

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU**

**CRESCIMENTO DE BULBOS DE CALLA CULTIVADOS EM
SUBSTRATO EM FUNÇÃO DO NÍVEL FREÁTICO.**

MARIANA FRAGA SOARES MUÇOUÇAH

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

**BOTUCATU – SP
Fevereiro - 2005**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CRESCIMENTO DE BULBOS DE CALLA CULTIVADOS EM
SUBSTRATO EM FUNÇÃO DO NÍVEL FREÁTICO.**

MARIANA FRAGA SOARES MUÇOUÇAH

Orientador: Antonio Evaldo Klar

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para a obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Área de Concentração em
Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU – SP
Fevereiro - 2005

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

M942c Muçouçah, Mariana Fraga Soares, 1968-
Crescimento de bulbos de calla cultivados em substrato
em função do nível freático / Mariana Fraga Soares
Muçouçah. -- Botucatu, [s.n.], 2005.
xiii, 92 f. : il. color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) -- Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônômicas.
Orientador: Antonio Evaldo Klar.
Inclui bibliografia.

1. Calla - Cultivo. 2. Bulbos (Botânica). 3. Bulbos
(Botânica) - Crescimento. 4. Evapotranspiração. 5. Água - Uso. I.
Klar, Antonio Evaldo. II. Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu).
Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

CDD 635.93464

Palavras-chave: Copo-de-leite - Cultivo.

"Mais fácil me foi encontrar as leis com que
se movem os corpos celestes,
que estão a milhões de quilômetros,
do que definir as leis do movimento da água,
que escoam frente aos meus olhos."

Galileu Galilei (1564-1642)

DEDICO...

À minha filha BRUNA

pela oportunidade de ser mãe...

e assim descobrir o verdadeiro significado de amar e ser amada!

E a minha mãe JÚLIA

Por ter dedicado, praticamente, sua vida toda à 'profissão' de ser mãe!

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP), pela oportunidade de realizar o Curso de Pós-Graduação e por toda infra-estrutura oferecida;

Ao Prof. Dr Antonio Evaldo Klar, pela amizade, ensinamentos, serenidade, oportunidade, e confiança depositada;

Aos Profs. Dr João Carlos Cury Saad e Raimundo Leite Cruz, Coordenadores do Curso de Pós-Graduação, pela oportunidade;

À Profa. Dra. Sheila Zambello de Pinho, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos demais professores do Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP, que direta ou indiretamente colaboraram para o desenvolvimento deste estudo;

Ao funcionário Pedro Alves, por sua dedicação em toda a fase experimental desenvolvida no campo;

Aos funcionários Gilberto e Israel, do Departamento de Engenharia Rural, Adriana, do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, e Laura, do Departamento de Bioestatística/Rubião, pela colaboração na realização das análises de laboratório e outras.

Aos demais funcionários do Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP: Adão, Mauri, Rosângela, Rita, Fátima e Maria;

Aos funcionários da Biblioteca e Seção de Pós-Graduação, pelo pronto atendimento durante a realização do curso e amizade;

Ao Produtor Rural, Raphael Jafet Jr, pela amizade, experiência e doação dos bulbos de *Zantedeschia* para realização deste trabalho;

Ao Técnico Agrícola, Lúcio Seber, pela amizade e disponibilidade dos bulbos de *Zantedeschia*;

Ao meu marido, Fernando, e minha filha, Bruna, pelos dias sacrificados para a realização deste trabalho;

À minha família pelo carinho, amor e compreensão nas horas cruciais;

À Susette Aparecida de Barros Cardoso, pela amizade, profissionalismo e colaboração para a finalização desta tese;

Ao meu irmão, Ivan Dias Soares, pelo exemplo de como se tornar um grande estudioso e pela correção do summary;

À Fundação Regional Educacional de Avaré pela ajuda de custo para cursar o doutorado;

Aos colegas do curso de pós-graduação pelo convívio e troca de experiências;

E a todos que, de alguma forma, puderam colaborar para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	página
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XII
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
4.1 Aspectos da cultura.....	7
4.2 Fatores que afetam a produção.....	10
4.3 Evapotranspiração.....	15
4.4 Eficiência do uso da água.....	23
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
5.1 Localização.....	25
5.2 Clima.....	25
5.3 Instalação do experimento.....	25
5.4 Características da cultura.....	28
5.5 Tratamentos químicos.....	28
5.6 Plantio.....	28
5.7 Fertilização.....	30
5.8 Tratamentos.....	30
5.9 Delineamento experimental.....	32
5.10 Características avaliadas.....	32
5.10.1 Avaliações referentes ao desenvolvimento da planta.....	32
5.10.2 Evapotranspiração.....	34
5.10.3 Eficiência do uso da água.....	36
5.10.4 Monitoramento do potencial matricial de água do substrato.....	36
5.10.5 Condutividade elétrica e pH.....	36
5.10.6 Dados climatológicos.....	37

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
6.1 Monitoramento do potencial matricial de água do substrato.....	38
6.2 Avaliações referentes ao desenvolvimento da planta.....	40
6.2.1 Área foliar.....	40
6.2.2 Número de folhas.....	47
6.2.3 Número de flores e altura da haste floral.....	50
6.2.4 Ciclo da cultura, massa verde final e ganho de massa verde.....	53
6.3 Evapotranspiração.....	57
6.4 Eficiência do uso da água.....	64
6.5 Condutividade elétrica e pH.....	66
7 CONCLUSÕES.....	68
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
9 APÊNDICE.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela	página
1 Características químicas do substrato utilizado no experimento.....	29
2 Características da granulometria do substrato utilizado no experimento.....	29
3 Potencial matricial do substrato (Ψ_m) versus umidade (a%) com base em peso seco. Médias de cinco repetições.....	29
4 Descrição dos diferentes tratamentos a que foram submetidas as plantas de callas, em função da profundidade do lençol freático.....	31
5 Umidade do substrato nos diferentes tratamentos de profundidade do lençol freático na cultura de calla, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	39
6 Desenvolvimento da área foliar de plantas de callas, em cm^2 , em cinco diferentes profundidades do lençol freático, cultivadas em substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004. Média de 6 repetições.....	41
7 Modelos ajustados para a relação entre a área foliar (cm^2) e os dias após o plantio (dap) para os diferentes tratamentos de profundidade do lençol freático (cm), para o cultivo plantas de callas em substrato.....	45
8 Número de folhas emitidas por plantas de callas, em cinco diferentes profundidades do lençol freático, cultivadas em substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004. Média de 6 repetições.....	47
9 Número de flores emitidas e altura da haste floral (cm) de plantas de callas, em cinco diferentes profundidades do lençol freático, cultivadas em substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	50
10 Época de emissão das flores, alturas mínimas e máximas da haste floral e total de flores emitidas por plantas de callas cultivadas em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	51
11 Ciclo da cultura, em dias, massa verde final do bulbo, em gramas, e ganho de massa verde de plantas de callas cultivadas em substrato com diferentes profundidades do lençol freático, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004. Média de 6 repetições.....	53
12 Evapotranspiração da cultura de callas, acumulada nos cinco estágios de desenvolvimento, em diferentes níveis freáticos; cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004. Média de 6 repetições.....	58
13 Evapotranspiração da cultura (L.planta^{-1}) de plantas de callas medida entre as datas de avaliação do desenvolvimento de área foliar em diferentes níveis freáticos, cultivadas em substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004. Média de 6 repetições..	61
14 Evapotranspiração total da cultura (L.planta^{-1}), massa verde final dos bulbos (g) e	

	eficiência do uso da água (g.L^{-1}) de plantas de callas, cultivadas em substrato em cinco diferentes profundidades do lençol freático, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004. Média de 6 repetições.	65
15	Condutividade elétrica (dS.m^{-1}) e pH do substrato nos diferentes tratamentos de níveis freáticos na cultura de calla, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	67
16	Análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para a característica área foliar (cm^2) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	79
17	Análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para a característica área foliar (cm^2), considerando-se a área foliar máxima desenvolvida em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	80
18	Teste de Tukey para comparação entre os resultados de desenvolvimento de área foliar (cm^2) aos 44, 57, 139 e 174 dap em função das diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	80
19	Análise de variância (ANOVA) dos modelos ajustados para a relação entre a área foliar (cm^2) e os dias após o plantio (dap) para diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	81
20	Análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para a característica número de folhas em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	82
21	Análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para a característica número de folhas, considerando-se o maior número de folhas emitidas em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	83
22	Análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para a característica número de flores emitidas em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	83
23	Análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para a característica altura da haste foliar (cm) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP...	83
24	Análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para a característica massa verde inicial dos bulbos (g) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	83
25	Análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para a característica massa verde final dos bulbos (g) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	84
26	Análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para a característica ganho	

