p), evapotranspiração de referência (ET_o) e temperatura média do ar na casa de vegetação	156
Gráfico 21	Evapotranspiração potencial da cultura (ET_p), evapotranspiração de referência (ET_o) e umidade relativa média do ar na casa de vegetação.....	157
Gráfico 22	Evapotranspiração potencial da cultura (ET_p), evapotranspiração de referência (ET_o) e velocidade média do vento na casa de vegetação.....	157
Gráfico 23	Evapotranspiração potencial da cultura (ET_p), evapotranspiração de referência (ET_o) e radiação solar global diária na casa de vegetação	158

Gráfico 24	Coeficiente de cultura (K_c) para o cultivo da roseira em casa de vegetação.....	164
Gráfico 25	Evaporação do tanque reduzido (EV_{tr}), evapotranspiração de referência (E_{To}) e coeficiente do tanque reduzido (K_{tr}) em casa de vegetação	168

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Granulometria e classificação textural do solo da casa de vegetação.....	52
Tabela 2	Parâmetros de ajuste da curva de retenção ao modelo proposto por Genutchten (1980), com tensão de água no solo (kPa) e umidade ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$).....	52
Tabela 3	Caracterização química do solo no interior da casa de vegetação.....	55
Tabela 4	Valor atual ($\text{R\$ ha}^{-1}$), valor residual ($\text{R\$ ha}^{-1}$) e vida útil (anos) dos recursos produtivos fixos para a produção da rosa de corte sob sistema de produção integrada (SPI) de junho de 2011 a maio de 2012.....	76
Tabela 5	Análise de variância para as médias do número de folhas por haste (NF), comprimento (CH) e diâmetro (DH) da haste e comprimento (CB) e diâmetro do botão (DB) floral, em função dos tratamentos.....	90
Tabela 6	Valores médios para o número de folhas por haste (NF), comprimento (CH) e diâmetro (DH) da haste e comprimento (CB) e diâmetro do botão (DB) floral, em função das tensões de água no solo.....	91
Tabela 7	Análise de variância para as médias do teor de matéria seca das folhas (TMSF), haste (TMSH), botão floral (TMSB) e matéria seca total (MST), em função dos tratamentos.....	98
Tabela 8	Análise de variância para as médias do número de hastes por planta, em função dos tratamentos.....	100
Tabela 9	Valores percentuais de queda na produtividade de hastes para cada tratamento aplicado.....	103

Tabela 10	Lâmina total, número de irrigações, lâmina média e turno de rega em função das tensões de água no solo	104
Tabela 11	Análise de variância para as médias da eficiência do uso da água (EUA), em função dos tratamentos.....	105
Tabela 12	Custos fixos (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹) para a produção da rosa de corte sob sistema de produção integrada (SPI) de junho de 2011 a maio de 2012	108
Tabela 13	Custo operacional variável total da água para as lâminas aplicadas, em função dos tratamentos, de junho de 2011 a maio de 2012.....	109
Tabela 14	Custos variáveis (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹) para a produção da rosa de corte sob sistema de produção integrada (SPI), em função dos tratamentos, de junho de 2011 a maio de 2012	109
Tabela 15	Custos fixos totais (CFT), custos variáveis totais (CVT) e custos totais (CT), em função dos tratamentos, de junho de 2011 a maio de 2012	111
Tabela 16	Custos médios para a produção de uma dúzia de rosas, em função dos tratamentos, de junho de 2011 a maio de 2012.....	112
Tabela 17	Lâmina total, número de irrigações, lâmina média, nitrogênio total, número de aplicações de nitrogênio e dose média de nitrogênio, em função das lâminas de reposição de água no solo e doses de nitrogênio	115
Tabela 18	Análise de variância para as médias do número de folhas por haste (NF), comprimento (CH) e diâmetro (DH) da haste e comprimento (CB) e diâmetro do botão (DB) floral, em função dos tratamentos.....	116

Tabela 19	Valores médios para o número de folhas por haste (NF), comprimento (CH) e diâmetro (DH) da haste e comprimento (CB) e diâmetro do botão (DB) floral, em função das lâminas de reposição de água no solo.....	116
Tabela 20	Análise de variância para as médias do teor de matéria seca das folhas (TMSF), haste (TMSH), botão floral (TMSB) e matéria seca total (MST), em função dos tratamentos	125
Tabela 21	Análise de variância para as médias do número de hastes por planta, em função dos tratamentos	128
Tabela 22	Produto físico marginal (PFMa) do fator água para as diferentes lâminas de irrigação aplicadas.....	140
Tabela 23	Preço da dúzia de rosas, índice sazonal de preços e relação P_w/P_y , de junho de 2011 a maio de 2012.....	145
Tabela 24	Análise de variância para as médias da eficiência do uso da água (EUA), em função dos tratamentos.....	146
Tabela 25	Análise de variância para as médias da eficiência do uso do nitrogênio (EUN), em função dos tratamentos.....	149
Tabela 26	Valores médios de ET_p , ET_o e lâmina de irrigação em função do tempo (dias após o transplântio - DAT).....	162
Tabela 27	Valores totais de ET_p , ET_o e lâmina de irrigação em função do tempo (dias após o transplântio - DAT).....	163
Tabela 28	Coefficiente de cultura (K_c) e fases fenológicas da roseira em função do tempo (dias após o transplântio - DAT)	165
Tabela 29	Evaporação média (EV_{tr} média) e total (EV_{tr} total) do tanque reduzido e coeficiente médio do tanque reduzido (K_{tr}) em função do tempo (dias após o transplântio - DAT)	167

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Atividade da floricultura	21
2.2	A cultura da roseira	23
2.3	Sistema de produção integrada da roseira	25
2.4	Cultivo em ambiente protegido	27
2.5	Irrigação	29
2.5.1	Evapotranspiração	32
2.5.2	Fertirrigação	35
2.6	Custos de produção	38
2.6.1	Rentabilidade da atividade	40
2.7	Função de produção	42
3	MATERIAL E MÉTODOS	46
3.1	Localização e caracterização da área experimental	46
3.2	Caracterização geral dos experimentos	47
3.3	Instalação e condução da cultura	47
3.4	Características do solo	51
3.4.1	Análises físicas	51
3.4.2	Análises químicas	54
3.4.3	Preparo do solo e canteiros	55
3.5	Delineamento experimental	56
3.5.1	Experimento I	56
3.5.2	Experimento II	57
3.6	Sistema de irrigação e manejo	58
3.6.1	Experimento I	58
3.6.2	Experimento II	60
3.6.3	Experimento III	62
3.6.4	Uniformidade de distribuição	62
3.7	Evapotranspiração	63
3.8	Fertirrigação	68
3.9	Análise econômica da cultura da roseira irrigada	69
3.9.1	Custos fixos	70
3.9.2	Custos variáveis	71
3.9.3	Custo alternativo ou de oportunidade	72
3.9.4	Custo operacional	74
3.10	Função de produção	76
3.11	Práticas culturais	79
3.12	Parâmetros avaliados nos Experimentos I e II	81
3.12.1	Produtividade de hastes comerciais	81

3.12.2	Dimensões das hastes comerciais	82
3.12.3	Matéria seca das hastes florais	83
3.12.4	Eficiência do uso da água (EUA)	84
3.12.5	Eficiência do uso do nitrogênio (EUN)	84
3.12.6	Análises estatísticas	84
3.13	Parâmetros avaliados no Experimento III	84
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
4.1	Condições meteorológicas dentro da casa de vegetação	86
4.2	Experimento I	90
4.2.1	Parâmetros qualitativos das hastes florais	90
4.2.1.1	Número de folhas das hastes florais	91
4.2.1.2	Comprimento e diâmetro das hastes florais	92
4.2.1.3	Comprimento e diâmetro dos botões florais	95
4.2.2	Matéria seca das hastes florais	97
4.2.3	Produtividade	99
4.2.4	Eficiência do uso da água	105
4.2.5	Custos de produção e avaliação econômica	107
4.3	Experimento II	114
4.3.1	Lâminas de irrigação e quantidade de nitrogênio	114
4.3.2	Parâmetros qualitativos das hastes florais	115
4.3.2.1	Número de folhas das hastes florais	117
4.3.2.2	Comprimento e diâmetro das hastes florais	119
4.3.2.3	Comprimento e diâmetro dos botões florais	121
4.3.3	Matéria seca das hastes florais	125
4.3.4	Produtividade	128
4.3.5	Avaliação econômica dos fatores água e nitrogênio	138
4.3.6	Eficiência do uso da água	146
4.3.7	Eficiência do uso do nitrogênio	148
4.4	Experimento III	153
4.4.1	Evapotranspiração potencial da cultura e de referência	153
4.4.2	Coefficiente de cultura	163
4.4.3	Evaporação e coeficiente do tanque reduzido	167
5	CONCLUSÕES	169
	REFERÊNCIAS	171

1 INTRODUÇÃO

A floricultura é considerada uma atividade interessante por representar uma significativa fonte de renda, uma vez que seu faturamento é bastante superior em comparação com as culturas tradicionais. A atividade econômica da floricultura de corte tem nas rosas a sua principal exploração no Brasil, com maior destaque em volume de produção para os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

O cultivo da rosa de corte é uma atividade refinada, que exige capacitação do produtor e dos profissionais que atuam diretamente no setor, uma vez que as flores são utilizadas em diversas ocasiões para decoração de ambientes e até mesmo como adornos em pratos culinários. Deste modo, a perfeita aparência das rosas é de fundamental importância para o mercado consumidor, pois as mesmas não podem apresentar problemas fitossanitários, deformações, danos mecânicos e outros defeitos causados por um manejo inadequado proveniente da aplicação de insumos na cultura, como é o caso da quantidade de água e fertilizantes.

Assim disposto, é sabido que a água é um recurso natural não tão abundante como outrora. Tem se tornado um bem cada vez mais escasso, tanto devido a problemas de contaminação ou degradação ambiental, quanto pelo desperdício em residências, indústrias, e, principalmente na agricultura irrigada, sendo este o setor no qual existe o maior consumo de água doce no planeta.

Os desperdícios de água empregada na agricultura irrigada ocorrem principalmente pela falta de conhecimento dos produtores rurais em relação à demanda de água pelas culturas e o momento de se procederem as irrigações, como é o caso de muitos produtores de rosas que realizam irrigações várias vezes ao dia sem qualquer critério técnico e/ou científico. Desta maneira, a falta de informações por parte dos roseicultores sobre a aplicação de água e sua

quantidade ao longo do ciclo fenológico da cultura, bem como a aplicação deficitária ou excessiva de nutrientes às plantas, pode propiciar condições desfavoráveis ao desenvolvimento da roseira. Tais condições podem acarretar em queda na produtividade, além de aumentar os custos com energia elétrica para bombeamento e fertilizantes.

Partindo destes princípios, um manejo adequado da irrigação de forma a maximizar a eficiência de aplicação com economia de água, fertilizantes e energia está relacionado à utilização de boas práticas agrícolas para o cultivo da rosa de corte, e em conformidade às normas do Sistema Agropecuário de Produção Integrada (SAPI) no Brasil.

A produção integrada é uma alternativa de cultivo sustentável que possui as características de ser economicamente viável, ecologicamente correta e socialmente justa. Em decorrência das exigências nutricionais e hídricas das plantas e da alta incidência de pragas e doenças que prejudicam o cultivo de rosas, as pesquisas relacionadas à produção integrada permitem gerar tecnologias para reduzir a utilização de insumos e minimizar os impactos proporcionados ao ecossistema.

A quantidade de água e nutrientes a serem fornecidos para as plantas via irrigação, em ambiente protegido, tem sido objeto de pesquisa de vários trabalhos, dada a sua importância econômica e ambiental.

Devido à escassez de pesquisas relacionadas à cultura da rosa de corte com irrigação e adubação, este trabalho teve o objetivo geral de estabelecer critérios para o manejo da irrigação e da adubação nitrogenada de forma econômica e ambientalmente adequada para a cultura da roseira cultivada em casa de vegetação.

Este trabalho propôs os seguintes objetivos específicos:

- a) avaliar o efeito de diferentes tensões de água no solo como monitoramento das irrigações sobre o rendimento e qualidade das hastes de rosas produzidas;
- b) indicar a tensão ótima associada à umidade do solo ideal para se realizar as irrigações, aliando os resultados a um estudo de viabilidade econômica (custos de produção) de acordo com a quantidade de água aplicada durante o período de um ano;
- c) indicar as quantidades ótimas de aplicação de água e nitrogênio para a cultura que proporcionem o melhor retorno econômico para o produtor, de acordo com a qualidade das hastes de rosas produzidas;
- d) determinar a evapotranspiração e o coeficiente de cultura no período de um ano de cultivo da roseira e compará-la nas diferentes épocas do ano.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Atividade da floricultura

O uso de flores e plantas ornamentais data desde a Antiguidade, quando as flores eram cultivadas em jardins e destinadas à ornamentação de casas, palácios e templos. Com o passar do tempo, a demanda por esses produtos tornou-se tão intensa que incentivou o cultivo para fins comerciais (Almeida, 2005).

Nota-se que a floricultura é uma atividade agrícola em expansão e se destaca como alternativa de geração de emprego e renda no agronegócio mundial e nacional. Atualmente, a floricultura é uma atividade dinâmica rentável, exigente em tecnologia e em conhecimento tecnificado, principalmente quando os produtos são destinados à exportação. É um agronegócio abrangente, pois gera um elevado número de empregos diretos e indiretos (CANÇADO JÚNIOR; PAIVA; ESTANISLAU, 2005).

A produção de flores e plantas ornamentais movimentada mundialmente, em nível de mercado produtor, cerca de US\$ 16 bilhões, valor que atinge cerca de US\$ 48 bilhões junto ao consumidor final (Napoleão, 2009).

No Brasil, a floricultura tem se destacado como um importante segmento da agricultura, com grande crescimento nas exportações. Esse incremento se deve ao enorme potencial nacional para a produção de diversas espécies de flores, em função da amplitude de climas e solos (CLARO; SANTOS; CLARO, 2001). Nesse contexto, o fortalecimento da floricultura brasileira é essencial para geração de empregos, tanto no meio rural quanto nas cidades, e para a sobrevivência de inúmeras propriedades e empresas agrícolas. Constitui-se numa alternativa eficiente para o desenvolvimento econômico e

social, evitando, ainda, o êxodo rural, o crescimento do desemprego e da violência urbana.

Enquanto o mercado produtor brasileiro movimentava, anualmente, R\$ 660 milhões com geração de renda, o mercado atacadista gira R\$ 990 milhões, chegando a R\$ 2,4 milhões no varejo. O agronegócio da floricultura brasileira é responsável pela geração de cerca de 170 mil empregos, dos quais 84 mil (49,4%) estão localizados na produção, 6 mil (3,5%), relacionados com a distribuição, 68 mil (40%) no comércio varejista, e 12 mil (7,1%) em outras funções, principalmente de apoio (NAPOLEÃO, 2009).

Segundo Martins et al. (2009), as últimas estatísticas produzidas para o setor de floricultura mostraram que a atividade já contabilizava, em 2008, números extremamente significativos no Brasil. São mais de 7,5 mil produtores, cultivando numa área de 7 mil hectares, com uma média de 11 empregos diretos por hectare, representando, portanto, uma das atividades agrícolas de maior fixação do homem no campo. Dentre os diversos segmentos da floricultura, as flores de corte têm destaque especial devida sua grande utilização em muitas formas de ornamentações.

Segundo Junqueira e Peetz, (2011), os principais estados brasileiros exportadores de rosas frescas e seus botões cortados nos primeiros meses de 2011 foram São Paulo (40,18%), Minas Gerais (32,53%) e Ceará (27,29%). Rego et al. (2009) salientam que o agronegócio da floricultura no Estado do Ceará sofreu uma verdadeira revolução, surgindo no cenário nacional como um dos principais pólos de expansão da floricultura, com ênfase nos cultivos de rosas e crisântemos.

Do mesmo modo, Minas Gerais também se destaca como um dos maiores Estados produtores de flores e plantas ornamentais. Dados mais recentes sobre a floricultura demonstram que em Minas Gerais há 427 produtores e uma área plantada de 1.152,6 hectares (LANDGRAF; PAIVA, 2008).

Na floricultura de corte mineira, rosas, crisântemos, cravos, áster, gladiolos e produtos da floricultura silvestre são os mais cultivados. As demais plantas ornamentais são azaléias, primaveras e dracenas (mudas para jardins), folhagens, violeta-africana, samambaia e espécies arbóreas. No total, são exploradas, comercialmente, 120 diferentes espécies de plantas ornamentais (LANDGRAF; PAIVA, 2005).

Como maiores produtores de rosas de corte, destacam-se as macrorregiões mineiras de Barbacena, Munhoz e Antônio Carlos. As regiões de Senador Amaral e Andradas estão recebendo muitos produtores paulistas de flores, principalmente de Holambra, que estão ampliando suas áreas de cultivo. Estas regiões foram escolhidas devido ao clima e à altitude, favoráveis ao cultivo de muitas espécies ornamentais (LANDGRAF, 2006).

Segundo Junqueira e Peetz (2008), a região de Barbacena, conhecida como a “Cidade das Rosas”, participou com 6,23% das exportações de rosas em todo o país no ano de 2007, em sua totalidade para o mercado português. Essa pequena participação ocorreu devido ao declínio dessa atividade no passado e que, nos últimos anos, vem recuperando seu prestígio com o incremento da produtividade e com expectativa de crescimento acelerado para os próximos anos.

2.2 A cultura da roseira

A roseira pertence ao gênero *Rosa*, família Rosáceae, sendo cultivada desde os tempos remotos (CASARINI, 2000; BARBOSA, 2003). Atualmente, é uma das floríferas tradicionais mais comercializadas no mundo, destacando-se no segmento de flores de corte frescas (MARTINS et al., 2009).

No mundo, estima-se que haja em torno de 30 mil variedades de rosas produzidas por meio de cruzamentos artificiais com obtenção de cultivares de

alto valor, sendo a Holanda, Alemanha, Estados Unidos e Colômbia os países que mais investem em pesquisas para obtenção de novas variedades (CASARINI, 2004). Atualmente, as variedades de rosas são distinguidas principalmente pela coloração das pétalas, forma do botão, tamanho das hastes, produtividade e resistência às doenças.

A roseira é uma planta arbustiva, perene, com hábito de crescimento ereto, caule lenhoso e normalmente espinhoso. As folhas são pinadas, caducas e compostas de cinco a sete folíolos ovalados. Emite ramos basais na primavera e em condições de casa de vegetação, onde a temperatura é mais alta. Os ramos basais são mais grossos, permitindo a produção de hastes florais para comercialização. As flores se desenvolvem no ápice das hastes contendo normalmente cinco sépalas com lóbulos laterais e fruto do tipo carnoso (BAÑON ARIAS et al., 1993).

A faixa ótima de temperatura para o crescimento da roseira está entre 17°C e 26°C. Temperaturas acima de 25°C aceleram o florescimento, deixando as flores pequenas e de coloração pálida, enquanto que temperaturas baixas podem atrasar o crescimento e floração (SALINGER, 1991). Do mesmo modo, Barbosa (2003) afirma que, preferencialmente, a temperatura diurna deve ficar entre 23 e 25°C e a noturna, entre 15 e 18°C, salientando que a transição da temperatura diurna para a noturna aconteça de forma lenta para que não ocorram distúrbios fisiológicos nas plantas.

Alguns estudos relacionando temperatura e radiação solar comprovaram que temperaturas abaixo de 15°C e baixa intensidade de radiação solar promoveram diminuição de assimilados nas plantas, acarretando em brotos cegos nas roseiras. Com isto, a planta reduz sua capacidade de fornecer hastes florais de valor comercial devido à diminuição da produtividade da cultura (MOE, 1971; MASTALERZ, 1987).

De acordo com Bañon Arias et al. (1993), a umidade relativa do ar ideal para a cultura da roseira está entre 70 e 75%, sendo que para o período de brotação das gemas e crescimento dos brotos é aconselhável uma faixa entre 80 e 90%. A permanência de alta umidade relativa do ar no interior do ambiente protegido pode provocar doenças como o mofo cinzento (*Botrytis cinerea*) e, a baixa umidade relativa do ar (<60%) pode provocar distúrbios fisiológicos.

2.3 Sistema de produção integrada da roseira

O Brasil tem se destacado como um importante país produtor de rosas, que são exportadas para Holanda, Estados Unidos e Portugal. São Paulo, Minas Gerais e Ceará são os principais estados produtores (JUNQUEIRA; PEETZ, 2007). Na região de Barbacena (MG) são cultivados aproximadamente 70 ha de roseira em casa de vegetação, com produção estimada de 300.000 dúzias de rosas por mês (BARBOSA et al., 2007).

Devido aos problemas fitossanitários que ocorrem no cultivo da roseira, muitos produtores realizam grande número de pulverizações preventivas com elevada concentração do princípio ativo, chegando a causar toxidez nas plantas (BARBOSA et al., 2005), além de proporcionar danos ao meio ambiente e à saúde dos funcionários de campo envolvidos no cultivo, o que acaba onerando sua rentabilidade.

A agricultura moderna pressupõe a sustentabilidade, diversidade e equilíbrio do agro-ecossistema (ALTIERI, 2000). A partir disso, torna-se desejável o manejo ecológico adequado de pragas, doenças, plantas daninhas, água de irrigação e nutrição das plantas, utilizando-se de boas práticas agrícolas como um diferencial na produção das culturas.

Neste tocante, a utilização dessas práticas e insumos contextualiza o Sistema de Produção Integrada (SPI), que caracteriza-se como uma alternativa

de cultivo que contempla as exigências para a sustentabilidade agrícola. Deste modo, para que haja sustentabilidade das atividades agrárias, refletindo na correta gestão ambiental, é preciso seguir as normas que dispõem e assegurem uma cuidadosa utilização dos recursos naturais, minimizando o uso de agrotóxicos e outros insumos na exploração em questão. Para que isto ocorra, atendendo aos objetivos da Produção Integrada, é preciso a observância e condução eficiente de alguns aspectos da exploração agrária referentes ao manejo e conservação do solo e da água, nutrição de plantas, manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas, formação e condução das plantas, colheita, conservação e qualidade do produto agrícola, culminando na certificação e rastreabilidade dos produtos (FRÁGUAS; FADINI; SANHUEZA, 2001).

De acordo com Andrigueto et al. (2009), a implantação da Produção Integrada deve ser vista de forma holística, estruturada sob quatro pilares de sustentação: organização da base produtiva, sustentabilidade do sistema, monitoramento dos processos, informação e banco de dados e componentes que interligam e consolidam os demais processos.

No Brasil, em 1998 o sistema foi implantado e em 2001 foi desenvolvido o Marco Legal da Produção Integrada de Frutas, coordenado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, por meio de parcerias públicas e privadas. Atualmente, cada cadeia produtiva possui instrução normativa própria, editada pelo MAPA, definindo as regras técnicas para a concessão das certificações de Produção Integrada agropecuária. Essas normas seguem as diretrizes do Sistema Agropecuário de Produção Integrada - SAPI. Esse sistema pressupõe o emprego de tecnologias que permitam o controle efetivo do sistema produtivo agropecuário, por meio do monitoramento de todas as etapas, desde a aquisição dos insumos até a oferta ao consumidor final (ANDRIGUETO et al., 2009).

A Produção Integrada de Flores e Plantas Ornamentais foi iniciada no país em 2008 por meio da implantação de dois projetos coordenados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e a Embrapa. O primeiro projeto visava à Produção Integrada de Rosas no estado de São Paulo, mais especificamente na região de Holambra, com possibilidade de expansão para outras culturas ornamentais. O segundo projeto foi desenvolvido no Ceará, com flores tropicais, com o objetivo de abastecer o comércio nacional e para exportação (MARTINS et al., 2009).

De acordo com Martins et al. (2009), a adoção do Sistema de Produção Integrada de Flores e Plantas Ornamentais e de selos de qualidade representará um adicional de qualidade e profissionalismo à floricultura, viabilizando uma maior inserção e participação brasileira desse setor no mercado mundial.

Nesta conformidade, as decisões de investimento em projetos, segundo Assaf Neto (2006), envolvem a elaboração, avaliação e seleção de propostas de aplicações de capital efetuadas com o objetivo, normalmente de médio e longo prazo, de produzir determinado retorno aos investidores, neste caso específico, os produtores de rosas. Além disso, tal autor define um processo de avaliação e seleção de alternativas de investimentos em projetos com os seguintes pontos básicos: dimensionamento dos fluxos de caixa de cada proposta gerada; avaliação dos fluxos de caixa com base na aplicação do método de análise de investimentos; definição da taxa de retorno exigida e o seu uso para o critério de aceitação de investimentos.

2.4 Cultivo em ambiente protegido

O uso de ambiente protegido possibilita o crescimento e desenvolvimento das culturas nas épocas em que os elementos meteorológicos no ambiente externo são limitantes (Heldwein et al., 2010), Com este sistema de

cultivo ocorre maior proteção quanto aos fatores climáticos, proteção do solo contra a lixiviação, redução dos custos com fertilizantes e defensivos, produção maior em comparação ao cultivo em ambiente aberto (REIS, SOUZA e AZEVEDO, 2009), produção em épocas de melhores preços e melhor qualidade dos produtos.

De maneira geral, o que se espera em um cultivo em determinado ambiente é o alto rendimento e qualidade dos produtos, desde que sejam dadas as condições para a cultura utilizar, da forma mais eficiente possível, os fatores determinantes da produção, quer sejam genéticos, bióticos ou abióticos (SGANZERLA, 1997).

A rosa de corte é uma cultura cujos sistemas de produção variam de acordo com a região, o poder aquisitivo do produtor, com a classificação quanto ao grupo que pertence, com o hábito de crescimento e com a cultivar. Todavia essa diversidade de sistemas de produção ainda se subdivide em céu aberto e sistema em ambiente protegido (ALVARENGA, 2004). A produção de rosas em ambiente protegido é utilizada em maior escala, pois possibilita maiores vantagens aos produtores.

O uso de técnicas apropriadas como o cultivo em ambiente protegido e a irrigação faz-se necessário para uma agricultura moderna, de maneira a se produzir de forma sustentável e com o menor grau de risco possível (ARAÚJO et al., 2009). A técnica de cultivo em ambiente protegido auxilia na redução das necessidades hídricas (irrigação) por meio do uso mais eficiente da água pelas plantas e pela redução de fatores inerentes à evapotranspiração. Desse modo, o conhecimento do consumo de água das plantas cultivadas em ambiente protegido é fundamental para o planejamento e o manejo da água neste ambiente.

Condições de radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar podem ser modificadas pelo uso de ambiente protegido (SGANZERLA, 1997).

Têm-se observado reduções em torno de 60% na evapotranspiração das culturas em casa de vegetação coberta com plástico, em comparação com cultivos a céu aberto (MARTINS; GONZALEZ, 1995). Segundo Farias et al. (1993), a cobertura de plástico reduz a demanda evaporativa atmosférica, especialmente em razão da atenuação da radiação e da diminuição da velocidade do vento, considerados como fatores mais importantes na demanda evaporativa atmosférica.

A escassez de técnicos para atuar na área e a deficiência de resultados de pesquisa sobre o comportamento de flores e hortaliças sob cultivo protegido são os motivos que mais limitam os avanços da plasticultura na agricultura nacional. Assim, há uma crescente demanda de conhecimento a respeito de manejos eficientes, como embasamento para que a plasticultura obtenha produtividade satisfatória, em especial, para a cultura de rosas.

2.5 Irrigação

A instabilidade na oferta dos produtos agrícolas, resultante da variação do regime pluvial, contribui para o aumento da demanda por tecnologias que permitam maior estabilidade da produção, tal como a irrigação.

Associada às demais práticas agrícolas, a irrigação torna-se um fator de garantia, tanto de estabilidade de oferta dos produtos agrícolas quanto do aumento de produtividade das culturas. Entretanto, essa prática só trará benefícios se feita de forma correta, minimizando os gastos com água, energia, equipamentos e outros elementos que constituem fatores de formação dos custos de produção (PAIVA, 2006).

O uso da irrigação, a quantidade de água a aplicar e quando aplicar inserem-se em uma decisão a ser tomada com base no conhecimento das relações água-solo-planta-atmosfera. É necessário conhecer o comportamento de

cada cultura em função das diferentes quantidades de água a ela fornecida, a determinação das fases de seu desenvolvimento de maior consumo de água e os períodos críticos, quando a falta ou o excesso provocaria quedas de produção (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

O manejo de irrigação pode ser realizado com base em parâmetros físico-hídricos do solo, como, por exemplo, o monitoramento da tensão de água do solo por meio de sensores de umidade com base no clima, tal como a evapotranspiração de referência (ET_o) obtida pelo método de Penman-Monteith FAO ou pelo tanque “Classe A”, entre outros. Para Blainski et al. (2009), o monitoramento com base no potencial (tensão) de água no solo é o mais difundido e de maior simplicidade operacional.

Apesar de existirem vários instrumentos de fácil manejo e baixo custo para monitorar a aplicação de água nas culturas, no Brasil, o manejo da irrigação em flores é, muitas vezes, realizado empiricamente, sem o controle da umidade no solo e sem a determinação da evapotranspiração da cultura, resultando em insucesso. Para evitar o risco da ocorrência de déficit hídrico, muitos floricultores irrigam várias vezes ao dia. Todavia, irrigações em excesso aumentam os custos de produção, devido ao maior uso de energia para bombeamento e, também, ao desperdício de nutrientes que são lixiviados, além de poluir o meio ambiente e reduzir a produção (MAROUELLI; CALBO; CARRIJO, 2005).

Tem sido observado em resultados de pesquisas que, em geral, a produtividade das culturas aumenta quando as irrigações são realizadas a valores de tensão de água no solo próximo da capacidade de campo, ou seja, irrigações mais frequentes (ANDRADE JÚNIOR; KLAR, 2003; FIGUERÊDO et al., 2008; SANTOS; PEREIRA, 2004).

Normalmente o excesso ou déficit hídrico, duas condições que caracterizam a baixa eficiência do uso da água em sistemas de agricultura

irrigada, são limitantes à obtenção de boas produtividades e sua qualidade (PIRES et al., 2007).

O estresse por déficit hídrico pode ser muito prejudicial para o desenvolvimento das roseiras, interferindo na redução da produção em até 70% e, além disso, afetando a qualidade das hastes florais com a redução de seu comprimento e da massa fresca (CHIMONIDOU-PAVLIDOU, 1996; 1999). Por outro lado, a água em excesso também pode ser prejudicial para as rosas, pois reduz a aeração do substrato e causa o desenvolvimento anormal das plantas (KATSOULAS et al., 2006).

Apesar da atividade de produção de rosas deter um legado de informações adquirido ao longo dos anos, somente disponibilizou-se até o momento as técnicas básicas de plantio, tais como adubação, combate a pragas, doenças e etc. (BARBOSA, 2003), necessitando-se de maiores estudos referentes às respostas da cultura em relação às suas necessidades hídricas, relacionando este fator ao sistema de produção integrada (SPI) no estado de Minas Gerais.

Segundo Casarini (2000), além da alta produtividade, é necessária a produção de rosas de qualidade com hastes de maior tamanho. Por conseguinte, o produtor deve aprimorar os seus fatores de produção visando atender a essa demanda. Dentre esses, o manejo da irrigação poderá possibilitar-lhe maiores lucros.

Neste tocante, pode-se inferir que o adequado manejo da irrigação está relacionado às boas práticas agrícolas, o que pode ser inserido à prática da produção integrada, visando produzir flores com menores custos, boa rentabilidade e princípios sócio-ambientais com o uso adequado dos fatores solo e água.

Em virtude da preocupação, em nível mundial, com a questão do gerenciamento, conservação e economia dos recursos hídricos, tem sido

recomendado, para a grande maioria das culturas, o uso do método de irrigação localizada, tanto para novas áreas quanto para a substituição dos métodos de irrigação por superfície e por aspersão, por ser mais eficiente na aplicação de água e de fertilizantes (fertirrigação), nas mais diversas condições ambientais (NOGUEIRA; NOGUEIRA; MIRANDA, 1998). Apesar de cada sistema apresentar vantagens e desvantagens, o mais indicado para o ambiente protegido é o sistema de gotejamento (SILVA, 2011).

A irrigação localizada compreende, segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), os sistemas de irrigação nos quais a água é aplicada ao solo, diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades, porém, com alta frequência, de modo que mantenha a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo.

Ganhos significativos podem ser alcançados, pois, somente o sistema por gotejamento, associado à prática da fertirrigação, é capaz de manter a umidade e a fertilidade do solo, relativamente, constante e próxima ao ótimo requerido pela cultura, sem provocar problemas de aeração (SILVA, 2011).

2.5.1 Evapotranspiração

A evapotranspiração é definida, de forma geral, como a quantidade de água transferida, do estado líquido, de uma superfície vegetada ou cultura, para a atmosfera, na forma de vapor, pelos processos de evaporação do solo e transpiração das plantas (ALLEN et al., 2006; BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006; PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997). Segundo Allen et al. (2006), os processos de evaporação e transpiração em um solo cultivado ocorrem simultaneamente, tendo predominância de um sobre o outro em fases distintas do desenvolvimento vegetativo e não existe, de modo prático ou sob condições naturais, nenhum método para separar esses dois

processos. A evapotranspiração pode ser determinada por inúmeros métodos, ditos como métodos diretos e indiretos.

Os métodos diretos são, normalmente, empregados para medir a evapotranspiração por meio de lisímetros de pesagem ou drenagem, balanço hídrico e controle de umidade no solo (MENDONÇA et al., 2003; PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997). Tucci e Beltrame (2001) e Bernardo, Soares e Mantovani (2006) afirmam que a utilização de lisímetros é o procedimento mais correto e mais preciso para a determinação direta da evapotranspiração. Assim, os lisímetros de drenagem podem ser bem utilizados para determinação da evapotranspiração potencial (ETp) e real (ETr) da cultura devido à sua maior simplicidade, sendo constituídos de um reservatório de solo enterrado na área de cultivo com volume mínimo de 1 m³, providos de um sistema de drenagem com medidas realizadas em volume (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). Para determinação da evapotranspiração real (ETr), mantém-se as condições naturais de umidade do solo. Já para a determinação da evapotranspiração potencial (ETp), deve-se promover a irrigação da cultura implantada em lisímetro mantendo-se o solo em sua capacidade de campo.

Os métodos indiretos, utilizados para estimativas da evapotranspiração, se baseiam na aplicação de modelos matemáticos que utilizam dados climatológicos. De acordo com os princípios envolvidos no seu desenvolvimento, estes métodos podem ser agrupados em: empírico, aerodinâmico, balanço de energia e combinados. A equação de Penman-Monteith é um modelo matemático recomendado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO como método padrão (ALLEN et al., 2006) para a estimativa da evapotranspiração de referência (ETo), pois, ela incorpora os aspectos aerodinâmicos e termodinâmicos, a resistência ao fluxo de calor sensível e vapor d'água e a resistência à transferência de vapor d'água.

Entre os vários métodos de estimativa da evapotranspiração de uma cultura está a utilização do coeficiente da cultura (K_c), que relaciona-se a evapotranspiração de referência (E_{To}) com a evapotranspiração potencial da cultura (E_{Tp}) medida de forma direta, sendo ambas mensuradas no mesmo período em que as plantas estão sendo cultivadas. Essas variáveis dependem dos elementos meteorológicos do local, da cultura utilizada e do solo (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997; VIANA et al., 2001; CARDOSO et al., 2005).

Ainda, os fatores que influenciam o K_c são, principalmente, as características da cultura, data de plantio, desenvolvimento das plantas e duração do período vegetativo e condições meteorológicas, especialmente durante a primeira fase de crescimento, onde a cultura não cobre totalmente a superfície do solo, podendo haver maior evaporação (DOORENBOS; PRUITT, 1976).

A utilização de estação meteorológica para aquisição de dados referentes ao clima no interior da área de cultivo pode ser de grande viabilidade para as pesquisas referentes à determinação dos parâmetros a serem utilizados de maneira a se avaliar a quantidade de água de irrigação e evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith (TURCO; BARBOSA, 2008).

Deste modo, o estudo das variáveis meteorológicas em ambientes protegidos é de fundamental importância para o desenvolvimento dessa atividade, pois o cultivo em casas de vegetação com coberturas plásticas proporciona condições diferentes das encontradas a céu aberto (FARIAS et al., 1993; FERNANDES, 1996; VIANA et al., 2001; FARIAS; SAAD, 2003). A evapotranspiração em ambiente protegido é menor do que aquela que ocorre no exterior, devido à parcial opacidade da cobertura à radiação solar e à redução da ação dos ventos, principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera. Geralmente, a evapotranspiração em ambiente protegido é de 60 a 80% da verificada exteriormente (CAMACHO et al., 1995; VIANA et al., 2001).

A evapotranspiração da roseira depende da planta, do solo e de fatores atmosféricos. Canteiros com plantas novas tendem a evaporar mais água da superfície do solo do que canteiros com plantas adultas, pois estas fazem mais sombra, diminuindo a taxa de evaporação. A taxa de transpiração desta cultura depende da planta e de fatores atmosféricos como a radiação solar no interior da casa de vegetação, a umidade relativa do ar, movimento e temperatura do ar no interior do ambiente protegido (CASARINI, 2004). Adicionalmente, segundo White e Holcomb (1987), roseiras que estão em plena fase de florescimento tendem a consumir maior quantidade de água do que aquelas que estão na fase vegetativa.