	de massa verde em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	84
27	Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para a característica ciclo da cultura (dias) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	84
28	Teste de Tukey para comparação entre os resultados de ciclo da cultura (dias) em função das diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	84
29	Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para a eficiência do uso da água (g.mm^{-1}) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	85
30	Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para a condutividade elétrica do substrato (dS.m^{-1}) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	85
31	Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para o pH em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	85
32	Teste de Tukey para comparação entre os resultados de pH em função das diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura	página
1 Representação dos primeiro, segundo e terceiro ciclos de cultivos de copos de leite coloridos (BLOOMZ, 2002).....	9
2 Detalhe do conjunto utilizado para mensuração da evapotranspiração da cultura (sem escala).....	27
3 Profundidade do lençol freático (m) em função da altura do vaso (m).....	27
4 Umidade do substrato ao longo dos vasos em função da proximidade do lençol freático na cultura de calla, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	39
5 Relação entre a profundidade do lençol freático (cm) e o desenvolvimento da área foliar (cm ²) ao longo do ciclo de cultivo de callas.....	43
6 Desenvolvimento da área foliar de plantas de callas nos diferentes níveis de água do substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	44
7 Aspecto das plantas de calla na fase de florescimento (E2) e após o período de florescimento (E4), cultivadas em diferentes níveis de água do substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	46
8 Número de folhas emitidas por plantas de callas em diferentes níveis de água do substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	49
9 Relação entre a profundidade do lençol freático (cm) e o número de folhas emitidas ao longo do ciclo de cultivo de callas.....	50
10 Número de flores emitidas e altura da haste floral (m) de plantas de callas cultivadas em substrato em cinco diferentes profundidades do lençol freático, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	52
11 Época de emissão das flores, alturas das hastes florais e total de flores emitidas por plantas de callas cultivadas em substrato em cinco diferentes profundidades do lençol freático, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	52
12 Massa verde inicial dos bulbos antes do plantio, em gramas; massa verde final dos bulbos, em gramas; ciclo da cultura em dias e ganho de massa verde em relação à massa verde inicial de plantas de callas, cultivadas em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	55
13 Dispersão dos resultados obtidos de massa verde inicial dos bulbos antes do plantio, em gramas; massa verde final dos bulbos, em gramas; ciclo da cultura em dias e ganho de massa verde em relação à massa verde inicial de plantas de callas, cultivadas em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	56
14 Aspecto do bulbo de calla após o cultivo em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de	

	2003 a 02 de julho de 2004.....	57
15	Evapotranspiração da cultura semanal de plantas de callas cultivadas em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	58
16	Evapotranspiração total da cultura de plantas de callas cultivadas em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.	59
17	Relação entre os resultados da evapotranspiração total ($L.planta^{-1}$) e o ciclo final da cultura (dias) obtidos no cultivo de calla, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	60
18	Relação entre os resultados da evapotranspiração total ($L.planta^{-1}$) e a massa verde final (g) obtidos no cultivo de calla, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.	61
19	Relação entre o desenvolvimento da área foliar (cm^2) e a evapotranspiração da cultura (mm) de plantas de callas cultivadas em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	63
20	Relação entre os resultados da evapotranspiração total (mm) e a área foliar (cm^2) obtidos no cultivo de calla, em substrato, em diferentes profundidades do lençol freático (cm), no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	64
21	Eficiência do uso da água ($g.L^{-1}$) pela cultura de callas, cultivada em substrato, em diferentes profundidades do lençol freático, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	66
22	Condutividade elétrica ($dS.m^{-1}$) e pH do substrato nos diferentes tratamentos de níveis freáticos na cultura de calla, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.....	67
23	Dados de temperatura máxima e mínima registrados durante o período de out/03 a jun/04 dentro da estufa.....	87
24	Dados de umidade máxima e mínima registrados durante o período de out/03 a jun/04 dentro estufa.....	88
25	Dados da evaporação do tanque classe A registrados durante o período de out/03 a jun/04 dentro e fora do ambiente de cultivo.....	89
26	Dados da evaporação do tanque classe A dentro e fora do ambiente de cultivo e da evapotranspiração da cultura de callas, nas diferentes profundidades do lençol freático (cm), cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP, registrados durante o período de out/03 a jun/04.....	90
27	Dados de tensiometria (profundidade de 0-9 cm) nas diferentes profundidades do lençol freático, registrados durante o período de out/03 a jun/04.....	91

1 RESUMO

Foi estudada a influência de cinco profundidades de lençol freático no desenvolvimento de bulbos de calla (*Zantedeschia* sp). As características avaliadas foram: área foliar, número de folhas, número de flores, altura da haste floral, ciclo da cultura, ganho de massa verde do bulbo, evapotranspiração da cultura e eficiência do uso da água. As callas foram cultivadas em estufa de vidro com 50% de redução na radiação interna, plantadas em vasos construídos de tubos de pvc de diâmetro nominal de 150 mm preenchidos com substrato, os bulbos utilizados apresentavam massa verde inicial variando de 10 a 12 g. Os vasos foram colocados em bandejas, com capacidade para seis vasos, as mesmas apresentavam um sistema automático para o abastecimento de água por um reservatório conectado diretamente às bandejas com uma bóia para manutenção do nível do lençol freático constante. As profundidades dos lençóis freáticos foram: 10, 17, 24, 31 e 38 cm. As características referentes ao desenvolvimento da planta foram verificadas ao longo do ciclo, por meio de nove avaliações efetuadas durante o cultivo. A evapotranspiração foi medida diariamente e computada semanalmente e ao término do ciclo. O ganho de massa verde dos bulbos foi avaliado ao final do ciclo de cultivo pela relação entre a massa verde inicial e a massa verde final. A eficiência do uso da água foi checada com base na evapotranspiração da cultura ($L.planta^{-1}$) e na massa verde final do bulbo (g). Os resultados referentes à área foliar foram variáveis de 1.011,6 a 2.016,3 cm². O número de folhas emitidas variou de 7,5 a 13,8 folhas por bulbo. Ao longo de todo o ciclo de cultivo o número médio de flores emitidas foi de 0,8 a

1,2 flores por bulbo. Os bulbos apresentaram um aumento variável de 21,7 a 11,7 vezes em relação ao tamanho inicial, ou seja, o ganho de massa verde ao final do cultivo foi na ordem de 2.173 a 1.170%. A evapotranspiração total da cultura variou de 46,14 L.planta⁻¹ a 26,89 L.planta⁻¹. Os resultados da eficiência do uso da água foram variáveis de 4,5 a 6,9 g.planta⁻¹. Os dados foram submetidos ao teste F e ao teste de Tukey, para comparação entre as médias. Foi detectada diferença significativa estatisticamente somente quanto ao parâmetro ciclo de cultivo; entre os tratamentos 38 cm de profundidade do lençol freático, cujo ciclo foi de 281 dias, e os tratamentos 10 e 24 cm, cujos ciclos foram de 253 dias.

CALLAS'S TUBER DEVELOPMENT CULTIVATED IN SUBSTRATE IN DIFFERENT TABLE WATER LEVELS. Botucatu, 2005. 91p. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MARIANA FRAGA SOARES MUÇOUÇA

Adviser: ANTONIO EVALDO KLAR

2 SUMMARY

The objective was to determine the influence of 5 different table water levels in the crop development of Calla. The parameters evaluated were leaf area, number of leaves, number of flowers, flowers height, growth cycle, tuber increment rate, evapotranspiration of the culture and efficiency in water use. The study was conducted in glass greenhouse with 50% percent of sunlight reduction. The plants were grown in PVC pots with diameter of 150 mm, which were filled with substrate. The plant tubers weighed from 10 g to 12 g. The pots were placed within containers, at a rate of six per container, where the water replacement was automatically determined by a buoy, which kept the water level constant. The table water levels used were 10, 17, 24, 31 and 38 cm. The crop development parameters were checked in nine evaluations during the growth cycle. Evapotranspiration was evaluated weekly and at the end of the cycle. The increment in tuber weight was determined from the initial and final fresh weight. The water use efficiency was determined from the culture evapotranspiration (mm) and from the final fresh weight (g). The results show that leaf area varied between 1,011.6 and 2,016.3 cm². The number of leaves varied from 7.5 and 13.8 leaves per tuber. The number of flowers produced per tuber throughout their whole life cycle was 0.8 and 1.2. The plant tubers presented a size increment which ranged from 21.7 times to 11.7 times their initial size, which represented an increment of fresh weight at the end of the culture of 2,173% and 1,170%. The evapotranspiration of the whole culture was 46.14 L/planta and 26.89 L/planta. The efficiency in water use varied between 4.5 g/L and 6.9 g/L. The data set was submitted to the F and Tukey statistical tests, to allow for comparisons of

average results. Was found statistical discrepancy in the growth cycle parameter, between 38 cm table water level, which life cycle was 281 days, and 10 and 24 cm table water levels, which life cycle was 253 days. No significant discrepancy was found among all water potential treatments, at the 5% confidence level, for others parameters.

Keywords: *Zantedeschia* sp, evapotranspiration, tuber increment rate, water use efficiency.

3 INTRODUÇÃO

O setor da floricultura que movimentava R\$ 1,5 bilhão no ano de 2000, atualmente movimenta cerca de R\$ 2 bilhões por ano e cria 360 mil empregos diretos e indiretos (SILVA, 2004). No mercado varejista brasileiro a floricultura movimentou, em 2001, cerca de R\$ 1 bilhão, sendo o estado de São Paulo responsável por 70% desse montante (KIYUNA et al., 2002). A produção de flores tem crescido consideravelmente no Brasil, ganhando cada vez mais importância econômica, e portanto mais espaço no cenário do agronegócio nacional. O segmento se expandiu de forma surpreendente, apesar da produção atualmente ser mais constante e de melhor qualidade, será preciso muito trabalho para vencer as barreiras e ampliar o consumo interno e externo, questões relacionadas com o mercado, tecnologia, disponibilidade de material genético e política adequada ao setor devem ser repensadas para que o setor se firme.

A produção de flores e plantas ornamentais é excelente opção para proprietários de pequenas propriedades e capitalizados, pois estes não têm condições de competir na produção de grandes culturas, precisam de alternativas. A área total cultivada com floricultura em 2002 era de 5.118,1 hectares, sendo a maior parte do plantio sob a forma de campo (71%), seguida de estufas (26%) e telado (3%) (GRAZIANO, 2002) e foi estimada em 9.000 hectares em 2003 (KIYUNA et al., 2004).

Alguns produtores especializaram-se na exportação de flores de corte, mudas de plantas ornamentais e bulbos, o mercado externo é um mercado exigente, para atendê-los é necessário tecnologia adequada e competitiva. Em 2002 o Brasil exportou US\$ 15

milhões de produtos da floricultura, tendo como carro chefe mudas de ornamentais e plantas vivas, seguidas de bulbos, tubérculos e rizomas, folhas, folhagens e musgos para floricultura e flores cortadas para buquês (KIYUNA et al. 2003).

O cultivo de calla (*Zantedeschia* sp) ainda é incipiente no Brasil, existem pouquíssimos produtores, não é produzida em larga escala como rosas, crisântemos, violetas, gérberas e outras espécies. Esta espécie encontra-se numa fase experimental no Brasil, seu cultivo é carente de informações adequadas ao plantio no Hemisfério Sul, especificamente no nosso país. A propagação da calla é efetuada através de seus bulbos e como trata-se de uma espécie exótica, os primeiros bulbos cultivados no Brasil foram importados, elevando o custo inicial de produção. Fato este que dificultou a implantação desta espécie no Brasil.

Atualmente, empresas nacionais, que trabalham com cultura de tecido, estão desenvolvendo em laboratório mudas de callas; porém as plântulas propagadas produzem bulbilhos, os quais não estão aptos a produção comercial de flores. É necessário o cultivo por 2 a 3 ciclos para que o bulbo atinja massa verde suficiente para a produção de flores aptas à comercialização.

Diante destes impasses, que oneram o custo de produção desta espécie, o presente estudo foi desenvolvido para averiguar a influência de diferentes níveis freáticos no crescimento de bulbos de callas, além de determinar a evapotranspiração da cultura e a eficiência do uso da água, objetivando oferecer ao produtor uma nova alternativa no ramo da Floricultura.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Aspectos da Cultura

O copo-de-leite colorido, nome comum no Brasil, é conhecido internacionalmente por Calla. O gênero ao qual pertencem os copos-de-leite é o *Zantedeschia*. Este gênero, da família das Aráceas (*Araceae*), é representado por sete espécies e duas subespécies. Estas espécies encontram-se classificadas em dois grupos:

- Grupo I: encontram-se neste grupo o copo-de-leite branco, *Zantedeschia aethiopica* (L) Spreng, principal representante deste grupo, que, em seu habitat natural, não perde as folhas durante o inverno e produz rizomas. Apresenta as flores masculinas e femininas juntas, localizadas na base da espata. Também faz parte deste grupo a espécie *Z. odonata*;
- Grupo II: as demais espécies de copo-de-leite, as callas, pertencem a este grupo, tendo como principais características, folhas decíduas e com as flores femininas e masculinas apresentando-se fisicamente separadas. Pertencem ao grupo as espécies *Z. albomaculata*, *Z. elliottiana*, *Z. jucunda*, *Z. pentlandii* e *Z. rehmannii* (FUNNELL, 1994). Estas espécies formam um bulbo completamente distinto dos rizomas da espécie *Z. aethiopica*.

Funnell (1994) descreveu as espécies da seguinte forma: a) *Z. rehmannii*: decídua, pequena flor de cor rosa; b) *Z. albomaculata*: decídua, flores de cor creme; c) *Z. elliottiana*: decídua, flores de cor amarelo ouro; d) *Z. pentlandii*: decídua, flores de cor amarelo ouro; e) *Z. jucunda*: decídua, flores amarela, sem uso comercial.

O gênero *Zantedeschia* ocorre naturalmente no Continente Africano, sendo comum no Sul, na Província de Cape, Orange Free State, Natal, Lesotho, Swaziland e Transvall. Também pode ser encontrado em Zimbabwe, Malawi, Zâmbia, Angola e Nigéria, que se caracterizam por regiões costeiras e montanhosas, com altitude entre 1.200 a 2.000 metros, cujas temperaturas médias durante o inverno são de 10-11°C, com temperatura mínima entre 2 e 3°C. No verão, as temperaturas médias alcançam 20°C, com a máxima atingindo 27°C (LETTY, 1973; PERRY, 1989). Segundo Funnell (1994) este regime de temperatura do seu habitat natural corresponde às condições ótimas de cultivo para as espécies do grupo II. As espécies decíduas de copo-de-leite formam um bulbo que hiberna no inverno, sobrevivendo por longos períodos de estiagem. Estes bulbos normalmente têm numerosas gemas que, em seu habitat natural, brotam em condições adequadas de suprimento de água (CORR, 1993).

As plantas das espécies do grupo II, comparadas às plantas do grupo I, copos-de-leite brancos, são mais baixas, normalmente não excedem 0,8 m de altura. As plantas deste grupo apresentam maculação (pequenas manchas transparentes) nas folhas. As flores masculinas e femininas apresentam-se parcialmente cobertas por uma bráctea, que é a espata colorida que caracteriza as espécies do grupo (FUNNELL, 1994).

Comercialmente são utilizados híbridos de espécies de *Zantedeschia* do grupo II. Os híbridos foram obtidos, principalmente, do cruzamento de *Z. elliottiana* com *Z. rehmannii* e também de *Z. albomaculata* com *Z. pentlandii*. Esses híbridos produzem espatas de tonalidades que variam do amarelo até o laranja, e do vermelho ao rosa; caracterizando estes como callas. Segundo Corr (1993), as espécies que têm importância comercial são: *Z. aethiopica*, cala branca, *Z. elliottianna*, cala amarela, e *Z. rehmannii*, cala rosa; estas espécies e alguns híbridos são produzidos visando flores de corte e vaso.

Os métodos de micropropagação desenvolvidos para o gênero *Zantedeschia* consistem na produção de pequenos bulbos, que devem passar por dois ciclos de cultivo até atingirem maturidade suficiente para a produção comercial de flores; tornando-se portanto, aptos comercialmente, somente a partir do terceiro ciclo de cultivo (FUNNELL et al., 1988).

Os diferentes estádios dos bulbos, normalmente disponíveis no mercado, com suas respectivas características quanto ao ciclo de cultivo da cultura, encontram-se ilustrados na Figura 1.

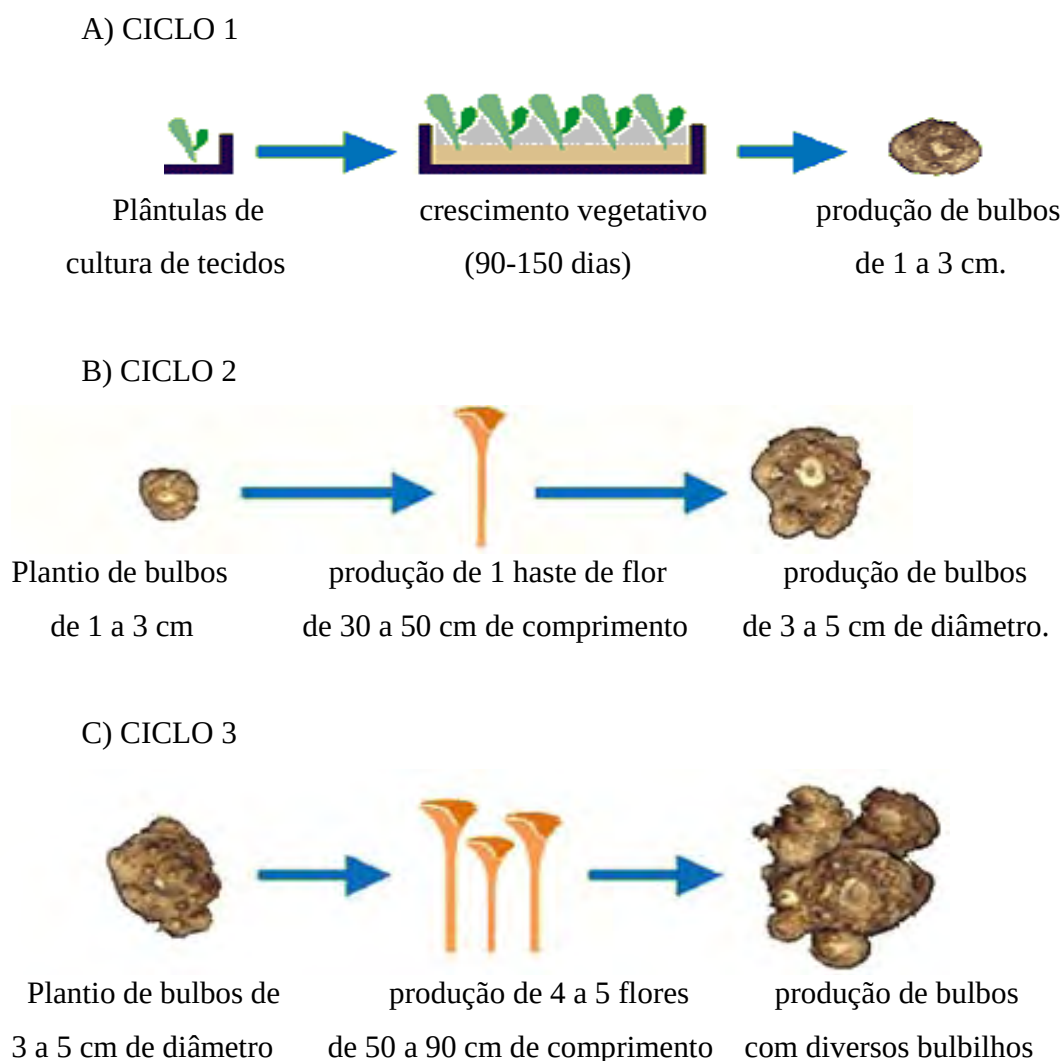


Figura 1. Representação dos primeiro, segundo e terceiro ciclos de cultivos de callas (BLOOMZ, 2002).