2.5.2 Fertirrigação

A aplicação simultânea de água e fertilizantes ao solo ou substrato, por meio dos vários sistemas de irrigação é denominada fertirrigação. No Brasil, é muito utilizada no cultivo de frutas, flores e hortaliças, principalmente em ambiente protegido (CARRIJO et al., 1999).

A fertirrigação é uma técnica que viabiliza o uso racional de fertilizantes na agricultura irrigada, uma vez que aumenta a eficiência do seu uso, reduz a mão-de-obra e o custo com máquinas, além de flexibilizar a época de aplicação, podendo ser fracionada conforme a necessidade da cultura (COELHO et al., 2010).

Vivancos (1993) e Papadopoulos (1999) citam que a fertirrigação está diretamente associada aos sistemas melhorados de irrigação e ao manejo da água. O sistema de irrigação localizada é o mais adequado para este fim, considerando as várias vantagens, como por exemplo, eficaz assimilação dos nutrientes pelas plantas devido à aplicação diretamente na zona de maior concentração de raízes; maior rendimento devido à maior umidade na zona

radicular, evitando estresse hídrico para a planta; excelente distribuição dos elementos nutritivos; podem ser operados e automatizados através de válvulas elétricas e controladores; proporcionam baixo custo de aplicação de fertilizantes; e a possibilidade de fornecer nutrientes de acordo com a marcha de absorção da planta.

Eymar, López Vela e Cadahía López (1998) afirmam que a maior taxa de absorção de nutrientes pelas raízes de roseiras ocorre durante o desenvolvimento das hastes florais e folhas, visando aumentar as reservas da planta. Além disso, segundo os mesmos autores, quando se colhe hastes florais, diminui a quantidade de hastes, folhas e flores, diminuindo também a absorção até o desenvolvimento das hastes e folhas seguintes. Com isto, o ritmo de absorção é descontínuo, dependendo das podas realizadas e do corte de flores.

Segundo Cadahía et al. (1998), a maior absorção de nitrogênio em várias cultivares de rosas ocorre após a poda, durante o desenvolvimento das hastes da primeira floração. Segundo os autores, isto ocorre para suprir a planta durante seu desenvolvimento e aumentar suas reservas para a próxima brotação e desenvolvimento das hastes. Após esta fase, a absorção de nitrogênio diminui e se mantém constante durante as florações posteriores.

Sabe-se que o nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas roseiras (Barbosa, 2003). Com seu suprimento adequado, há estímulo ao crescimento da planta, favorecendo a emissão de novas folhas e brotos, maior área foliar e, conseqüentemente, maior fotossíntese. Maiores concentrações de nitrogênio favorecem o crescimento vegetativo e, nas plantas ornamentais para corte de flor, como a rosa, sugerem-se concentrações mais elevadas de nitrogênio durante o período vegetativo (BARBOSA et al., 2009). A deficiência de nitrogênio em roseiras pode afetar seu desenvolvimento e produção de hastes florais de qualidade. Segundo Haag, Minami e Lima (1989), os sintomas de deficiência caracterizam-se pelo amarelecimento uniforme das folhas velhas em toda a área

que, rapidamente, atinge as folhas jovens. Além disso, as folhas afetadas secam lentamente e permanecem nas plantas, não ocorrendo floração.

Um adequado manejo da fertirrigação requer, ainda, conhecimento de certas características das plantas como taxas de consumo de nutrientes e distribuição de raízes no solo. Características dos nutrientes como solubilidade e mobilidade, aspectos qualitativos da água de irrigação como pH, conteúdo de minerais, salinidade, e solubilidade de nutrientes devem ser considerados (BILL, 2009). Além disso, o adequado manejo da fertirrigação deve proporcionar condição para a obtenção de produção economicamente viável, visando a maximização do lucro e preservação ambiental.

No manejo da fertirrigação em cultivo de flores, boa parte dos produtores segue padrões de adubação previamente estabelecidos, o que muitas vezes leva a produzir plantas sem padrão de qualidade, que se altera segundo as condições ambientais. Outros produtores mais tecnificados utilizam a medida da condutividade elétrica (CE) da solução a ser utilizada na fertirrigação. Segundo Resh (1992), a CE da solução nutritiva deve estar entre 2,0 e 4,0 dS m⁻¹ para a utilização em plantas ornamentais e, esta deve ser utilizada como referência para aumentar ou diminuir a concentração de sais na solução aplicada.

Barbosa et al. (2009) afirmam que a roseira é tolerante a níveis de salinidade medidos por meio da CE de até 3,0 dS m⁻¹. Contrariamente, Howard e Hanan (1978) observaram que as roseiras apresentaram redução de produtividade e qualidade quando a água de irrigação apresentava valores de CE igual ou superior a 1,8 dS m⁻¹, acarretando em problemas de toxicidez, sintomas de clorose e mal formação dos novos ramos basais.

2.6 Custos de produção

O custo total de produção constitui-se na soma de todos os pagamentos efetuados pelo uso dos recursos e serviços, incluindo o custo alternativo do emprego dos fatores produtivos.

Na teoria do custo, para efeito de planejamento, deve-se determinar o período de tempo para análise dos custos, que pode ser de curto ou longo prazo. No curto prazo, os recursos utilizados são classificados em custos fixos e variáveis, sendo fixos aqueles que não se incorporam totalmente ao produto e os custos variáveis, por sua vez, se incorporam ao produto, necessitando ser repostos a cada ciclo do processo produtivo (REIS, 2007).

Os custos fixos (CF) são aqueles correspondentes aos insumos que têm duração superior ao curto prazo. Sua renovação se dá a longo prazo, uma vez que não se incorporam totalmente ao produto a curto prazo, fazendo-o em tantos ciclos produtivos quanto o permitir sua vida útil. Constitui-se em recursos que dificilmente serão alterados a curto prazo e independem da variação do volume produzido (REIS, 2007).

Por outro lado existem os custos variáveis (CV), que referem aos recursos com duração inferior ou igual ao curto prazo, no qual se incorporam totalmente ao produto, sendo a sua recomposição feita a cada ciclo do processo produtivo e podem provocar alterações quantitativas e qualitativas no produto dentro do ciclo, sendo facilmente alteráveis (REIS, 2007).

A soma dos custos fixos e variáveis representa o custo total (CT), que corresponde a todos os custos durante o ciclo de produção da atividade agrícola para produzir certa quantidade do produto (SILVA, 2002). Outra classificação, importante para a análise, divide-se em custo alternativo (CA) ou de oportunidade e custo operacional (Cop) (REIS, 2007).

Os custos operacionais constituem os valores correspondentes às depreciações e aos insumos empregados, equivalentes ao prazo de análise e os custos alternativos correspondem à remuneração que esses recursos teriam se fossem empregados na melhor das demais alternativas econômicas possíveis, sendo a taxa de juros da caderneta de poupança a alternativa mais utilizada para as referidas análises (REIS; MEDEIROS; MONTEIRO, 2001).

O custo econômico obtém-se da soma entre o custo operacional e o custo alternativo. O custo operacional é dividido em custo operacional fixo (CopF), composto pelas depreciações, e custo operacional variável (CopV), constituído pelos desembolsos. O custo operacional total (CopT) é a soma do custo operacional fixo e operacional variável. A finalidade dos custos operacionais na análise é a opção de decisão em casos em que os retornos financeiros sejam inferiores ao de outra alternativa, representada pelos custos de oportunidade (REIS, 2007).

Neste sentido, ainda pode-se fazer importantes interpretações com base neste tipo de custo. Assim, quando se divide o custo e a receita desejada pela quantidade (q) do produto agrícola produzido naquele ciclo estudado, encontra-se o custo médio (CMe) ou a receita média (RMe), sendo este importante para se realizar as análises em termos unitários comparando-se com os preços do produto (REIS, 2007). Do mesmo modo, para todos os demais custos avaliados, quando se divide pela quantidade do produto, encontram-se seus valores médios, tais como o custo total médio (CTMe), custo operacional total médio (CopTMe), custo fixo médio (CFMe), custo operacional fixo médio (CopFMe), custo variável médio (CVMe) e custo operacional variável médio (CopVMe).

2.6.1 Rentabilidade da atividade

De acordo com Reis (2007), os custos servem para verificar se e como os recursos empregados em um processo de produção estão sendo remunerados. Ao se fazer à análise da atividade produtiva, pode-se encontrar diversas condições, dependendo da posição do preço (ou receita média) em relação aos custos, e cada qual sugerindo uma particular interpretação (Gráfico 1).

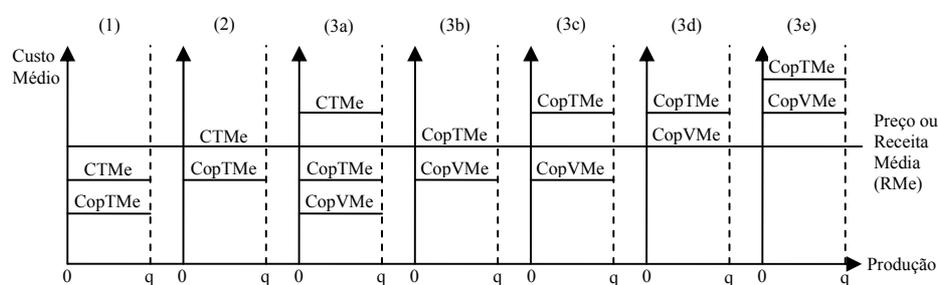


Gráfico 1 Situações de análises econômica e operacional da atividade produtiva
Fonte: Reis (2007)

Deste modo, conforme se visualiza no Gráfico 1, pode-se ocorrer as seguintes situações na atividade produtiva:

- a) Situação 1: corresponde ao “lucro supernormal” ou “lucro econômico” ($RMe > CTMe$), em que se paga todos os recursos aplicados na atividade econômica e proporciona um lucro adicional, superior ao de outras alternativas de mercado. A tendência a médio e longo prazo é de expansão e a entrada de novas empresas para a atividade, atraindo investimentos competitivos.

- b) Situação 2: representa “lucro normal” ($RMe = CTMe$), em que se paga todos os recursos aplicados na atividade em questão. A remuneração é igual a de outras alternativas (custo de oportunidade) e, por isto, se diz que o lucro é normal. Seria o que o empresário rural receberia se aplicasse os recursos (insumos e serviços) na alternativa econômica considerada como sendo o custo de oportunidade. A atividade permanece sem expansão, mas também, sem retração, e a tendência a curto e longo prazo é de equilíbrio.

Há também as situações de resíduo. A palavra resíduo se refere a alguma remuneração ou representa uma rentabilidade nula. Assim, podem se apresentar situações de resíduo positivo ($CTMe > RMe > CopTMe$), resíduo nulo ($RMe = CopTMe$) e resíduo negativo ($RMe < CopTMe$). Neste último caso, ainda pode-se analisar se a atividade está pelo menos cobrindo o $CopVMe$, que representa os gastos de curto prazo ou o chamado capital de giro:

- a) Situação 3a: representa o “resíduo positivo”, em que se paga todos os recursos aplicados na atividade ($RMe > CopTMe$). A remuneração é menor que a de outras alternativas (custo de oportunidade) e, neste caso, o empresário estaria diante de uma situação em que a atividade rende menos do que os juros ou aluguel do capital aplicado na atividade, ou de outra base de cálculo para custo alternativo. A tendência é de permanecer na atividade, mas, no longo prazo, poder-se-ia buscar outras alternativas de aplicação do capital.
- b) Situação 3b: ocorre quando o “resíduo é nulo”, em que se paga todos os recursos de produção ($RMe = CopTMe$). Nesta situação não há remuneração alternativa, ou seja, a atividade deixa de ganhar o

equivalente ao custo alternativo. A tendência é de permanecer na atividade, mas poderia abandoná-la se os resultados não melhorarem.

- c) Situação 3c: ocorre quando o “resíduo é nulo e cobre parte do custo fixo” ($CopTMe > RMe > CopVMe$), pagando os recursos variáveis e parte dos fixos. A tendência a médio e longo prazo é retrair e sair da atividade.
- d) Situação 3d: ocorre quando o “resíduo é nulo sem cobertura dos recursos fixos” ($RMe = CopVMe$), pagando somente os recursos variáveis. A tendência é sair da atividade.
- e) Situação 3e: ocorre quando o “resíduo é nulo sem cobrir os recursos variáveis ou capital de giro” ($RMe < CopVMe$), acarretando na necessidade de subsidiar os recursos variáveis. A saída da atividade reduz os prejuízos.

2.7 Função de produção

Com auxílio de resultados de experimentos agrícolas, é possível estimar uma função de produção e o seu ponto ótimo de produção, ou seja, sua eficiência técnica. Define-se uma função de produção como sendo as relações técnicas entre um conjunto específico de fatores envolvidos num processo produtivo qualquer e a produção física possível de se obter com a tecnologia existente (FERGUSON, 1988). Dessa maneira, conhecidos os preços dos insumos e dos produtos, pode-se determinar a quantidade ótima de cada insumo a ser utilizado para que a lucratividade do agricultor seja otimizada, buscando-se a eficiência econômica (PÁDUA, 1998).

Estas funções são obtidas mediante uma análise de regressão, entre uma variável dependente e uma ou várias variáveis independentes, segundo um determinado modelo, que pretende representar um sistema de produção. A

produção de uma cultura depende de muitos fatores variáveis. De forma geral, a produção pode expressar-se mediante uma função da forma da Equação 1 (função de produção):

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n) \quad (1)$$

em que:

Y = produção do cultivo;

X_j = fator produtivo que afeta a produção (j = 1, 2, ... , n).

Dentre os vários modelos que descrevem uma função de produção, o modelo polinomial quadrático, na maioria das vezes, é o que melhor representa a estimativa de produções agrícolas (ALBUQUERQUE FILHO et al., 2009; ALENCAR et al., 2009; CARVALHO et al., 2011; LIMA JÚNIOR et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2011a; OLIVEIRA et al., 2011c; SANTANA et al., 2009 e VILAS BOAS et al., 2007).

Vários trabalhos de pesquisa envolvendo irrigação e fertilizantes apontando recomendações genéricas que objetivam a obtenção de produtividades físicas máximas já foram desenvolvidos, porém, sem qualquer preocupação com a economicidade (OLIVEIRA, 2009), já que o ótimo econômico pode não corresponder à máxima produtividade biológica.

Considerando-se o grande número de variáveis que influenciam a produtividade das culturas agrícolas e a complexidade das relações que afetam a quantidade e qualidade do produto, a produtividade pode ser expressa exclusivamente em função da água e dos fertilizantes utilizados no cultivo, contando que os demais fatores da produção permaneçam constantes e em nível ótimo. Além disso, as maiores variações no rendimento da cultura em questão é a resposta às mudanças nos níveis desses dois recursos, expressando a alta

sensibilidade do rendimento aos níveis desses fatores de produção. Portanto, ao utilizar os procedimentos das funções de resposta ou de produção, permite-se encontrar soluções na otimização do uso da água e dos fertilizantes, obtendo-se o máximo do produto com determinado custo de produção (SOARES et al., 2002).

Desse modo, o controle da irrigação e da fertilidade do solo constitui critério preponderante para o êxito da agricultura. A utilização das funções de produção permite encontrar soluções úteis na otimização do uso da água e dos fertilizantes na agricultura ou na previsão de rendimentos culturais (FRIZZONE, 1986).

Sob considerações econômicas da irrigação para um determinado sistema de produção, a lâmina a ser aplicada deve ser determinada em função da obtenção do lucro máximo obtida com uma dada irrigação, sendo esta denominada de lâmina ótima econômica (OLIVEIRA et al., 2011a).

No processo de tomada de decisão sobre o manejo da irrigação, é importante considerar o custo da água. Quando a água se torna fator limitante à produção, a água economizada irrigando-se com lâminas menores pode ser utilizada para irrigar uma quantidade adicional de terra, possibilitando um aumento no lucro e que corresponde ao custo de oportunidade da água (FRIZZONE, 1986).

A produção agrícola tem como fatores complementares na rentabilidade econômica a água e o uso eficiente desse recurso constitui fator preponderante para o êxito da agricultura. Um manejo eficiente da irrigação requer informações relacionadas às necessidades hídricas das culturas e da função de produção das culturas à água (SCALCO, 2000).

Do mesmo modo, Monteiro (2004) afirma que, para que uma atividade agrícola irrigada funcione de modo racional, dois aspectos devem ser levados em consideração: o retorno econômico da cultura irrigada e os custos de instalação,

manutenção e operação do sistema, sendo a irrigação localizada aquela dada como mais apropriada para condições de agricultura intensiva e de alto retorno econômico.

Por meio desses fundamentos é que se realiza a definição de estratégias ótimas de irrigação e fertilização, relacionando-se a produção das culturas à quantidade de água e nutrientes aplicados, daí, a importância de se estabelecer funções de produção.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

Três experimentos com a cultura da rosa (cv. Carola) foram conduzidos em casa de vegetação localizada na Fazenda Experimental Risoleta Neves (FERN), Unidade Regional Sul de Minas da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em São João Del Rei/MG, a 889 metros de altitude e nas coordenadas geográficas 21°06' de latitude sul e 44°15' de longitude oeste de Greenwich.

O clima da região é do grupo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen, sendo temperado, caracterizado por verão úmido e inverno seco. A temperatura média anual do ar é de 19,2 °C, com média mínima de 13,7 °C e média máxima de 21,6 °C. A precipitação pluviométrica anual é de 1.436,7 mm, com um período de maior ocorrência das chuvas nos meses de novembro a abril (BRASIL, 1969).

Dois módulos geminados compõem a casa de vegetação utilizada, sendo esta, do tipo arco, com cobertura superior e lateral de filme de polietileno de baixa densidade transparente, espessura de 100 micras aditivada contra raios ultra-violeta e difusor de luz, sendo as laterais longitudinais dotadas de dispositivo de levantamento durante o dia para controle da temperatura e umidade relativa do ar. Além disso, as laterais são fechadas com tela de 50% de sombreamento. As dimensões de cada módulo da casa de vegetação são de 7,0 m de largura e 21,0 m de comprimento, totalizando uma área de 294 m² para os dois módulos geminados, com altura máxima do pé direito de 3,2 m.

3.2 Caracterização geral dos experimentos

Em um dos módulos da casa de vegetação foi realizado o Experimento I, onde foram avaliadas diferentes tensões de água no solo como critério de definição do momento de irrigar sobre a produtividade e qualidade de hastes florais da cultura da rosa ao longo de um ano. Posteriormente, as respostas da cultura aos tratamentos de irrigação no período analisado foram comparadas e submetidas à análise de custo, de maneira a se obter a melhor eficiência econômica de aplicação de água para o período avaliado.

No Experimento II, realizado no outro módulo da casa de vegetação, foram analisados os efeitos da aplicação e reposição da água de irrigação, bem como diferentes níveis de adubação nitrogenada, com a finalidade de gerar uma função de resposta para obtenção da melhor combinação de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio que resultem na produtividade ótima econômica e com hastes de qualidade.

Separadamente, em uma área dentro do módulo da casa de vegetação referente ao Experimento I, obteve-se, através de dados meteorológicos, a evapotranspiração de referência (ET_0), a evapotranspiração potencial (ET_p) da cultura por meio de parcelas experimentais instaladas em lisímetros de drenagem e, a partir destes valores, obteve-se o coeficiente de cultura (K_c) durante o período do estudo, sendo este denominado Experimento III.

3.3 Instalação e condução da cultura

A espécie cultivada nos experimentos foi a da *Rosa* sp., cultivar Carola. As plantas foram obtidas por enxertia e transplantadas no dia 03/02/2011 (Figura 1 A e B) para montagem dos Experimentos I e II. O transplântio das mudas na

área dos lisímetros (Experimento III) foi realizado em 07/08/2011, após a instalação dos mesmos.



Figura 1 Preparo dos canteiros para o transplântio (A) e mudas transplântadas (B)

A cultura foi implantada em canteiros de 0,2 m de altura, com espaçamento de 0,20 m entre plantas e 1,2 m entre linhas. O período de 45 dias após o transplântio das mudas foi considerado como critério de formação das plantas até o início dos tratamentos nos Experimentos I e II, contabilizados até o dia 20/03/2011. Neste período, a quantidade de nutrientes aplicada foi aquela recomendada pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999) para 40.000 plantas, e a quantidade de água de irrigação aplicada foi determinada com base na curva de retenção de água no solo, irrigando-se sempre que o solo atingisse uma tensão de 15 kPa, repondo-se a água necessária para elevar a umidade do solo até à tensão equivalente à umidade na capacidade de campo. Para isso, a tensão de água no solo foi monitorada por meio de uma bateria de tensiômetros instalados nos canteiros aleatoriamente durante este período, considerando uma camada de solo de 20 cm.

Esses procedimentos foram adotados com objetivo de proporcionar a formação do sistema radicular, aumentar a massa foliar e a formação dos ramos basais. Após o período de formação, as plantas foram submetidas aos tratamentos indicados.

Utilizando-se um termohigrômetro, instalado em abrigo apropriado, obtiveram-se valores de umidades relativas e temperaturas máximas, médias e mínimas durante a condução dos Experimentos I e II. Já os dados das condições meteorológicas para o Experimento III foram obtidos por meio de uma estação meteorológica automática instalada no interior da casa de vegetação.

3.4 Características do solo

O solo da área experimental foi originalmente classificado como Cambissolo Háplico Ta Eutroférico, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2006).

Para as análises químicas e físicas, duas amostras compostas representativas foram coletadas considerando as camadas de 0 - 20 e 20 - 40 cm para análise de fertilidade do solo. Do mesmo modo, outras duas amostras foram coletadas considerando as camadas de 0 - 20 e 0 - 40 cm para análise de textura, retenção de água no solo e densidade de partículas (ρ_p). As amostras foram enviadas aos Laboratórios de Fertilidade do Solo e de Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras - UFLA para serem feitas as referidas análises.

Por meio do método do anel volumétrico, encontrou-se a densidade global (ρ_g) ou aparente do solo. Já a tensão de água no solo equivalente à umidade na capacidade de campo, foi obtida por meio de teste *in loco*, conforme Bernardo, Soares e Mantovani (2006). Foram utilizados quatro repetições para cada teste, adotando-se o valor médio de cada parâmetro avaliado.

3.4.1 Análises físicas

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das análises físicas e a classificação textural das amostras do solo da casa de vegetação utilizada para os experimentos.

Tabela 1 Granulometria e classificação textural do solo da casa de vegetação

Camada (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe textural
0 - 20	38	21	41	Argilosa
0 - 40	39	20	41	Argilosa

A densidade de partículas para as duas camadas em questão obteve valor de $2,74 \text{ g cm}^{-3}$; densidade global ou aparente obteve valor igual a $1,28 \text{ g cm}^{-3}$ após a construção dos canteiros para plantio. Por meio da densidade global e densidade de partículas, obteve-se o valor de 53,28% para a porosidade do solo.

Amostras de solo homogêneas da casa de vegetação com estrutura deformada (terra fina seca ao ar) foram colocadas em cilindros de PVC e, depois de saturadas, foram levadas para uma bancada dotada de funil de Haines, para a determinação de pontos de baixa tensão (2, 4, 6, 8 e 10 kPa), bem como para a câmara de pressão de Richards para os pontos de alta tensão (20, 33, 40, 70, 1.000 e 1.500 kPa) sendo, todas as tensões, em valores absolutos.

Utilizando o programa computacional SWRC, desenvolvido por Dourado Neto et al. (2000), foram gerados os parâmetros de ajuste da curva de retenção (Tabela 2), ajustada segundo o modelo proposto por Genuchten (1980), que descreve o comportamento da umidade do solo em função da tensão (potencial de água no solo).

Tabela 2 Parâmetros de ajuste da curva de retenção ao modelo proposto por Genuchten (1980), com tensão de água no solo (kPa) e umidade ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)

Camada (cm)	$\theta_r (\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3})$	$\theta_s (\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3})$	$\alpha (\text{cm}^{-1})$	m	n
0 - 20	0,260	0,617	0,3597	0,4118	1,7000
0 - 40	0,245	0,581	0,3273	0,4071	1,6866

A curva de retenção ajustada pelo modelo de Genuchten (1980) é descrita pela Equação 2.

$$\theta = \theta_r + \left(\frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\psi|)^n \right]^{\frac{m}{n}}} \right) \quad (2)$$

em que:

θ = umidade com base em volume ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$);

θ_r = umidade residual ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$);

θ_s = umidade de saturação ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$);

Ψ = tensão de água no solo (kPa);

α (cm^{-1}), m e n são parâmetros da equação de Genuchten (1980).

A partir dessa equação e dos valores observados, foram geradas as curvas de retenção de água no solo para as camadas em estudo (Gráfico 2).

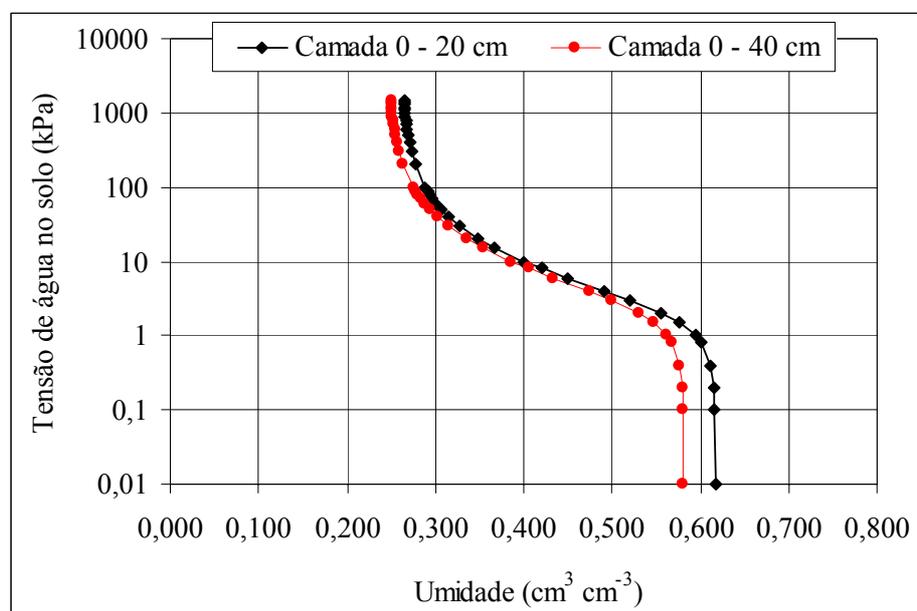


Gráfico 2 Curva característica de retenção de água no solo gerada por meio do modelo proposto por Genuchten (1980)

A tensão de água no solo equivalente à umidade na capacidade de campo resultou no valor de 12 kPa. Desse modo, partindo da Equação 2 e dos dados da Tabela 2, foram encontrados os valores de umidade na capacidade de campo (θ_{cc}) de 0,384 e 0,371 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ correspondentes às camadas de 0 - 20 e 0 - 40 cm, respectivamente.

3.4.2 Análises químicas

Na Tabela 3 são mostrados os teores de nutrientes encontrados no solo antes da adubação de plantio, conforme as amostras nas profundidades coletadas na área.

Tabela 3 Caracterização química do solo no interior da casa de vegetação

Análise química do solo *								
Camada	pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al
cm	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			
0 - 20	5,7	0,8	20	-	1,9	0,4	0,0	2,7
20 - 40	5,9	0,7	16	-	1,9	0,4	0,0	2,2
Camada	SB	(t)	(T)	V	m	ISNa	MO	P-rem
cm	cmol _c dm ⁻³			%		dag kg ⁻¹		mg L ⁻¹
0 - 20	2,4	2,4	5,1	46,5	1,8	-	1,3	7,7
20 - 40	2,3	2,4	4,5	51,6	2,0	-	1,0	6,9
Camada	mg dm ⁻³							
cm	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S		
0 - 20	2,7	52,7	14,5	5,5	0,0	24,4		
20 - 40	0,7	51,3	10,4	4,4	0,1	28,9		

* pH: em água (1:2,5); P: fósforo disponível (Mehlich 1); K: potássio disponível; Na: sódio disponível; Ca²⁺: cálcio trocável; Mg²⁺: magnésio trocável; Al³⁺: acidez trocável; H + Al: acidez potencial; SB: soma de bases; (t): CTC efetiva; (T): CTC a pH 7,0; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; ISNa: índice de saturação de sódio; MO: matéria orgânica; P-rem: fósforo remanescente; Zn: zinco disponível; Fe: ferro disponível; Mn: manganês disponível; Cu: cobre disponível; B: boro disponível; S: enxofre disponível.

3.4.3 Preparo do solo e canteiros

Foi realizada a calagem 60 dias antes do transplante das mudas, aplicando-se calcário dolomítico com 95% de PRNT (14% de MgO), com base nos resultados da análise química do solo (Tabela 3), para fins de correção da acidez e elevação da saturação por bases (V) do solo para 70%, conforme recomendação da CFSEMG (1999).

Quanto ao preparo para o plantio, foram realizados dois revolvimentos do solo: uma aração e uma gradagem para descompactar e destorroar, promovendo a aeração do solo e visando o bom desenvolvimento do sistema radicular da cultura. Para incorporar o calcário na área experimental, utilizou-se a enxada rotativa. Em seguida, com a utilização de ferramentas de campo, foram construídos os canteiros.

Após a instalação dos lisímetros de drenagem, foram confeccionados canteiros sobre os tanques lisimétricos enterrados e nas bordaduras.

Para o cálculo das adubações, foram consideradas 40.000 plantas ha⁻¹. Na adubação de plantio em todos os experimentos, foram utilizados os fertilizantes: termofosfato magnésiano, nitrato de potássio e sulfato de amônio.

3.5 Delineamento experimental

O delineamento utilizado nos Experimentos I e II são descritos abaixo.

3.5.1 Experimento I

Consistiu de um delineamento em blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constituíram-se de seis níveis de tensão de água no solo (15, 30, 45, 60, 90 e 120 kPa) como indicativo do momento de irrigar, em um total de 30 parcelas experimentais. Cada unidade experimental consistiu de cinco plantas espaçadas de 0,20 m x 1,20 m. Na Figura 2 pode-se observar o esquema de montagem dos tratamentos no delineamento em um dos blocos (repetição) do experimento.

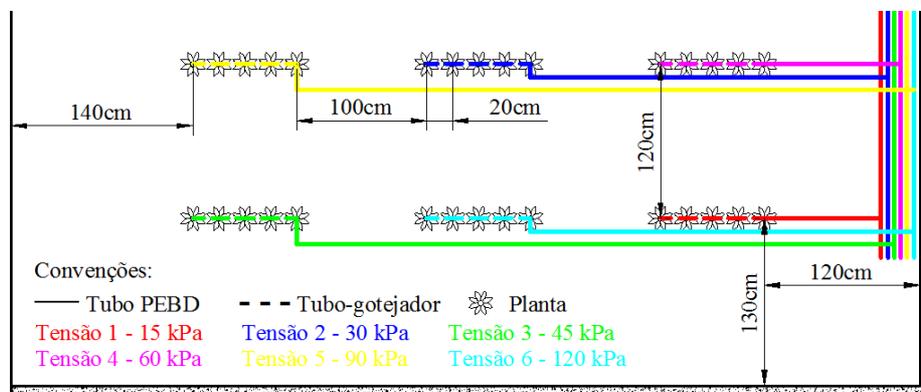


Figura 2 Esquema de montagem dos tratamentos de tensões de água no solo (T) representados por um bloco (repetição)

3.5.2 Experimento II

Foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com parcelas subdivididas, sendo as parcelas definidas por quatro níveis percentuais de lâminas (W) de reposição de água no solo (40, 70, 100 e 130% com base no tempo de irrigação verificado por tensiometria) e as subparcelas definidas por quatro doses de adubação nitrogenada (N) no solo (40, 70, 100 e 130% do recomendado pela CFSEMG (1999) para 40.000 plantas), com quatro repetições, totalizando 16 tratamentos e 64 parcelas experimentais. Cada unidade experimental consistiu de cinco plantas espaçadas de 0,20 m x 1,20 m. Na Figura 3 pode-se observar o esquema de montagem dos tratamentos no delineamento em um dos blocos (repetição) do experimento.

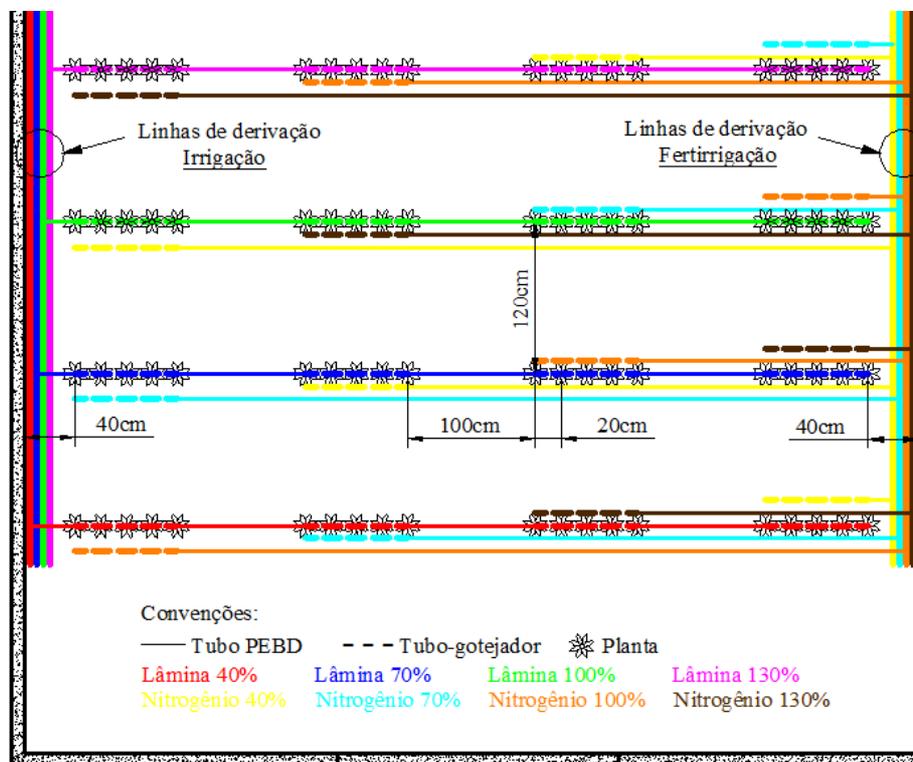


Figura 3 Esquema de montagem dos tratamentos de lâminas de irrigação (W) e doses de nitrogênio (N) representados por um bloco (repetição)

3.6 Sistema de irrigação e manejo

Os sistemas de irrigação e manejo utilizados nos Experimentos I e II são descritos abaixo.

3.6.1 Experimento I

Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, com gotejadores autocompensantes na faixa de 5 a 35 m.c.a., do tipo *in-line* (tubo gotejador),

distanciados entre si de 20 cm e vazão nominal de $1,6 \text{ L h}^{-1}$, perfazendo um gotejador por planta. Cada repetição das unidades experimentais possuía uma linha lateral de tubo gotejador, sendo esta de polietileno de baixa densidade (PEBD DN 16), alocada nas linhas de plantio próximo às plantas, conforme os tratamentos propostos. O tubo gotejador trabalhava com pressão de serviço de 20 m.c.a., que era fixada por meio de uma válvula reguladora de pressão inserida no cabeçal de controle.

As linhas laterais foram conectadas às linhas de derivação (PEBD DN 16); estas, por sua vez, foram conectadas à linha principal (PVC DN 35), as quais continham, no seu início, válvulas de comando elétrico (solenóides) para cada tratamento, localizadas na saída do cabeçal de controle. Tais válvulas eram acionadas por meio de um controlador programável, de maneira a funcionar o tempo necessário para repor a quantidade de água requerida a cada tratamento para atingir a umidade referente à capacidade de campo (12 kPa).

O momento de irrigar foi dado pelas tensões pré-determinadas para cada tratamento. Assim, foram instalados quatro tensiômetros em quatro unidades experimentais de cada tratamento (para monitorar as tensões de 15, 30, 45 e 60 kPa) e quatro sensores de matriz granular em quatro unidades experimentais para os tratamentos referentes às tensões de 90 e 120 kPa. Estes equipamentos foram instalados entre as plantas, no alinhamento da cultura. As leituras dos tensiômetros (15 a 60 kPa) foram feitas com um tensímetro de punção de leitura digital. Para os tratamentos de 90 a 120 kPa, as tensões foram obtidas por medidores Watermark[®]. Duas vezes ao dia, às 9h00 e às 15h00, foram medidos os valores das tensões, irrigando-se quando pelo menos três valores obtidos nos instrumentos de leitura acusaram a tensão indicada para irrigação do tratamento. Do transplântio até os 90 dias após o transplântio (DAT), os referidos equipamentos de monitoramento de tensão de água no solo foram instalados considerando uma camada de 20 cm do solo. Após este período, verificou-se o

desenvolvimento do sistema radicular da cultura, alterando-se a instalação dos equipamentos para uma camada de 40 cm de solo.

Com as tensões observadas, foram calculadas as umidades correspondentes a partir da curva de retenção de água no solo. De posse dessas umidades e com a umidade correspondente à capacidade de campo (12 kPa) e, ainda, considerando as profundidades efetivas do sistema radicular adotado nos períodos fenológicos para a cultura da roseira, foram calculadas as lâminas de reposição de água no solo com base na vazão dos gotejadores, no espaçamento da cultura e no tempo de irrigação programado pelo sistema.