O primeiro ciclo refere-se ao plantio de sementes ou de plântulas provenientes de cultura de tecido, pós este ciclo, os bulbos atingem de 1 a 3 cm de diâmetro. No segundo ciclo de cultivo, os bulbos emitem maior número de raízes e se desenvolvem

atingindo diâmetros entre 3 e 5 cm. Nesta fase pode ocorrer produção de flores que, no entanto, não atingem o padrão exigido para comercialização, tanto como flor de corte como de vaso. De acordo com Funnell e Warrington (1994), os bulbos estarão aptos para produção de flores somente quando atingirem diâmetro mínimo de 2,5 cm.

Outra maneira de propagação da cultura é através da divisão de bulbos grandes, ou seja, destacando-se os “bulbilhos” que se desenvolvem ao redor do bulbo principal (ENSOR, 1994).

4.2 Fatores que afetam a produção

Até meados de 1989 Corr e Widmer (1990), não encontraram estudos científicos sobre a influência de fatores ambientais no desenvolvimento e iniciação floral de calla. Estudaram a interferência da irradiação solar, área foliar, temperatura do ambiente e do fotoperíodo sobre o desenvolvimento de flores durante o primeiro ciclo de cultivo e concluíram que estes fatores não interferiram no segundo ciclo de cultivo.

Porém, no ano seguinte, Corr e Widmer (1991) consideraram, baseados em um novo estudo, que as condições nas quais a espécie é cultivada e seus bulbos armazenados, interferem, especialmente, no próximo ciclo de cultivo.

- Temperatura e Luz:

A temperatura mínima para o desenvolvimento do bulbo do grupo II e seus híbridos é de 5 a 6°C, enquanto que a máxima é 25°C (FUNNELL, 1994; CORR e WIDMER, 1990).

Em estudos relatados por Corr (1993), plantas cultivadas em temperaturas mais elevadas, floresceram primeiro, em relação a plantas cultivadas em temperaturas mais baixas: copos-de-leite cultivados em temperaturas em torno de 10 C⁰ não se desenvolveram até que a temperatura atingisse no mínimo 15 C⁰. Constatou também que plantas cultivadas em temperaturas mais elevadas, 20 a 25C⁰, ficaram mais altas e floresceram mais rápido.

O aquecimento noturno, visando manter a temperatura ao redor de 15-18°C, minimizará o período de baixo crescimento; a elevação da temperatura mínima talvez seja necessária para alcançar aumento do tamanho final do bulbo, prática esta indispensável para produtores de bulbos de primeira geração de crescimento, provenientes de sementes ou cultura de tecidos, principalmente quando cultivados em casa de vegetação (FUNNELL, 1994; TJIA, 1987).

O florescimento de callas não é dependente do fotoperíodo, entretanto, a intensidade luminosa apresenta-se como fator importante. O comprimento da haste e o pecíolo das folhas aumentaram quando as plantas foram colocadas sob condição de meia sombra. Sob 50% de sombra (15 mol.m⁻² PAR) durante o verão, a haste aumentou em comprimento da ordem de 87%, quando comparado à condição de pleno sol (30 mol.m⁻² PAR), principalmente as plantas cultivadas sob baixas temperaturas (FUNNELL e WARRINGTON, 1994). Entretanto, para maior crescimento durante o período de desenvolvimento do bulbo, é necessário condição de alta luminosidade. A utilização de sombreamento é necessária no verão para evitar altas temperaturas (CORR e WIDMER, 1990).

- Água:

O consumo de água pelo copo-de-leite é dependente do seu estágio de desenvolvimento. Ensor (1994) e Walker (2004¹) consideram cinco estágios diferentes de desenvolvimento como referência para o consumo de água: a) plantio até emergência das brotações – a umidade deve ser suficiente para a emergência dos brotos, porém o solo não pode estar encharcado; b) emergência ao florescimento – aumenta-se a irrigação visando evitar o estresse hídrico; c) durante o florescimento – manter elevada a umidade do solo, especialmente antes da colheita; d) depois do florescimento – reduzir a irrigação; e e) senescência completa – cessar irrigação para facilitar a colheita dos bulbos.

1- WALKER, I. Membro do Callas.net. Informação obtida via e-mail disponível em: <[http:// www.callas.net.nz](http://www.callas.net.nz)>. Acesso em: 28 ago. 2004.

Até a presente data não foram localizados trabalhos científicos com relação ao consumo de água pela cultura de calla, nada consta indexado, seja com relação ao manejo ou a evapotranspiração da espécie. Seguindo as recomendações técnicas, utilizadas por produtores de callas da Nova Zelândia e produtores de Mairinque e Bragança Paulista (SP), relatado por Muçouçah (2002), a necessidade de água da cultura é diretamente proporcional ao incremento de sua área foliar: até o estágio de florescimento a irrigação deve atingir a capacidade de campo; posteriormente a frequência deve ser mais espaçada, mas tomando-se o cuidado de não estressar as plantas por déficit hídrico, evitando-se assim a possibilidade de que a planta entre em senescência precoce, ficando predisposta ao ataque da bactéria *Erwinia carotovora* subespécies *carotovora* ou *Pithium* sp, doenças estas consideradas limitantes à cultura (ZANTEDESCHIA, 1997; informação verbal^{2 e 3}).

Melhores resultados na minimização do uso da água, sem reflexos na produtividade, foram obtidos no cultivo de flores em vaso nas tensões de 1,5 a 3,5 kPa (LIETH e BURGER, 1989). Kiehl et al. (1992), no cultivo de crisântemo em vaso, consideraram que a produção de plantas em vaso deve ser mediante potenciais de água entre 1 a 5 kPa. Scatolini (1996), no monitoramento do potencial matricial de água na cultura de crisântemo, verificou tensões variáveis de 10 a 58,7 kPa. Farias (2003) obteve melhores resultados, no cultivo de crisântemos em vaso, trabalhando nos potenciais matriciais de 2, 4, 6 e 10 kPa.

- Tamanho do bulbo:

As espécies do grupo II produzem flores viáveis somente a partir do cultivo de bulbos com 2,5 cm de diâmetro, desde que as condições de cultivo sejam favoráveis ao perfeito desenvolvimento da cultura. Bulbos de menor tamanho são prontamente induzidos a florescer pela aplicação de giberelinas, mas tamanho de folhas e flores são menores quando comparadas às plantas provenientes de bulbos maiores (FUNNELL e WARRINGTON, 1994; BROOKING e COHEN, 2002).

2 - JAFET, R. (Produtor rural - Mairinque/SP). Relato durante visita técnica à sua propriedade rural, unidade de produção de calla em ambiente protegido. 2000.

3 - DEVELEY, A. (Produtor rural – Bragança Paulista/SP). Relato durante visita técnica à sua propriedade rural, unidade de produção de calla em ambiente protegido. 2000.

Segundo Corr e Widmer (1991), bulbos de *Z. rehmannii*, de diâmetro maior que 6,5 cm, produzem mais brotos e folhas do que bulbos menores, independentemente do tratamento com ácido giberélico (GA₃). A emergência, o número de brotos e o número de folhas de *Z. elliottiana* não foram afetados pelo tamanho do bulbo, mas sim pelo tratamento com ácido giberélico. A produção de flores normais foi acrescida pelo tratamento com giberelina, para todos os tamanhos de bulbos de *Z. rehmannii*, excetuando-se os bulbilhos (TJIA, 1987).

Os bulbos com massa verde inferior a 15g são classificados nas grades 1-2 e 2-3, referentes ao diâmetro dos bulbos mensurados em centímetros, e produzem, condicionados ao tratamento com ácido giberélico, hastes florais com aproximadamente 10 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente (WELSH, 1994). Corr e Widmer (1991) estudaram o efeito do tamanho do bulbo em relação ao tempo de emergência das brotações, número de folhas, número de dias até a emergência da primeira haste floral e altura da haste; cultivaram bulbos com diâmetro inferior a 2,5 cm, cuja massa verde média foi em torno de 15g e também bulbos maiores que 6,5 cm de diâmetro, com massa verde aproximada de 130g; concluíram que quanto maior o bulbo, maior o número de flores produzidas. Confirmando a relação existente entre tamanho do bulbo e produção de flores.

Para a produção de flores padrão A ou adequadas para exportação, no Brasil, é necessário o cultivo de bulbos com diâmetros acima de 0,04m. De acordo com Bloomz (2004), o diâmetro do bulbo deve ser medido no menor lado, muitos bulbos apresentam-se alongados, ovais ou com outras formas, dependente da sua variedade ou condições de cultivo.

- Armazenamento do bulbo:

Um breve período de armazenamento é necessário para que ocorra a quebra de dormência (CORR e WIDMER, 1988). No entanto, o armazenamento por longos períodos pode acarretar em redução do potencial de florescimento (FUNNELL et al., 1992). Segundo ZANTEDESCHIA (1997), a dormência é quebrada com um período de dez semanas de armazenamento a temperaturas entre 15 e 20 C⁰ e excelentes produções são obtidas com armazenamentos inferiores a seis meses.

Por outro lado, o armazenamento de bulbos de callas é utilizado com o intuito de se efetivar uma programação de cultivo em vaso ou flor de corte, a fim de atender o mercado o ano inteiro (FUNNELL e GO, 1993). A temperatura de armazenamento dos bulbos tem um efeito significativo sobre o crescimento, visto que, bulbos de *Z. elliottiana* armazenados a 4°C por 10, 14, 16, ou 20 semanas não brotaram e perderam mais peso do que bulbos armazenados a 15, 20 ou 25°C (JIERWIYIPANT e TJIA, 1988).

Funnell e Go (1993) consideram que a redução no florescimento devido a longos períodos de armazenamento não se atribui ao aborto de gemas e sim à redução da concentração e atividade da giberelina endógena. No entanto, mesmo submetendo-se os bulbos ao tratamento com ácido giberélico, ocorre redução no florescimento, pois a sensibilidade das plantas à giberelina exógena é alterada pelo armazenamento, uma vez que a receptividade das plantas à solução de GA₃ é reduzida em função das condições de temperatura e umidade do armazenamento, devido à necrose ou suberização do tecido do bulbo.

Em termos gerais considera-se que o armazenamento dos bulbos deve ocorrer para induzir o florescimento, porém estudos têm demonstrado que a temperatura ideal deve ser em torno de 10 a 20C^o e o tempo de armazenamento não deve exceder quatro meses.

- Tratamento com Ácido Giberélico:

A aplicação de giberelinas nos bulbos ou na parte aérea de callas é utilizada comumente, em campos de produção comercial, para induzir o florescimento (FUNNELL et al., 1988; TJIA, 1987; HENNY, 1981), aumentando a produção de flores (FUNNELL et al., 1988).

A produção máxima de flores de *Z. elliottiana* e *Z. rehmannii* foi obtida com o tratamento de GA₃ (500 mg.L⁻¹) em pré-plantio, pela imersão dos bulbos na solução (CORR e WIDMER, 1987). Em outro estudo, REISER e LANGHANS (1993), no cultivo de *Z. rehmannii* ‘Superba pink’ e *Z. elliottiana*, efetuaram tratamento pré-plantio com imersão dos bulbos em soluções com concentrações de GA₃ a 50, 100 e 500 mg.L⁻¹, a fim de induzir o florescimento e verificaram que GA₃ a 100 mg.L⁻¹ foi a dosagem mais eficiente para promover o aumento no número de flores.

Os produtores de callas no Brasil adotaram a dosagem de GA_3 a 100 mg.L^{-1} pré-plantio pela imersão dos bulbos por 15 minutos na solução, conforme recomendado por Reiser e Langhans (1993), ZANTEDESCHIA (1997) e Bloomz (2004).

- Nutrição Mineral

A recomendação de ZANTEDESCHIA (1997) é o emprego de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, mais suplementação com micro nutrientes. A calla responde bem a adubação foliar e doses elevadas de nitrogênio tornam a planta tenra e succulenta, induzindo crescimento vegetativo excessivo. A concentração de cálcio nos bulbos parece estar relacionada com a suscetibilidade a *Erwinia*. Burge et al. (1994) recomendam complementar com cálcio para evitar a pré-disposição da calla à podridão mole do bulbo.

Walker (2004¹), na Nova Zelândia, recomenda trabalhar com o pH na faixa de 5,8 a 6,5 e as concentrações dos nutrientes: P – 40 a 80, K – 20 a 30, Ca – mais de 10 e Mg – 20 a 30. Já Cruz-Castillo et al. (2001), em estudo realizado no México, utilizaram as seguintes concentrações: a) N – P – K = 14 – 0 – 40, b) N – P – K = 20 – 30 – 10, c) N – P – K = 15 – 30 – 15, d) N – P – K + Mg = 12 – 11 – 18 – 3 e e) N – P – K + Mg = 12 – 11 – 18 – 3 + 20 – 30 – 10 + composto orgânico. Constataram diferenças quanto ao número de folhas e área foliar; as plantas fertilizadas com a concentração de 12 – 11 – 18 – 3 apresentaram melhores resultados quanto ao número de folhas e as plantas fertilizadas com a concentração 12 – 11 – 18 – 3 + 20 – 30 – 10 + composto orgânico, quanto ao maior desenvolvimento de área foliar.

4.3 Evapotranspiração

A investigação experimental sobre a evapotranspiração, visando determinar as necessidades hídricas das culturas, vem sendo exaustivamente estudada nas últimas décadas, em função da necessidade de se conduzir a irrigação de forma racional dentro da realidade de cada região (LUNARDI, 2000).

O limite superior de produção de uma cultura é determinado pelas condições ambientais e seu potencial genético. Até que ponto pode-se alcançar esse limite dependerá sempre da precisão com que os aspectos de engenharia de suprimento de água

estiverem em consonância com as necessidades biológicas na produção da cultura. Portanto, a utilização eficiente da água na produção das culturas só poderá ser alcançada quando o planejamento, o projeto e a operação de suprimento de água e do sistema de distribuição estiverem orientados com o propósito de atender, em quantidade e tempo requerido, incluindo os períodos de escassez de água, às necessidades hídricas da cultura para ótimo crescimento e altos rendimentos (DOORENBOS e KASSAM, 1994).

A necessidade hídrica de uma cultura é fator primordial para o dimensionamento hídrico de um sistema de irrigação, para a determinação do consumo de água de uma cultura, a água deve estar prontamente disponível, isto é, as condições de solo devem ser tais que o fluxo de água atenda qualquer demanda atmosférica (FOLEGATTI, 1988; REICHARDT, 1996; PEREIRA et al., 1997). O potencial de água na planta depende da habilidade das raízes em absorver a água do solo com que estão em contato, bem como das propriedades do solo no fornecimento e na condução desta água até as raízes em uma proporção que satisfaça as exigências da transpiração. Uma das maneiras mais utilizadas de quantificação do consumo de água é através da medida da evapotranspiração (FRONZA, 2002).

As necessidades hídricas de uma cultura são normalmente expressas mediante a taxa de evapotranspiração (ET), em mm.dia^{-1} ou mm.período^{-1} . O conhecimento dos valores de evapotranspiração das plantas cultivadas é dado fundamental para apreciar as exigências em água de cada cultura. O cálculo preciso da evapotranspiração e conseqüente exigência de irrigação não é simples e nem fácil, devido à complexidade do problema que inclui distintas variáveis, conseqüentes das conhecidas interrelações entre água, solo, clima e planta (RODRIGUEZ, 1968).

Klar (1984) define a evapotranspiração como o somatório de transpiração, referindo-se à água que penetra pelas raízes das plantas, sendo utilizada na construção dos tecidos ou emitida pelas folhas, reintegrando-se na atmosfera, e evaporação, se a água evaporada pelo terreno nú, adjacente às plantas, por uma superfície de água ou pela superfície das folhas, quando molhadas por chuva ou irrigação, for evaporada sem ser utilizada pelas plantas. Em outras palavras, Reichardt (1990) considera a evapotranspiração como a transferência de água na forma de vapor, do sistema solo-planta para a atmosfera.

A evapotranspiração, como componente do ciclo hidrológico, constitui-se em informação importante para o dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação. Conhecendo-se a evapotranspiração, regime pluviométrico e perdas operacionais, torna-se possível dimensionar canais, tubulações, armazenamento e capacidade de bombeamento de um sistema de irrigação. Com relação ao manejo, o uso racional evita que a água seja ministrada em quantidades inferiores ou superiores às requeridas pelas culturas (SEDIYAMA, 1987).

A evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica, e pelo suprimento de água do solo às plantas. A disponibilidade de energia depende do local e da época do ano. O local é caracterizado pelas coordenadas geográficas (latitude e altitude) e pela topografia da região. A latitude determina o total diário de radiação solar potencialmente passível de ser utilizado no processo evaporativo. Num terreno plano, o total diário de radiação solar é modulado pela época do ano, que determina o ângulo de incidência dos raios solares. Numa topografia acidentada, dependendo da estação do ano, terrenos com faces distintas terão disponibilidades diferentes de energia. A altitude também afeta diretamente a temperatura do solo, do ar e a pressão atmosférica, que são fatores que influenciam a evapotranspiração. Para um determinado local, a disponibilidade de radiação é controlada pelo poder refletor da superfície, que é expresso pelo albedo (PEREIRA et al., 1997).

Para Doorenbos e Pruitt (1997) o clima é um dos fatores mais importantes na determinação do volume de água evapotranspirada pelas culturas. Excluindo-se os fatores climáticos, a evapotranspiração também é influenciada pela própria cultura e proporcional às suas características de crescimento.

Tem-se demonstrado que o nível de evapotranspiração está relacionado com a demanda evaporativa do ar. Essa demanda pode ser expressa como a evapotranspiração de referência (ET_o) que, quando calculada, prediz o efeito do clima sobre o nível de evapotranspiração da cultura. A evapotranspiração de referência representa a taxa de evapotranspiração de uma área extensa coberta por uma grama verde, de 8 a 15 cm de altura, em ativo crescimento, sombreando completamente o terreno e sem escassez de água (DOORENBOS e KASSAM, 1994).