3.6.2 Experimento II

Assim como no Experimento I, foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, com gotejadores autocompensantes na faixa de 5 a 35 m.c.a., do tipo *in-line* (tubo gotejador), distanciados entre si de 20 cm e vazão nominal de $1,6 \text{ L h}^{-1}$, perfazendo um gotejador por planta. Cada repetição das unidades experimentais possuía duas linhas laterais de tubo gotejadores, sendo estas de polietileno de baixa densidade (PEBD DN 16), alocadas nas linhas de plantio próximo às plantas, conforme os tratamentos propostos. Uma das linhas laterais de cada unidade experimental foi responsável pela aplicação dos tratamentos de reposição de água no solo, enquanto a outra aplicava nutrientes via fertirrigação de acordo com a variação dos tratamentos propostos (doses de N). O tubo gotejador trabalhava com pressão de serviço de 20 m.c.a., que era fixada por meio de uma válvula reguladora de pressão inserida no cabeçal de controle.

As linhas laterais foram conectadas às linhas de derivação (PEBD DN 16); estas, por sua vez, foram conectadas à linha principal (PVC DN 35), as quais continham, no seu início, válvulas de comando elétrico (solenóides) para cada tratamento, localizadas na saída do cabeçal de controle. Tais válvulas eram

acionadas por meio de um controlador programável, de maneira a funcionar o tempo necessário visando aplicar a lâmina de irrigação referente a cada tratamento.

Como forma de manejar as irrigações de acordo com os tratamentos, foram instalados quatro tensiômetros para monitoramento da tensão de água no solo em quatro unidades experimentais aleatoriamente dos tratamentos de 100% de reposição de água no solo, sendo este tomado como referência. Os tensiômetros foram instalados entre as plantas, no alinhamento da cultura; as leituras foram feitas com um tensímetro de punção de leitura digital, duas vezes ao dia, as 9h00 e as 15h00.

Quando pelo menos três valores obtidos nos instrumentos de leitura acusaram a tensão média de 20 kPa, os tratamentos eram irrigados. Deste modo, no tratamento referencial de 100% de reposição de água, a lâmina aplicada era calculada de forma a se elevar a umidade do solo até a capacidade de campo (12 kPa), tomando como base os valores correspondentes da curva de retenção de água no solo. Além disso, a lâmina aplicada foi calculada levando-se em consideração as profundidades efetivas do sistema radicular adotado nos períodos fenológicos para a cultura da roseira, a vazão dos gotejadores, o espaçamento da cultura e o tempo de irrigação. As lâminas de 40, 70 e 130% de reposição foram aplicadas de acordo com o tempo percentual de irrigação para os tratamentos, utilizando os coeficientes de multiplicação 0,4; 0,7 e 1,3 a partir do tempo calculado para o tratamento de 100% de reposição.

Do *transplantio* até os 90 dias após o *transplantio* (DAT), os tensiômetros para monitoramento da tensão de água no solo foram instalados considerando uma camada de 20 cm do solo. Após este período, verificou-se o desenvolvimento do sistema radicular da cultura, alterando-se a instalação dos equipamentos para uma camada de 40 cm de solo.

3.6.3 Experimento III

Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, com gotejadores autocompensantes na faixa de 5 a 35 m.c.a., do tipo *in-line* (tubo gotejador), distanciados entre si de 20 cm e vazão nominal de 1,6 L h⁻¹. Cada canteiro possuía duas linhas laterais de tubo gotejador, sendo estas de polietileno de baixa densidade (PEBD DN 16), alocada nas linhas de plantio próximo às plantas, configurando dois gotejadores por planta. O tubo gotejador trabalhava com pressão de serviço de 20 m.c.a., que era fixada por meio de uma válvula reguladora de pressão inserida no cabeçal de controle.

As linhas laterais da área foram conectadas à linha de derivação (PEBD DN 16); esta, por sua vez, foi conectada à linha principal (PVC DN 35), a qual continha, no seu início, uma válvula de comando elétrico (solenóide) para toda a área do Experimento III, localizada na saída do cabeçal de controle. A referida válvula era acionada por meio de um controlador programável em cada irrigação, diariamente.

3.6.4 Uniformidade de distribuição

Nos três experimentos, após a montagem do sistema de irrigação, foram realizados testes para determinar a vazão média dos gotejadores e o coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD). Para isso, foi adaptado o procedimento recomendado por Merriam; Keller (1978) citado por Cabello (1996), em que se escolhe uma subunidade e nela se selecionam quatro laterais: a primeira, a situada a 1/3 do início, a situada a 2/3 e a última. Em cada lateral, selecionam-se quatro emissores: o primeiro, o situado a 1/3 do início, o situado a 2/3 e o último. São coletadas as vazões desses emissores e, de acordo com a Equação 3, é calculado o coeficiente de uniformidade de distribuição.

$$\text{CUD} = \frac{q_{25\%}}{q_a} \quad (3)$$

em que:

$q_{25\%}$ = média das 25% menores vazões coletadas (L h^{-1});

q_a = média das vazões coletadas (L h^{-1}).

No caso do sistema de irrigação em questão, os tratamentos eram as subunidades. Cada tratamento do Experimento I possuía cinco linhas laterais (repetições), do Experimento II possuía 16 linhas e do Experimento III, no total, dez linhas. Deste modo, foram tomadas as vazões dos emissores 1, 2, 3 e 5 de cada lateral do Experimento I e os emissores 1, 7, 13 e 20 de cada lateral dos Experimentos II e III.

A vazão média dos gotejadores avaliados para uniformidade de distribuição nos três experimentos correspondeu ao valor de $1,68 \text{ L h}^{-1}$, sendo esta um pouco superior ao valor indicado pelo fabricante ($1,6 \text{ L h}^{-1}$).

O coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) médio obtido entre os três experimentos foi igual a 95,4%, significando que a água foi, uniformemente, distribuída nas parcelas experimentais, em qualquer nível de irrigação, não se constituindo em uma fonte de variação adicional ao ensaio.

3.7 Evapotranspiração

Por meio de uma estação meteorológica automática instalada no local do Experimento III, os dados meteorológicos foram coletados e transmitidos para um console central via *wireless* e armazenados em um *data-logger* anexado ao console, abrigados no laboratório de apoio da área experimental do Núcleo

Tecnológico EPAMIG Floricultura (NUTEF), distante 30 m da casa de vegetação. Os dados eram armazenados com intervalo de uma hora, diariamente, desde o transplante das mudas até 12 meses de cultivo.

Os referidos dados foram trabalhados e utilizados no cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) por meio do modelo proposto por Penman-Monteith FAO, conforme Equação 4.

$$ET_o = \frac{s}{s + \gamma^*} \cdot (R_n - G) \cdot \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{s + \gamma^*} \cdot \frac{900}{(T + 273)} \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a) \quad (4)$$

em que:

ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

s = declividade da curva de saturação de vapor d'água (kPa °C⁻¹);

γ = coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹);

γ* = coeficiente psicrométrico modificado (kPa °C⁻¹);

R_n = radiação líquida (MJ m⁻² dia⁻¹);

G = fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹);

λ = calor latente de evaporação da água (MJ kg⁻¹);

T = temperatura média diária do ar (°C);

U₂ = velocidade média do vento à altura de 2,0 m (m s⁻¹);

e_s = pressão de saturação de vapor d'água (kPa);

e_a = pressão atual de vapor d'água (kPa);

(e_s - e_a) = déficit de pressão do vapor d'água (kPa).

Foram instalados quatro lisímetros de drenagem com dimensões de 1,20 x 1,20 x 0,80 m (Figura 4) em meio a uma área de plantio considerada homogênea em termos de evapotranspiração, contendo, cada um deles, cinco plantas espaçadas de 0,20 m x 1,20 m, adotando o conjunto de plantas cultivadas

nas laterais e no centro como bordadura, totalizando 20 conjuntos de cinco plantas.

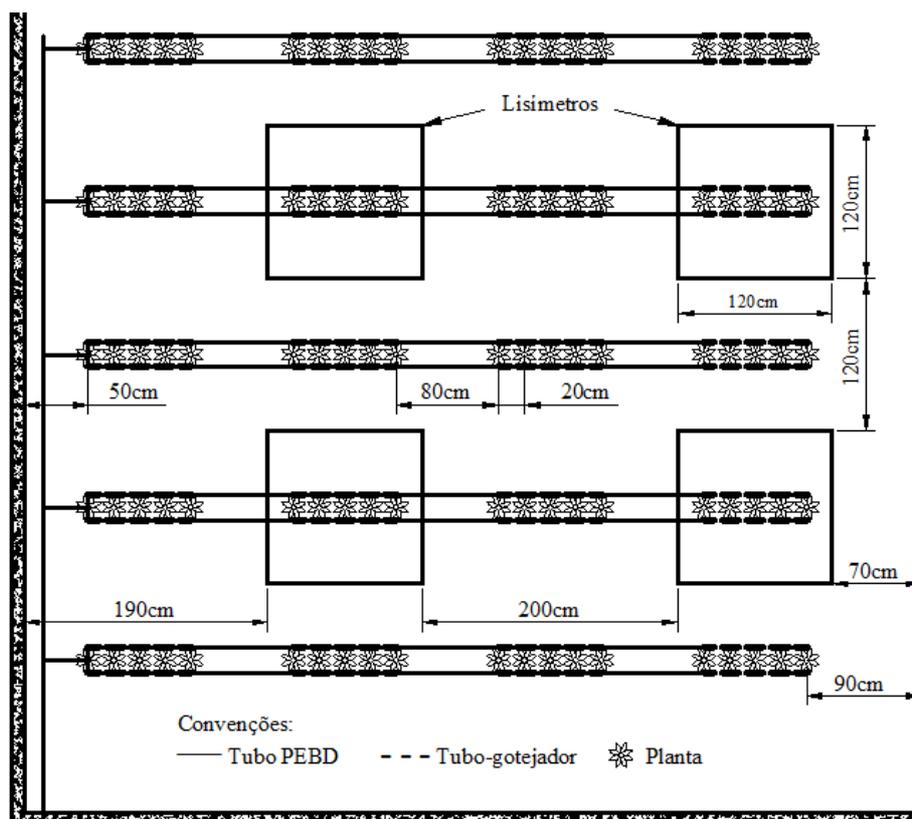


Figura 4 Esquema de montagem e arranjo dos lisímetros de drenagem

Os lisímetros foram construídos de plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV), com paredes de 0,5 cm de espessura, reforços externos em cantoneiras de aço e dimensões de 1,2 x 1,2 x 0,8 m. Para sua instalação, o solo foi perfurado nas dimensões dos tanques, separando-se camadas de solo de 20 cm de maneira a não se alterar o perfil do solo da casa de vegetação. Uma camada de 3 cm no fundo dos lisímetros foi preenchida com brita número 1; outra

camada de 2 cm com cascalho fino e, abaixo delas, forrou-se com manta geotêxtil. Os dois primeiros foram utilizados como material drenante e a manta para impedir o carreamento de solo para a tubulação de fundo (dreno). Tal tubulação (PVC) possuía diâmetro de 25 mm (3/4”), conduzindo a água drenada de cada lisímetro até um nível altimétrico inferior, onde era coletada em galões abrigados em uma caixa de polietileno com tampa (Figura 5).

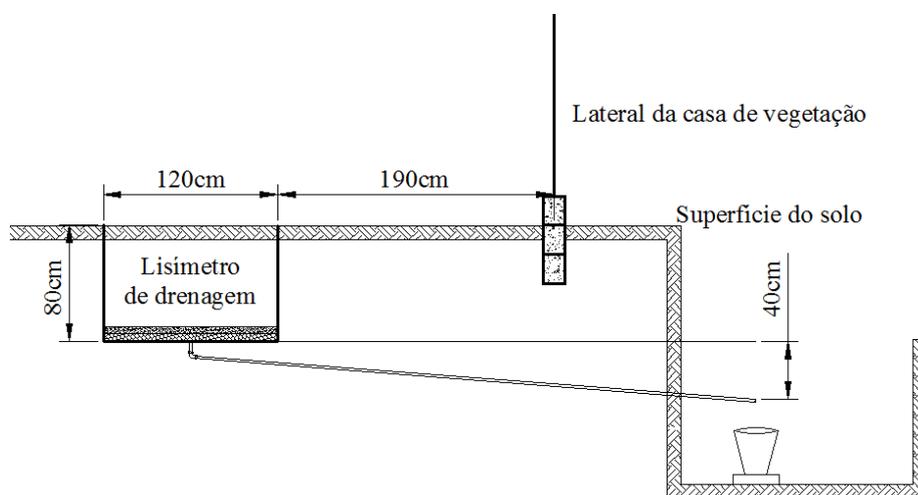


Figura 5 Instalação dos lisímetros e coleta de água de drenagem

Os lisímetros eram irrigados diariamente às 17h00 e o volume de água coletada nos galões referentes a cada um deles era mensurado por uma proveta graduada a cada 10 mL. Deste modo, calculou-se a evapotranspiração potencial da cultura (ET_p) através da Equação 5.

$$ET_p = \frac{I - D}{S} \quad (5)$$

em que:

ETp = evapotranspiração potencial da cultura (mm dia^{-1});

I = irrigação no tanque (L dia^{-1});

D = água drenada do tanque (L dia^{-1});

S = área do tanque (m^2).

Através das lâminas médias obtidas diariamente pelos lisímetros de drenagem para a ETp e, ainda, com os dados tomados a partir da estação meteorológica para cálculo da ETo , foram determinados os coeficientes de cultura (Kc) para o período em estudo, através da Equação 6.

$$Kc = \frac{ETp}{ETo} \quad (6)$$

em que:

Kc = coeficiente de cultura (adimensional).

Um tanque evaporimétrico reduzido foi instalado e manejado na área do Experimento III. O referido tanque reduzido tem a forma circular, construído em chapa de aço galvanizado com 60,5 cm de diâmetro (50% do diâmetro do tanque Classe A), 25,4 cm de profundidade e apoiado sobre estrado de madeira, este com altura de 15 cm acima do solo. As leituras de evaporação eram feitas diariamente, às 17h00. Os dados da evaporação do tanque reduzido foram comparados com a ETo obtida por meio da Equação 3. Além disso, de forma a se conhecer o coeficiente do tanque (Ktr) em casa de vegetação durante o período analisado, utilizou-se a Equação 7.

$$Ktr = \frac{Eto}{EVtr} \quad (7)$$

em que:

K_{tr} = coeficiente do tanque evaporimétrico reduzido (adimensional);

E_{To} = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1});

E_{Vtr} = evaporação do tanque evaporimétrico reduzido (mm dia^{-1}).

3.8 Fertirrigação

Nas adubações de cobertura dos Experimentos I e III, as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, cobre, boro e manganês foram mantidos na quantidade recomendada para a cultura da rosa (CFSEMG, 1999) durante o período do estudo, com aplicações quinzenais. Entretanto, no Experimento II, as quantidades de nitrogênio foram aplicadas de acordo com os tratamentos estabelecidos, após o início deles. Desta maneira, a quantidade de nutrientes era dividida em aplicações quinzenais, realizadas de acordo com a frequência de irrigação. Além disso, para a fertirrigação, todas as fontes de nutrientes utilizadas eram hidrossolúveis, respeitando suas solubilidades percentuais e compatibilidades; todos os nutrientes foram calculados considerando 40.000 plantas ha^{-1} devido ao espaçamento adotado nos experimentos.

As fontes de macronutrientes utilizadas nos Experimentos I e III foram o formulado (NPK) 13-40-13, nitrato de potássio, nitrato de cálcio, nitrato de magnésio e uréia. Já para o Experimento II, de maneira a se atingir os percentuais de nitrogênio conforme os tratamentos, utilizaram-se o fosfato monopotássico, sulfato de potássio, sulfato de magnésio, nitrato de cálcio e uréia.

Quando se utilizava a fertirrigação no Experimento II, o tempo referente à reposição de água no solo de 40% (tratamento com a menor lâmina) era subtraído dos demais. Deste modo, ao se fertirrigar para diferenciação dos

tratamentos com doses percentuais de nitrogênio, utilizava-se o tempo de aplicação de água que foi subtraído com base na reposição de água no solo, não interferindo na aplicação correta das diferentes lâminas de irrigação no ato da fertirrigação.

Os micronutrientes foram aplicados através de um coquetel contendo todos os microelementos via fertirrigação e pulverização foliar.

O sistema de fertirrigação nos três experimentos consistiu de uma bomba injetora de fertilizantes instalada adequadamente no cabeçal de controle, após a moto-bomba, contendo todas as peças especiais necessárias.

Um condutivímetro portátil digital, com precisão de $0,001 \text{ dS m}^{-1}$, foi utilizado no final das linhas de irrigação, no último gotejador de cada uma delas, como forma de se monitorar a efetiva uniformidade de distribuição dos nutrientes aplicados via fertirrigação, bem como a salinidade e o pH da solução nutritiva.

3.9 Análise econômica da cultura da roseira irrigada

Nesta análise, foram levantados os custos de produção da atividade da roseicultura irrigada em um hectare referente ao período de um ano de colheita, de forma a se realizar a avaliação de sua rentabilidade com o objetivo de indicar, por meio de parâmetros decorrentes dos custos da irrigação e a receita proporcionada, a quantidade de água de irrigação a ser aplicada, com o intuito de auxiliar o produtor nas tomadas de decisão com relação à rentabilidade do empreendimento.

Para esta análise, foram levantados os custos explicitados a seguir, que deram suporte aos resultados econômicos em relação aos Experimentos I e II.

3.9.1 Custos fixos

Os custos fixos (recursos) analisados no processo produtivo da cultura da rosa foram: 10.000 m² de casa de vegetação, 60.000 mudas da cultivar Carola – domínio público, sem cobrança de Royalties –, preparo do solo, maquinário (mini-trator e implementos agrícolas), veículo de transporte, Imposto Territorial Rural (ITR), aluguel da terra, galpão de máquinas agrícolas, galpão de adubos e defensivos, galpão de embalagens e almoxarifado, câmara fria, escritório, sanitários, cozinha, refeitório, Equipamento de Proteção Individual (EPI), pulverizador elétrico, roçadeira à combustão e demais ferramentas de campo (tesouras de poda, pás, enxadas, cavadeiras e etc.), casa de bomba, sistema de irrigação e fertirrigação, equipamentos para o manejo da irrigação e análises físicas e químicas do solo e da água de irrigação, bem como a concessão de captação para uso da água (outorga) pelo órgão público competente.

De forma geral, os custos com um sistema de irrigação podem ser muito distintos, pois, dependem das condições do local e dos equipamentos utilizados pelo produtor de acordo com seu poder aquisitivo. No entanto, considerou-se, para os Experimentos I e II, um sistema de irrigação e manejo com as seguintes características:

- a) Moto-bomba: centrífuga de eixo horizontal acionada por motor elétrico, potência de 10,0 cv e rendimento de 60%;
- b) Vazão do sistema de 17,49 m³ h⁻¹ para o Experimento I e 25,17 m³ h⁻¹ para o Experimento II;
- c) Altura manométrica total de 60 m.c.a., incluindo altura geométrica e todas as perdas de carga no sistema;

- d) Cabeçal de controle: medidor de vazão, filtro de areia, filtros de disco, controlador eletrônico programável com chave de partida, cabeamento e aterramento adequado, sistema de injeção de fertilizantes, válvula reguladora de pressão, registros e manômetros;
- e) Linha principal (sucção e adutora): 100 m de tubos em PVC DN 50, desnível geométrico de 15 m e válvula de alívio;
- f) Linha de derivação: 60 m de tubos em PVC DN 35, válvulas para controle de pressão, de vazão, válvulas de comando elétrico (solenóides) e ventosas;
- g) Linha lateral e emissores: 12.000 m de tubo-gotejador em polietileno de baixa densidade DN 16, vazão do emissor de 1,6 L h⁻¹ autocompensante, espaçamento entre emissores de 20 cm e entre linhas laterais de 0,80 m, considerando 60.000 plantas ha⁻¹;
- h) Peças especiais em todo o sistema: curvas, conectores, adaptadores, reduções, registros e outros;
- i) Oito tensiômetros com vacuômetro e um tanque evaporimétrico reduzido completo;
- j) Vida útil do sistema e equipamentos de manejo igual a 10 anos;
- k) Taxa real de juros anual igual a 6% devido ao período do estudo.

Nessas condições, o custo do sistema de irrigação foi de R\$ 38.512,79, incluídas todas as obras necessárias para o funcionamento adequado do sistema. O custo dos equipamentos de manejo foi orçado em R\$ 4.250,00.

3.9.2 Custos variáveis

Os custos variáveis (recursos) considerados foram: calagem, redinhas de proteção para o botão floral, embalagens, conservantes florais, mão-de-obra

(permanente e temporária), fertilizantes para solo e foliares, defensivos químicos e defensivos alternativos para produção integrada (PI), combustíveis, lubrificantes, material para escritório, serviços de terceiros, manutenção das benfeitorias, dos maquinários, dos equipamentos e despesas gerais.

Os custos operacionais variáveis (efetivo) com energia elétrica, manutenção e operação do sistema de irrigação foram discriminados dos custos variáveis totais nos Experimentos I e II com o intuito de se analisar, separadamente, o custeio para cada tratamento utilizado. Assim, os custos de manutenção e operação do sistema de irrigação foram considerados sobre 2% a.a. do seu valor de aquisição (ZOCOLER, 2001), somando-se aos custos de manutenção e operação dos equipamentos de manejo da irrigação, o que equivale a um total de R\$ 855,26 ha⁻¹ ano⁻¹; para a obtenção do custo da energia elétrica de bombeamento da água foram considerados os investimentos e as características do sistema de irrigação descrita no tópico 3.9.1 para um ano de cultivo; o valor do kWh fornecido pela concessionária de energia elétrica (CEMIG) para o mês de junho de 2012 foi de R\$ 0,27. De posse desses custos, o preço da água aplicada (R\$ mm⁻¹) foi calculado dividindo-se o custo operacional efetivo pelas lâminas totais aplicadas em cada tratamento nos Experimento I e II.

3.9.3 Custo alternativo ou de oportunidade

Para efeito de análise do custo alternativo (CA) ou de oportunidade dos recursos produtivos alocados na roseicultura sob sistema de produção integrada, considerou-se a taxa de juros real de 6% a.a. referente ao período de análise (junho de 2011 a maio de 2012), que seria próximo a uma remuneração obtida no mercado financeiro, para cada uma das categorias de recursos empregados no período.

Para o cálculo do custo alternativo dos recursos fixos (CA_{fixo}) e dos recursos variáveis ($CA_{\text{variável}}$) foram utilizadas, respectivamente, as Equações 8 e 9.

$$CA_{\text{fixo}} = \frac{V_u - I}{V_u} \cdot V_a \cdot \text{taxa de juros} \quad (8)$$

em que:

CA_{fixo} = custo alternativo fixo (R\$);

V_u = vida útil (anos);

I = idade média de utilização do bem (anos);

V_a = valor atual do bem (R\$).

$$CA_{\text{variável}} = \frac{V_{\text{gasto}}}{2} \cdot \text{taxa de juros} \quad (9)$$

em que:

$CA_{\text{variável}}$ = custo alternativo variável (R\$);

V_{gasto} = valor gasto com insumos e serviços na produção (R\$).

Nota-se ainda, por meio da Equação 9, que o valor gasto (V_{gasto}) foi dividido por dois, ou seja, considerou-se 50% do montante. Isso indica que o capital variável é aplicado parceladamente durante o período de análise (REIS, 2007).

3.9.4 Custo operacional

O custo operacional (Cop) se constituiu dos valores correspondentes às depreciações e aos insumos empregados equivalentes ao prazo analisado, sendo dividido em custo operacional fixo (CopF) e custo operacional variável (CopV).

O CopF foi composto pelas depreciações dos recursos fixos, ou seja, o custo necessário para substituir os bens de capital dos recursos fixos, quando tornados inúteis, seja pelo desgaste físico ou econômico sendo utilizada a depreciação apropriada pelo método linear (REIS, 2007). O método utilizado foi o linear, referente a um ano, que vai do início da diferenciação dos tratamentos até o período de encerramento de análise deste trabalho. A depreciação foi calculada pela Equação 10.

$$D = \frac{V_a - V_r}{V_u} \quad (10)$$

em que:

D = depreciação (R\$);

V_a = valor atual do recurso (como se fosse adquirido naquele momento)
(R\$);

V_r = valor residual (valor de revenda do bem ao final de sua vida útil)
(R\$);

V_u = vida útil (período que determinado bem é utilizado na atividade)
(anos).

Já o CopV se refere ao custo de todos os recursos de produção inerentes aos custos variáveis que exigem desembolso por parte do produtor para sua

reposição. O CopV foi calculado através da soma dos custos dos recursos variáveis.

Para o cálculo do custo alternativo ou de oportunidade e da depreciação dos recursos produtivos fixos alocados na atividade da roseicultura, discriminou-se: o valor atual de cada recurso (V_a); o valor residual (V_r), considerando-se 10% do valor atual e, para algumas situações 0%, como é o caso de algumas ferramentas de campo, preparo do solo, aluguel, ITR, mudas, análises físico-químicas do solo, análise da água de irrigação e outorga de direito de uso da água as quais não se encontram valor de revenda após o período de uso; e a vida útil. Os referidos valores podem ser observados por meio da Tabela 4.

Tabela 4 Valor atual (R\$ ha⁻¹), valor residual (R\$ ha⁻¹) e vida útil (anos) dos recursos produtivos fixos para a produção da rosa de corte sob sistema de produção integrada (SPI) de junho de 2011 a maio de 2012

Especificação	Valor atual	Valor residual	Vida útil
Casa de vegetação	600.000,00	60.000,00	25
Galpão de máquinas	16.000,00	1.600,00	10
Casa de bomba	4.800,00	480,00	10
Galpão de adubos e defensivos	19.500,00	1.950,00	10
Galpão de embalagens	6.000,00	600,00	10
Câmara fria	20.000,00	2.000,00	10
Escritório/sanitários	12.000,00	1.200,00	10
Refeitório/sanitários/cozinha	15.000,00	1.500,00	10
Mini-tractor e implementos	25.000,00	2.500,00	10
Veículo de transporte	60.000,00	6.000,00	5
Preparo do solo	1.000,00	0,00	2
Aluguel e ITR	1.764,00	0,00	7
Mudas	90.000,00	0,00	7
Ferramentas de campo	10.900,25	888,00	2 - 10
Equipamentos de escritório	4.100,00	410,00	5 - 10
Sistema de irrigação	38.512,79	3.851,28	10
Equip. de manejo da irrigação	4.250,00	425,00	10
Análises de solo	307,00	0,00	1 - 7
Análise da água de irrigação	60,45	0,00	1
Outorga de uso da água	2.724,72	0,00	5
Total	931.919,21	83.404,28	---

Fonte: Adaptado de Nogueira et al. (2012)

3.10 Função de produção

Para obtenção da função de produção do Experimento II, foi utilizada a análise de regressão entre a variável dependente (produção comercial de dúzia de rosas) e a interação entre as variáveis independentes (lâminas de irrigação e doses de nitrogênio).

As funções de produção foram obtidas priorizando aquelas que tinham o fator lâmina de irrigação como variável independente dentro de cada dose de nitrogênio, quando a interação entre lâminas de irrigação e doses de nitrogênio

foi significativa. Caso contrário, considerou-se apenas o efeito das lâminas de irrigação na estimativa dessas funções.

O modelo empregado foi o polinomial do segundo grau, conforme Equação 11.

$$Y = f(W,N) = b_0 + b_1 \cdot W - b_2 \cdot W^2 + b_3 \cdot N - b_4 \cdot N^2 + b_5 \cdot W \cdot N \quad (11)$$

em que:

Y = produtividade (dúzias ha^{-1});

W = quantidade total de água aplicada ($mm \ ha^{-1}$);

N = quantidade total de nitrogênio aplicado ($kg \ ha^{-1}$);

b_n = parâmetros de ajuste da equação ($n = 0, 1, \dots, 5$).

A análise da rentabilidade econômica (lucro) foi obtida pela diferença entre a receita total e o custo total para a exploração da cultura em questão (rosa).

As quantidades de água e nitrogênio aplicadas que proporcionam o maior retorno econômico, devem corresponder a uma produtividade que traduza um lucro máximo, dados pelas Equações 12, 13 e 14.

$$L(W;N) = RT - CT \quad (12)$$

$$L(W) = P_Y \cdot Y - P_W \cdot W - C \quad (13)$$

$$L(N) = P_Y \cdot Y - P_N \cdot N - C \quad (14)$$

em que:

$L(W;N)$ = lucro (R\$);

RT = receita total (R\$);
 CT = custos totais (R\$);
 Y = produtividade (hastes ha⁻¹)
 P_Y = preço do produto (R\$ haste⁻¹);
 P_W = preço do fator água (R\$ mm⁻¹);
 P_N = preço do fator nitrogênio (R\$ kg⁻¹);
 W = lâmina de água (mm);
 N = quantidade de nitrogênio (kg ha⁻¹);
 C = custo dos fatores totais mantidos constantes no experimento
 (R\$ ha⁻¹).

Para a obtenção da quantidade ótima econômica da água e do nitrogênio, igualaram-se as derivadas da produtividade em relação aos fatores lâminas de água (W) e doses de nitrogênio (N) aplicadas à razão entre os preços da água e do nitrogênio com os preços do produto, conforme observadas nas Equações 15 e 16, respectivamente.

$$\frac{dY}{dW} = \frac{P_W}{P_Y} \quad (15)$$

$$\frac{dY}{dN} = \frac{P_N}{P_Y} \quad (16)$$

O preço médio do produto (P_Y – dúzia de rosas) foi aquele obtido pela CEAGESP para a média entre os meses de junho de 2011 a maio de 2012, sendo de R\$ 17,15 para a cotação do tamanho maior e cabo longo.

O preço do fator água (P_W) foi obtido de acordo com os custos de energia elétrica, mão-de-obra, manutenção e reparos de um sistema de irrigação, considerando as condições do sistema de irrigação fixadas no tópico 3.9.1 e 3.9.2, obtendo valor de R\$ 1,17 mm⁻¹. Já o preço do fator nitrogênio (P_N) foi obtido de acordo com a soma dos custos unitários dos fertilizantes nitrogenados utilizados para diferenciação dos tratamentos, sendo, neste caso, o nitrato de cálcio e uréia, obtendo um valor de R\$ 3,60 kg ha⁻¹.

Utilizando-se de um índice sazonal de preços para os meses de junho de 2011 a maio de 2012 (CEAGESP) de acordo com dados obtidos no Experimento II, obteve-se a relação da quantidade ótima econômica de cada fator (lâmina de irrigação e dose de nitrogênio) aplicado para cada mês de produção durante o período analisado, de forma a se obter maior lucratividade por período de acordo com o preço do produto (P_Y).

A utilização do índice sazonal de preços para obtenção da relação da quantidade ótima de cada fator aplicado por meio da produtividade foi priorizada pelo fator lâmina de irrigação como variável independente dentro de cada dose de nitrogênio, quando a interação entre lâminas de irrigação e doses de nitrogênio foi significativa; do contrário, considerou-se apenas o efeito das lâminas de irrigação na estimativa da quantidade econômica para cada mês avaliado e seus respectivos lucros relativos.

3.11 Práticas culturais

O manejo da cultura, nos três experimentos, foi padronizado com base nos componentes básicos para Produção Integrada de Frutas (PIF), segundo Fráguas, Fadini e Sanhueza (2001), uma vez que ainda não há informações sobre o Sistema de Produção Integrada para o setor de floricultura. Desta forma, foram

seguidos os seguintes critérios descritos por Fráguas, Fadini e Sanhueza (2001), adaptados para a roseicultura:

- a) Manejo e conservação do solo: eram realizadas avaliações periódicas nas propriedades do solo para as tomadas de decisões e possíveis correções; havia controle de compactação e erosão e, não se fez uso de herbicidas;
- b) Formação e condução das plantas: foi utilizado material propagativo sadio de origem conhecida e idônea;
- c) Nutrição de plantas: foi realizado um levantamento das condições de fertilidade natural do solo no início da instalação dos experimentos; foram realizados parcelamentos das adubações de forma quinzenal;
- d) Manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas: realizaram-se pulverizações de forma preventiva contra pragas e doenças semanalmente com defensivos alternativos, tais como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, óleo de Nim (*Azadirachta indica* A.), bicarbonato de sódio e leite cru; como forma de combate ao ácaro rajado, realizou-se três liberações de ácaro predador para efetuar o controle biológico desta praga; quando necessário, eram realizadas aplicações de inseticidas e fungicidas embasadas nas características das doenças, no monitoramento das infestações e nas características da roseira; foram realizadas aplicações de defensivos com a utilização de produtos registrados para a cultura da roseira; foram estabelecidos cuidados básicos para a aplicação de defensivos com segurança, pela utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI), evitando a aplicação em horários quentes ou dias chuvosos (alta umidade relativa do ar) e com ventos, e também evitando a inalação ou qualquer contato direto com os produtos; as

plantas daninhas eram retiradas por meio de capina manual, quinzenalmente; a limpeza da cultura (sanitização) foi mantida através da eliminação contínua de folhas e flores doentes;

- e) Utilização de caderneta de campo (monitoramento): foi realizado um acompanhamento das atividades técnicas na área experimental, com registros permanentes de todas as atividades em caderneta de campo, servindo como banco de dados.

Durante o desenvolvimento do cultivo nos experimentos, foram realizados, ainda, os seguintes tratamentos culturais: despona (retirada das primeiras folhas da muda para quebrar a dominância apical); *agobio* (rebaixamento lateral da planta sem a danificação do caule, visando à formação de uma massa foliar capaz de gerar hastes de qualidade) e; desbrotas (retirada dos brotos secundários, evitando a deformação da haste).

3.12 Parâmetros avaliados nos Experimentos I e II

Os parâmetros avaliados nos Experimentos I e II foram os da produtividade de hastes comerciais, dimensões das hastes comerciais, matéria seca das hastes florais, eficiência do uso da água e eficiência do uso do nitrogênio (apenas para o Experimento II), conforme descritos abaixo.

3.12.1 Produtividade de hastes comerciais

A produtividade de rosas foi contabilizada por todas as hastes colhidas nas cinco plantas de cada parcela experimental. Deste modo, foram consideradas hastes produzidas comercialmente àquelas que se apresentavam retas, sem o botão floral torto ou com quaisquer defeitos de formação e com comprimento

mínimo de 40 cm, segundo classificação do IBRAFLOR (2000). As hastes que, visualmente, se apresentavam fora dos padrões de classificação (defeitos de formação ou ataques por pragas e/ou doenças) não eram colhidas, utilizando-se nestas, a técnica do *agobio*.

As colheitas se iniciaram quando pelo menos 50% das hastes apresentaram-se em ponto de corte, aos 117 dias após o transplântio (DAT), compreendendo o período entre 31/05/2011 a 30/05/2012, totalizando 12 meses. O ponto de colheita era determinado quando as sépalas se mostravam totalmente abertas e as pétalas em início de abertura. O corte de cada haste foi realizado na segunda folha de cinco folíolos contados a partir do ponto em que a haste brotou, sendo realizado diariamente enquanto as plantas apresentaram produção.

Posteriormente as hastes eram acondicionadas em feixes e etiquetadas com a denominação da respectiva unidade experimental e planta. Os feixes eram levados para o laboratório de apoio da Fazenda Experimental Risoleta Neves (EPAMIG), onde eram classificadas quanto às suas características biométricas.

3.12.2 Dimensões das hastes comerciais

O comprimento das hastes foi medido entre o ponto de corte e a base do botão floral por meio de uma régua graduada em centímetros. O diâmetro foi medido na parte média da haste por meio de um paquímetro digital graduado em centésimo de milímetro. O comprimento dos botões florais foi determinado a partir da base do botão até seu ápice e o diâmetro, medido na parte basal do botão, utilizando-se, também, de um paquímetro digital. As folhas de cada haste também foram contabilizadas.

3.12.3 Matéria seca das hastes florais

Após a realização das medidas da haste e do botão floral, a massa fresca das folhas, haste e botão floral foram mensuradas por meio de uma balança digital com precisão de centésimo de grama. Em seguida, as hastes florais foram lavadas em água potável e posteriormente em água destilada. As mesmas foram acondicionadas em sacos de papel *kraft* para secagem em estufa, dotada de sistema de circulação e renovação de ar a uma temperatura de 65°C, até atingir peso constante. Após esta etapa, o material foi pesado em balança digital logo após a retirada da estufa, de maneira a se evitar a rehidratação das amostras.

O teor de matéria seca das hastes florais foi determinado considerando-se a relação entre massa seca e massa fresca (Equação 17) de folhas, haste e botão floral.

$$\text{TMS} = \left(\frac{\text{MS}}{\text{MF}} \right) \cdot 100 \quad (17)$$

em que:

TMS = teor de matéria seca (%);

MS = massa seca (g);

MF = massa fresca (g).

A matéria seca total das hastes florais foi calculada pela soma das matérias secas das folhas, haste e botão floral.

3.12.4 Eficiência do uso da água (EUA)

A eficiência do uso da água foi determinada nos Experimentos I e II, sendo obtidas através da relação entre os valores de produtividade comercial (hastes ha^{-1}) e as respectivas quantidades de água consumidas (mm) em cada tratamento durante o período de cultivo analisado, sendo os resultados expressos em hastes $\text{ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$.

3.12.5 Eficiência do uso do nitrogênio (EUN)

A eficiência do uso do nitrogênio foi determinada no Experimento II através da relação entre os valores de produtividade comercial (hastes ha^{-1}) e as respectivas doses de nitrogênio aplicadas por meio dos diferentes tratamentos de adubação nitrogenada, sendo os resultados expressos em hastes $\text{ha}^{-1} \text{kg}^{-1}$.

3.12.6 Análises estatísticas

Os dados coletados foram avaliados estatisticamente através de análise de variância, utilizando testes de média (teste F a 1% e 5% de probabilidade); as regressões foram ajustadas com o auxílio do software SISVAR, de Ferreira (2011).

3.13 Parâmetros avaliados no Experimento III

Foi avaliada a produtividade de hastes florais colhidas nas cinco plantas de cada parcela experimental, seus comprimentos, diâmetro da haste, comprimento e diâmetro do botão floral, considerando hastes produzidas comercialmente e em ponto de corte, conforme descrito no item 3.12.1. As

hastes que, visualmente, se apresentavam fora dos padrões de classificação não eram colhidas, utilizando-se nestas, a técnica do *agobio*.

As colheitas se iniciaram quando pelo menos 50% das hastes apresentaram-se em ponto de corte, aos 122 dias após o transplântio (DAT), compreendendo o período entre 07/12/2011 a 07/08/2012, totalizando oito meses de colheita e 12 meses de avaliação da evapotranspiração e coeficiente de cultura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições meteorológicas dentro da casa de vegetação

Os dados de temperatura e umidade relativa começaram a ser coletados a partir do transplante das mudas, em 03/02/2011; tais dados são referentes aos Experimentos I e II, uma vez que os mesmos foram conduzidos e avaliados no mesmo período. As temperaturas máximas, mínimas e médias no interior da casa de vegetação são apresentadas no Gráfico 3.

Neste período, a temperatura média do ar no interior da casa de vegetação foi de 25,3°C; as médias das mínimas e máximas observadas foram de 15,4 e 35,2°C, respectivamente.

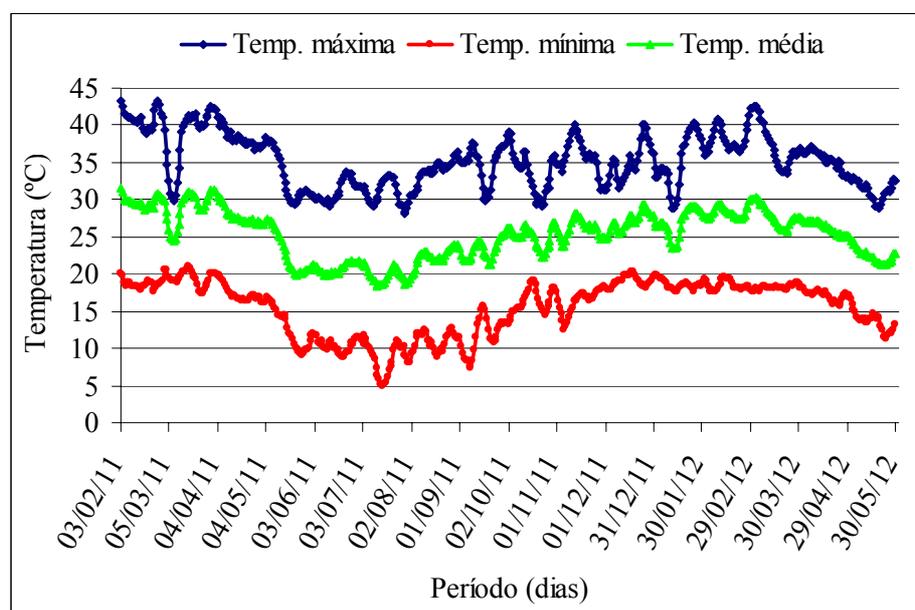


Gráfico 3 Temperatura máxima, mínima e média no interior da casa de vegetação, registradas durante a execução dos Experimentos I e II

A temperatura ótima para desenvolvimento da maioria das cultivares de rosa varia de 18°C à 24°C, admitindo-se uma temperatura mínima de 16°C durante a noite e máxima de 30°C durante o dia (Nau, 2011). Lopes (1980), entretanto afirma que para o cultivo da rosa o ideal são temperaturas noturnas inferiores a 18°C (especialmente entre 12 e 15°C) e diurnas entre 23 e 25°C.

Durante a condução dos experimentos, a temperatura muitas vezes ultrapassou a média de 25,3°C, notadamente nos meses quentes do ano. Deste modo, Barbosa (2003) afirma que quando as rosas são cultivadas em temperaturas elevadas, os estômatos da epiderme vão se fechando para que a planta não perca água em excesso, assim reduzindo a absorção de nutrientes e causando estresse na planta, podendo acarretar má formação de botões com crescimento das pétalas de até 50% abaixo do normal, ramos cegos e picos na produção, alterando a produtividade mensal prevista com desenvolvimento forçado de muitas hastes.

De maneira contrária, Amorim (2007) observou variação de temperaturas de forma gradativa utilizando tela termo-refletora de tecido aluminizado instalada no elevado superior da casa de vegetação em seu estudo, variando-se a temperatura de forma a se obter a condição ideal recomendada por Barbosa (2003) para o cultivo da roseira. A referida autora notou que, apesar das temperaturas máximas observadas terem ultrapassado 25°C, não houve ocorrência de flores pequenas e de coloração pálida, indicando que a cultivar Carola adapta-se bem aos períodos de temperaturas registradas na fase experimental em torno de 32°C.

Durante os períodos mais frios ao longo do ano, observaram-se temperaturas inferiores à média de 15,4°C, principalmente durante a noite. De acordo com Salinger (1991), temperaturas noturnas abaixo de 15°C retardam o crescimento e a floração. Do mesmo modo, Bañon Arias et al. (1993) concluíram que a fase crítica da cultura da roseira é o início do desenvolvimento

dos brotos florais, onde baixas temperaturas podem originar hastes cegas e botões deformados.

Na Gráfico 4 são apresentados os valores máximos, mínimos e médios da umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação. Nota-se que as médias da umidade relativa mínima e máxima do ar dentro da casa de vegetação neste período foram iguais a 35,7 e 77,1%, respectivamente, obtendo como valor médio 56,4%.

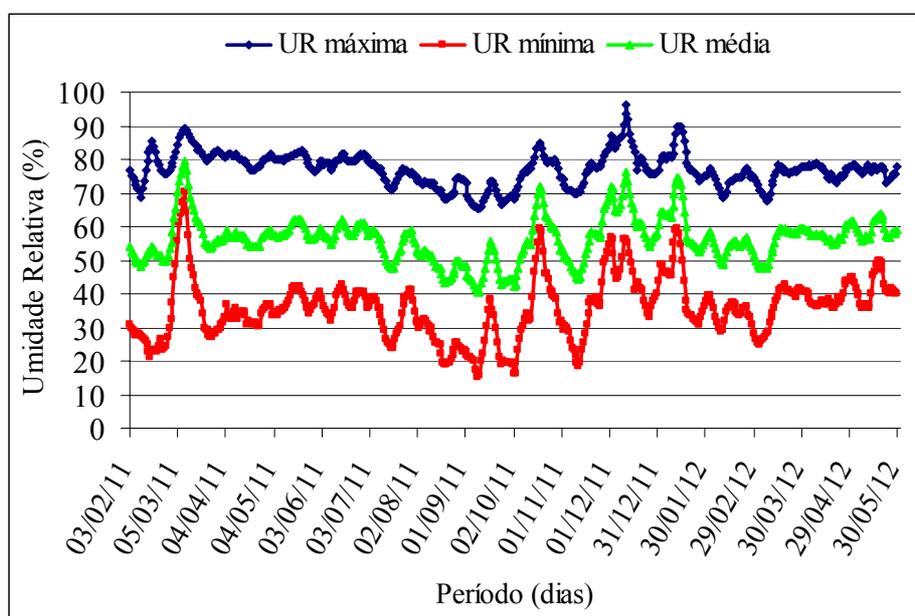


Gráfico 4 Umidade relativa máxima, mínima e média no interior da casa de vegetação, registradas durante a execução dos Experimentos I e II

A umidade relativa do ar influencia na transpiração das plantas, uma vez que pelos estômatos fluem gás carbônico, oxigênio e vapor de água. Por isso, as rosas requerem uma umidade ambiental relativamente elevada, que se regula

mediante a ventilação e a nebulização controlada dentro do ambiente protegido para o umedecimento do ar nos períodos mais quentes do dia (NAU, 2011).

A umidade relativa do ar ideal para a cultura da roseira deve estar entre 70 e 75%, sendo que para o período de brotação das gemas e crescimento dos brotos é aconselhável uma faixa entre 80 e 90%. A alta umidade relativa do ar no pode provocar doenças como o mofo cinzento (*Botrytis cinerea*) e, a baixa umidade relativa do ar, menor que 60%, pode provocar distúrbios fisiológicos (BAÑÓN ARIAS et al., 1993).

A grande variação da umidade relativa durante a condução do experimento pode ter ocasionado danos às plantas com a ocorrência de ataque de pragas como o ácaro rajado em períodos de baixa umidade e o surgimento de doenças como o oídio em períodos de alta umidade, diminuindo sua produtividade e qualidade das hastes florais. No entanto, não foi verificada a ocorrência de *Botrytis cinerea* ao longo das avaliações. A ausência desta doença também foi observada por Amorim (2007) enquanto houve ocorrência de alta umidade relativa no período noturno (acima de 90%); a autora, no entanto, não observou distúrbios fisiológicos aparentes, causados por umidades relativas abaixo de 60%.

Adicionalmente, Mortensen e Fjeld (1995), trabalhando com o efeito da umidade relativa do ar, submeteram o cultivo a um incremento na umidade relativa de 65 para 85% e, como resultado, não obtiveram nenhum efeito significativo na vida de vaso das rosas. No entanto, quando o cultivo foi submetido a um aumento adicional, para 90% de umidade relativa, a vida de vaso foi reduzida.

4.2 Experimento I

Os resultados e discussões dos parâmetros avaliados no Experimento I são descritos abaixo.

4.2.1 Parâmetros qualitativos das hastes florais

A Tabela 5 apresenta o resumo da análise de variância para os parâmetros qualitativos avaliados. As irrigações realizadas com diferentes tensões de água no solo não influenciaram significativamente o número de folhas por haste, o comprimento e diâmetro médio da haste e o comprimento do botão floral, obtendo diferença estatística apenas para o diâmetro do botão.

Tabela 5 Análise de variância para as médias do número de folhas por haste (NF), comprimento (CH) e diâmetro (DH) da haste e comprimento (CB) e diâmetro do botão (DB) floral, em função dos tratamentos.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio				
		NF	CH (cm)	DH (mm)	CB (mm)	DB (mm)
Tensão	5	0,88 ^{NS}	41,12 ^{NS}	0,14 ^{NS}	1,35 ^{NS}	1,48 ^{**}
Bloco	4	0,53 ^{NS}	8,23 ^{NS}	0,06 ^{NS}	1,69 ^{NS}	0,75 ^{NS}
Resíduo	20	1,11	19,22	0,09	0,51	0,41
Média geral		17,20	85,60	7,78	52,48	35,80
Coef. de variação (%)		6,13	5,12	3,93	1,36	1,79

** : Significativo, a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo.

Os valores médios obtidos dos parâmetros avaliados de acordo com os tratamentos podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 Valores médios para o número de folhas por haste (NF), comprimento (CH) e diâmetro (DH) da haste e comprimento (CB) e diâmetro do botão (DB) floral, em função das tensões de água no solo

Tensão (kPa)	NF	CH (cm)	DH (mm)	CB (mm)	DB (mm)
15	16,94	87,21	7,79	53,19	36,44
30	17,63	88,48	7,88	52,90	36,15
45	16,80	83,20	7,88	52,56	36,11
60	16,82	82,42	7,60	52,00	35,62
90	17,67	88,76	7,98	52,40	35,56
120	17,24	83,55	7,57	51,82	34,93

4.2.1.1 Número de folhas das hastes florais

As folhas são os centros de produção da fotossíntese e o resto da planta depende da exportação de material assimilado nesses órgãos (TAIZ e ZEIGER, 2009). Como o desenvolvimento da planta é dependente da fotossíntese, pode-se inferir que a uniformidade de folhas obtida pelas plantas irrigadas, mesmo com déficit hídrico, foi atingida devido ao seu potencial de produção de fotoassimilados, pois possivelmente houve maior interceptação de radiação solar pelas folhas.

A partir disso, nota-se que a roseira se mostrou tolerante aos períodos de déficit hídrico ocasionado por maiores tensões de água no solo; além disso, a reposição da umidade no solo quando os tratamentos atingiam seus valores estabelecidos era realizada de forma integral, possivelmente contribuindo para a absorção da água necessária para seu desenvolvimento vegetativo e qualidade das hastes florais, de forma geral. Segundo Taiz e Zeiger (2009), nos ecossistemas naturais e cultivados, a atividade fotossintética das plantas resulta na conversão da energia solar em energia química, a qual é essencial para a produção vegetal.

Mastalerz (1987) afirma que quanto maior a área foliar, maior será a fotossíntese, elevando a produtividade e a qualidade das hastes de rosas. O autor

descreve ainda que bons níveis de umidade no solo e o nível adequado da adubação contribuem para um rápido crescimento e um bom tamanho das folhas para a realização da fotossíntese e o estresse hídrico juntamente com uma frequência de irrigação inadequada restringe essa expansão foliar diminuindo a fotossíntese. De igual forma, Resende, Henderson e Fereres (1981) relataram que plantas submetidas a maiores tensões hídricas reduzem a turgescência e, conseqüentemente, a expansão celular, o que promove redução no alongamento do caule e da folha.

Por conseguinte, White e Holcomb (1987) afirmam que o estresse de água durante um longo período pode conduzir ao encurvamento e a senescência precoce das folhas, provocando nas plantas lignificação dos tecidos, folhas menores, mais claras, e uma desproporção entre o botão floral e o tamanho das hastes. Quando ocorre estresse durante o crescimento das folhas da haste comercial da roseira, embora não afete a qualidade da haste, causa um atraso no ciclo produtivo de 10 a 15 dias (CABALLERO; MANSITO; ZIESLIN, 1996).

Diferentemente dos resultados obtidos neste experimento, que não apontou diferenças estatísticas para o número de folhas em função de diferentes tensões hídricas no solo, Chimonidou-Pavlidou (1999) relata que o estresse hídrico é prejudicial para as roseiras em desenvolvimento, reduzindo a produção em até 70%, a qualidade das hastes florais através da redução do seu comprimento, da massa fresca e do florescimento dos brotos produtores.

4.2.1.2 Comprimento e diâmetro das hastes florais

O comprimento da haste é a primeira característica a ser observada durante a classificação da haste floral da roseira, sendo as hastes com comprimento entre 60 e 90 cm as mais valorizadas. Deste modo, apesar da não diferença estatística para o comprimento da haste em função do déficit hídrico

promovido pelas diferentes tensões de água no solo e tendo em vista que o comprimento da haste é uma característica especial na comercialização de rosas devido ao aumento do seu valor comercial, a média geral de 85,60 cm encontrada obteve a melhor classificação de acordo com IBRAFLOR (2000).

Em discordância com os resultados observados neste experimento, Folegatti, Casarini e Blanco (2001) notaram diferenças significativas para o comprimento da haste floral da roseira cv. Osiana, obtendo as piores médias de 63,4; 65,8 e 66,7 cm em função do déficit hídrico aplicado pelas lâminas de irrigação de acordo com os percentuais de evaporação (25, 50 e 75%) de um tanque reduzido no interior da casa de vegetação, observando maior valor no comprimento da haste para a lâmina de reposição de 100%, com comprimento igual a 71,6 cm; porém, este valor decresceu com o incremento da lâmina de reposição de 125% (70,1 cm).

Redução no comprimento da haste quando o estresse hídrico ocorreu na fase inicial da brotação foi observado por Chimonidou-Pavlidou (1996) e, no entanto, o estresse aplicado em outras fases não resultou em redução significativa deste mesmo parâmetro.

Chimonidou-Pavlidou (1998) trabalhou com rosas cultivadas em vasos de 0,30 m de diâmetro, em que aplicou lâminas semelhantes àquelas utilizadas por Folegatti, Casarini e Blanco (2001); no entanto, o autor utilizou lâminas de reposição de água nos vasos com base na evaporação de um tanque Classe A (ECA) em diferentes intervalos de irrigação (1, 2, 3 e 6 dias por semana). O referido autor pôde observar que os tratamentos irrigados seis e três dias por semana apresentaram médias de tensão de água no solo de 45 e 52 kPa, respectivamente; as outras frequências de irrigação de dois e um dia por semana apresentaram valores de tensão de 100 kPa. Tal fato evidenciou que menores frequências de irrigação reduziram o comprimento das hastes comerciais, mas a produtividade não variou significativamente.

Barguil, Viana e Mosca (2010) observaram que o comprimento de haste mudou de acordo com a cultivar analisada. Segundo os autores, as cultivares Carola e Salmone produziram hastes mais compridas, com valores de 82,8 e 80,5 cm, respectivamente. As cultivares Ambiance, Avalanche e Gold Strike produziram as menores hastes, com valores entre 56 e 63 cm de comprimento. De maneira semelhante, o comprimento da haste de Ambiance (56,2 cm) foi inferior ao observado por Villas Bôas et al. (2008), que relataram média de 68,6 cm. Entretanto, o oposto ocorreu com hastes de Carola (83,3cm), em que esses autores observaram valores médios menores. Deste modo, pode-se inferir que a cv. Carola utilizada no presente estudo proporciona maiores valores de comprimento de haste e de botão, acarretando melhor classificação da haste floral e favorecendo o lucro do produtor.

Analisando o diâmetro das hastes florais, observa-se um comportamento semelhante ao do comprimento das hastes, não havendo nitidamente uma relação entre os tratamentos de déficit hídrico aplicado pelas diferentes tensões. De forma contraditória, Folegatti, Casarini e Blanco (2001) verificaram tendência linear no diâmetro da haste em função das crescentes lâminas de irrigação aplicadas para a cv. Osiana, obtendo valor máximo de 6,7 mm para reposição de 125% de água no solo de acordo com a evaporação do tanque evaporimétrico reduzido. Adicionalmente, Urban et al. (2002) relatam que plantas de rosas sem estresse hídrico apresentam maior crescimento das células, refletindo em maior diâmetro das hastes.

O diâmetro médio da haste observado neste experimento foi igual a 7,78 mm. Segundo Casarini (2000), hastes com diâmetros superiores a 6,00 mm apresentam maior qualidade, obtendo maior durabilidade após a colheita, aumentando a aceitação pelo mercado consumidor e obtendo preços melhores.

4.2.1.3 Comprimento e diâmetro dos botões florais

O comprimento do botão floral apresentou valores variáveis entre 53,19 e 51,82 mm da menor (15 kPa) para a maior tensão (120 kPa), sendo os mesmos ainda classificados como de tamanho grande, acima de 50,00 mm, conforme o IBRAFLOR (2000).

Para Barguil, Viana e Mosca (2010), trabalhando com diversas cultivares de rosas observaram o menor comprimento de botão floral para a cultivar Gold Strike, com 46,9 mm, enquanto os maiores valores ocorreram nas cultivares Carola e Elisa, com 51,6 e 52,6 mm, respectivamente, que diferiram das demais cultivares com maior amplitude.

No trabalho realizado por Chimonidou-Pavlidou (1996), trabalhando com o efeito do estresse hídrico em diferentes fases da roseira, foi possível observar que na fase inicial da brotação de roseiras, ou seja, na formação das primeiras folhas de cinco folíolos, o estresse hídrico gerou uma redução no comprimento e diâmetro dos botões florais, enquanto que o estresse aplicado em outras fases não resultou em redução significativa destes mesmos parâmetros.

Os efeitos do estresse hídrico em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura da roseira também foram avaliados por Chiminidou-Pavlidou (2004), descrevendo que o desenvolvimento do botão floral foi muito sensível ao estresse hídrico antes da formação das pétalas e da inicialização dos estames. Nesses estágios o estresse de água afetou a qualidade das flores, reduzindo o número de pétalas bem formadas e o comprimento do botão floral. O autor ainda aponta que no inverno a aplicação do estresse hídrico durante a inicialização da formação dos estames ou das pétalas causou aborto ou má formação dos botões florais, uma vez que a haste apresentou tamanho de 15 cm, enquanto que o menor tamanho da haste comercial deve ser de 40 cm.

De forma significativa, o diâmetro do botão floral foi afetado pelos tratamentos de déficit hídrico por meio das tensões de água no solo adotadas para o monitoramento das irrigações. Conforme verificado no Gráfico 5, o diâmetro do botão apresentou queda linear com o incremento das tensões, obtendo um coeficiente de determinação (R^2) de 94,68%. O melhor e pior resultado para o diâmetro do botão floral foram obtidos para as tensões de 15 e 120 kPa, com tamanhos respectivos de 36,44 e 34,96 mm.

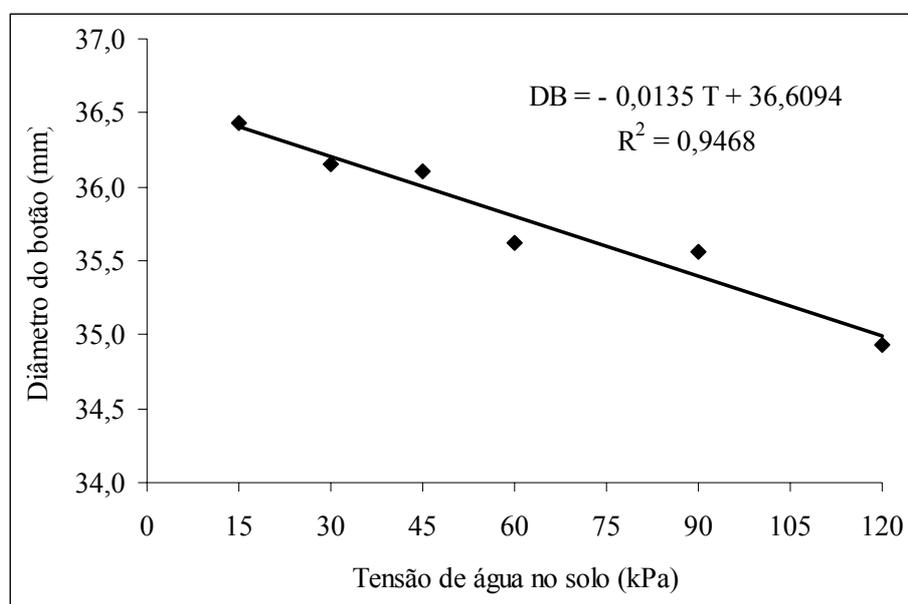


Gráfico 5 Diâmetro do botão floral, em função das tensões de água no solo

O diâmetro médio do botão floral observado foi igual a 35,80 mm, e, no entanto, o referido valor foi muito superior àquele observado por Villas Bôas et al. (2008), que encontraram 28,7 mm para a cv. Carola cultivada em ambiente protegido. Em tempo, o valor encontrado foi superior àquele obtido por Folegatti, Casarini e Blanco (2001), que trabalharam com diferentes frações de

lâminas de reposição com base na evaporação de um tanque evaporimétrico reduzido, notando um incremento de forma linear para este parâmetro com aplicação de lâminas de irrigação crescentes, resultando em 26,67 mm para o maior diâmetro.

Para a floricultura são necessários produtividade e qualidade do produto ofertado, sendo características importantes no cultivo de rosas o tamanho e cor do botão, a durabilidade, além do diâmetro e comprimento da haste (CASARINI, 2000). De forma geral, apesar do déficit hídrico induzido nas plantas, os parâmetros qualitativos das hastes florais obtidos neste trabalho foram bastante superiores àqueles encontrados na literatura. Pode-se inferir que o manejo da irrigação realizada por tensiometria, bem como a utilização de técnicas adequadas para a produção integrada na cultura da rosa de corte, sejam efetivamente, boas alternativas para a obtenção de hastes de qualidade, sendo estas preponderantes para obtenção de maior valor econômico agregado e aceitabilidade no mercado nacional e internacional, gerando maior receita para o produtor.

4.2.2 Matéria seca das hastes florais

A Tabela 7 apresenta o resumo da análise de variância para o teor de matéria seca das folhas, haste, botão floral e matéria seca total da haste floral. Verifica-se que, as irrigações realizadas com diferentes tensões de água no solo não influenciaram significativamente o acúmulo de massa pelas plantas transportadas para as hastes florais.

Tabela 7 Análise de variância para as médias do teor de matéria seca das folhas (TMSF), haste (TMSH), botão floral (TMSB) e matéria seca total (MST), em função dos tratamentos

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio			
		TMSF (%)	TMSH (%)	TMSB (%)	MST (g)
Tensão	5	0,40 ^{NS}	7,15 ^{NS}	1,19 ^{NS}	4,86 ^{NS}
Bloco	4	0,58 ^{NS}	5,77 ^{NS}	0,40 ^{NS}	1,87 ^{NS}
Resíduo	20	0,20	4,00	0,49	1,90
Média geral		32,12	33,65	17,41	16,99
Coef. de variação (%)		1,40	5,95	3,97	8,12

^{NS} Não significativo.

As plantas que se desenvolveram com umidades altas e mais baixas no solo proporcionado pelas diferentes tensões durante o ciclo analisado não apresentaram comportamento diferenciado para o teor de água da haste floral e na matéria seca total da haste, obtendo valor médio desses parâmetros aproximadamente constante.

Uma possível explicação para esse comportamento é o fato de que as plantas se desenvolveram em condições ótimas de umidade no solo no período de pegamento, quando todas as plantas eram irrigadas com tensões de 15 kPa. Além disso, as hastes possivelmente não sofreram abscisão sob condições ambientais desfavoráveis (TAIZ; ZEIGER, 2009) e até mesmo quando estavam sob tratamentos.

Em situações de maior tensão no solo a água fica retida mais fortemente à superfície dos colóides; assim, as plantas, de forma geral, precisam gastar mais energia para adquirir água para uso em seus processos fisiológicos vitais e isso afeta negativamente as características de crescimento e, conseqüentemente, a qualidade de sua produção. No entanto, a roseira pode não ter obtido dificuldades em absorver água mesmo com tensões aplicadas de até 120 kPa, pois, possivelmente, o período de estabelecimento da cultura, que perdurou por 45 dias irrigando-se uniformemente e sem estresse por déficit hídrico, pode ter

contribuído para elevação da umidade do solo em camadas mais profundas e, conseqüentemente, aliviado a dificuldade de extração de água pelas plantas.

Esse fato pode ser atribuído a alguma característica da roseira para se adaptar ao déficit hídrico, como maior crescimento e profundidade de raízes, menor índice de área foliar e maior espessura da cutícula da folha. Adicionalmente, percebe-se que há diferente sensibilidade de cada espécie ao déficit hídrico durante seu ciclo produtivo pra diferentes teores de umidade no solo, reforçando a afirmativa de que cada espécie cultivada deve receber manejo de irrigação diferenciado, conforme suas necessidades.

Em oposição aos resultados encontrados, alguns autores na literatura explicam que irrigações realizadas sob maiores tensões de água no solo promovem inibição no crescimento e desenvolvimento das plantas, afetando diretamente sua massa seca (SANTOS; PEREIRA, 2004; FARIAS et al., 2005; MACEDO et al., 2010).

4.2.3 Produtividade

De acordo com o exposto na análise de variância (Tabela 8), houve diferenças estatísticas para a produtividade de hastes comerciais em relação às diferentes tensões de água no solo aplicadas ao monitoramento das irrigações da roseira.

Tabela 8 Análise de variância para as médias do número de hastes por planta, em função dos tratamentos

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio Hastes por planta
Tensão	5	17,65 *
Bloco	4	1,91 ^{NS}
Resíduo	20	1,90
Média geral		16,60
Coefficiente de variação (%)		8,30

*: Significativo, a 1% de probabilidade; ^{NS} Não significativo.

No Gráfico 6 observa-se que houve queda no número de hastes por planta, em função do incremento do déficit hídrico aplicado pelos tratamentos. Os dados foram ajustados por uma regressão potencial, obtendo um coeficiente de determinação (R^2) de 92,16%.

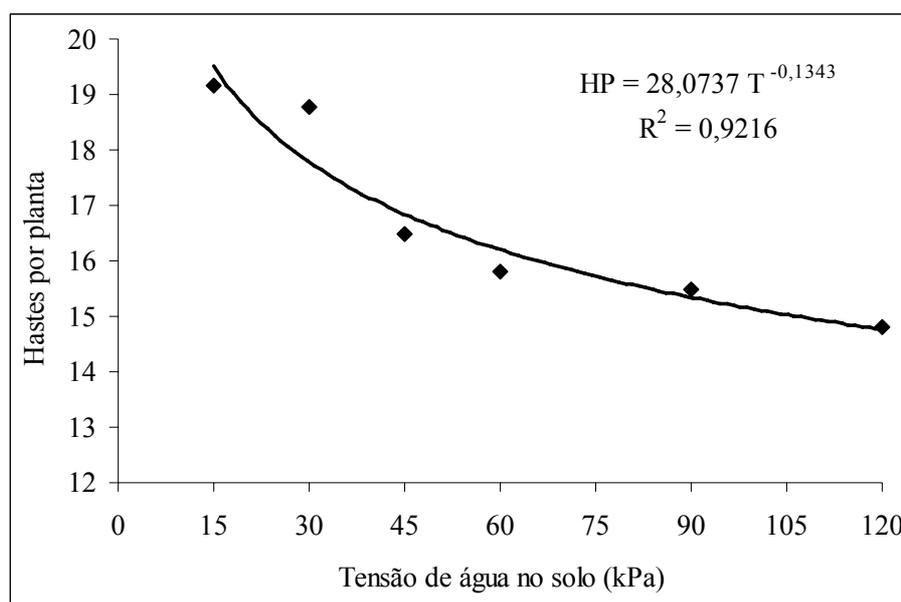


Gráfico 6 Número de hastes por planta, em função das tensões de água no solo

Conforme a função de produção gerada pelo Gráfico 6, observou-se, para o tratamentos de 15 e 30 kPa, as maiores produtividades médias, com valores de 19,7 e 18,0 hastes planta⁻¹, respectivamente, contra 15,0 hastes planta⁻¹ para a tensão de 120 kPa. Os resultados observados denotam melhores produtividades para tensões de água no solo mais baixas, mantendo-se o solo com teores de água mais elevados. Resultados semelhantes foram notados por Pereira et al. (2009) trabalhando com diferentes tensões de água no solo para a cultura do gladiolo, no qual observaram maiores produtividades quando irrigava-se com tensões de 15 kPa, mantendo o solo com umidade próxima da capacidade de campo e com irrigações mais frequentes.

De acordo com os resultados deste experimento, isto pode estar relacionado com o desenvolvimento das plantas, o que, dentre outros fatores, é influenciado pela adição de nutrientes aplicados e disponibilizados às mesmas por meio da presença de água no solo devido às baixas tensões aplicadas (OLIVEIRA et al., 2011b).

Plantas submetidas a maiores tensões, em que a disponibilidade de água no solo fica restrita, ativam os mecanismos de defesa, ocorrendo fechamento dos estômatos e, conseqüentemente, a diminuição na turgescência da planta. Esses fatos reforçam a idéia de que a água é essencial para o rendimento da cultura da roseira e que ela responde positivamente às irrigações mais frequentes proporcionadas pelas tensões de 15 e 30 kPa. Em concordância com estes resultados, Alves (2006) afirma que os estudos das necessidades hídricas na roseira são de extrema importância do ponto de vista científico e econômico, visto que o uso reduzido desse recurso pode levar a planta a um déficit hídrico, comprometendo a produção.

Devido aos escassos trabalhos relacionados a diferentes tensões de água no solo para culturas ornamentais e, notadamente, para a cultura da rosa de corte, podem-se comparar os resultados obtidos neste trabalho para diferentes

tensões de água no solo com outras culturas, principalmente aquelas relacionadas à horticultura, as quais englobam, de igual forma, a cultura da roseira e outras plantas ornamentais.

A partir disso, comparando a queda de produtividade da roseira obtida neste trabalho para tensões de água no solo superiores a 15 kPa, resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2011b) para o pepineiro japonês em duas fases fenológicas da cultura; Lima Júnior et al. (2012) para duas cultivares de cenoura; Vilas Boas et al. (2012) na cultura da cebola; Bilibio et al. (2010) com a cultura de berinjela; Santana et al. (2004) e Gadissa e Chemedá (2009) trabalhando com pimentão; Sá et al. (2005) em trabalho com tomate e Pereira et al. (2009) na cultura do gladiolo.

Maiores tensões de água no solo representam déficit hídrico para as culturas. Deste modo, Duzdemir, Kurunk e Unlukara (2009) observaram que a ervilha submetida ao estresse hídrico apresenta perdas no rendimento da cultura. Para a mesma cultura, Carvalho et al. (2011) observaram maiores produtividades por meio de irrigações realizadas com tensão de 15 kPa em duas fases fenológicas da cultura. Endres et al. (2010) e Santana et al. (2008) notaram que o déficit hídrico aplicado para a cultura do feijão acarretou em sensível redução da produtividade.

Tais resultados confirmam os efeitos negativos do manejo inadequado de irrigação descritos na literatura científica (SANTANA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011c; OLIVEIRA et al., 2011b; SILVA, 2011).

Considerando a tensão de 15 kPa como referencial, ou seja, a tensão aplicada que produziu o maior número de hastes planta⁻¹, foi atribuído o percentual de redução da referida variável analisada, utilizando-se de dados literais obtidos no experimento. Na Tabela 9, verifica-se que a redução no número de hastes planta⁻¹ aumentou com o incremento da tensão de água no solo.

Tabela 9 Valores percentuais de queda na produtividade de hastes para cada tratamento aplicado

Tensão (kPa)	Hastes planta⁻¹	Redução (%)
15	19,2	0,0
30	18,8	2,1
45	16,5	14,0
60	15,8	17,5
90	15,5	19,2
120	14,8	22,8

Com esses resultados, nota-se pouca redução percentual do rendimento entre as tensões de 15 e 30 kPa; no entanto, para os demais valores de tensões, este percentual de queda se mostrou mais acentuado, o que pode estar relacionado com a maior necessidade de água pelas roseiras durante seu ciclo fenológico produtivo, tendo o estresse por déficit hídrico prejudicado a formação de hastes florais comerciais.

No período de pegamento da cultura, que perdurou por 45 dias após o transplântio das mudas, aplicou-se uma lâmina total de 175,18 mm, irrigando-se 14 vezes. Após este período, as lâminas de irrigação foram calculadas separadamente conforme os tratamentos. Na Tabela 10 podem ser verificadas as lâminas totais de irrigação, o número total de irrigações realizadas durante o período (12 meses), a lâmina média por irrigação e um turno de rega estimado, em função dos tratamentos de tensão de água no solo.

Tabela 10 Lâmina total, número de irrigações, lâmina média e turno de rega em função das tensões de água no solo

Tensão (kPa)	Lâmina total (mm)	Número total de irrigações	Lâmina média por irrigação (mm)	Turno de rega estimado (dias)
15	2.043,48	192	10,64	1
30	1.910,13	122	15,66	3
45	1.678,95	83	20,23	4
60	1.532,30	75	20,43	4
90	1.467,90	71	20,67	5
120	1.438,68	66	21,80	5

No Estado de São Paulo uma flor demora em média 72 dias da brotação do ramo ao ponto de colheita, enquanto no Estado do Ceará bastam apenas 45 dias em média, com isso, elevando a produtividade na região. Isto ocorre porque o microclima favorável de algumas regiões serranas do Nordeste proporciona um ciclo produtivo acelerado das rosas. Ainda, com relação à produtividade em São Paulo, os números apontam uma quantidade média de 100 hastes $m^{-2} \text{ ano}^{-1}$ (Tomé, 2004). No estado do Ceará, é crescente a produção de rosas nas regiões serranas, obtendo-se elevadas produtividades: de 180 a 200 hastes $m^{-2} \text{ ano}^{-1}$, contra 80 a 90 hastes $m^{-2} \text{ ano}^{-1}$ na Colômbia e no Equador (ALVES et al., 2008).

A produtividade por área de acordo com os resultados deste experimento apontou valores máximos de 80 e 78 hastes $m^{-2} \text{ ano}^{-1}$ para as tensões de água no solo de 15 e 30 kPa, respectivamente; no entanto, esses resultados foram obtidos com um espaçamento maior, de 0,2 x 1,2 m, considerando 40.000 plantas ha^{-1} , sendo que nos cultivos comerciais o espaçamento é reduzido para se obter 60.000 plantas ha^{-1} . Assim, o espaçamento deste experimento foi escolhido para que não houvesse interferência dos bulbos molhados no solo entre as parcelas experimentais de acordo com os tratamentos.