Em regiões tropicais e subtropicais, pode-se utilizar a grama batatais (*Paspalum notatum* L.) que permanece praticamente verde e em pleno desenvolvimento durante o ano todo, desde que seja irrigada. A ETo é tomada como um elemento meteorológico de referência para estudos comparativos de perda de água pela vegetação em diferentes situações e locais (REICHARDT, 1990). Já Smith et al. (1991) definem evapotranspiração de referência como sendo aquela de uma cultura hipotética, com altura fixa de 0,12m, albedo igual a 0,23, e resistência da cobertura ao transporte de vapor d'água igual a 69 s.m^{-1} , que representaria a evapotranspiração de um gramado verde, de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo, e sem falta de água.

A evapotranspiração pode ser quantificada através de medidas diretas ou estimada, indiretamente, com a utilização de modelos que baseiam-se em fatores que atuam no processo (VALADÃO, 1995). De acordo com Sedyama (1987) e Burman e Pochop (1994), existem mais de 50 métodos para a estimativa da evapotranspiração. A diversidade de resultados alcançados nos diferentes métodos, quase sempre, são causas de preocupações dos pesquisadores, isto é, qual método estima a evapotranspiração corretamente (SEDIYAMA, 1987).

A quantificação da evapotranspiração, através de estimativas, pode ser realizada com a utilização de diversos métodos, que utilizam desde dados meteorológicos simples como o de Thornthwaite, baseado na temperatura, até os mais complexos como o de Penman, que possui desenvolvimento teórico mais avançado (PERES, 1994).

Algumas equações apresentam modificações simples em equações consagradas como a de Penman. A recomendação mais comum é efetuar a calibração do método para o local onde deverá ser utilizado. A calibração do método é muito usual e precisa ser efetuada sob condições específicas (BURMAN e POCHOP, 1994).

Klar (1991) propõe a seguinte classificação para a medição da evapotranspiração:

- Métodos hidrológicos ou de balanço de água;
- Métodos que envolvem as correções turbulentas;
- Métodos de balanço de energia;
- Métodos aerodinâmicos;

Métodos combinados que conjugam partes do balanço de energia e do transporte de massa;

Métodos empíricos, e

Evaporímetros

Entre os métodos de balanço de água estão o balanço hídrico de campo, o lisimétrico e os potômetros. O balanço hídrico é o somatório das quantidades de água que entram e saem de um elemento de volume do solo, num dado intervalo de tempo, apresentando como resultado a quantidade de água que permanece disponível às plantas. Os componentes do balanço hídrico são a precipitação, a irrigação, o deflúvio superficial, a percolação profunda, a ascensão capilar, a variação de armazenamento de água e a evapotranspiração (REICHARDT, 1985).

Os lisímetros permitem determinar diretamente a evapotranspiração em condições controladas, onde o deflúvio superficial, a ascensão capilar e a drenagem profunda ou são evitados ou se tornam de fácil mensuração. Constituem-se em recipientes, cheios de solo e enterrados, de superfície coberta ou não, representando as condições ambientais do campo onde estão localizados, utilizados para determinar a evapotranspiração de uma cultura, de referência ou não, ou a evaporação do solo nú (ABOUKHALED et al., 1986).

Os lisímetros podem ser utilizados para medir a percolação da água através dos solos e para determinação dos constituintes solúveis removidos na drenagem. Têm sido utilizados há mais de 300 anos para determinação da água usada pela vegetação. Os lisímetros de precisão para medir a evapotranspiração foram desenvolvidos nos últimos 50 anos (HOWELL et al, 1991)

Valadão (1995), trabalhando com lisímetros de nível freático constante (55 cm), com a cultura de feijão, verificou que não ocorreram diferenças significativas entre as plantas desenvolvidas nos lisímetros e na bordadura, evidenciando o bom desempenho deste equipamento para a determinação do consumo de água pelas plantas, em Botucatu/SP.

Chang (1968), citado por Aboukhaled et al. (1986), dá ênfase a quatro requisitos de projeto e operação de lisímetros para a obtenção de dados confiáveis de evapotranspiração:

- o lisímetro deve ser suficientemente grande e profundo para reduzir os efeitos de bordadura e evitar restrições ao desenvolvimento radicular;
- as condições físicas no lisímetro devem ser similares àsquelas fora dele;
- a altura das plantas, densidade e distribuição de plantio, devem ser similares dentro e fora dos lisímetros, e
- o lisímetro deve ter uma área de bordadura suficientemente grande, para que não seja afetada por advecção.

O uso de vasos é restrito a plantas individuais e, devido à ausência de competitividade entre plantas, seu uso torna-se limitado. Os potômetros, usados somente para folhas, apresentam restrição ainda maior (KLAR, 1991).

Os métodos combinados relacionam o balanço de energia com a fórmula aerodinâmica, segundo Klar (1991). Penman, em 1948, foi o primeiro a aventar a possibilidade da reunião dos dois componentes, pois a energia é necessária para manter a evaporação, e um mecanismo deve existir para remover o vapor produzido. O autor publicou o primeiro método conhecido como método combinado, resultado da combinação do balanço de energia (teórico) com uma função do vento (empírica). Sua principal limitação teórica é o uso de equações constantes com um processo que obviamente envolve variações de períodos pequenos e diurnos. Esta suposição não é tão séria para períodos curtos e horários. O método de Penman passou por considerável evolução ao longo de sua existência. Funções e métodos alternativos foram avaliados. As modificações para aplicações práticas são contínuas até o presente momento, possivelmente progredindo a cada passo. Em 1977, Doorenbos e Pruitt, pela FAO, publicaram uma calibração do método de Penman na qual um fator de correção “c” é estimado usando parâmetros climáticos que são requeridos para uso geral do método de Penman, com exceção da relação do movimento do vento do dia para a noite. A correção “c” passou a ser utilizada como um coeficiente de auto calibração (BURMAN e POCHOP, 1994).

Utilizando lisímetros de drenagem, em Lisboa, Ferreira e Ferreira e Pereira, citados por Pereira e Adaixo (1991), obtiveram como resultados erros que não excederam 10%, quando utilizaram os métodos de Penman FAO e da Radiação para a estimativa da evapotranspiração. Com estes resultados os métodos propostos pela FAO para estimar a evapotranspiração de referência passaram a ser utilizados comumente, enquanto os métodos de Thornthwaite e Blaney-Criddle foram abandonados.

Numa revisão de resultados obtidos na Itália entre métodos comumente utilizados para estimativa de evapotranspiração de referência, o método de Penman foi o menos confiável. Já o método de Penman modificado pela FAO reduziu a variabilidade na estimativa, mas aumentou as diferenças relativas para a evapotranspiração medida na grama, especialmente nos meses de verão. As comparações foram estudadas em lisímetros de pesagem com dados diários e lisímetros de drenagem com dados de 10 em 10 dias (TARANTINO, 1991).

Para Marouelli et al. (1994), o método de Penman tem sido pouco utilizado na prática, embora seja um dos métodos mais acurados, em razão do grande número de dados meteorológicos envolvidos e do trabalho para a determinação da evapotranspiração.

O método de Penman-Monteith é importante para se compreender os processos físicos e biológicos que controlam a evapotranspiração. No entanto, sua operacionalidade ainda é deficiente sendo utilizado, principalmente, em projetos de pesquisa, visto que a resistência da vegetação (r_c) e a resistência aerodinâmica (r_a) variam ao longo do dia e são de difícil mensuração. Mais comum é o uso reverso da equação em que medidas lisimétricas e do balanço de energia são utilizadas para se estimar o " r_c " da vegetação como um todo, comparando-a com medidas pontuais feitas com porômetros (PEREIRA et al., 1997).

Um grande número de métodos empíricos surgiu e podem ser usados com as precauções devidas. Alguns foram projetados para estimar a evapotranspiração potencial, pois usando-se apenas dados climáticos, não se pode avaliar a evapotranspiração real nas várias situações onde fatores de solo e de cultura afetam o processo (KLAR, 1991).

Pereira et al. (1997) citam os seguintes métodos empíricos: Thornthwaite, Thornthwaite modificado por Camargo, Camargo, Makking, Radiação solar, Jensen-Haise, Linacre, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle.

Dos métodos baseados em tanques de evaporação ou evaporímetros, para estimativa da evapotranspiração, o método mais utilizado é o método do tanque Classe A, devido a sua praticidade, precisão e baixo custo, quando comparado com as necessidades de investimento para obtenção de dados para o emprego de métodos mais precisos, tais como Penman modificado pela FAO e Penman-Monteith.

A perda de água em um recipiente aberto como um tanque de evaporação e a evapotranspiração de uma vegetação, envolvem processos de evaporação,

assim é possível assumir que uma estimativa razoável de evapotranspiração de referência possa ser obtida pela multiplicação da evaporação medida em um tanque, por um fator usualmente menor que 1. Este fator é conhecido como coeficiente de tanque (K_p) (BURMAN e POCHOP, 1994). Doorenbos e Pruitt (1997) tabelaram coeficientes do tanque Classe A para estimativa de evapotranspiração de referência com a cultura da grama, em função da velocidade do vento, da área de bordadura da grama, da umidade relativa média e das áreas gramadas ou áreas secas.

Sentelhas et al. (1999) compararam valores de coeficiente de tanque (K_p) estimados pelos métodos de Doorenbos e Pruitt, Cuenca, Snyder, Pereira et al. e Raghuwanshi e Wallender, com valores obtidos pela relação $K_p = E_{To}/E_{CA}$. Os resultados possibilitaram verificar que para a escala diária, nenhum dos métodos estimou bem o K_p . Observou-se que um valor fixo de K_p , igual a 0,72, produziu o mesmo nível de erro de E_{To} do que a calculada com K_p variável em função da velocidade do vento, umidade relativa média e bordadura.