Fazendo-se uma comparação entre a produtividade obtida com o espaçamento adotado neste experimento e uma possível produtividade utilizando-se o espaçamento de plantio adotado por diversos produtores (0,2 x

0,8 m), encontra-se uma média de 60.000 plantas ha⁻¹ com produtividades de 120 e 117 hastes m⁻² ano⁻¹ com irrigações realizadas quando as tensões de água no solo atingem 15 e 30 kPa, respectivamente. De forma geral, tal relação aponta apenas uma estimativa de incremento na produtividade, uma vez que o plantio mais adensado pode interferir no êxito da lavoura.

Uma questão de extrema importância em relação à boa produtividade da roseira é que a condução da cultura foi realizada sob técnicas de produção integrada, englobando uma série de fatores como: redução na aplicação de defensivos químicos; monitoramento constante a fim de definir quando aplicá-los; utilização apenas de agrotóxicos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a cultura da roseira; aplicação de defensivos alternativos de forma programada; manejo da fertirrigação adequado e; monitoramento da irrigação conforme as necessidades hídricas da cultura.

4.2.4 Eficiência do uso da água

De acordo com a análise de variância (Tabela 11) para as médias da eficiência do uso da água por hectare, não houve diferenças significativas para as avaliações em função da tensão de água no solo.

Tabela 11 Análise de variância para as médias da eficiência do uso da água (EUA), em função dos tratamentos

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio
		EUA (hastes ha ⁻¹ mm ⁻¹)
Tensão	5	1484,56 ^{NS}
Bloco	4	1666,25 ^{NS}
Resíduo	20	1425,71
Média geral		401,00
Coeficiente de variação (%)		9,47

^{NS} Não significativo.

Normalmente o excesso ou déficit hídrico, duas condições que caracterizam a baixa eficiência do uso da água em sistemas de agricultura irrigada, são limitantes à obtenção de produtividades elevadas e produtos de boa qualidade (Pires et al., 2007). Assim, uma baixa eficiência do uso da água de irrigação incorre em prejuízos relativos a gastos excessivos com a fertilização do solo, devido à lixiviação de nutrientes e à baixa disponibilidade destes à planta; prejuízos com energia, bombeando água desnecessariamente; com salinização do solo e outras complicações resultantes.

A EUA apresentou valores crescentes até a tensão de 90 kPa, decrescendo a partir de então. Logo, a maior eficiência do uso da água foi promovida pela quantidade de água aplicada por meio da tensão de 90 kPa que, neste caso, não foi aquela que obteve a maior produtividade em relação às tensões de 15 e 30 kPa, que obtiveram melhores rendimentos. Dessa maneira, uma cultura sob déficit hídrico pode apresentar maiores valores de EUA, ou seja, mais produto é produzido com a mesma quantidade de água que também poderia ser aplicada em uma cultura sem restrição de umidade.

O referido parâmetro (EUA) tem como objetivo relacionar a produção de biomassa ou a produção comercial das plantas com a quantidade de água aplicada, ou seja, representa a forma como o fator (água) contribui para a formação do produto final, sendo esta, uma taxa de conversão. Assim, uma maior EUA acarreta uma maior produção do produto final em função da unidade do fator aplicado. Entretanto, a maior eficiência do uso da água pode não coincidir com a maior rentabilidade econômica da cultura com a aplicação do fator.

Portanto, é aconselhável realizar uma análise econômica com a finalidade de se verificar a compensação sobre a obtenção de uma maior produtividade com a utilização de menores tensões de água no solo, resultando em níveis de aplicações de água mais elevados, uma vez que economia de água

de irrigação pode ser diferente da quantidade de água aplicada que proporcionou a melhor EUA.

4.2.5 Custos de produção e avaliação econômica

Procedeu-se a estimativa do custo de produção da cultura da roseira sob sistema de produção integrada (SPI) com base no cálculo da depreciação e do custo alternativo dos recursos produtivos utilizados na atividade, levando em consideração as características de cultivo verificadas nos itens 3.9.1 e 3.9.2 e as lâminas de irrigação aplicadas conforme os tratamentos de tensão de água no solo utilizados no presente estudo.

As informações contidas na Tabela 12 expressam, em R\$ ha⁻¹ ano⁻¹, os custos fixos (CF) dos recursos utilizados na produção da rosa de corte, divididos em custo operacional fixo total (CopFT), custo alternativo (CA) e custo fixo total (CFT).

Tabela 12 Custos fixos (R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) para a produção da rosa de corte sob sistema de produção integrada (SPI) de junho de 2011 a maio de 2012

Custos fixos para a produção da rosa de corte sob SPI*			
Especificação	Depreciação	Custo alternativo	CF Parcial
Casa de vegetação	21.600,00	36.000,00	57.600,00
Galpão de máquinas	1.440,00	960,00	2.400,00
Casa de bomba	432,00	288,00	720,00
Galpão de adubos e defensivos	1.755,00	1.170,00	2.925,00
Galpão de embalagens	540,00	360,00	900,00
Câmara fria	1.800,00	1.200,00	3.000,00
Escritório/sanitários	1.080,00	720,00	1.800,00
Refeitório/sanitários/cozinha	1.350,00	900,00	2.250,00
Mini-trator e implementos	2.250,00	1.500,00	3.750,00
Veículo de transporte	10.800,00	3.600,00	14.400,00
Preparo do solo	500,00	60,00	560,00
Aluguel e ITR	252,00	105,84	357,84
Mudas	12.857,14	5.400,00	18.257,14
Ferramentas de campo	2.055,03	654,02	2.709,04
Equipamentos de escritório	585,00	246,00	831,00
Sistema de irrigação	3.466,15	2.310,76	5.776,92
Equip. de manejo da irrigação	382,50	255,00	637,50
Análises de solo	208,43	18,42	226,85
Análise da água de irrigação	60,45	3,63	64,08
Outorga de uso da água	544,94	163,48	708,42
	CopFT	CA	CFT
Total	63.958,64	55.915,16	119.873,79

Fonte: Adaptado de Nogueira et al. (2012).

De acordo com as características de cada situação (tratamentos) referente à lâmina total aplicada durante um ano de cultivo, a quantidade de irrigações, a potência absorvida pelo sistema moto-bomba, o consumo de energia elétrica, o custo do kWh e a manutenção e operação do sistema de irrigação, obteve-se o custo de aplicação do fator água (Tabela 13) como um dos parâmetros do custo operacional variável total (CopVT) e, por conseguinte, o custo variável total (CVT), conforme verificado na Tabela 14.

Tabela 13 Custo operacional variável total da água para as lâminas aplicadas, em função dos tratamentos, de junho de 2011 a maio de 2012

Tratamento	Lâmina total (mm)	Quantidade de irrigações	Custo de aplicação (R\$ mm ⁻¹)	Custo total da água (R\$)
15 kPa	2.043,48	192	1,15	2.359,25
30 kPa	1.910,13	122	1,18	2.261,11
45 kPa	1.678,95	83	1,25	2.090,96
60 kPa	1.532,30	75	1,29	1.983,03
90 kPa	1.467,90	71	1,32	1.935,63
120 kPa	1.438,68	66	1,33	1.914,12

Tabela 14 Custos variáveis (R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) para a produção da rosa de corte sob sistema de produção integrada (SPI), em função dos tratamentos, de junho de 2011 a maio de 2012

Custos variáveis para a produção da rosa de corte sob SPI*	
Especificação	CV Parcial
Redinhas para botões/embalagens/conservantes florais	68.800,00
Calagem (calcário dolomítico)	288,00
Adubação de plantio	9.453,65
Adubação de cobertura	16.422,30
Adubação foliar (micronutrientes)	12.060,00
Defensivos químicos e espalhantes	11.814,40
Defensivos alternativos e espalhantes	22.296,00
Manutenção de benfeitorias e máquinas	31.132,00
Manutenção de equipamentos e ferramentas	552,29
Combustíveis e lubrificantes	10.096,60
Material para escritório	3.600,00
Serviços de terceiros	12.000,00
Despesas gerais	6.000,00
Mão de obra fixa com encargos	145.054,75
Mão de obra temporária com encargos	24.175,79
Subtotal do custo variável total sem irrigação (CopVT)	373.745,78
Irrigação (15 kPa)	2.359,25
Subtotal do custo variável total (CopVT)	376.105,03
Custo alternativo	11.283,15
Custo variável total para irrigação com 15 kPa (CVT)	387.388,18

“Tabela 14, conclusão”

Custos variáveis para a produção da rosa de corte sob SPI*	
Especificação	CV Parcial
Irrigação (30 kPa)	2.261,11
Subtotal do custo variável total (CopVT)	376.006,88
Custo alternativo	11.280,21
Custo variável total para irrigação com 30 kPa (CVT)	387.287,09
Irrigação (45 kPa)	2.090,96
Subtotal do custo variável total (CopVT)	375.836,74
Custo alternativo	11.275,10
Custo variável total para irrigação com 45 kPa (CVT)	387.111,84
Irrigação (60 kPa)	1.983,03
Subtotal do custo variável total (CopVT)	375.728,81
Custo alternativo	11.271,86
Custo variável total para irrigação com 60 kPa (CVT)	387.000,67
Irrigação (90 kPa)	1.935,63
Subtotal do custo variável total (CopVT)	375.681,41
Custo alternativo	11.270,44
Custo variável total para irrigação com 90 kPa (CVT)	386.951,85
Irrigação (120 kPa)	1.914,12
Subtotal do custo variável total (CopVT)	375.659,89
Custo alternativo	11.269,80
Custo variável total para irrigação com 120 kPa (CVT)	386.929,69

Fonte: Adaptado de Nogueira, Almeida e Reis (2012)

Pela soma dos custos fixos totais (CFT) e variáveis totais (CVT) em função dos tratamentos de tensão de água no solo obtêm-se (Tabela 15) os custos totais (CT).

Tabela 15 Custos fixos totais (CFT), custos variáveis totais (CVT) e custos totais (CT), em função dos tratamentos, de junho de 2011 a maio de 2012

Tratamento	CFT (R\$ ha⁻¹ ano⁻¹)	CVT (R\$ ha⁻¹ ano⁻¹)	CT (R\$ ha⁻¹ ano⁻¹)
15 kPa	119.873,79	387.388,18	507.261,97
30 kPa	119.873,79	387.287,09	507.160,88
45 kPa	119.873,79	387.111,84	506.985,63
60 kPa	119.873,79	387.000,67	506.874,46
90 kPa	119.873,79	386.951,85	506.825,64
120 kPa	119.873,79	386.929,69	506.803,48

A partir dos custos levantados em função dos tratamentos, realizou-se a análise das situações econômicas de rentabilidade deste estudo. Para isso, foram calculados o custo fixo médio (CFMe), variável médio (CVMe), total médio (CTMe), operacional fixo médio (CopFMe), operacional variável médio (CopVMe) e o custo operacional total médio (CopTMe), dividindo os valores dos custos indicados nas Tabelas 12, 14 e 15 pela produtividade (dúzias ha⁻¹) encontradas em cada tratamento para obtenção de seus respectivos valores médios. Desse modo, a Tabela 16 indica o custo despendido para a produção de uma dúzia de rosas, em função dos tratamentos.

Tabela 16 Custos médios para a produção de uma dúzia de rosas, em função dos tratamentos, de junho de 2011 a maio de 2012

Tratamento	Dúzias	CFMe	CVMe	CTMe
15 kPa	95.800	1,25	4,05	5,30
30 kPa	93.800	1,28	4,13	5,41
45 kPa	82.400	1,45	4,70	6,15
60 kPa	79.000	1,51	4,90	6,41
90 kPa	77.400	1,55	5,00	6,55
120 kPa	74.000	1,62	5,23	6,85
Tratamento	Dúzias	CopFMe	CopVMe	CopTMe
15 kPa	95.800	0,67	3,93	4,60
30 kPa	93.800	0,68	4,01	4,69
45 kPa	82.400	0,78	4,56	5,34
60 kPa	79.000	0,81	4,76	5,57
90 kPa	77.400	0,83	4,85	5,68
120 kPa	74.000	0,86	5,08	5,94

Pode-se constatar, tanto para custos variáveis como para custos fixos, a existência de custos médios maiores para menores produtividades e custos médios menores para maiores produtividades (Tabela 16). Este fato deve-se à maior diluição dos custos entre maiores produtividades, o que reflete na utilização mais racional do emprego dos recursos produtivos.

O preço médio (receita média) da dúzia de rosas entre os meses de junho de 2011 a maio de 2012 foi obtido pela CEAGESP, sendo igual a R\$ 17,15 para a cotação de haste floral tamanho maior e cabo longo (melhor classificação), conforme obtido nos resultados deste experimento (média acima de 80 cm). A partir disso, observa-se, pelo Gráfico 1 (situações de análises econômica e operacional da atividade produtiva, explicitada no item 2.6.1), situação (a), que o preço do produto foi superior ao custo total médio (CTMe) e ao custo operacional total médio (CopTMe) para quaisquer valores em função das tensões de água no solo, cobrindo todos os dispêndios, denotando que a atividade é altamente rentável. Essa situação mostra que o cultivo da roseira irrigada se enquadra em uma situação de lucro econômico, pois a receita obtida para todos

os recursos aplicados na atividade proporciona um lucro adicional, superior ao de outras alternativas econômicas de aplicação no mercado financeiro (custo alternativo ou de oportunidade).

Segundo Reis (2007), tal situação indica que a tendência a médio e longo prazo é de expansão dos investimentos e permanência na atividade pelo produtor, bem como a entrada de novas empresas para a este negócio, atraindo investimentos competitivos. Essa situação pode levar ao aumento da oferta a médio e longo prazo, afetando a cotação da dúzia de rosas. Por outro lado, o cultivo da rosa de corte é altamente exigente em capacitação técnica e altos investimentos iniciais, o que pode inibir a entrada de novos produtores no mercado.

Diante do exposto, cabe salientar que a alternativa de cultivo da rosa de corte utilizando técnicas de produção integrada, tais como a aplicação de defensivos alternativos e o manejo adequado da irrigação sem desperdícios de água, energia elétrica e fertilizantes, diminui consideravelmente os custos variáveis, uma vez que eles representam, em média, 76,36% dos custos totais médios observados neste trabalho referentes aos tratamentos de irrigação.

Nesse sentido, o produtor pode realizar um planejamento adequado da atividade para ampliação a médio e longo prazo, em que a maioria dos recursos são variáveis, podendo-se alterar as quantidades de mão de obra, máquinas e equipamentos terceirizados, defensivos químicos e alternativos, fertilizantes, água de irrigação, energia elétrica e outros recursos fixos utilizados por unidade de tempo, buscando ganhos de escala.

Pela análise apresentada neste trabalho, verificou-se que a situação econômica da produção da rosa de corte é muito dependente do preço de mercado e da tecnologia utilizada na produção, tal como as técnicas de produção integrada, que apontaram uma boa opção de produção com economia e rentabilidade. Nesse sentido, torna-se vantajosa a produção de rosas, uma vez

que o mercado consumidor busca, a cada dia, produtos oriundos de técnicas sustentáveis, ambientalmente corretas e socialmente justas.

Assim, reforça-se, no entanto, que de acordo com o alto preço da dúzia de rosas, poderá ocorrer uma atratividade para investimentos oriundos de novos empreendedores no mercado, gerando tendência de aumento da oferta e queda no preço do produto a médio e longo prazo.

4.3 Experimento II

Os resultados e discussões dos parâmetros avaliados no Experimento II são descritos abaixo.

4.3.1 Lâminas de irrigação e quantidade de nitrogênio

No período de pegamento da cultura, que perdurou por 45 dias após o transplântio das mudas, aplicou-se uma lâmina total de 128,63 mm, em 12 irrigações. Durante esse mesmo período, a quantidade de nitrogênio aplicada foi aquela recomendada pela CFSEMG (1999) para a cultura da roseira, considerando 40.000 plantas ha⁻¹ devido ao espaçamento de cultivo utilizado neste experimento, situação que resultou em um total de 60,00 kg ha⁻¹. Após este período, as lâminas de irrigação e as doses de nitrogênio foram calculadas e aplicadas separadamente, conforme os tratamentos. O número total de irrigações realizadas durante o período (12 meses) foi igual a 124, e o total de aplicações de nitrogênio via fertirrigação foi de 24 vezes.

Na Tabela 17 podem ser verificados os valores das lâminas totais de irrigação, a lâmina média por irrigação, a quantidade total de nitrogênio aplicada durante o mesmo período e a quantidade média de nitrogênio, em função dos tratamentos de reposição de água no solo e doses de nitrogênio.

Tabela 17 Lâmina total, número de irrigações, lâmina média, nitrogênio total, número de aplicações de nitrogênio e dose média de nitrogênio, em função das lâminas de reposição de água no solo e doses de nitrogênio

Lâmina (%)	Lâmina total (mm)	Lâmina média por irrigação (mm)
40	913,96	6,72
70	1.502,95	11,05
100	2.091,95	15,38
130	2.680,95	19,71
Nitrogênio (%)	Nitrogênio total (kg ha⁻¹ ano⁻¹)	Dose média de N por aplicação (kg ha⁻¹)
40	252,00	9,33
70	396,00	14,67
100	540,00	20,00
130	684,00	25,33

4.3.2 Parâmetros qualitativos das hastes florais

A Tabela 18 apresenta o resumo da análise de variância para os parâmetros qualitativos avaliados. Conforme verificado, as diferentes lâminas de irrigação (W) não influenciaram significativamente o número de folhas por haste e o diâmetro da haste; no entanto, foram observadas diferenças estatísticas para o comprimento médio da haste e o comprimento e diâmetro médio botão floral. Adicionalmente, verifica-se que não houve diferença estatística em relação às doses de nitrogênio (N) e para a interação entre lâminas de irrigação e nitrogênio (W x N).

Tabela 18 Análise de variância para as médias do número de folhas por haste (NF), comprimento (CH) e diâmetro (DH) da haste e comprimento (CB) e diâmetro do botão (DB) floral, em função dos tratamentos

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio				
		NF	CH (cm)	DH (mm)	CB (mm)	DB (mm)
Lâmina (W)	3	1,52 ^{NS}	192,94**	0,21 ^{NS}	7,17 *	5,81 *
Bloco	3	5,16 ^{NS}	139,94 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,65 ^{NS}	2,23 ^{NS}
Resíduo 1	9	1,28	32,03	0,15	0,39	0,76
Nitrog. (N)	3	2,03 ^{NS}	33,84 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,46 ^{NS}	1,36 ^{NS}
W x N	9	0,56 ^{NS}	37,00 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,96 ^{NS}	0,72 ^{NS}
Resíduo 2	36	1,34	34,19	0,11	0,46	0,63
Média geral		17,75	92,46	7,87	53,16	36,43
Coef. de variação 1 (%)		6,36	6,12	4,99	1,18	2,40
Coef. de variação 2 (%)		6,51	6,32	4,29	1,28	2,18

*: Significativo, a 1% de probabilidade; **: Significativo, a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo.

Os valores médios dos parâmetros avaliados de acordo com as lâminas de reposição de água no solo podem ser observados na Tabela 19. Nota-se, de forma geral, que apesar da insignificância estatística para o número de folhas e o diâmetro da haste floral, as médias decrescem e aumentam para os respectivos parâmetros conforme maiores lâminas de reposição.

Tabela 19 Valores médios para o número de folhas por haste (NF), comprimento (CH) e diâmetro (DH) da haste e comprimento (CB) e diâmetro do botão (DB) floral, em função das lâminas de reposição de água no solo

Lâmina (%)	NF	CH (cm)	DH (mm)	CB (mm)	DB (mm)
40	18,11	87,71	7,70	52,34	35,56
70	17,88	92,04	7,89	52,90	36,51
100	17,61	94,87	7,91	53,66	36,79
130	17,41	95,21	7,96	53,76	36,87

4.3.2.1 Número de folhas das hastes florais

A roseira mostrou-se tolerante ao déficit hídrico acumulado ocasionado pelas lâminas de reposição de 40 e 70% de água no solo e ao excesso de água por meio do tratamento de 130% de reposição em relação ao número de folhas. Porém, deve-se ressaltar que a área foliar foi visualmente afetada de forma negativa pelo déficit hídrico acumulado pelos tratamentos de 40 e 70% de reposição, acarretando em tamanhos menores das folhas, o que pode ter reduzido a fotossíntese, a qualidade e a produtividade de hastes comerciais, uma vez que a planta depende da exportação de material assimilado nesses órgãos. A mesma observação foi feita por Mastalerz (1987), afirmando que quanto maior a área foliar, maior será a fotossíntese, elevando a produtividade e a qualidade das hastes de rosas. O autor descreve ainda que bons níveis de umidade no solo e o nível adequado da adubação contribuem para um rápido crescimento e um bom tamanho das folhas para a realização da fotossíntese e o estresse hídrico juntamente com uma frequência de irrigação inadequada restringe essa expansão foliar diminuindo a fotossíntese.

A Figura 6 (A e B) elucida a diferença da área foliar das plantas, em canteiros longitudinais, sob tratamentos de déficit hídrico referentes às lâminas de reposição de 40 e 70% em comparação com a área foliar das plantas com reposição integral e excesso hídrico dados pelos tratamentos de 100 e 130% de reposição.

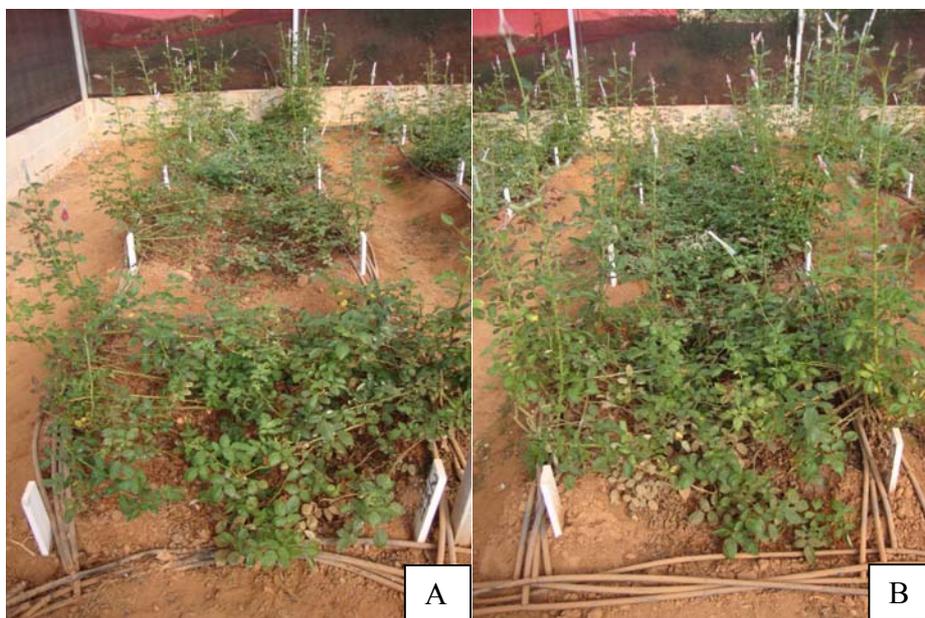


Figura 6 Área foliar das plantas em função dos tratamentos de 40 e 70% de reposição de água no solo (A) e 100 e 130 % de reposição (B)

Verificou-se ao longo do experimento que os sintomas de estresse hídrico acumulado em roseira visualmente dependem da capacidade de retenção e disponibilidade de água do solo, sendo a última, restrita pelos tratamentos de reposição de água inferior àquela integral. Deste modo, White e Holcomb (1987) afirmam que o estresse de água durante um longo período pode conduzir ao encurvamento e a senescência precoce das folhas, provocando nas plantas lignificação dos tecidos, folhas menores, mais claras, e uma desproporção entre o botão floral e o tamanho das hastes.

Visualmente, pela Figura 6 (A e B), embora não se tenha encontrado diferença estatística para o número de folhas, as lâminas de reposição de 100 e 130% proporcionaram melhores desenvolvimentos às plantas, denotando que a roseira responde, por meio de um melhor desenvolvimento vegetativo, a níveis de umidade no solo próximos à capacidade de campo. Situação semelhante foi

observada por Pereira et al. (2003) para a cultura do crisântemo irrigado com quatro níveis de reposição da água consumida (100, 80, 60 e 40%), obtendo maior número de folhas com reposição crescente da água consumida.

4.3.2.2 Comprimento e diâmetro das hastes florais

O Gráfico 7 foi plotado para demonstrar o comprimento da haste em função dos tratamentos de reposição de água no solo. Utilizou-se uma equação de regressão da forma polinomial quadrática ($R^2 = 99,87\%$) para simular a lâmina que obteve melhor resultado para o parâmetro avaliado, encontrando um valor de 124,2% de reposição de água no solo, o que equivale a 2.965,74 mm para uma haste de 95,49 cm.

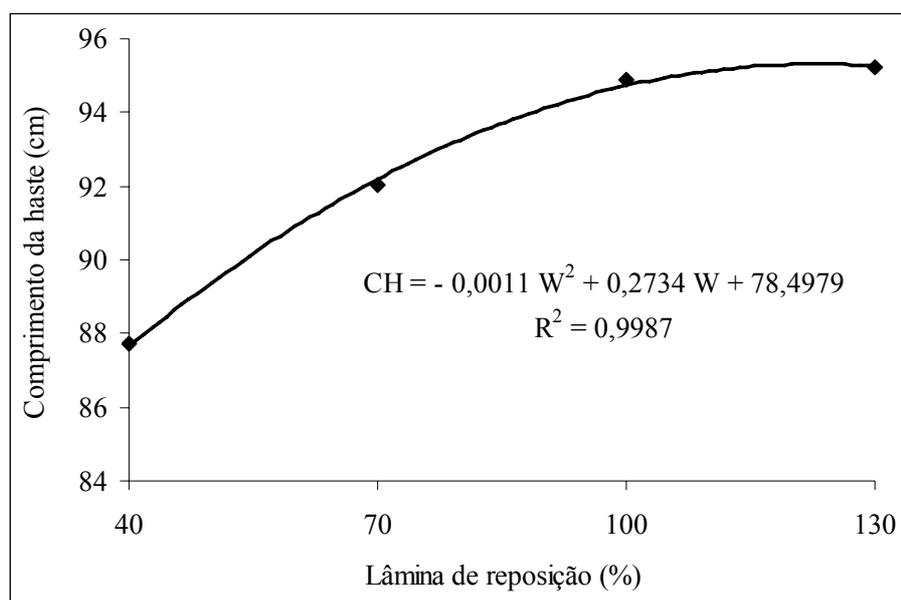


Gráfico 7 Comprimento da haste, em função das lâminas de reposição de água

O comprimento da haste é a principal característica observada durante a classificação da haste floral da roseira, sendo aquelas com comprimento entre 60 e 90 cm as mais valorizadas. Deste modo, apesar da diferença estatística para o comprimento da haste em função do déficit hídrico promovido pelas diferentes lâminas de reposição, a média geral de 92,46 cm encontrada obteve a melhor classificação (IBRAFLOR, 2000) e comprimento médio bem superior àqueles encontrados por Barguil, Viana e Mosca (2010) e Villas Bôas et al. (2008) para a cv. Carola. Deste modo, pode-se inferir que as condições experimentais submetidas à cv. Carola utilizada no presente estudo proporciona maiores valores de comprimento de haste e de botão, acarretando melhor classificação da haste floral e favorecendo o lucro do produtor.

Corroborando com os resultados observados neste experimento, Folegatti, Casarini e Blanco (2001) notaram diferenças significativas para o comprimento da haste floral da roseira cv. Osiana, obtendo as piores médias de 63,4; 65,8 e 66,7 cm em função do déficit hídrico aplicado pelas lâminas de irrigação de acordo com os percentuais de evaporação (25, 50 e 75%) de um tanque reduzido no interior da casa de vegetação, observando maior valor no comprimento da haste para a lâmina de reposição de 100%, com comprimento igual a 71,6 cm, porém, este valor decresceu com o incremento da lâmina de reposição de 125% (70,1 cm).

Pereira et al. (2003) avaliaram o efeito de diferentes níveis de déficit hídrico sobre a cultura do crisântemo com quatro níveis de reposição da água consumida (100, 80, 60 e 40%), verificando que o comprimento da haste não diferiu para os tratamentos de 100 e 80% de reposição da água consumida, os quais geraram melhores resultados.

O diâmetro das hastes florais não foi alterado significativamente em função dos tratamentos de irrigação e doses de nitrogênio; contudo, pela Tabela 19 percebe-se um acréscimo neste parâmetro em função do aumento da água de

reposição no solo. Urban et al. (2002) relatam que plantas sem estresse hídrico apresentam maior crescimento das células, refletindo em maior diâmetro das hastes. Tais resultados estão em conformidade com Folegatti, Casarini e Blanco (2001), que verificaram uma tendência de aumento linear no diâmetro da haste em função das crescentes lâminas de irrigação (25, 50, 75, 100 e 125% da evaporação do tanque reduzido) aplicadas para a cv. Osiana, obtendo valor máximo de 6,7 mm para reposição de 125% de água no solo. Do mesmo modo, Pereira et al. (2003) notaram um crescimento linear no diâmetro de hastes florais do crisântemo em função do aumento do nível de reposição da água consumida, obtendo valor máximo com 100% de reposição.

De maneira contrária aos resultados obtidos neste experimento, Amorim (2007) verificou que níveis crescentes de lâminas de irrigação influenciaram o diâmetro das hastes florais da cv. Carola, reduzindo-se linearmente na primeira época de coleta e, na terceira época, conforme modelo quadrático, atingindo o máximo diâmetro em torno de 79% da evapotranspiração da cultura (ETc).

Apesar do estresse por déficit e excesso de água e nitrogênio durante o cultivo, o diâmetro médio da haste observado neste experimento foi igual a 7,87 mm. Segundo Casarini (2000), hastes com diâmetros superiores a 6,00 mm apresentam maior qualidade obtendo maior durabilidade após a colheita, aumentando a aceitação pelo mercado consumidor e obtendo preços melhores.

4.3.2.3 Comprimento e diâmetro dos botões florais

O comprimento do botão floral apresentou tendência de crescimento na forma polinomial quadrática ($R^2 = 97,18\%$) conforme observado no Gráfico 8, com valores médios variando entre 52,34 e 53,76 mm da menor (40%) para a maior lâmina de reposição de água no solo (130%), sendo os mesmos ainda classificados como de tamanho grande, acima de 50,00 mm, conforme o

IBRAFLOR (2000). Valores médios inferiores do comprimento do botão iguais a 51,60 mm foram obtidos por Barguil, Viana e Mosca (2010) para a cv. Carola em comparação com os resultados do presente estudo.

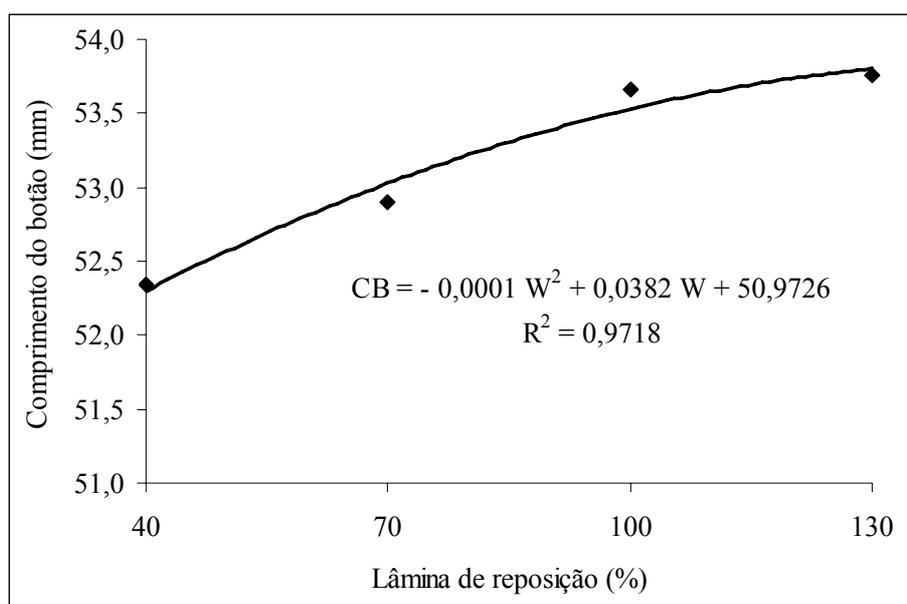


Gráfico 8 Comprimento do botão floral, em função das lâminas de reposição de água

Cabe ressaltar que pouca quantidade de água na cultura da roseira altera a concentração hormonal, eleva a temperatura interna da planta, reduz o crescimento e modifica a pigmentação da flor; em oposição, o excesso hídrico no solo danifica o sistema radicular e altera o sistema fisiológico da planta, prejudicando a qualidade das flores (Petry, 1999). A partir disso, a água de irrigação deve ser aplicada adotando critérios de manejo adequados, visando economia na produção e rentabilidade com a obtenção de hastes com boa qualidade comercial.

Os efeitos do estresse hídrico em diferentes estágios de desenvolvimento da cultura da roseira também foram avaliados por Chimonidou-Pavlidou (2004). Segundo o autor, o desenvolvimento do botão floral foi muito sensível ao estresse hídrico antes da formação das pétalas e dos estames. Nesses estágios o estresse de água afetou a qualidade das flores, reduzindo o número de pétalas bem formadas e o comprimento do botão floral.

De forma significativa, o diâmetro do botão floral também foi afetado apenas pelos tratamentos de irrigação por meio da quantidade de reposição de água no solo durante o período de avaliações. Conforme verificado no Gráfico 9, o diâmetro do botão aumentou de acordo com o incremento de reposição de água no solo, obtendo bom ajuste na forma polinomial quadrática ($R^2 = 98,98\%$). Nota-se que o diâmetro do botão também responde positivamente, através das médias obtidas, a maiores quantidades de água de irrigação, acompanhando, proporcionalmente, o comprimento do botão.

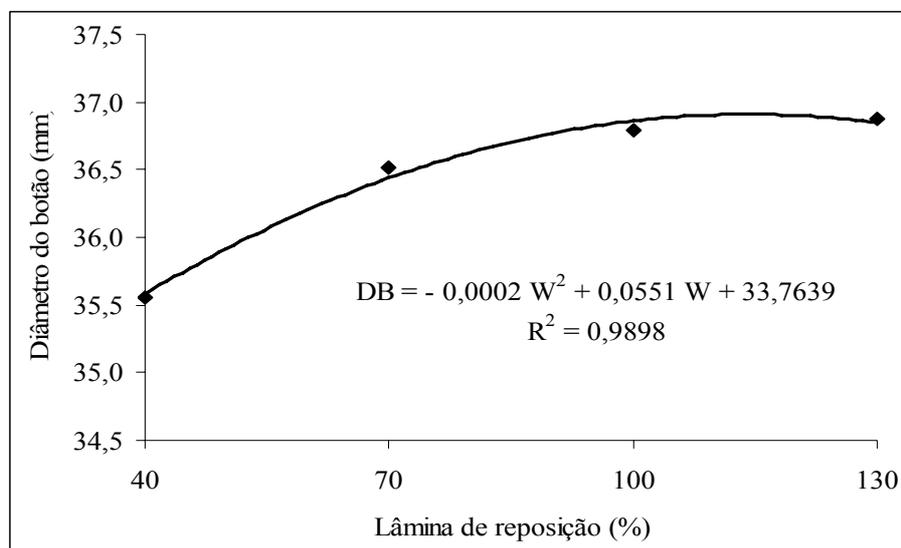


Gráfico 9 Diâmetro do botão floral, em função das lâminas de reposição de água

O diâmetro médio do botão floral observado foi igual a 36,43 mm, e, no entanto, o referido valor foi muito superior àquele observado por Villas Bôas et al. (2008), que encontraram 28,7 mm para a cv. Carola cultivada em ambiente protegido. Na mesma conformação, o valor encontrado foi superior àquele obtido por Folegatti, Casarini e Blanco (2001), que trabalharam com diferentes frações de lâminas de reposição com base na evaporação de um tanque evaporimétrico reduzido, notando um incremento de forma linear para este parâmetro com aplicação de lâminas de irrigação crescentes, resultando em 26,67 mm para o maior diâmetro. De forma similar, Pereira et al. (2003) verificaram que o diâmetro da inflorescência do crisântemo (cv. White Diamond) aumentou linearmente de acordo com o incremento da reposição de água na cultura.

Amorim (2007) observou que níveis crescentes de irrigação em função da evapotranspiração da cultura (ETc) ao longo do tempo proporcionaram o máximo diâmetro do botão para a cv. Carola e, no entanto, a partir de irrigações realizadas com lâminas superiores a 75% da ETc, o valor deste parâmetro decresceu.

Para a floricultura são necessários produtividade e qualidade do produto ofertado, sendo características importantes no cultivo de rosas o tamanho e cor do botão, a durabilidade, além do diâmetro e comprimento da haste (CASARINI, 2000). De maneira geral, apesar do déficit e excesso hídrico e das diferentes doses de nitrogênio aplicadas às plantas, os parâmetros qualitativos das hastes florais obtidos neste trabalho foram bastante superiores àqueles encontrados na literatura. Talvez isso demonstre que o manejo da irrigação realizado por tensiometria, a fertirrigação nitrogenada, bem como a utilização de técnicas adequadas para a produção integrada na cultura da rosa de corte, sejam efetivamente, boas alternativas para a obtenção de hastes de qualidade, sendo estas preponderantes para obtenção de maior valor econômico agregado e

aceitabilidade no mercado nacional e internacional, gerando maior receita para o produtor.

4.3.3 Matéria seca das hastes florais

A Tabela 20 apresenta o resumo da análise de variância para o teor de matéria seca das folhas, haste, botão floral e matéria seca total da haste floral. Verifica-se que, as irrigações realizadas com diferentes lâminas de reposição influenciaram significativamente apenas o teor de matéria seca da haste e a matéria seca total da haste floral. As diferentes doses de nitrogênio e sua interação com as lâminas de reposição (W x N) não afetaram estatisticamente nenhum dos parâmetros avaliados.

Tabela 20 Análise de variância para as médias do teor de matéria seca das folhas (TMSF), haste (TMSH), botão floral (TMSB) e matéria seca total (MST), em função dos tratamentos

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio			
		TMSF (%)	TMSH (%)	TMSB (%)	MST (g)
Lâmina (W)	3	0,63 ^{NS}	8,46 *	3,66 ^{NS}	17,97 **
Bloco	3	0,83 ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,44 ^{NS}	3,06 ^{NS}
Resíduo 1	9	0,37	0,24	1,46	3,37
Nitrog. (N)	3	0,11 ^{NS}	0,29 ^{NS}	2,33 ^{NS}	1,65 ^{NS}
W x N	9	0,40 ^{NS}	0,39 ^{NS}	1,92 ^{NS}	1,88 ^{NS}
Resíduo 2	36	0,26	0,35	1,54	3,38
Média geral		31,03	33,51	17,56	17,88
Coef. de variação 1 (%)		1,96	1,47	6,88	10,26
Coef. de variação 2 (%)		1,65	1,77	7,06	10,28

*: Significativo, a 1% de probabilidade; **: Significativo, a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo.

Analisando o teor de matéria seca e, principalmente, a matéria seca total, pode-se admitir que as roseiras obtiveram dificuldades em absorver água e

nutrientes do solo, pois com o déficit hídrico acumulado, possivelmente, a adubação nitrogenada não foi suficiente para suprir as necessidades fisiológicas das plantas.

Verifica-se, no Gráfico 10, que o teor de matéria seca da haste diminuiu com o incremento da lâmina de reposição de água no solo, obtendo ajuste na forma logarítmica ($R^2 = 85,79\%$).

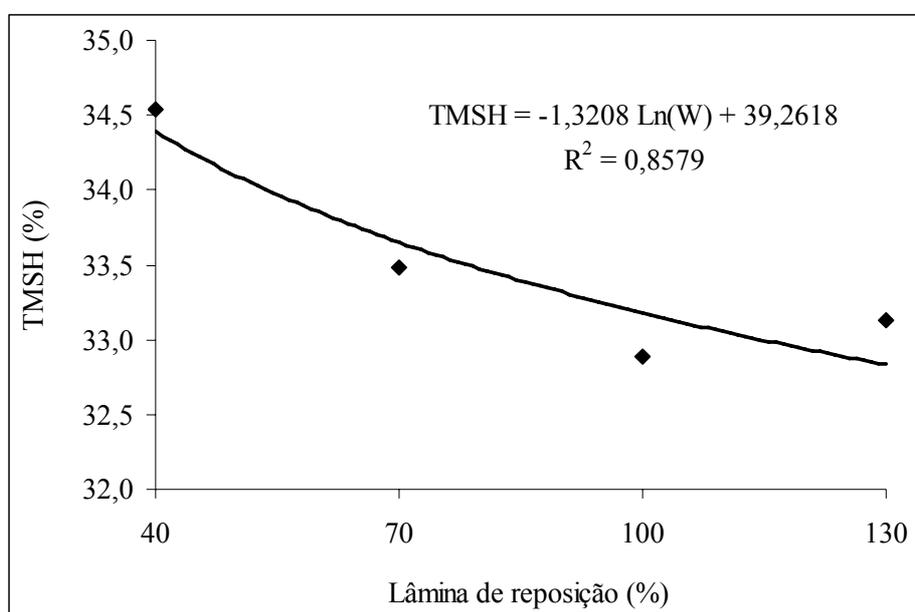


Gráfico 10 Teor de matéria seca da haste (TMSH), em função das lâminas de reposição de água

A matéria seca total apresentou tendência de crescimento na forma logarítmica ($R^2 = 99,01\%$) em função das crescentes lâminas de reposição, cujos resultados podem ser verificados por meio do Gráfico 11.

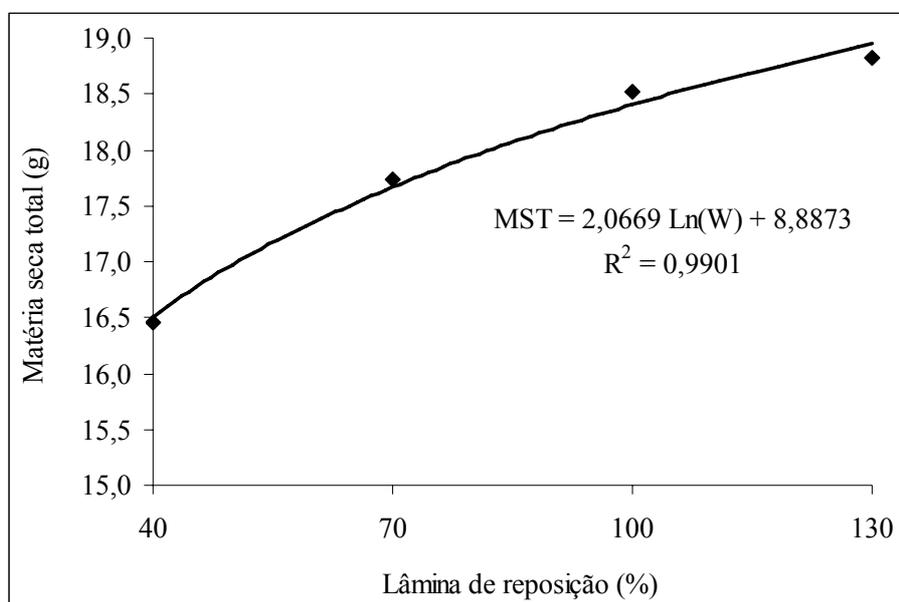


Gráfico 11 Matéria seca total, em função das lâminas de reposição de água

De forma geral, a matéria seca aumentou em função de maiores quantidades de água no solo. Isso corrobora com os resultados encontrados por Casarini (2000), que indicou um aumento linear da massa fresca e seca dos botões florais em relação às crescentes lâminas de irrigação aplicadas. Do mesmo modo, Rodrigues et al. (2008) observaram crescimento linear na matéria seca das folhas, hastes, inflorescências e matéria seca total do crisântemo cultivado em dois substratos sob crescentes doses de potássio na solução nutritiva de fertirrigação.

Amorim (2007) verificou que irrigações manejadas com 75% da evapotranspiração da cultura (ETc) da roseira cv. Carola propiciaram maiores médias para a massa fresca e massa seca dos botões florais entre os tratamentos testados (25, 50, 75 e 100% da ETc).

4.3.4 Produtividade

De acordo com o exposto na análise de variância (Tabela 21), houve diferenças estatísticas para a produtividade de hastes comerciais de rosas em relação aos tratamentos de lâminas de reposição de água no solo (W) e para a interação entre lâminas de reposição e doses de nitrogênio (W x N).

Tabela 21 Análise de variância para as médias do número de hastes por planta, em função dos tratamentos

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio
		Hastes por planta
Lâmina (W)	3	107,49 *
Bloco	3	5,39 ^{NS}
Resíduo 1	9	1,31
Nitrog. (N)	3	5,09 ^{NS}
W x N	9	5,87 *
Resíduo 2	36	1,96
Média geral		14,72
Coefficiente de variação 1 (%)		7,79
Coefficiente de variação 2 (%)		9,51

*: Significativo, a 1% de probabilidade; ^{NS} Não significativo.

Casarini, Folegatti e Silva (2007), trabalhando com doses de nitrogênio e potássio iguais a 10, 20, 30 e 40 g planta⁻¹ ano⁻¹ sobre a cultura da roseira cv. Versilia, não observaram diferenças significativas na produtividade entre as doses de nitrogênio aplicadas. O mesmo foi observado por Cabrera (2000), que avaliou a produtividade de rosas em ambiente protegido sob diferentes doses de nitrogênio, não observando diferença entre os tratamentos em colheitas realizadas durante o inverno, obtendo resultado oposto de produtividade e matéria seca durante o verão.

Segundo Eymar, López Vela e Cadahía López (1998), a cultura da rosa apresenta a característica de armazenar nitrogênio para posterior utilização, sendo uma possível causa da não variação entre os tratamentos. Do mesmo modo, Cabrera, Evans e Paul (1995) citaram que na roseira há uma mobilização muito grande das reservas de nitrogênio na planta, não sendo observado nenhuma relação entre nitrogênio e produtividade durante as primeiras colheitas de rosas.

No Gráfico 12 observa-se a ocorrência de queda polinomial quadrática para a produtividade de hastes comerciais, de acordo com o déficit e o excesso de água aplicada em relação à lâmina de 2.091,95 mm (100%) de reposição de água no solo. No ajuste dos dados, o coeficiente de determinação (R^2) foi de 98,85%.

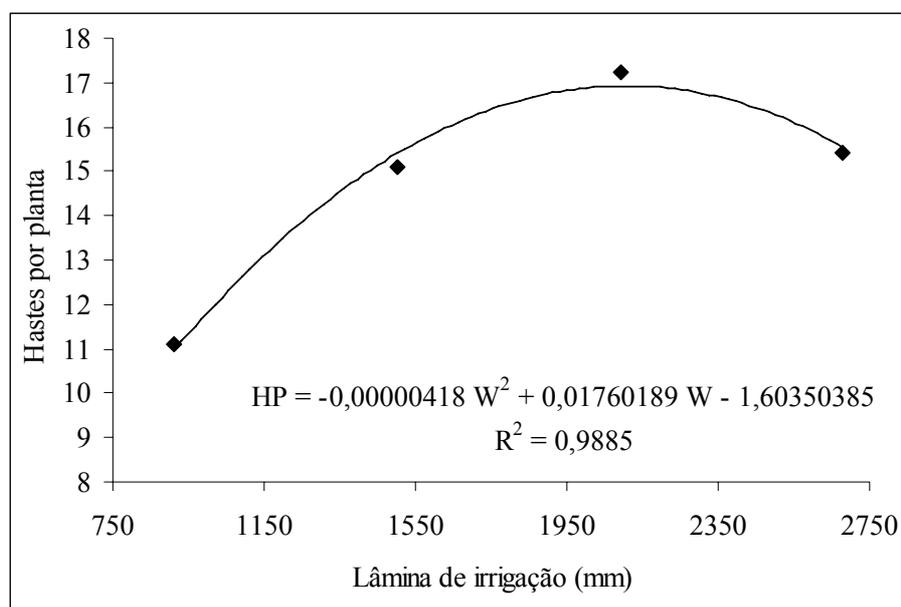


Gráfico 12 Número de hastes por planta, em função das lâminas de irrigação

Maior número de hastes comerciais foi obtido com a aplicação de lâmina correspondente a 2.091,95 mm (100% de reposição). Em comparação, a referida lâmina (100%) produziu 35,7% acima do que foi obtida com aplicação de apenas 913,96 mm (40% de reposição), sendo esta a pior produtividade verificada. Do mesmo modo, as diferenças na produtividade de hastes comerciais foram 12,5 e 10,5% menores para os tratamentos de 70 e 130% de reposição, ou seja, 1.502,95 e 2.680,95 mm, respectivamente. Nota-se, ainda, pelo Gráfico 12, que não houve variação expressiva na produção de hastes entre as lâminas de 70% a 130% de reposição de água, porém, de maneira geral, o déficit e o excesso hídrico afetaram a quantidade de hastes produzidas por planta da roseira.

A melhor produtividade obtida para o tratamento de 100% de reposição de água no solo pode estar relacionada com o melhor desenvolvimento das plantas, o que, dentre outros fatores, é influenciado pela adição de nutrientes aplicados e disponibilizados às mesmas por meio da presença de água no solo devido às baixas tensões (OLIVEIRA et al., 2011b) em relação ao tratamento de 100% de reposição. Outra explicação plausível para esses resultados seria de que a disponibilidade restrita de água no solo em função do déficit hídrico acumulado por meio dos tratamentos de 40 e 70% de reposição pode ter ativado os mecanismos de defesa das plantas, ocorrendo fechamento dos estômatos e, conseqüentemente, a diminuição na turgescência da planta. Esses fatos reforçam a idéia de que a água é essencial para o rendimento da cultura da roseira e que ela responde positivamente às irrigações quando estas mantêm o solo em sua umidade na capacidade de campo.

Alves (2006) afirma que os estudos das necessidades hídricas na roseira são de extrema importância do ponto de vista científico e econômico, visto que o uso reduzido desse recurso pode levar a planta a um déficit hídrico, comprometendo a produção.

O excesso hídrico leva ao preenchimento da fase gasosa (macroporos) do solo, pela água, em substituição ao oxigênio, provocando os fenômenos de hipoxia ou anoxia. Do ponto de vista fisiológico, a falta de oxigênio para a planta causa a diminuição da energia total disponível ao metabolismo, além da produção de substâncias tóxicas o que, conseqüentemente, culminam em menores produtividades. De igual forma, pelo excesso hídrico, ocorre a produção de etileno sintetizado na parte aérea, cujo efeito na planta causa o fenômeno de senescência, levando à redução da produtividade (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Da mesma maneira, irrigações em excesso resultam em altos níveis de nitratos e outros fertilizantes nitrogenados que poluem o ambiente e provocam a contaminação das reservas de água potável. Além disso, o excesso de água é prejudicial à aeração do solo podendo provocar a asfixia das raízes e anormalidades no desenvolvimento das plantas, propiciam o desenvolvimento dos fungos que vivem no solo, contaminando as raízes levando ao apodrecimento, podendo as plantas apresentar sintomas como o amarelecimento das folhas, clorose internerval e escurecimento generalizado das raízes (WHITE e HOLCOMB, 1987).

Os resultados apresentados no presente estudo demonstram que melhores produtividades são obtidas quando se mantém o solo ou diferentes tipos de substratos com teores de água adequados à utilização pelas plantas. Resultados semelhantes foram notados por Pereira et al. (2009) trabalhando com irrigações sobre a cultura do gladiolo, no qual observaram maiores produtividades quando irrigava-se com tensões de 15 kPa, mantendo o solo com umidade próxima da capacidade de campo e com irrigações mais frequentes.

Resultados diferentes foram encontrados por Amorim (2007), que avaliou a produtividade da roseira (cv. Carola) sob diferentes lâminas de irrigação (25, 50, 75 e 100%) com base na evapotranspiração da cultura (ETc) e

um tratamento manejado por meio de tensiômetros e considerando 100% da ETc; a autora obteve maior produtividade com aplicação de lâminas entre 75 e 100% da ETc.

De maneira semelhante, Alves et al. (2008) estudaram a produtividade de roseiras (cv. Akito) cultivadas em vasos e classificadas comercialmente pelos comprimentos da haste de 40, 50 e 60 cm em função de níveis de irrigação correspondentes a 60%, 80%, 100%, 120% e 140% da evaporação do tanque Classe A (ECA). Os autores observaram tendência linear crescente para rendimentos de hastes florais de 40 cm de acordo com o incremento das lâminas de irrigação, verificando melhor produtividade para o tratamento de 140% da ECA; apesar disso, irrigações com 80 e 60% da ECA obtiveram melhores resultados para o número de hastes de 50 e 60 cm, respectivamente, notando um decréscimo nesse quantitativo para níveis de irrigações superiores.

Corroborando, em parte, com os resultados observados neste experimento, Casarini (2000) notou diferenças significativas sobre a produtividade de hastes florais da roseira (cv. Osiana) em função de lâminas percentuais de irrigação dadas pela evaporação (EV) de um tanque reduzido (25, 50, 75, 100 e 125% da EV), cujos valores de produtividade tiveram tendência de crescimento com ajuste polinomial quadrático de acordo com os tratamentos, verificando um incremento em relação ao tratamento de 25% da EV de 42,5; 67,5; 70,0 e 82,5% para as lâminas de 50, 75, 100 e 125% de reposição, respectivamente.

Pereira et al. (2003) observaram crescimento linear de inflorescências na cultura do crisântemo, obtendo melhor produtividade com reposição de 100% da água consumida pela cultura. Do mesmo modo, melhor produtividade foi obtida com 100% de reposição de água para a cultura do gladiolo por Bastug et al. (2006). Rego et al. (2009), avaliando diferentes níveis de irrigação correspondentes a 50, 75, 100 e 125% da evaporação no tanque Classe A (ECA)

sobre a cultura do crisântemo, obtiveram melhores produtividades com lâmina correspondente a 50 e 75% da ECA.

Estudando diferentes lâminas de irrigação (100, 150, 200, 250 e 300%) da evaporação do tanque Classe A (ECA), tanque reduzido (ETR) e evaporímetro de Piché (EVP) sobre a cultura da roseira (cv. Iracema), Cavalcante Júnior (2007) observou os melhores rendimentos da roseira para os tratamentos de 200% da ECA, 150% da ETR e 200% da EVP, denotando que esta cultivar responde positivamente a maiores níveis de irrigação conforme a evaporação dos equipamentos de manejo utilizados.

Devido aos escassos trabalhos relacionados à aplicação de lâminas de irrigação em culturas floríferas e, notadamente, para a cultura da rosa de corte, podem-se comparar os resultados obtidos neste trabalho com outras culturas, principalmente aquelas relacionadas à horticultura, as quais englobam, de igual forma, a cultura da roseira e outras plantas ornamentais.

A partir disso, comparando a queda de produtividade da roseira obtida neste trabalho para maiores deficiências de água no solo, resultados semelhantes foram observados por Simsek et al. (2005) para o pepineiro, onde encontraram a maior produtividade para o tratamento de 100% de reposição de água de irrigação em relação à ETc. Oliveira et al. (2011a) deixaram em evidência o fato de queda na produtividade do pepineiro japonês em relação ao déficit e excesso hídrico aplicado durante o cultivo, obtendo melhores resultados com reposição de água integral. O mesmo foi observado por Ayas e Dermitas (2009) e Ertek et al. (2006) para a cultura do pepineiro; Bilibio et al. (2010) sobre a cultura da berinjela e Gadissa e Chemedda (2009) para a cultura do pimentão, os quais também obtiveram decréscimo da produtividade para menores percentuais de reposição de água no solo.

Com base na evaporação de um tanque reduzido, Wang et al. (2009) concluíram que os tratamentos de 80 e 100% de reposição de água no solo não

mostraram diferença significativa na produtividade do pepineiro, inferindo que a aplicação de 80% da água evaporada pelo tanque reduzido incorre em economia de 14,3% de água de irrigação. Este fato reforça a idéia de que irrigações deficitárias podem ser viáveis no sentido ambiental e técnico-econômico, dependendo da cultura, do clima, da região e da disponibilidade de água para o irrigante.

Tais resultados confirmam os efeitos negativos do manejo inadequado de irrigação descritos na literatura científica (SANTANA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011b; OLIVEIRA et al., 2011c).

Corroborando com aos resultados obtidos neste trabalho para reposição deficitária e excessiva de água no solo na cultura da roseira, Koetz et al. (2008) observaram maior rendimento do tomateiro com lâminas de irrigação que mantiveram a umidade do solo próxima à capacidade de campo (100% de reposição), observando que reposições de água acima e abaixo deste valor resultaram em queda no rendimento. Tal fato também foi encontrado por Santana et al. (2009) para a cultura do feijoeiro.

Pela superfície de resposta apresentada na Figura 7, verifica-se a produtividade em função da interação entre os tratamentos de lâminas de reposição e doses de nitrogênio (W x N). Os valores de produtividade foram ajustados por meio de uma equação na forma polinomial quadrática (Equação 18), obtendo R^2 igual a 90,61%.

$$HP = 1,5871 + 0,2821 \cdot W + 0,0128 \cdot N - 0,0016 \cdot W^2 - 0,0002 \cdot N^2 + 0,0005 \cdot W \cdot N \quad (18)$$

em que:

HP = hastes planta⁻¹;

W = lâminas de reposição (%);

N = doses de nitrogênio (%).

As maiores médias de produtividade, conforme observado na Figura 7, foram obtidas pela combinação de lâminas de reposição próximas a 100% e doses de nitrogênio com aplicação máxima, ou seja, 130%. No entanto, aplicações excessivas de nitrogênio ao solo podem acarretar em salinização, prejudicando a absorção de nutrientes pelas plantas e alterando seu metabolismo. Nas condições do experimento, as plantas podem não ter sido prejudicadas pela salinidade, pois o período experimental foi relativamente curto e, possivelmente, diferenças relacionadas às diferentes doses de nitrogênio poderiam ocorrer em médios e longos períodos.

Em condições salinas, ocorre uma redução na disponibilidade de água, ou seja, com o acúmulo de sais no solo o potencial total da água do solo tende a uma redução, ocasionado pela contribuição do potencial osmótico. Como a água desloca-se do ponto de maior para menor potencial, haverá um maior gasto de energia para a absorção de água e nutrientes, apesar do potencial osmótico não ser similar ao potencial matricial, já que as plantas podem se adaptar diferentemente às condições de salinidade (KERBAUY, 2008).

Segundo Casarini, Folegatti e Silva (2007), a quantidade de fertilizantes a aplicar para qualquer cultura deve ser a mais próxima possível do que é extraído pela mesma, pois existe o risco de salinização do solo devido ao acúmulo de sais na região do sistema radicular.

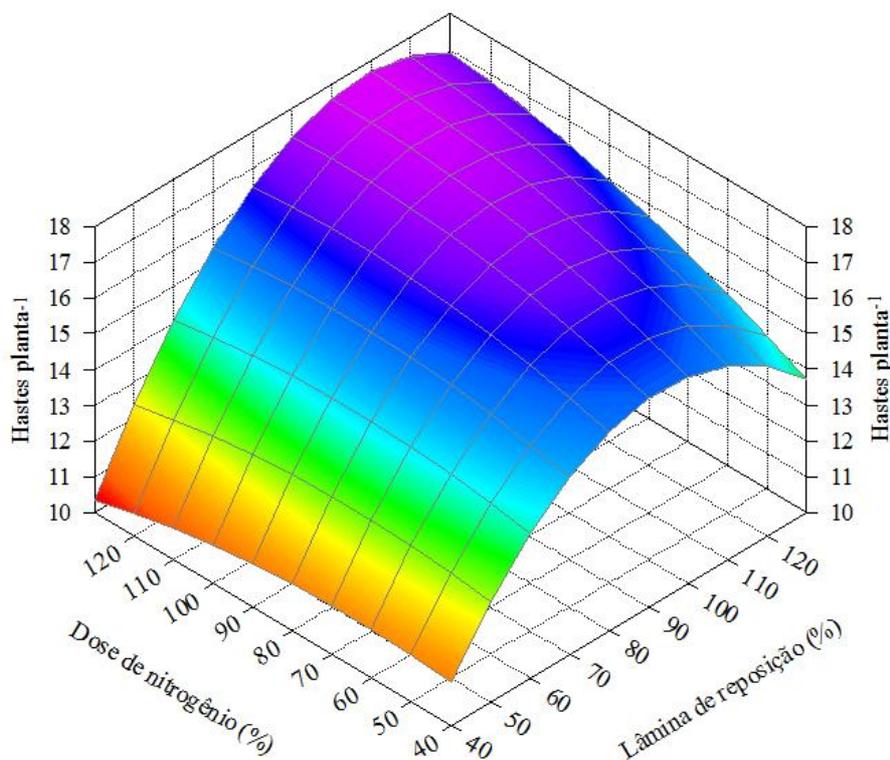


Figura 7 Produtividade em função da interação entre os tratamentos de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio (W x N).

A superfície de resposta apresentada na Figura 7 foi rebatida de maneira a se verificar as respostas de produtividade (hastes planta⁻¹) em função dos eixos componentes em X e Y, ou seja, “Lâminas de reposição *versus* Doses de nitrogênio”, gerando o Gráfico 13. De forma geral, verifica-se que ao tomar como referência a lâmina de 100% de água no solo como sendo aquela que repõe a água de forma integral às plantas, maiores produtividades são obtidas com doses de nitrogênio variando de 97 a 130% em amplitude.

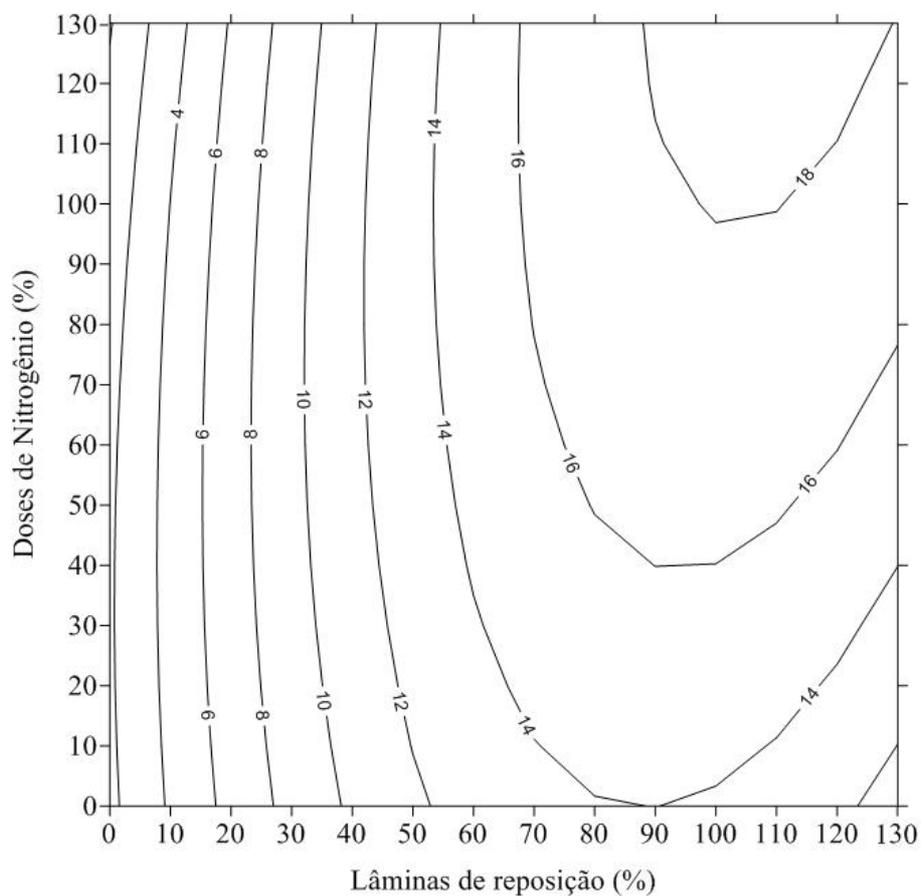


Gráfico 13 Produtividade em função da interação entre os tratamentos de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio (W x N).

A produtividade por área de acordo com os resultados deste experimento apontou valor máximo de 72 hastes $m^{-2} \text{ ano}^{-1}$ para a lâmina de reposição de 100%; no entanto, esse resultado foi obtido com um espaçamento adotado de 0,2 x 1,2 m, considerando 40.000 plantas ha^{-1} , de maneira que não houvesse interferência dos bulbos molhados no solo e as doses de nitrogênio entre as parcelas experimentais, de acordo com os tratamentos.

Fazendo-se uma comparação entre a produtividade obtida com o espaçamento adotado neste experimento e uma possível produtividade utilizando-se o espaçamento de plantio adotado por diversos produtores (0,2 x 0,8 m), encontra-se uma média de 60.000 plantas ha⁻¹ e uma boa produtividade de 108 hastes m⁻² ano⁻¹ com irrigações realizadas de forma a repor 100% da quantidade de água no solo. De forma geral, tal relação aponta apenas uma estimativa de incremento na produtividade, uma vez que o plantio mais adensado pode interferir no êxito da lavoura.

Assim como no Experimento I em relação à boa produtividade da roseira obtida neste trabalho, é importante salientar que a condução da cultura foi realizada sob técnicas de produção integrada, englobando uma série de fatores, como: redução na aplicação de defensivos químicos; monitoramento constante a fim de definir quando aplicá-los; utilização apenas de agrotóxicos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a cultura da roseira; aplicação de defensivos alternativos de forma programada; manejo da fertirrigação adequado e; monitoramento da irrigação conforme as necessidades hídricas da cultura.

4.3.5 Avaliação econômica dos fatores água e nitrogênio

Considerando a hipótese de que L(W) e L(N) possuem um valor máximo de acordo com as Equações 13 e 14, e que a água e o nitrogênio são os únicos fatores variáveis, foram obtidas as máximas produtividades físicas para a cultura da rosa de corte. No entanto, conforme observado na Tabela 22, não houve diferença significativa para as diferentes doses de nitrogênio. Assim, realizou-se esta análise econômica apenas em função do fator água (W), levando em consideração os valores médios de produtividade obtidos dentro de cada dose de nitrogênio.

A função de produção estimada observada no Gráfico 12, para a produção comercial (PC) de hastes florais por planta (Equação 19), foi multiplicada pelo número de plantas por hectare (60.000 plantas) para se obter a produção total (Equação 20). Posteriormente, a equação foi derivada e igualada à zero (Equação 21), obtendo-se, assim, a máxima produção física do fator água (eficiência técnica) para o referido experimento, ou seja, da curva de resposta. Em seguida, igualou-se este indicador econômico à relação de preços entre fator lâmina de água e dúzia de rosas. Como descrito na Equação 22, buscou-se identificar a eficiência econômica do fator água.

$$Y = PC = -0,00000418 \cdot W^2 + 0,01760189 \cdot W - 1,60350385 \quad (19)$$

$$Y = PC = -0,02089831 \cdot W^2 + 88,00943397 \cdot W - 8.017,51924680 \quad (20)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial W} = -0,04179662 \cdot W + 88,00943397 \quad (21)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial W} = -0,04179662 \cdot W + 88,00943397 = \frac{P_W}{P_Y} \quad (22)$$

Observa-se, pelos dados da Tabela 22, que a eficiência técnica do fator água, estimada pelo produto físico marginal (PFMa) da curva de resposta, tem valor inicialmente positivo e decresce à medida que se aumenta a lâmina total de irrigação aplicada ao solo.

Tabela 22 Produto físico marginal (PFMa) do fator água para as diferentes lâminas de irrigação aplicadas

Lâminas de irrigação (mm)	Produto físico marginal (dúzias ha⁻¹)
913,96	53,03
1.502,95	26,80
2.091,95	5,95
2.680,95	-25,66

O PFMa mede o efeito sobre a produção provocado por uma variação unitária no uso do insumo (lâmina de irrigação), mantendo-se inalterados os níveis dos demais insumos. Segundo Leftwich (1997), esta situação é denominada lei de rendimentos decrescentes, em que o aumento da quantidade aplicada de um fator variável, mantido constantes os demais, sempre determina produto físico marginal decrescente depois de certo ponto.

Desse modo, quando o PFMa atinge o valor zero, significa que a lâmina de irrigação aplicada proporcionou a máxima produção física, ou seja, a máxima eficiência técnica do experimento, considerando fator variável lâmina de irrigação, o que representou 84.641,40 dúzias ha⁻¹ aplicando uma lâmina de irrigação de 2.106,59 mm, equivalente a 100,7% de reposição de água no solo. A partir do ponto em que o PFMa apresentou valor nulo (2.106,59 mm), a aplicação de maior lâmina de irrigação conduziu a valores negativos, indicando ser não econômico o uso dessa quantidade de água (utilização excessiva de água).

A lâmina ótima de irrigação para a obtenção da máxima eficiência econômica, que foi calculada igualando-se a expressão do PFMa à relação de preços do fator variável (P_w) e do produto (P_y), como expresso na Equação (22), obteve valor de 2.106,47 mm (106,69% de reposição de água no solo), gerando produção de 84.641,40 dúzias ha⁻¹.

Fazendo-se uma análise comparativa entre a lâmina ótima econômica e a lâmina que gera a máxima produção física, observam-se valores de produção muito próximos. Logo, ao aplicar a lâmina de água que proporcione a máxima produção física, esta poderá ser suficiente para alcançar uma produção economicamente viável, indicando que a irrigação deve ser feita de forma a garantir a manutenção das condições ótimas de umidade no solo. Dessa forma, os custos com irrigação são muito baixos em relação ao lucro resultante para a cultura da roseira.

Valores muito próximos entre a lâmina ótima econômica e a lâmina que gerou a maior produção física foram observados por Silva et al. (2008), Lima Júnior et al. (2010), para a cultura da alface americana irrigada. Resultados semelhantes também foram observados para a cultura do tomate (Koetz et al., 2008), alface crespa (Vilas Boas et al., 2008), feijão (Santana et al., 2009), berinjela (Bilibio et al., 2010), pepino japonês (OLIVEIRA et al., 2011a) e ervilha (OLIVEIRA et al., 2011c). Tal fato deve-se possivelmente ao elevado valor econômico dessas culturas, o que torna maiores os lucros com a aplicação de lâminas de água de forma a manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo.

Em conformidade com a lâmina ótima econômica, a receita total (RT) foi obtida por meio dos valores de cada produção (Y) multiplicada pelo preço da dúzia de rosas (P_y) tomado para a média dos meses de junho de 2011 a maio de 2012. Já o lucro (L) foi gerado da subtração da receita total pelos custos totais (CT), conforme Equação 13, envolvendo os custos dos fatores fixos e os custos com a variação das lâminas de irrigação aplicadas. As funções de receita total, custos totais e lucro são verificados pelas Equações 23, 24 e 25, respectivamente.

$$RT = -0,3388 \cdot W^2 + 1.434,0455 \cdot W - 80.762,3797 \quad (R^2 = 99,65\%) \quad (23)$$

em que:

RT = receita total (R\$);

W = lâmina de irrigação (mm).

$$CT_W = 1,1448 \cdot W + 493.619,5705 \quad (R^2 = 100,00\%) \quad (24)$$

em que:

CT_W = custos totais com aplicação de lâminas de irrigação, incluindo os demais custos do experimento (R\$).

$$L = -0,3388 \cdot W^2 + 1.432,9006 \cdot W - 574.381,9502 \quad (R^2 = 99,65\%) \quad (25)$$

em que:

L = lucro (R\$).

Na Gráfico 14 são explicitados os valores da RT e do L geradas pelas funções de receita, juntamente com a função de custos totais (CT). O lucro obtido por simulação para o máximo retorno econômico neste estudo foi de R\$ 955.568,89, equivalente a uma lâmina de 2.106,47 mm (100,69% de reposição de água no solo), acarretando em uma produção de 84.641,40 dúzias ha⁻¹. Este alto valor obtido no retorno econômico pode ser justificado, uma vez que não foram levadas em conta as perdas físicas no transporte (logística), na recepção e armazenamento do produto na central de abastecimento, dentre outras perdas decorrentes por outros fatores; além disso, considerou-se que 100% da produção resultante no presente estudo foi vendida, não incluindo, além disso, os impostos que incidem sobre a venda de rosas.

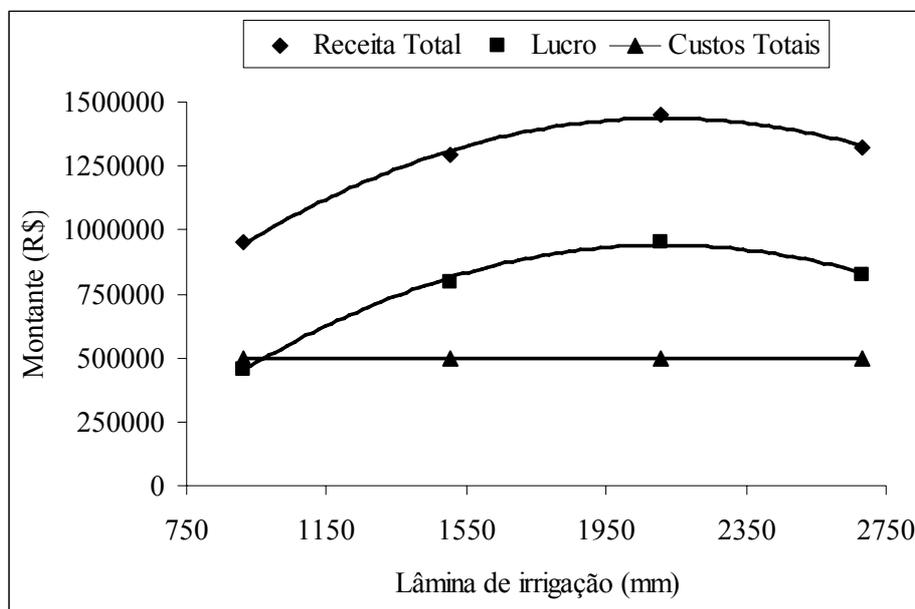


Gráfico 14 Receita total, lucro e custos totais da produção, em função das lâminas de irrigação, de junho de 2011 a maio de 2012

Pelo Gráfico 15, gerado por meio da Equação 22, observa-se que quando a relação P_w/P_Y atinge o valor zero, significa que a lâmina de irrigação aplicada (lâmina ótima econômica) proporcionou, da mesma forma, a máxima produção física, igualando ao valor da produção obtido para o lucro máximo, referente à lâmina de 2.106,47 mm.