Sanchez-Toribo et al. (1991), em trabalho para calibrar quatro métodos de estimativa de E_{To} (Blaney-Criddle, Radiação, Penman FAO e tanque Classe A), encontraram para as condições estudadas na Espanha, que o tanque Classe A forneceu as melhores estimativas de evapotranspiração em relação às medidas em lisímetros.

Finalizando, Doorenbos e Pruitt (1997), no boletim 24 da FAO, elucidam que a partir das observações meteorológicas disponíveis escolhe-se um método para a estimativa da evapotranspiração da cultura de referência. Tendo-se disponibilidade de uma série completa de dados meteorológicos, a escolha do método dependerá do nível de exatidão desejado para a estimativa da E_{To} . Os métodos de Penman e da Radiação proporcionam ótimos resultados para períodos de 10 dias. Dependendo da localização do tanque, o método do tanque Classe A pode vir em segundo lugar, embora os dados dos tanques, sejam superiores quando estes estiverem em locais favoráveis e de ventos fracos.

4.4 Eficiência do uso da água

A economia de água pode aumentar a produção total por unidade de água disponível para o uso na agricultura, ou seja, aumentando a eficiência do uso da água. A eficiência do uso da água por uma cultura ou sistema produtivo é uma restrição básica nas

decisões agronômicas, isto é, define o êxito na produção de biomassa pela água transpirada. A eficiência do uso da água pode ser baseada na evapotranspiração ou na transpiração da cultura; sendo que estas duas medidas de eficiência do uso da água podem ser baseadas na produção de matéria seca total ou do produto comercial (TANNER e SINCLAIR, 1983).

Dinar (1993) considera que a eficiência do uso da água relaciona a produção de biomassa ou produção comercial pela quantidade de água aplicada ou evapotranspirada; em agricultura irrigada, a elevação e a determinação dos níveis da eficiência do uso da água são bastante complexos e requerem conhecimento e considerações interdisciplinares.

As plantas verdes deparam com o dilema proposto pela necessidade de harmonizar dois vitais, mas contraditórios processos para o desenvolvimento das culturas. Por um lado, as plantas requerem uma rápida troca gasosa com a atmosfera para assimilação de CO_2 e produção de biomassa; por outro lado, a manutenção de alta umidade das folhas requer mínima troca de gases com a atmosfera (STANHILL, 1986). E assim estes dois processos estão relacionados com a transpiração das culturas, ou seja, a ‘passagem da água pelas plantas’, e, quanto mais eficiente este processo, mais produtiva a cultura. Portanto, o eficiente uso da água pelas culturas é extremamente importante, tanto em regiões áridas, como em regiões úmidas.

A economia, visto o eficiente uso da água, em regiões áridas de agricultura irrigada, onde a água é escassa, é muito importante. O custo da água pode ser minimizado com a melhoria das técnicas de irrigação, redução da evaporação do solo, aumentando o reaproveitamento da água pelas culturas. Estas considerações econômicas sobre o eficiente uso da água são igualmente importantes em regiões úmidas, desde que a irrigação produza aumentos na colheita. Estes ganhos na produtividade poderiam aumentar nas regiões úmidas com pequena quantidade de água, quando comparada com as regiões áridas. As precipitações estariam abastecendo, em grande parte, a água requerida, e as perdas por transpiração seriam menores em regiões úmidas, onde há grande disponibilidade de água (TANNER e SINCLAIR, 1983).

A distribuição da água e a manutenção de níveis ótimos de umidade no solo durante todo o ciclo da cultura, reduzem as perdas de água por drenagem e os períodos de estresse hídrico da cultura, o que aumenta a eficiência do uso da água (SOUZA et al.,

2000). Dinar (1993) menciona que existem meios para se elevar os valores de eficiência do uso da água destacando-se entre esses, o manejo adequado da irrigação.

A melhoria do rendimento agrícola passa necessariamente pela racionalização da utilização da água através de uma gestão adequada deste recurso. Oliveira (2001) considerou urgente adequar a disponibilidade da água às necessidades espaciais e temporais das diferentes culturas, tendo sempre presente os rendimentos almejados; considerou como grande objetivo aumentar a eficiência da irrigação, diminuindo as perdas de águas não produtivas com o uso da água estritamente necessária.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização

O presente estudo foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas-Unesp, Campus de Botucatu/SP, na Fazenda Lageado. O local encontra-se a aproximadamente a 786 m de altitude e com as seguintes coordenadas geográficas: 22°51' latitude Sul e 48°26' longitude Oeste.

5.2 Clima

Segundo Cunha et al. (1999), o clima da região, de acordo com a classificação de Koeppen, é definido como Cwa: clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C.

5.3 Instalação do experimento

O experimento foi conduzido em uma estufa de estrutura metálica, com lanternim e vitrôs laterais móveis, construída em duas águas, de 24 m², com dimensões de 4,0 m de largura por 6,0 m de comprimento e 3,0 m de pé direito, coberta com vidro polido de 3 mm de espessura; os vidros foram pintados com faixas de 0,1 m de largura, na cor branca,

com o intuito de proporcionar 50% de área pintada, para diminuir a energia interna do ambiente.

O conjunto para a mensuração da evapotranspiração da cultura era composto de vasos confeccionados de tubos de PVC de diâmetro nominal de 150 mm, constituídos de anéis de 7 cm de altura, os quais foram unidos por fita adesiva, formando vasos com alturas de 14; 21; 28; 35 e 42 cm. O fundo dos vasos foi fechado com cap de PVC de 150 mm perfurado para permitir a ascensão capilar, no fundo foi colocada manta geotêxtil (Bidin OP 30) para evitar a perda de substrato. As diferentes alturas dos vasos simularam, concentrando-se na variável água, os efeitos de diferentes níveis freáticos constantes (SILVEIRA, 2000).

Os vasos foram colocados dentro de bandejas metálicas, pintadas de branco, com dimensões de 40 cm de largura por 60 cm de comprimento e altura de 14 cm, contendo uma camada de 5 cm de areia lavada, na qual os vasos foram semi-enterrados. Cada bandeja era dotada de uma câmara intermediária provida de bóia para a manutenção do nível constante da água a 5 cm a partir da base das mesmas. Esta câmara intermediária era abastecida por um reservatório d'água, graduado em milímetros, construído com tubo de PVC de diâmetro nominal de 15 cm, com 80 cm de altura. O fornecimento de água, a partir da câmara intermediária à área útil da bandeja deu-se através de tubo de PVC de diâmetro nominal de 20 mm. A Figura 2 apresenta a disposição do conjunto para medida da evapotranspiração da cultura.

Como os vasos ficaram enterrados na areia, de modo a obter um lençol de 4 cm, a partir de suas bases, foram estabelecidas cinco diferentes profundidades do lençol freático, 10 cm, 17 cm, 24 cm, 31 cm e 39 cm, da superfície dos vasos até o nível d'água, conforme Figura 3.

Com o objetivo de se avaliar somente a evapotranspiração dos vasos, os interstícios entre estes foi preenchido com placas de isopor, para evitar a evaporação da água das bandejas.

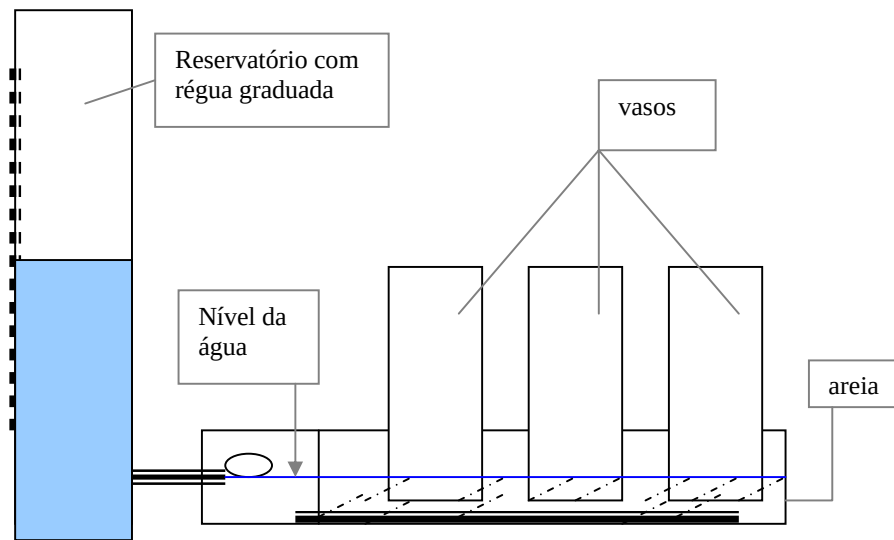


Figura 2. Detalhe do conjunto utilizado para mensuração da evapotranspiração da cultura (sem escala).