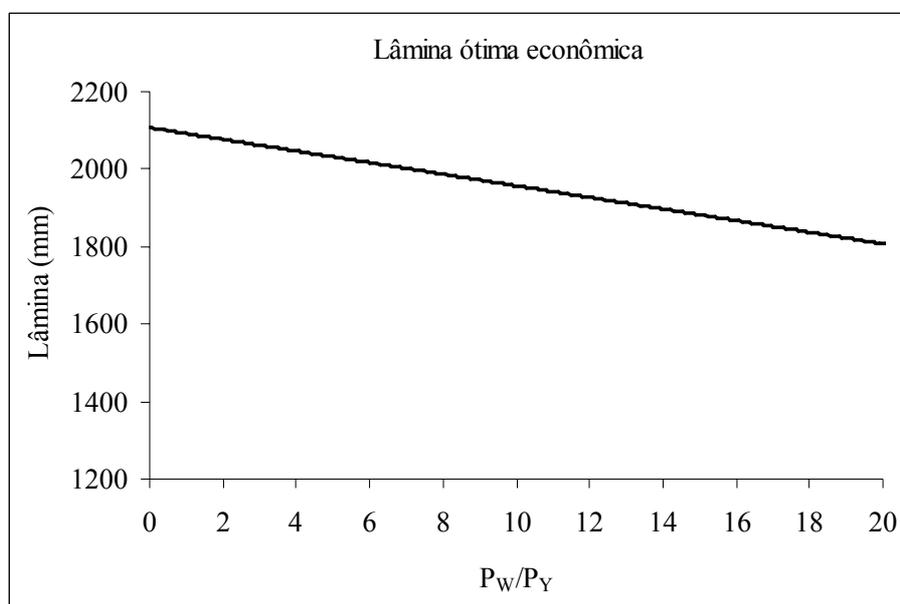


Gráfico 15 Lâmina ótima econômica, em função da relação entre o preço da água (P_W) e o preço da dúzia de rosas (P_Y), para a produtividade comercial

Verifica-se que a lâmina ótima decresce à medida que aumenta a relação entre preços (P_W/P_Y) encontrada neste trabalho (0,067) para a média de (P_Y) durante o prazo analisado. Assim, considerando essa tendência, variando o preço da água e mantendo fixo o preço da dúzia de rosas, a lâmina econômica total de irrigação a aplicar deve ser menor, para que o produtor obtenha o lucro máximo na atividade.

A relação entre P_W/P_Y foi constatada por meio da avaliação do índice sazonal de preços (ISP), indicando a variação dessa relação conforme o mês dentro do período experimental analisado. Esta relação pode ser visualizada por meio da Tabela 23.

O preço da dúzia de rosas oscilou de R\$ 14,59 em abril de 2012 a R\$ 19,36 em junho de 2011, obtendo uma variação de 32,69%. O referido preço do

produto (P_Y) varia de acordo com as datas comemorativas onde a demanda por flores, especialmente rosas, é maior, tais como: dia das mães, dia dos namorados, dia das noivas, dia da mulher, dia da secretária, Natal e Réveillon. Além disso, o preço do produto também aumenta nos meses mais frios do ano (maio, junho, julho e agosto), pois, além de possuírem datas comemorativas, a produção de rosas diminui devido às condições meteorológicas desfavoráveis (fatores sazonais), fazendo com que o preço do produto aumente conforme a maior demanda nesse período.

Tabela 23 Preço da dúzia de rosas, índice sazonal de preços e relação P_W/P_Y , de junho de 2011 a maio de 2012

Mês/ano	Preço dúzia ⁻¹ (R\$)	Índice sazonal de preços	P_W/P_Y
jun/2011	19,36	1,129	0,059
jul/2011	19,26	1,123	0,059
ago/2011	18,39	1,072	0,062
set/2011	16,69	0,973	0,069
out/2011	15,96	0,930	0,072
nov/2011	16,24	0,947	0,070
dez/2011	17,88	1,042	0,064
jan/2012	16,81	0,980	0,068
fev/2012	17,07	0,995	0,067
mar/2012	15,46	0,901	0,074
abr/2012	14,59	0,851	0,078
mai/2012	18,13	1,057	0,063
Média =	17,15	1,000	0,067

Em termos econômicos para este estudo, o índice sazonal de preços associado à relação P_W/P_Y aponta que o preço da água de irrigação é muito baixo em relação ao preço do produto (0,059 a 0,078). Deste modo, pode-se indicar a aplicação da lâmina de irrigação que proporcione a máxima produção física para obtenção do maior lucro durante todos os meses do ano devido ao alto valor de mercado da dúzia de rosas; ou seja, a eficiência técnica da aplicação da lâmina

de irrigação que leva à maior produção física do experimento praticamente se igualou à eficiência econômica desta aplicação.

4.3.6 Eficiência do uso da água

De acordo com o exposto na análise de variância (Tabela 24) para as médias da eficiência do uso da água (EUA) por hectare, diferenças significativas foram encontradas apenas para os tratamentos de lâminas de reposição de água no solo (W), não observando diferenças estatísticas para os tratamentos com diferentes doses de nitrogênio (N) e para a interação entre eles (W x N).

Tabela 24 Análise de variância para as médias da eficiência do uso da água (EUA), em função dos tratamentos

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio
		EUA (hastes ha ⁻¹ mm ⁻¹)
Lâmina (W)	3	188.060,80 *
Bloco	3	4.052,56 ^{NS}
Resíduo 1	9	1.251,73
Nitrog. (N)	3	1.405,70 ^{NS}
W x N	9	2.680,83 ^{NS}
Resíduo 2	36	1.247,89
Média geral		361,88
Coeficiente de variação 1 (%)		9,78
Coeficiente de variação 2 (%)		9,76

*: Significativo, a 1% de probabilidade; ^{NS} Não significativo.

No Gráfico 16 é apresentado a eficiência do uso da água (EUA) para a quantidade de hastes florais comerciais produzidas durante todo o ciclo analisado em função dos tratamentos de lâmina de reposição de água no solo (W).

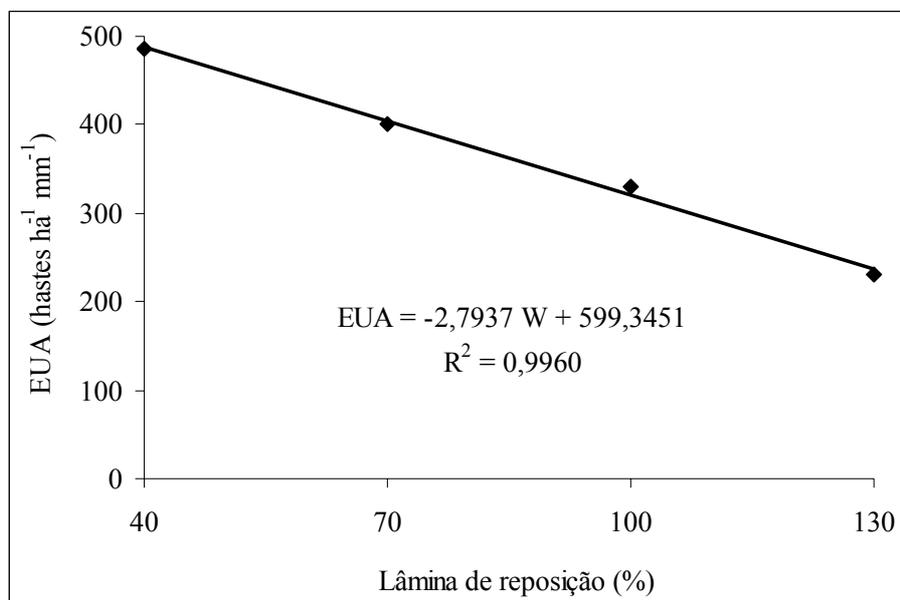


Gráfico 16 Eficiência do uso da água, em função das lâminas de reposição de água

Normalmente o excesso ou déficit hídrico, duas condições que afetam a eficiência do uso da água em sistemas de agricultura irrigada, são limitantes à obtenção de produtividades elevadas e produtos de boa qualidade (PIRES et al., 2007). Entretanto, uma cultura sob déficit hídrico pode apresentar maior valores de EUA.

A melhor eficiência foi obtida com o tratamento irrigado com lâmina de 40% de reposição de água que, na ocasião, não foi aquela que obteve a maior produtividade em relação às demais lâminas. A partir de então, os valores de EUA decresceram de forma linear até a quantidade de 130% de reposição de água no solo. Esses resultados estão de acordo com aqueles observados por Monteiro et al. (2008), que obtiveram redução significativa de forma linear de acordo com o aumento das lâminas de irrigação sobre a cultura do meloeiro.

A EUA relaciona a produção de biomassa ou a produção comercial das plantas pela quantidade de água aplicada, ou seja, representa a forma como o fator (água) contribui para a formação do produto final, sendo esta, uma taxa de conversão. Assim, uma maior EUA acarreta uma maior produção do produto final em função da unidade do fator aplicado. Entretanto, a maior eficiência do uso da água pode não coincidir com a maior rentabilidade econômica da cultura com a aplicação do fator.

O melhor resultado obtido neste trabalho leva à constatação de que a máxima eficiência do uso da água nem sempre é ótima do ponto de vista econômico, uma vez que o custo do insumo água foi pequeno quando comparado aos demais custos. Segundo Frizzone (1986), a cultura deve ser conduzida de forma a se conseguir uma máxima eficiência do uso da água. Entretanto, este índice pode ter pouco significado como indicador econômico.

Em termos econômicos, propõe-se uma eficiência do uso da água como sendo a relação entre o rendimento ótimo econômico e a lâmina total de água ótima econômica, ambas obtidas da função de resposta (produção) da cultura à água. Portanto, a partir dos dados obtidos com este estudo, é aconselhável realizar uma análise econômica criteriosa, a partir da quantidade de água aplicada para a lâmina de 100% de reposição, com a finalidade de se verificar a compensação sobre a obtenção de uma maior produtividade com a utilização de menores lâminas de água no solo, redundando em níveis de aplicações de água de maneira adequada economicamente.

4.3.7 Eficiência do uso do nitrogênio

Conforme observado na análise de variância (Tabela 25) para as médias da eficiência do uso do nitrogênio, houve diferenças significativas para as avaliações em função das lâminas de reposição de água no solo (W) e das doses

de nitrogênio (N), não observando diferenças estatísticas para a interação entre eles (W x N).

Tabela 25 Análise de variância para as médias da eficiência do uso do nitrogênio (EUN), em função dos tratamentos

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio
		EUN (hastes ha ⁻¹ kg ⁻¹)
Lâmina (W)	3	900.312,62 *
Bloco	3	64.511,02 **
Resíduo 1	9	12.270,43
Nitrog. (N)	3	5.352.235,61 *
W x N	9	48.743,61 ^{NS}
Resíduo 2	36	25.969,21
Média geral		1.425,32
Coeficiente de variação 1 (%)		7,77
Coeficiente de variação 2 (%)		11,31

*: Significativo, a 1% de probabilidade; **: Significativo, a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo.

Nos Gráficos 17 e 18 são apresentados, respectivamente, a EUN para a quantidade de hastes florais comerciais produzidas durante o ciclo analisado por quilograma de nitrogênio em função das lâminas de reposição e doses de nitrogênio.

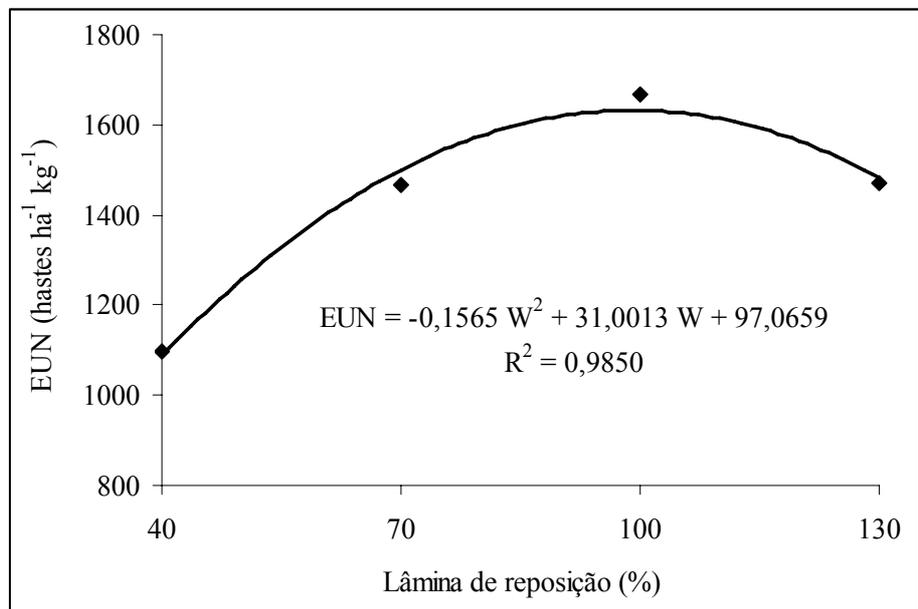


Gráfico 17 Eficiência do uso do nitrogênio, em função das lâminas de reposição de água no solo

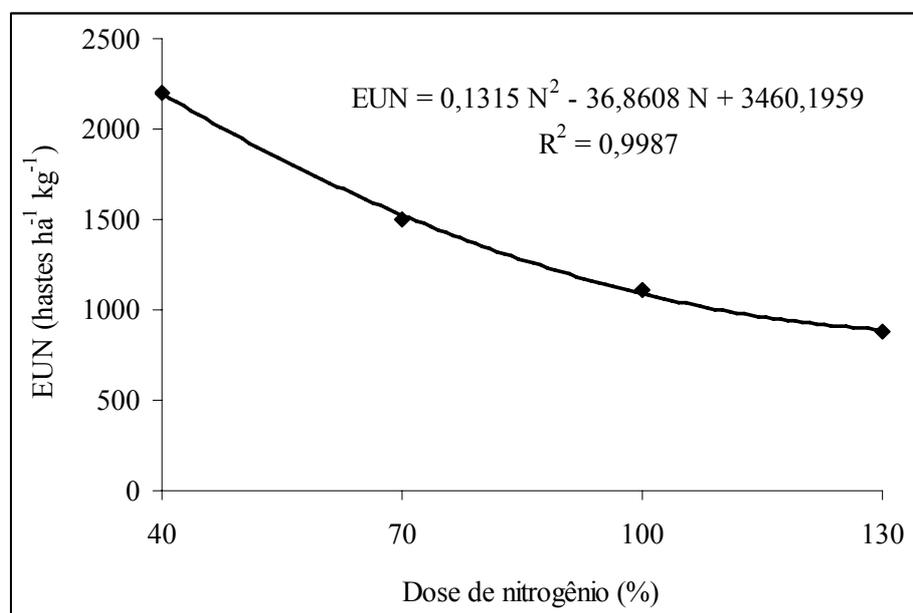


Gráfico 18 Eficiência do uso do nitrogênio, em função das doses de adubação nitrogenada

De forma geral, a eficiência do uso do nitrogênio (EUN) pelas roseiras indica o incremento na produção (hastes) com o acréscimo de uma unidade do fator nitrogênio (kg) para diferentes lâminas de irrigação. O uso destes indicadores de eficiência na resposta das culturas constituem fontes valiosas de informações a serem utilizadas nos modelos de tomada de decisão, permitindo a otimização do uso dos fatores envolvidos na produção.

Verifica-se que a lâmina de reposição (fator água) influenciou no aproveitamento do nitrogênio pela roseira, mostrando que existe uma quantidade adequada de água de irrigação que maximiza a eficiência do uso do nitrogênio. Logo, nota-se que a EUN tendeu a aumentar com o incremento da lâmina de reposição até valores próximos a 100%, decrescendo quando utilizada reposição acima de 100% de água no solo. Segundo Fernández et al. (1998), existem diversos caminhos possíveis para aumentar a eficiência de uso do nitrogênio; um

dos mais simples é a diminuição nas doses de adubos para níveis que sejam produtivos e seguros.

No entanto, a maior eficiência do uso do nitrogênio pode não coincidir com a maior rentabilidade econômica da cultura com a aplicação dos fatores água e nitrogênio. Desse modo, os indicadores de eficiência na resposta das culturas constituem fontes valiosas de informações a serem utilizadas nos modelos de tomada de decisão, permitindo a otimização do uso dos fatores envolvidos na produção.

Os maiores valores de EUN encontrados foram correspondentes a aproximadamente 100% da lâmina de reposição de água no solo e à dose de nitrogênio referente a 40%. Já os menores valores de EUN foram observados para a lâmina de reposição de 40% e 130% de nitrogênio aplicado. Este fato pode ter ocorrido, provavelmente, pela lixiviação do nitrogênio quando utilizada lâmina de água no solo de maneira excessiva, superiores a 100% de reposição.

O comportamento verificado nos Gráficos 17 e 18 demonstra que a lâmina de água tem grande influência na EUN, em que maiores níveis de umidade no solo proporcionados por lâminas de reposição mais altas, possivelmente, conduzem grandes quantidades de nitrogênio para as camadas não acessíveis ao sistema radicular da roseira, de maneira a reduzir o ganho desta com o aumento da dose de nitrogênio, pois grande parte do nitrogênio adicionado é perdida por lixiviação, quando utilizadas lâminas acima do adequado. Resultados semelhantes quanto à resposta da EUN foram notados por Monteiro et al. (2008), variando doses de nitrogênio e lâminas de irrigação para a cultura do meloeiro.

4.4 Experimento III

Os resultados e discussões dos parâmetros avaliados no Experimento III são descritos abaixo.

4.4.1 Evapotranspiração potencial da cultura e de referência

Observa-se, pelo Gráfico 19, que a evapotranspiração potencial da cultura (ETp) teve valor inicial de $0,62 \text{ mm dia}^{-1}$, após o transplântio das mudas em 07/08/2011. Posteriormente, este valor apresentou crescimento gradativo de acordo com o desenvolvimento das roseiras até o dia 26/10/2011 (60 dias após o transplântio - DAT), atingindo uma ETp de $2,01 \text{ mm dia}^{-1}$. Este período pode ser denominado de fase inicial da cultura, partindo do transplântio até o estágio de estabelecimento vegetativo da cultura. Do dia 27/10/2011 até o dia 07/12/2011 (122 DAT) verificou-se a condição de desenvolvimento vegetativo pleno, quando 50% das plantas começaram a produzir hastes comerciais. Após o dia 07/12/2011, data da primeira colheita, as plantas já se encontravam em fase adulta, com bom desenvolvimento e produtividade constante.

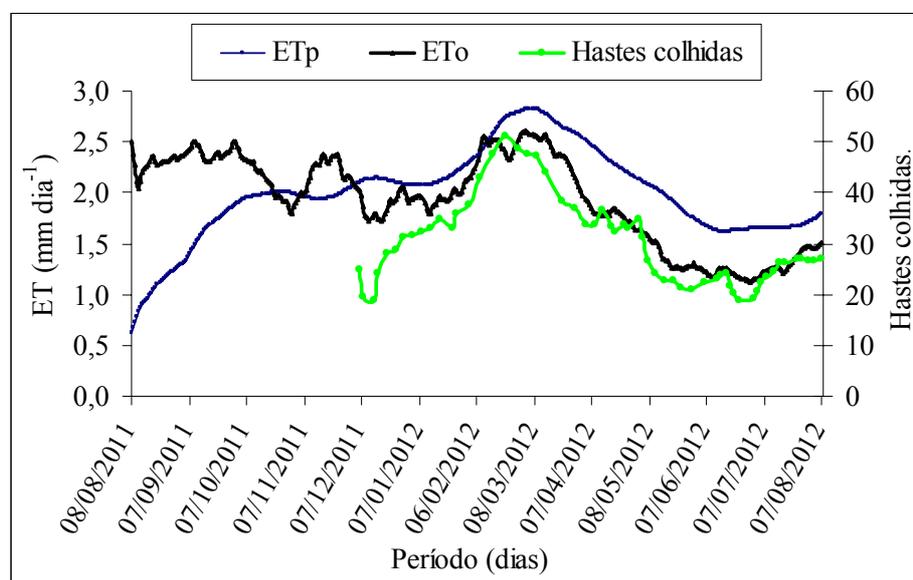


Gráfico 19 Evapotranspiração potencial da cultura (ETp), evapotranspiração de referência (ETo) e hastes florais da roseira em casa de vegetação

No período inicial da cultura houve um aumento da ETp em função do incremento da área foliar e da atividade fisiológica das plantas, fato também observado por Boueri, Martinez e Lunardi (2005) na cultura do cravo-de-defunto, Ferreira (2010) na cultura da melancia, Reis, Souza e Azevedo (2009) na cultura do tomate caqui e Lopes et al. (2011) para o alecrim-pimenta. Adicionalmente, nota-se que no início do ciclo, a evapotranspiração potencial da cultura ocorreu principalmente em função das condições meteorológicas, fazendo com que houvesse uma menor transpiração das plantas e evaporação do solo na condição de ambiente protegido devido à atenuação das condições meteorológicas pela cobertura plástica. A partir dos 122 DAT, a ETp parece ter ocorrido mais em função da área foliar e do desenvolvimento da cultura em relação a produção de hastes florais.

A produtividade obtida durante a condução do experimento foi de 17,2 hastes planta⁻¹ ano⁻¹, as quais obtiveram, como principais parâmetros classificatórios, comprimento médio de 98,35 cm, diâmetro da haste de 7,49 mm, comprimento do botão floral de 56,16 mm e diâmetro do botão floral igual a 38,11 mm, obtendo excelente classificação para venda segundo normas do IBRAFLOR (2000).

A evapotranspiração potencial da cultura foi maior nos períodos mais quentes do ano, quando receberam maiores lâminas de irrigação. Isso pode ser explicado devido à maior disponibilidade hídrica aplicada na área dos lisímetros para que acarretasse a percolação para os pontos de coleta da água drenada, ocasionando maior consumo de água por transpiração e consequente aumento na produção de matéria seca e perda por evaporação devido ao maior teor de água no solo.

Segundo Pereira et al. (1997) e Allen et al. (2006), a ETp tem relação direta com os fatores ligados à cultura, como a espécie ou a variedade da cultura, a fase de desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular, mecanismo de resistência à transpiração, altura e rugosidade do dossel da cultura, cobertura do solo ou índice de área foliar e albedo. Já aqueles ligados a manejo e condições ambientais são os relacionados à salinidade, fertilidade e aplicação de fertilizantes do solo, presença de horizontes de solo duros ou impermeáveis, controle de pragas e doenças, densidade de plantas e cobertura do solo, disponibilidade de água no solo e método de irrigação.

Verifica-se, ainda pelo Gráfico 19, que a ETp variou quando as colheitas se iniciaram a partir de 07/12/2011. Pode-se notar que quando as plantas estavam produzindo hastes florais, seu consumo de água foi maior, até que se colhiam as mesmas. As plantas com baixo número de hastes em ponto de colheita ou em desenvolvimento consumiam menos água, influenciando

diretamente na ETp. Quando se dava início ao processo de crescimento de novos ramos, a ETp começava a aumentar novamente e, assim, sucessivamente.

Cabe ressaltar que a ETp não depende apenas do estágio fenológico das roseiras, mas também das condições meteorológicas as quais estão sujeitas, tais como, e, principalmente, a temperatura, umidade relativa, vento e a radiação solar global no interior da casa de vegetação. No entanto, a evapotranspiração de referência (ETo) teve seus valores influenciados exclusivamente pelas condições meteorológicas na casa de vegetação pois, neste caso, utilizou-se uma estação meteorológica automática para efetuar seu cálculo diário.

Os Gráficos 20, 21, 22 e 23 demonstram, por meio de gráficos, a influência das variáveis meteorológicas principais na ETo e ETp, sendo elas as médias da temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e a radiação solar global, respectivamente.

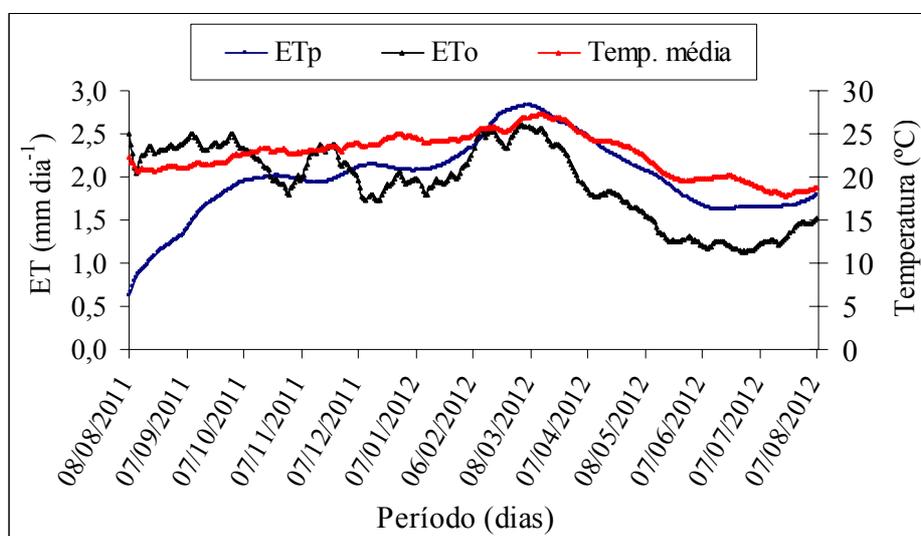


Gráfico 20 Evapotranspiração potencial da cultura (ETp), evapotranspiração de referência (ETo) e temperatura média do ar na casa de vegetação

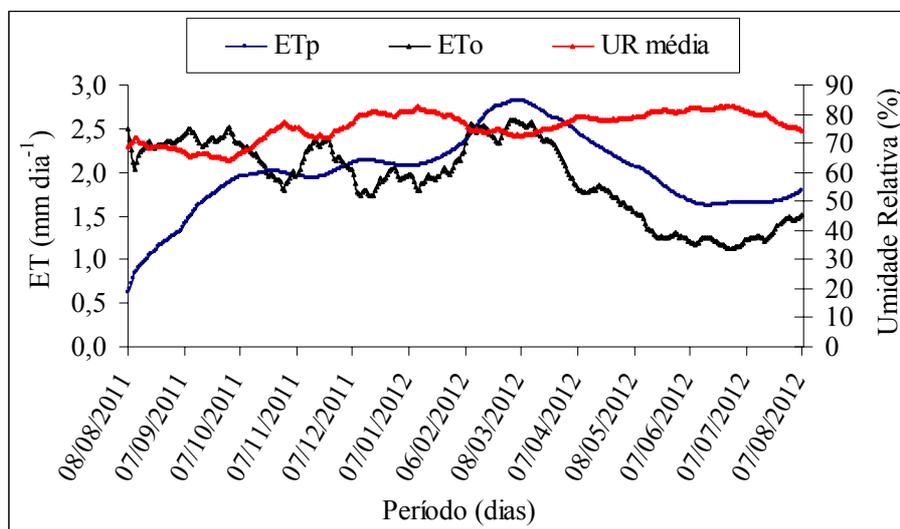


Gráfico 21 Evapotranspiração potencial da cultura (ETp), evapotranspiração de referência (ETo) e umidade relativa média do ar na casa de vegetação

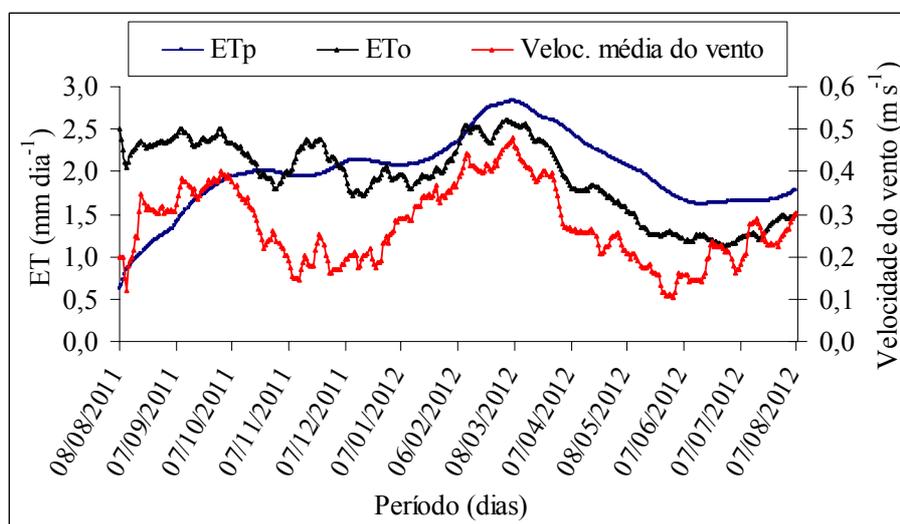


Gráfico 22 Evapotranspiração potencial da cultura (ETp), evapotranspiração de referência (ETo) e velocidade média do vento na casa de vegetação

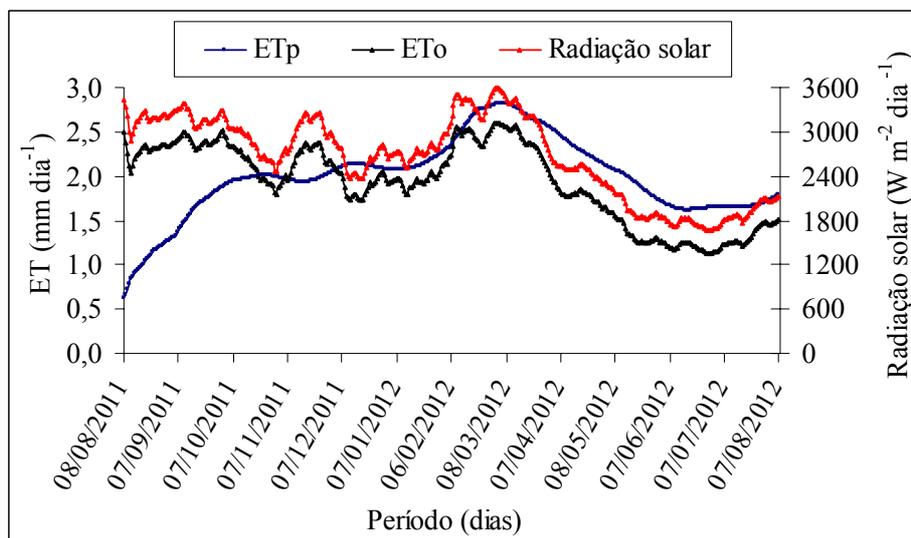


Gráfico 23 Evapotranspiração potencial da cultura (ETp), evapotranspiração de referência (ETo) e radiação solar global diária na casa de vegetação

A temperatura do ar (Gráfico 20), aparentemente, não influenciou de forma concreta tanto a ETp quanto a ETo durante o período do transplântio até os 213 DAT (07/03/2012), uma vez que não pode-se observar uma correlação entre a temperatura e a evapotranspiração. Apenas a partir dos 213 DAT, pode-se verificar, de maneira concisa, uma relação de decréscimo da evapotranspiração (ETp e ETo) de acordo com a temperatura dentro da casa de vegetação, o que, no entanto, pode estar associado ao efeito de outros parâmetros climatológicos conjuntos. Este fato pode ser um indicio que corrobora com a afirmativa de Allen et al. (2006), que não consideram a temperatura do ar um dos principais fatores que afetam a evapotranspiração, mas sim, a radiação solar, a umidade do ar e a velocidade do vento. Entretanto, Cunha e Escobedo (2003) afirmam que quanto maior a energia solar, a

temperatura do ar, a velocidade do vento e menor for a umidade relativa, maior também será a taxa de evapotranspiração.

Observa-se que a umidade relativa (Gráfico 21), velocidade do vento (Gráfico 22) e, sobretudo, a radiação solar global (Gráfico 23), influenciaram a ETo durante todo o ciclo da cultura analisado. Na medida em que a umidade relativa decresce, a ETo aumenta, e vice-versa; contrariamente, a ETo acompanha a amplitude da radiação solar. Após os 60 DAT, verifica-se que a umidade relativa e a radiação solar global foram os parâmetros climatológicos que influenciaram de forma majoritária a ETp. Reis, Souza e Azevedo (2009) afirmam que um dos fatores mais influentes dos elementos que compõem a casa de vegetação é a radiação solar, fonte básica para evaporação de água de superfície.

Em relação ao vento, nota-se, neste caso que, em casa de vegetação sem ventilação forçada, tal parâmetro teve pouco índice de expressão, uma vez que as barreiras proporcionadas pelas telas laterais de sombreamento constantes e as barreiras esporadicamente geradas pelas cortinas laterais de plástico quando estas eram baixadas impediam a ação do vento em maior magnitude.

Segundo Guiselini et al. (2007), problemas relacionados ao vento no interior de ambientes protegidos são quase sempre associados a baixa velocidade em relação ao ambiente externo, uma vez que o vento é responsável pela renovação de ar em torno das folhas, o que eleva a condutância aerodinâmica e resulta em valores superiores de transpiração. Boueri e Lunardi (2006) observaram que as médias diárias de velocidade do vento a 2,0 m de altura em ambiente protegido com cravo-de-defunto foi de $0,41 \text{ m s}^{-1}$, onde as médias de $1,67 \text{ m s}^{-1}$ foram encontrados no campo, confirmando o efeito protetor.

Observa-se que a ETp média se manteve menor que a ETo até os 120 DAT, quando, predominantemente, passou a ter valores superiores (Gráfico 23). Tal fato deve-se à pequena área foliar observada na cultura, o que gerava uma

pequena cobertura do solo pela folhagem, conjugada com a pequena área molhada pelos gotejadores na superfície do solo. Essa pequena área para evaporação era efetivamente mais reduzida, uma vez que parte dessa área molhada pelos gotejadores que estava junto às plantas era coberta pela folhagem e, portanto, não recebia radiação solar diretamente. Provavelmente, tal fato proporcionou taxas de evaporação e de transpiração que somadas resultaram em valores de ET_p inferiores aos das taxas de ET_o .

As referidas observações podem ser visualizadas por meio das Figuras 8 A e B, nas quais mostram o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, da área foliar, na área experimental aos 20 e 100 DAT, respectivamente.

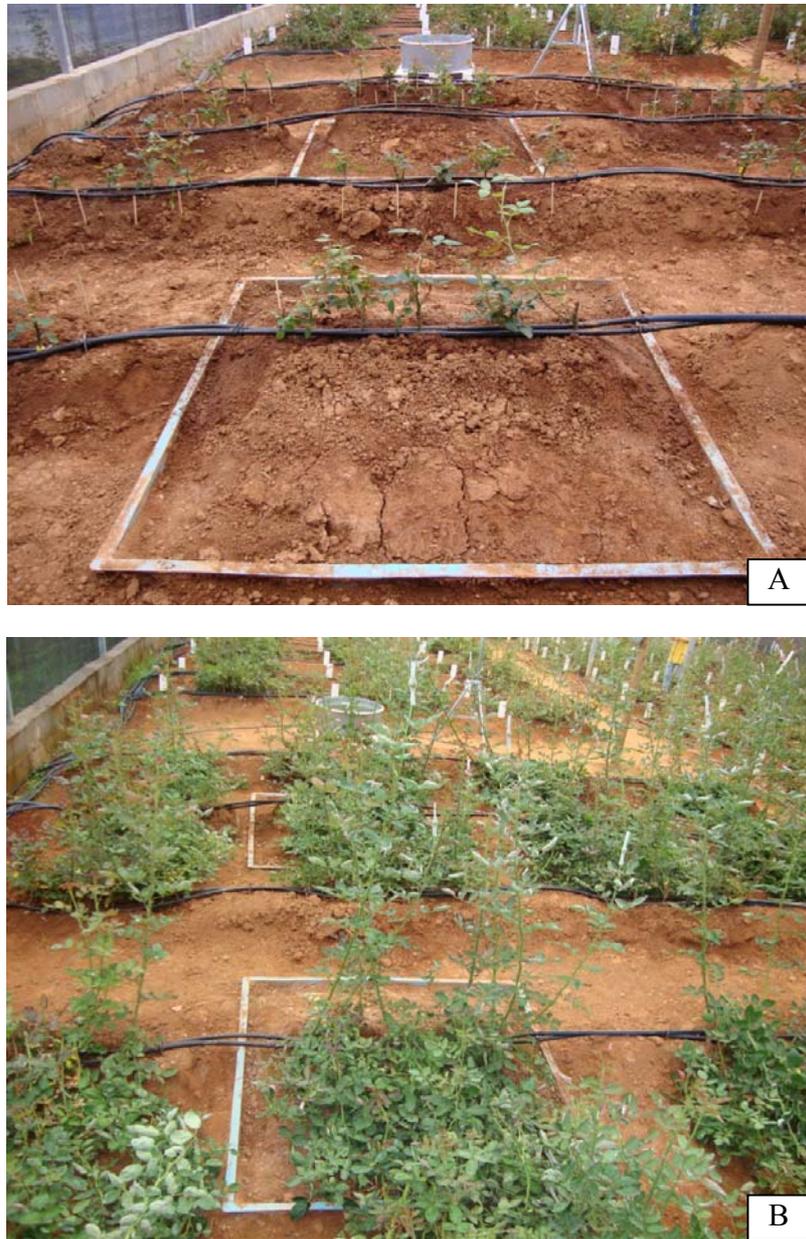


Figura 8 Área foliar e desenvolvimento das plantas aos 20 DAT (A) e 100 DAT (B)

Por meio das Tabelas 26 e 27, podem ser verificados, respectivamente, os valores médios e os valores totais de E_{Tp}, E_{To} e lâmina de irrigação, conforme o intervalo após o transplântio das mudas de roseiras.

Tabela 26 Valores médios de E_{Tp}, E_{To} e lâmina de irrigação em função do tempo (dias após o transplântio - DAT)

DAT (dias)	E_{Tp} (mm dia⁻¹)	E_{To} (mm dia⁻¹)	Lâmina (mm dia⁻¹)
30	1,06	2,30	2,64
60	1,70	2,40	2,54
90	1,98	2,07	2,74
120	1,98	2,21	2,90
150	2,11	1,88	2,78
180	2,14	1,96	2,94
210	2,61	2,45	3,53
240	2,70	2,38	3,28
270	2,31	1,78	2,90
300	1,93	1,38	2,58
330	1,64	1,20	2,36
366	1,68	1,33	2,42
Média	1,99	1,94	2,80

Quanto maior a camada superficial seca do solo, menor é o conteúdo de água dessa camada e menor é a taxa de evaporação através da superfície do solo. Essa redução da taxa evaporativa é causada pelo forte aumento da resistência à difusão de vapor d'água das camadas mais profundas para a superfície do solo e desta para a atmosfera (REICHARDT e TIMM, 2004a; b; LIBARDI, 2005; ALLEN et al., 2006).

Os valores de evapotranspiração potencial da cultura (E_{Tp}) encontrados para a roseira e a evapotranspiração de referência (E_{To}) podem comprovar que a utilização de ambientes protegidos condiciona modificações micrometeorológicas em relação ao ambiente externo, pelo fato de ocorrer uma redução da incidência da radiação solar direta sobre as plantas devido a difusividade da cobertura plástica e pelas condições de temperatura, umidade

relativa do ar e velocidade do vento, que são os principais fatores condicionantes da evapotranspiração. O mesmo foi relatado por Andrade Júnior et al. (2011), Dalmago et al. (2006), Guiselini et al. (2010) e Reis, Souza e Azevedo (2009), os quais afirmam que o consumo de água das culturas em ambientes protegidos deve ser menor do que em condições de campo. Pivetta et al. (2010) atribuem esta mudança principalmente para a opacidade parcial provocada pelo ambiente protegido, a radiação solar e a redução do vento.

Tabela 27 Valores totais de ETp, ETo e lâmina de irrigação em função do tempo (dias após o transplantio - DAT)

DAT (dias)	ETp (mm mês ⁻¹)	ETo (mm mês ⁻¹)	Lâmina (mm mês ⁻¹)
30	31,91	69,06	79,16
60	50,99	72,12	76,18
90	59,53	62,11	82,11
120	59,29	66,35	87,09
150	63,32	56,41	83,49
180	64,28	58,82	88,10
210	78,44	73,46	105,82
240	80,95	71,33	98,35
270	69,22	53,39	87,14
300	58,04	41,28	77,45
330	49,29	35,99	70,68
366	60,38	47,73	87,33
Total	725,64	708,05	1022,89

4.4.2 Coeficiente de cultura

No Gráfico 24 está representado o comportamento do coeficiente de cultura (Kc) determinado para a roseira em casa de vegetação. O Kc apresentou um valor médio de 0,59 na fase inicial, do transplantio das mudas até o crescimento vegetativo das plantas, aos 60 DAT. Posteriormente, houve um rápido aumento do Kc, até atingir um valor médio de 0,91 durante a fase vegetativa (122 DAT). Pode-se observar picos de 1,31 e 1,36 no valor do Kc

durante o período de formação das inflorescências na fase adulta das plantas próximos ao final do período de análise.

De forma geral, o valor do Kc variou em decorrência das fases fenológicas da cultura e o período do ano, dadas as condições meteorológicas dentro da casa de vegetação. Em conformidade com essas notações, Allen et al. (2006) e Medeiros, Arruda e Sakai (2004) relatam que o Kc é variável de acordo com o estágio fenológico da cultura, podendo atingir, por exemplo, valor superior à unidade na fase reprodutiva de muitas culturas.

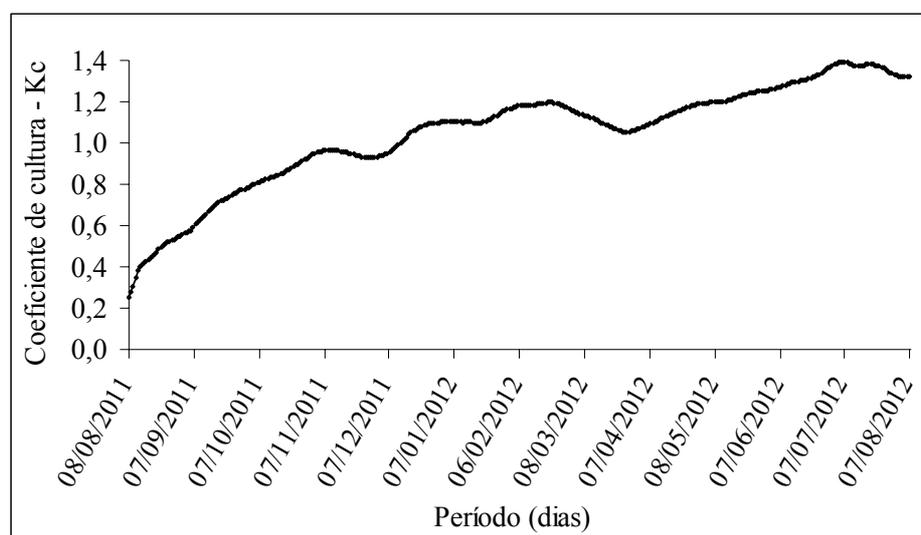


Gráfico 24 Coeficiente de cultura (Kc) para o cultivo da roseira em casa de vegetação

Para efeito do cálculo dos coeficientes de cultura (Kc) médios, o ciclo da roseira foi dividido em quatro fases fenológicas, definidas de acordo com a metodologia de Doorenbos e Pruitt (1976) adaptada para a situação deste trabalho, sendo: I) fase vegetativa – do transplântio das mudas até o crescimento vegetativo com o surgimento de hastes comerciais em 50% das plantas; II) fase

produtiva – do fim da fase inicial até a duração útil da fase de plena produção da cultura; III) fase final – fim do ciclo útil da cultura.

Devido a cultura não ter atingido seu último estágio de desenvolvimento (fase III), foram utilizados, para efeito do cálculo do coeficiente de cultivo (Kc), apenas as duas primeiras fases, pois o período de análise compreendeu 12 meses e o ciclo da cultura da rosa pode perdurar por até sete anos (Nau, 2011). A mesma observação também foi explicada por Lopes et al. (2011) para a cultura do alecrim-pimenta.

Pela Tabela 28 podem ser observados os valores médios do coeficiente de cultura (Kc) conforme as fases fenológicas identificadas dentro do intervalo após o transplântio das mudas de roseiras. Fazendo-se uma média dos valores de Kc para as diferentes fases fenológicas da cultura, obtém-se um valor médio de 0,75 na fase vegetativa e 1,18 durante a fase produtiva analisada.

Tabela 28 Coeficiente de cultura (Kc) e fases fenológicas da roseira em função do tempo (dias após o transplântio - DAT)

DAT (dias)	Fase fenológica	Kc
30	Vegetativa	0,47
60	Vegetativa	0,72
90	Vegetativa	0,88
120	Vegetativa	0,95
150	Produtiva	1,05
180	Produtiva	1,12
210	Produtiva	1,18
240	Produtiva	1,09
270	Produtiva	1,14
300	Produtiva	1,22
330	Produtiva	1,31
366	Produtiva	1,36

São poucas as informações de pesquisas que relatam coeficientes de cultura (Kc) de plantas ornamentais, e, além disso, os valores são bastante

discrepantes para demonstrar a variabilidade observada entre os valores de K_c para comparação. Nesta conformidade, os valores médio de K_c observados neste estudo durante a fase vegetativa e produtiva aproximam-se daqueles reportados por Gomes et al. (2006), em ambiente protegido para a cultura da helicônia, valores médios de 0,88 e 1,23 para as fases vegetativa e floração (produtiva), respectivamente. Do mesmo modo, Gomes et al. (2008) obtiveram valores médios de 0,72 e 1,07 nas referidas fases da cultura da alpínia. Valores de coeficiente de cultura iguais a 0,48; 0,87 e 1,15 para o cravo-de-defunto nas fases inicial, desenvolvimento vegetativo e floração, respectivamente, foram encontrados por Boueri, Martinez e Lunardi (2005) em condições de ambiente protegido.

Lopes et al. (2011) notaram que o K_c variou ao longo dos estádios de desenvolvimento do alecrim-pimenta, observando valores médios de 0,98 na fase inicial, 1,20 no desenvolvimento vegetativo e 1,52 no florescimento.

Os valores de coeficiente de cultura obtidos neste estudo podem estar correlacionados com a diferenciação das exigências hídricas durante as fases fenológicas da roseira em casa de vegetação, que ainda não foram determinados por outros estudos. Desse modo, ressalta-se a necessidade de amplas pesquisas a respeito dos estágios de desenvolvimento da cultura em questão levando-se em consideração as condições climatológicas regionais. Dessa maneira, ainda pode-se salientar que os valores de K_c se alteram também com a cultivar, sistema de irrigação, tipo e cobertura do solo, método de estimativa de E_{To} adotado e o manejo da cultura que, neste caso, foi realizado sob técnicas de produção integrada (PI).

4.4.3 Evaporação e coeficiente do tanque reduzido

Verifica-se, por meio da Tabela 29, os valores médios e os valores totais da evaporação do tanque reduzido (EVtr) e os valores médios do coeficiente do tanque reduzido (Ktr), conforme o intervalo após o transplântio das mudas de roseiras.

Tabela 29 Evaporação média (EVtr média) e total (EVtr total) do tanque reduzido e coeficiente médio do tanque reduzido (Ktr) em função do tempo (dias após o transplântio - DAT)

DAT (dias)	EVtr média (mm dia ⁻¹)	EVtr total (mm mês ⁻¹)	Ktr médio
30	3,06	91,67	0,74
60	3,40	101,99	0,74
90	2,79	83,83	0,72
120	3,00	90,10	0,75
150	2,55	76,57	0,73
180	2,62	78,51	0,75
210	3,59	107,84	0,72
240	3,63	108,80	0,66
270	2,68	80,26	0,66
300	1,91	57,31	0,69
330	1,60	47,94	0,75
366	1,86	66,84	0,73

A evaporação média do tanque reduzido (EVtr) variou entre 1,60 e 3,63 mm dia⁻¹ durante o período de estudo, obtendo média geral igual a 2,72 mm dia⁻¹; já a EVtr acumulada durante os 12 meses de avaliação foi igual a 991,67 mm ano⁻¹.

O Ktr variou entre 0,65 e 0,77, apresentando um valor médio durante todo o período igual 0,72. Desse modo, pode-se inferir que a evapotranspiração de referência (ET_o) calculada para as condições em casa de vegetação deve corresponder a 72% da evaporação do tanque reduzido; além disso, a evaporação

do tanque reduzido superestimou a ETo em 38,9% de acordo com as condições meteorológicas durante o experimento.

O Gráfico 25 representa o comportamento do coeficiente do tanque reduzido (Ktr) determinado durante o período analisado em casa de vegetação. Observa-se que o Ktr varia de acordo com a evaporação do tanque reduzido (EVtr) e a evapotranspiração de referência (ETo) calculada pela estação meteorológica automática.

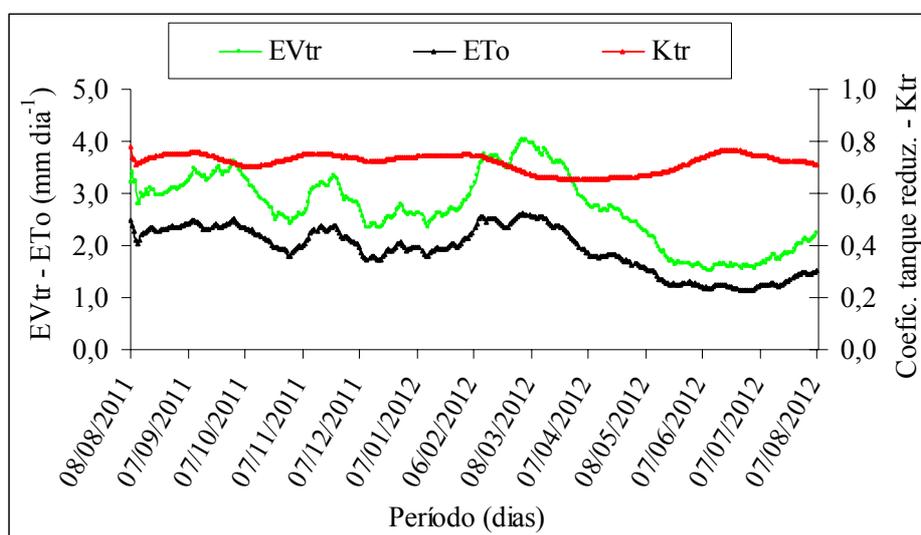


Gráfico 25 Evaporação do tanque reduzido (EVtr), evapotranspiração de referência (ETo) e coeficiente do tanque reduzido (Ktr) em casa de vegetação

5 CONCLUSÕES

Experimento I:

- a) Os parâmetros qualitativos das hastes florais da roseira não foram influenciados negativamente com o aumento das tensões de água no solo.
- b) A produtividade da roseira decresceu com as tensões aplicadas durante o período analisado, observando-se maiores valores para irrigações com tensões de 15 e 30 kPa e menor valor para a tensão de 120 kPa.
- c) O preço médio da dúzia de rosas é rentável para a produção da roseira sob diferentes tensões, cobrindo os custos totais médios (CTMe) de produção.
- d) Para uma melhor lucratividade, irrigações com tensões de água no solo de 15 e 30 kPa podem ser recomendadas.
- e) O cultivo de rosas sob sistema de produção integrada (SPI) pode ser indicado, uma vez que obteve boas produtividades com a redução dos custos variáveis médios (CVMe) para as diferentes tensões de água no solo.

Experimento II:

- a) Os parâmetros qualitativos das hastes florais da roseira foram influenciados com o aumento das lâminas de reposição de água no solo.
- b) As diferentes doses de nitrogênio não afetaram os parâmetros qualitativos das hastes florais.

- c) A produtividade da roseira apresenta redução pelo déficit e excesso hídrico, obtendo os maiores valores com a reposição de 100% de água no solo.
- d) A lâmina de reposição integral de água no solo (100%) obteve melhores produtividades para doses de nitrogênio iguais ou superiores a 100%.
- e) A lâmina de 1.977,07 mm proporcionou a maior produção física, retratada pela eficiência técnica do experimento.
- f) A lâmina que proporcionou a maior eficiência técnica resultou em uma produção praticamente idêntica àquela obtida com a lâmina que proporcionou a eficiência econômica, no valor de 1.976,95 mm.
- g) O cultivo de rosas sob sistema de produção integrada (SPI) pode ser indicado, uma vez que obteve boas produtividades e rentabilidade quando mantém-se a umidade no solo próxima a capacidade de campo e aplicando-se doses de nitrogênio em níveis adequados à cultura.

Experimento III:

- a) A evapotranspiração potencial da cultura (ETp) e a evapotranspiração de referência (ETo) tiveram sua amplitude alterada principalmente devido a umidade relativa e radiação solar.
- b) O coeficiente de cultura (Kc) apontou valores médios de 0,75 na fase vegetativa e 1,18 durante a fase produtiva analisada, necessitando de amplas pesquisas para a verificação do comportamento deste parâmetro durante a vida útil da roseira.
- c) O coeficiente do tanque reduzido (Ktr) médio observado durante a condução do experimento foi igual a 0,72.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C. et al. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 671-679, dez. 2009.
- ALENCAR, C. A. B. et al. Produção de capins cultivados sob pastejo em diferentes lâminas de irrigação e estações anuais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 680-686, dez. 2009.
- ALLEN, R. G. et al. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estudio FAO Riego y Drenaje, 56).
- ALMEIDA, E. F. A. **Conservação pós-colheita de copo-de-leite**. 2005. 100 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: dinâmica produtiva a agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000. 100 p.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate, produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, 2004. 400 p.
- ALVES, A. M. et al. Efeitos de níveis de irrigação sobre a cultura da rosa. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 152-159, abr./jun. 2008.
- ALVES, A. M. **Produtividade da roseira sob diferentes níveis de irrigação, volumes de substrato e número de drenos por vaso**. 2006. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- AMORIM, D. M. B. **Cultivo protegido de roseiras sob diferentes lâminas de irrigação no Agreste – PE, Brasil**. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. Climate variations in greenhouse cultivated with gerbera and relationship with external conditions. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 5, p. 857-867, set./out. 2011.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; KLAR, A. E. Produtividade de alface em função do potencial matricial de água no solo e níveis de irrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 27-31, 2003.

ANDRIGUETO, J. R. et al. Produção integrada de frutas e sistema agropecuário de produção integrada no Brasil. In: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 1008 p.

ARAUJO, J. S. et al. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 152-157, 2009.

ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 664 p.

AYAS, S.; DEMIRTAS, C. Deficit irrigation effects on cucumber (*Cucumis sativus* L. Maraton) yield in unheated greenhouse condition. **Journal of Food Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 7, n. 3-4, p. 645-649, July/Oct. 2009.

BAÑÓN ARIAS, S. et al. La Rosa. In: _____ **Gerbera, Lilium, Tulipán y Rosa**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. Cap. 4, p. 202-250.

BARBOSA, J. G. et al. Cultivo de rosas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 20-29, 2005.

BARBOSA, J. G. et al. Cultivo de rosas. In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 675-682.

BARBOSA, J. G. et al. Nutrição mineral e adubação de plantas ornamentais. In: Floricultura: tecnologias, qualidade e diversificação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 249, p. 16-21, mar./abr. 2009.

BARBOSA, J. G. **Produção comercial de rosas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. 200 p.

BARGUIL, B. M.; VIANA, F. M. P.; MOSCA, J. L. Características morfológicas e fitossanitárias de variedades de roseira na etapa de classificação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 7, p. 1545–1549, jul. 2010.

BASTUG, R. et al. The effects of drip irrigation on flowering and flower quality of glasshouse gladiolus plant. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 81, n. 1-2, p. 132–144, 2006.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.

BILIBIO, C. et al. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 730–735, 2010.

BILL, S. Efficient fertilizer. **Rainfall plant food use**. Oklahoma. Disponível em: <<http://www.rainbowplantfood.com/agronomics/efu/fertigation.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2009.

BLAINSKI, E. et al. Intervalo hídrico ótimo num nitossolo vermelho distroférico irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 273-281, 2009.

BOUERI, M. A.; LUNARDI, D. M. C. Avaliação de elementos agrometeorológicos no cultivo do cravo-de-defunto (*Tagetes* sp.) em ambiente protegido e a campo. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.21, n.3, p.45-54, 2006.

BOUERI, M. A.; MARTINEZ, R. A.; LUNARDI, D. M. C. Medidas da evapotranspiração (ETc) e coeficiente de cultura (Kc) do cravo-de-defunto dentro e fora de ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 2, p. 155-165, maio/jul. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Guanabara)**. Rio de Janeiro: Escritório de Meteorologia, 1969. v. 3, 98 p.

CABALLERO, M.; MANSITO, P.; ZIESLIN, N. Water use and crop productivity of roses growing on volcanic lapilli (picon) in Canary Islands. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 424, p. 41-44, 1996.

CABELLO, F. P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 511 p.

CABRERA, R. I. Evaluating yield and quality of roses with respect to nitrogen fertilization and leaf nitrogen status. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 511, p.133- 141, 2000.

CABRERA, R. I.; EVANS, R. Y.; PAUL, J. L. Nitrogen partitioning in rose plants over a flowering cycle. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, n. 63, p. 67-76, 1995.

CADAHÍA, C. et al. Differences in nutrient uptake of four rose cultivars in sand culture. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 458, p. 335-341, 1998.

CAMACHO, M. J. et al. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 19-24, 1995.

CANÇADO JÚNIOR, F. L.; PAIVA, B. M.; ESTANISLAU, M. L. L. Perspectivas para exportação de flores e plantas ornamentais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 96-102, 2005.

CARDOSO, G. B. et al. Determinação da ET de referência pela razão de Bowen com psicrômetros instalados a diferentes alturas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 1, p. 16-23, 2005.

CARRIJO, O. A. et al. Tendências e desafios da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. Cap. 1, p. 155-169.

CARVALHO, J. A. et al. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 569–574, 2011.

CASARINI, E. **Doses de N e K aplicados via fertirrigação na cultura da roseira (*Rosa sp.*) em ambiente protegido**. 2004. 101 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

CASARINI, E.; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, E. F. F. Produtividade da roseira em função de doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação em ambiente protegido. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 19, n. 3, p. 250-256, jul./set. 2007.

CASARINI, E. **Manejo da irrigação na cultura da roseira cultivada em ambiente protegido**. 2000. 66 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.

CAVALCANTE JÚNIOR, J. A. H. **Efeitos de níveis de irrigação na cultura da roseira variedade “Iracema” cultivada em ambiente protegido**. 2007. 57 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

CHIMONIDOU-PAVLIDOU, D. Effect of water stress at different stages of rose development. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 424, p. 45-51, 1996.

CHIMONIDOU-PAVLIDOU, D. Irrigation and sensitive stages of rose development. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 481, p. 393-401, 1999.

CHIMONIDOU-PAVLIDOU, D. Malformation of roses due to drought stress. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 99, n. 1-2, p. 79-87, 2004.

CHIMONIDOU-PAVLIDOU, D. Yield and quality of rose ‘Madelon’ as affected by four irrigation and three shading regimes. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 458, p. 95-102, 1998.

CLARO, D. P.; SANTOS, A. C.; CLARO, P. B. O. Um diagnóstico do agregado da produção de flores do Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 9-15, 2001.

COELHO, E. F. et al. Fertirrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 259, p. 58-70, 2010.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999.

CUNHA, A. R.; ESCOBEDO, J. F. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 15-26, 2003.

DALMAGO, G. A. et al. Evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 785-792, 2006.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1976. 194 p. (Estudio FAO: Riego y Drenaje, 24).

DOURADO NETO, D. et al. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 191-192, 2000.

DUZDEMIR, O.; KURUNK, A.; UNLUKARA, A. Response of pea (*Pisum sativum*) to salinity and irrigation water regime. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, Sofia, v. 15, p. 400-409, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

ENDRES, L. et al. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 11-16, 2010.

ERTEK, A. et al. Irrigation scheduling based on pan evaporation values for cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under field conditions. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 81, n. 1-2, p. 159-172, Mar. 2006.

EYMAR, A. E.; LÓPEZ VELA, D.; CADAHÍA LÓPEZ, C. Fertirrigacion de coníferas y rosas, In: CADAHÍA LOPEZ, C. **Fertirrigacion: cultivos hortícolas y ornamentales**, Madrid: Mundi-Prensa, 1998. Cap. 2, p. 417-463.

FARIAS, J. R. B. et al. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocado pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 51-62, 1993.

FARIAS, M. F.; SAAD, J. C. C. Crescimento e qualidade de crisântemo cultivado em vaso sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 740-742, 2005.

FARIAS, M. F.; SAAD, J. C. C. Qualidade comercial do crisântemo de vaso em ambiente protegido, cultivar puritan, irrigado sob diferentes tensões de água no substrato. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 160-167, maio/ago. 2003.

FERGUSON, C. E. **Teoria micro-econômica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1988. 609 p.

FERNANDES, A. L. T. **Monitoramento da cultura do crisântemo em estufa através do uso de lisímetro e estação agrometeorológica automatizados**. 1996. 96 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1996.

FERNANDÉZ, J. E. et al. Reducing fertilization for maize in southwest Spain. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Wales, v. 29, p. 2829-2840, 1998.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, J. O. P. **Evapotranspiração e coeficientes de cultura da melancia irrigada por gotejamento em Alvorada do Gurguéia-PI**. 2010. 103 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

FIGUERÊDO, S. F. et al. Gerenciamento da irrigação do feijoeiro baseado em critérios técnicos e econômico no cerrado. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, p. 378-391, 2008.

FOLEGATTI, M. V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F. Lâminas de irrigação e a qualidade de hastes e de botões florais de rosas cultivadas em ambiente protegido. **Scentia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 465-468, jul./set. 2001

FRÁGUAS, J. C.; FADINI, M. A. M.; SANHUEZA, R. M. V. Componentes básicos para elaboração de um programa de produção integrada de frutas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 213, p.19-23, nov./dez. 2001.

FRIZZONE, J. A. **Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação**. 1986. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1986.

GADISSA, T.; CHEMEDA, D. Effects of drip irrigation levels and planting methods in yield and yields components of green pepper (*Capsicum annuum* L.) in Bako, Ethiopia. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, n. 11, p. 1173-1178, 2009.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, Sept. 1980.

GOMES, A. R. M. et al. Estimativa da evapotranspiração e coeficiente de cultivo da *Heliconia psittacorum* L x *H. spathocircinada* (Arist) cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 13-18, 2006.

GOMES, A. R. M. et al. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da *Alpinia purpurata*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 4, p. 481-486, out./dez. 2008.

GUISELINI, C. et al. Manejo da cobertura de ambientes protegidos: radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 645-652, 2010.

GUISELINI, C. et al. Temperatura e umidade do ar em ambientes protegidos cobertos com plástico transparente associado à malha termorefletora, instalada externa e internamente. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 157-162, 2007.

HAAG, H. P.; MINAMI, K.; LIMA, M. L. P. **Nutrição mineral de algumas espécies ornamentais**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 298 p.

HELDWEIN, A. B. et al. Plastocrono e rendimento de feijão-de-vagem cultivado sob ambiente protegido e no ambiente externo em semeadura tardia no outono. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 768-773, 2010.

HOWARD, E. H.; HANAN, J. J. Effect of salinity in water supplies on greenhouse rose production. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v. 103, n. 5, p. 694-699, 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. **Padrão Ibraflor de qualidade**. São Paulo, 2000. 87 p.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. **Boletim de análise conjuntural do mercado de flores e plantas ornamentais no Brasil (junho de 2011):** balanço do comércio exterior da floricultura brasileira. 5 p. 2011. Disponível em: <<http://www.hortica.com.br>>. Acesso em: 14 mar. 2012.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. **Exportação de flores e plantas ornamentais superam US\$ 35 milhões em 2007:** recorde e novos desafios para o Brasil. 8 p. 2008. Disponível em: <<http://www.hortica.com.br>>. Acesso em: 5 nov. 2008.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. **Exportações brasileiras de flores e plantas ornamentais:** projeções indicam novo recorde para 2007. 4 p. 2007. Disponível em: <<http://www.hortica.com.br>>. Acesso em: 5 nov. 2008.

KATSOULAS, N. et al. Effect of irrigation frequency on rose flower production and quality. **Biosystems Engineering**, v. 93, n. 2, p. 237–244, 2006.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2008. 431 p.

KOETZ, M. et al. Produção de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 2, n. 1, p. 09-15, 2008.

LANDGRAF, P. R. C. **Diagnóstico da floricultura no Estado de Minas Gerais**. 2006. 110 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. O. Produção e comercialização de flores em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 7-11, 2005.

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. de O. **Floricultura:** produção e comercialização no Estado de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 2008. 101 p.

LEFTWICH, R. H. **O sistema de preços e a alocação de recursos**. 8. ed. São Paulo: Pioneira, 1997. 452 p.

LIBARDI, P. L. Balanço hídrico. In: _____. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005. p. 261-273.

LIMA JÚNIOR, J. A. et al. Efeito da irrigação sobre o rendimento produtivo da alface americana, em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 797-803, 2010.

LIMA JUNIOR, J. A. et al. Desempenho de cultivares de cenoura em função da água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p. 514-520, 2012.

LOPES, L. C. **A cultura da roseira**. Viçosa, MG: CEUFV/UFV, 1980. 21p. (Boletim de Extensão, 3).

LOPES, O. D. et al. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e eficiência do uso de água do alecrim-pimenta irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 548-553, 2011.

MACEDO, A. B. M. et al. Desempenho de um sistema de irrigação automatizado através da tensão de água no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 2, p. 78-81, 2010.

MAROUELLI, W. A.; CALBO, A. G.; CARRIJO, O. A. Avaliação de sensores do tipo irrigas para o controle da irrigação em hortaliças cultivadas em substratos. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 1, p. 88-95, jan./abr. 2005.

MARTINS, M. V. M. et al. Produção integrada de flores no Brasil. Floricultura: tecnologias, qualidade e diversificação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 249, p. 64-66, mar./abr. 2009.

MARTINS, S. R.; GONZALEZ, J. F. Evapotranspiração e respostas fisiológicas do feijão-vagem em substrato em estufa com sistema de ventilação/calefação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 31-37, 1995.

MASTALERZ, J. W. Environmental factors light, temperature, and carbon dioxide. In: LANGHANS, R. W. **A manual of greenhouse rose production**. Michigan: Roses, 1987. Cap. 15, p. 147-170.

MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Relações entre o coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: Erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo. **Acta Scientiarum**, Maringa, v. 26, p. 513-519, 2004.

MENDONÇA, J. C. et al. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.

MOE, R. Factors affecting flower abortion and malformation in roses. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, n. 24, p. 291-300, 1971.

MONTEIRO, R. O. C. **Função de resposta da cultura do meloeiro aos níveis de água e adubação nitrogenada no Vale do Curu, CE**. 2004. 87 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

MONTEIRO, R. O. C. et al. Eficiência do uso da água e nitrogênio na produção do melão. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, p. 367-377, jul./set. 2008.

MORTENSEN, L. M.; FJELD, T. High air humidity reduces the keeping quality of cut roses. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 405, p. 148-155, 1995.

NAPOLEÃO, B. A. Floricultura – alternativa de investimento para o produtor. In: Floricultura: tecnologias, qualidade e diversificação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 249, p. 3, mar./abr. 2009.

NAU, J. **Ball redbook**. 18th ed. Crop production. United States of America: Ball, 2011. v. 2, 832 p.

NOGUEIRA, E. A. T. et al. Análise econômica em cultivos de rosas em sistema de produção integrada. In: CONGRESSO DA SOBER, 50., 2012, Vitória. **Anais...** Vitória: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2012. Disponível em: <<http://www.sober.org.br>>. Acesso em: 8 ago. 2012.

NOGUEIRA, E. A. T.; ALMEIDA, E. F. A.; REIS, S. N. Análise dos custos de produção em cultivos de rosas em Sistema de Produção Integrada. In: CONGRESSO DA SOBER, 50., 2012, Vitória. **Anais...** Vitória: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2012. Disponível em: <<http://www.sober.org.br>>. Acesso em: 08 ago. 2012.

- NOGUEIRA, L. C.; NOGUEIRA, L. R. Q.; MIRANDA, F. R. Irrigação do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA/SPI; Aracaju: EMBRAPA/CPATC, 1998. p. 159-187.
- OLIVEIRA, E. C. et al. Análise produtiva e econômica do pepino japonês submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 702-708, 2011a.
- OLIVEIRA, E. C. et al. Effects of water deficit in two phenological stages on production of Japanese cucumber cultivated in greenhouse. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, p. 676-686, 2011b.
- OLIVEIRA, E. C. et al. Viabilidade técnica e econômica da produção de ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivada sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 324-333, 2011c.
- OLIVEIRA, E. C. **Manejo de irrigação da cultura do pepino japonês (*Cucumis sativus* L.) em ambiente protegido**. 2009. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- PÁDUA, T. de S. **Espaçamento econômico na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**: um estudo no Sul de Minas Gerais. 1998. 62 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.
- PAIVA, L. C. **Periodicidade de crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em diferentes tensões de irrigação e duas densidades de plantio**. 2006. 90 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. Cap. 1, p. 11-84.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.
- PEREIRA, J. R. D. et al. Crescimento e produtividade de hastes florais de gladiolo cultivado sob diferentes tensões de água no solo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 965-970, jul./ago. 2009.

PEREIRA, J. R. D. et al. Efeitos da época de suspensão da fertirrigação e níveis de reposição de água na cultura do crisântemo (*Dendranthema grandiflora*).

Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 27, n. 3, p. 658-664, maio/jun. 2003.

PETRY, C. Plantas ornamentais. In: _____. **Produção de rosas**. Passo Fundo: EDIUPF, 1999. p. 113-129.

PIRES, R. C. M. et al. Produção do morangueiro em diferentes níveis de água, cobertura do solo e ambiente de cultivo. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 338-353, 2007.

PIVETTA, C. R. et al. Evapotranspiração máxima do pimentão cultivado em estufa plástica em função de variáveis fenométricas e meteorológicas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 768-775, 2010.

REGO, J. L. et al. Produtividade de crisântemo em função de níveis de irrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 045-048, jan./mar. 2009.

REICHARDT, K; TIMM, L. C. Evaporação e evapotranspiração. In: _____. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri-SP, Manole, 2004a. p.293-309.

REICHARDT, K; TIMM, L. C. Redistribuição da água no solo. In: _____. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004b. p.269-291.

REIS, L. S.; SOUZA, J. L.; AZEVEDO, C. A. V. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 289-296, 2009.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2007. 95 p.

REIS, R. P.; MEDEIROS, A. L.; MONTEIRO, L. A. **Custos de produção da atividade leiteira na região Sul de Minas Gerais**. Lavras: UFLA/DAE, 2001. 23 p.

RESENDE, M.; HENDERSON, D. W.; FERERES, E. Frequência de irrigação e produção de feijão Kidney. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 3, p. 363-370, maio 1981.

- RESH, H. M. **Cultivos hidropônicos: nuevas técnicas de producción**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 381 p.
- RODRIGUES, T. M. et al. Níveis de potássio em fertirrigação interferindo no crescimento/desenvolvimento e qualidade do crisântemo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1168-1175, jul./ago. 2008.
- SÁ, N. S. et al. Comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 341-347, jul./set. 2005.
- SALINGER, J. P. Rosas de invernadero. In: SALINGER, J. P. **Producción comercial de flores**. Zaragoza: Acribia, 1991. Cap. 4, p. 279-294.
- SANTANA, M. J. et al. Coeficiente de cultura e análise do rendimento do feijoeiro sob regime de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.13, p.92-112, 2008.
- SANTANA, M. J. et al. Produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.) irrigado sob diferentes tensões de água no solo e doses de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, p. 1385-1391, 2004.
- SANTANA, M. J. et al. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de água na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 532-538, mar./abr. 2009.
- SANTOS, S. R.; PEREIRA, G. M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 569-577, 2004.
- SCALCO, M. S. **Características agrônomicas e de qualidade industrial do trigo sob irrigação e adubação nitrogenada**. 2000. 112 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 6. ed. Guaíba: Agropecuária, 1997. 342 p.
- SILVA, A. L. **Estudo técnico e econômico do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2002. 68p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SILVA, P. A. M. et al. Função de resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 1266-1271, 2008.

SILVA, W. G. **Manejo da irrigação para o feijão-de-metro cultivado em ambiente protegido**. 2011. 96 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

SIMSEK, M. et al. The effects of different irrigation regimes on cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield and yield characteristics under open field conditions. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 73, n. 3, p. 173-191, maio 2005.

SOARES, J. I. et al. Função de resposta da melancia aos níveis de água e adubação nitrogenada, no Vale do Curu, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 219-224, jul./ago. 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TOMÉ, L. M. **Avaliação do desenvolvimento logístico-operacional de empresas no setor de floricultura**: um estudo de caso no Ceará. 2004. 163 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

TUCCI, C. E. M.; BELTRAME, L. F. S. Evaporação e evapotranspiração. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS: ABRH, 2001. Cap. 7, p. 253-287.

TURCO, J. E. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação de duas estações meteorológicas automatizadas, para estimativa diária da evapotranspiração de referência obtida pelo método de Penman-Monteith. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, p. 339-354, jul./set. 2008.

URBAN, L. et al. Effect of elevated CO₂ on water relations, water balance and senescence of cut roses. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 159, p. 717-723, 2002.

VIANA, T. V. A. et al. Avaliação da influência de elementos meteorológicos sobre a cultura da alface, em ambiente protegido versus condição externa sobre gramado, obtidos com sistemas automáticos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 12, p. 41-51, 2001.

VILAS BOAS, R. C. et al. Avaliação técnica e econômica da produção de duas cultivares de alface tipo crespa em função de lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 525-531, 2008.

VILAS BOAS, R. C. et al. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 393-397, ago. 2007.

VILAS BOAS, R. C. et al. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de cebola irrigadas por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.7, p.706–713, 2012.

VILLAS BÔAS, R. L. et al. Exportação de nutrientes e qualidade de cultivares de rosas em campo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 515-519, 2008.

VIVANCOS, A. D. **Fertirrigacion**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 217 p.

WANG, Z. et al. Subsurface drip irrigation scheduling for cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in solar greenhouse based on 20 cm standard pan evaporation in Northeast China. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 123, n. 1, p. 51-57, dez. 2009.

WHITE, J. W.; HOLCOMB, E. J. Water requirements and irrigation practices. In: LANGHANS, R. W. **A manual of greenhouse rose production**. Michigan : Roses, 1987. Cap. 12, p. 71-86.

ZOCOLER, J. L. Análise econômica de sistemas de irrigação. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. v. 1, p. 121-194.