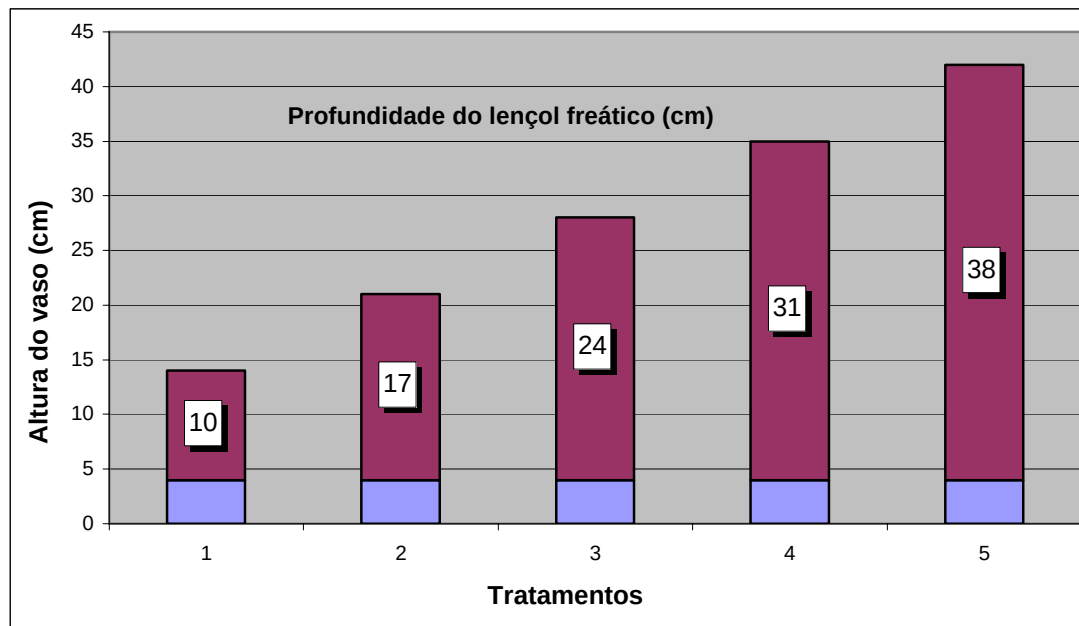


Figura 3. Profundidade do lençol freático (cm) em função da altura do vaso (cm).

5.4 Características da cultura

Foram utilizados bulbos de híbridos de callas, indicados para o cultivo de flor de corte, provenientes de cultura de tecido, doados pelo produtor rural Raphael Jafet Júnior, importados da Empresa Bloomz, produtora de bulbos da Nova Zelândia. Esses bulbos ficaram armazenados por um período de 6 meses, à temperatura ambiente na faixa de 18-20°C. Os bulbos utilizados no presente estudo apresentaram massa verde inicial variando de 10 a 12 gramas e diâmetro entre 2 e 4 cm, provenientes do ciclo 1 de cultivo (Figura 1).

5.5 Tratamentos químicos

Por ocasião do plantio, os bulbos foram pulverizados com inseticida (Paration metílico), a fim de se controlar infestações de cochonilhas e traças, insetos comuns durante o armazenamento. No dia 23 de março de 2004 as plantas tiveram que ser pulverizadas com óleo mineral parafínico (inseticida – acaricida - adjuvante), para controle de cochonilhas.

Os bulbos também foram tratados, pré-plantio, por imersão em solução a 100 mg.L⁻¹ de GA₃, por 15 minutos, para induzir o florescimento (REISER e LANGHANS, 1993, FUNNELL e WARRINGTON, 1994; ZANTEDESCHIA, 1997). Foi utilizado o fitorregulador ácido giberélico (GA₃).

5.6 Plantio

Os bulbos foram plantados nos vasos de PVC preenchidos com o substrato comercial Rendmax Floreiras da Empresa Eucatex, composto de turfa processada e enriquecida, casca de pinus processada e enriquecida e vermiculita expandida. Tomou-se o cuidado de, após o acondicionamento dos bulbos nos vasos, cobri-los com 5 cm de substrato, foi plantado um bulbo por vaso. O plantio foi realizado no dia 15 de setembro de 2003. O cultivo foi realizado em substrato, pois este favorece o plantio de flores uma vez que a utilização de solo em ambientes protegidos causa sérios problemas de salinização e proliferação de pragas e doenças de solo, os problemas se agravam no interior do ambiente protegido, devido às condições de temperatura e umidade do solo (CARNEIRO JUNIOR et

al., 2002). No cultivo de callas a bactéria *Erwinia* é fator limitante e trata-se de um típico patógeno de solo, sendo este mais um fator determinante na opção do cultivo em substrato.

O nível de água de cada tratamento foi fixado uma semana antes do plantio, objetivando a “estabilização” do processo de capilaridade (SILVEIRA, 2000). Do dia 15 ao dia 21 de setembro, primeira semana de plantio, foram feitas irrigações suplementares nos tratamentos 3, 4 e 5, na quantidade de 100 ml por vaso, sendo o excesso retirado para manter o nível de cada lençol freático.

As análises química e física (granulometria) do substrato foram realizadas pelo Departamento de Recursos Naturais da FCA-UNESP (Tabelas 1 e 2). A análise química foi efetuada considerando-se os padrões de análise de fertilizantes orgânicos.

Tabela 1. Características químicas do substrato utilizado no experimento.

Relação C/N	pH em CaCl ₂	N Total	P ₂ O ₅ Total	K ₂ O Total	MO (550° C) % *	C Total	Ca Total	Mg total	S total	Zn total	Mn total	Cu total	Fe total	Na total
38/1	5,40	0,70	0,80	0,65	48,50	26,95	1,46	2,70	0,45	96	300	38	19.350	480

* base seca (110° C)

Tabela 2. Características da granulometria do substrato utilizado no experimento.

GRANULOMETRIA									
peneiras(mm)									
	4,76	4,00	3,35	2,36	1,70	1,40	1,18	< 1,18	
*	12 %	3,00%	16,00%	12,00%	10,00%	10,00%	8,00%	29,00%	

* - porcentagem de substrato retido nas diferentes peneiras

Tabela 3. Potencial matricial do substrato (Ψ_m) versus umidade (a %) com base em peso seco. Médias de cinco repetições.

Ψ_m (kPa)	3,8	6,3	10,1	30,4	50,7	76,0	101,4	162,2	304,1	608,2
a %	122,7	117,0	100,0	93,5	87,2	85,7	86,7	78,2	69,1	59,1

As relações entre o teor de umidade com o potencial matricial da água do substrato utilizado no presente estudo, foram determinadas no Laboratório Água-Solo do Departamento de Engenharia Rural da FCA-UNESP, pelos métodos da Placa de pressão (KLAR, 1991) e mesa de retenção. Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 3.

5.7 Fertilização

Como a água foi disponibilizada para as plantas por ascensão capilar, considerou-se que o sistema de irrigação empregado foi a subirrigação com lençol freático estável ou constante (BERNARDO, 1989). O fornecimento de fertilizante foi efetivado via fertirrigação a partir de 15 de novembro, 61 dias pós plantio, prolongando-se até o dia 29 de março de 2004, 194 dias pós plantio. Os fertilizantes eram previamente diluídos em água e colocados nos reservatórios de abastecimento. A reposição era efetivada quando os reservatórios tinham que ser reabastecidos, ou seja, quando o nível de água dentro do reservatório estava próximo de 70 cm.

A dosagem utilizada foi a mesma durante todo o período de fertirrigação, e foi estabelecida em: 100 g de N_{total} + 60 g de P_2O_5 + 200 g de K_2O + 33,4 g de Ca + 8,3 g de B por 1.000 L de água, de acordo com uma adaptação da formulação utilizada por Develey (informação verbal⁴). Foram utilizadas fórmulas comerciais de fertilizantes solúveis em água para compor a formulação adotada ao longo do estudo: a) fórmula 20-20-20 + micronutrientes (boro solúvel em água 0,05%, ferro quelatizado com EDTA 0,2%) + fórmula 13,7-0-46 + CaB quelatizado.

Esta dosagem de fertilizante implicou numa condutividade elétrica média, da solução nutritiva dentro das bandejas, de $1,24 \text{ dS.cm}^{-1}$ e pH em torno de 6,4.

5.8 Tratamentos

Os tratamentos constituíram-se nas cinco diferentes profundidades do lençol freático, as quais geraram diferentes umidades no substrato. Cada tratamento era

4 - DEVELEY, J. B. (Produtor rural – Bragança Paulista/SP). Relato durante visita técnica à sua propriedade rural, unidade de produção de copo de leite colorido em ambiente protegido. 2003.

composto de seis repetições. A Tabela 4 apresenta os tratamentos, repetições e massa verde inicial dos bulbos. Como não foi localizado trabalho científico com a cultura de calla com relação a umidade no substrato, optou-se pelos tratamentos apresentados na Tabela 4 de acordo com outros autores que trabalharam com irrigação em flores cultivadas em substrato (LIETH e BURGER, 1989; KIEHL et al., 1992; FARIAS, 2003)

Tabela 4. Descrição dos diferentes tratamentos a que foram submetidas as plantas de callas, em função da profundidade do lençol freático.

Profundidade do lençol freático (cm)	Repetição (R)	Massa verde inicial (g)*
1 – 10	1	10,145
	2	11,684
	3	10,689
	4	10,036
	5	10,271
	6	11,380
2 – 17	1	11,432
	2	10,510
	3	10,977
	4	10,580
	5	11,160
	6	10,277
3 – 24	1	10,991
	2	11,015
	3	11,275
	4	10,854
	5	10,962
	6	11,164
4 – 31	1	12,107
	2	10,462
	3	12,159
	4	10,138
	5	11,805
	6	10,245
5 – 38	1	10,135
	2	10,140
	3	10,857
	4	10,243
	5	10,437
	6	12,127
30		

* - massa verde dos bulbos uma semana antes do plantio.

5.9 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com seis repetições por tratamento, perfazendo um total de 30 vasos.

Para a análise estatística os dados foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey, quando necessária a comparação entre as médias, no parâmetro área foliar os resultados foram submetidos a análise de regressão.

5.10 Características avaliadas

5.10.1 Avaliações referentes ao desenvolvimento da planta

Foram efetuadas nove avaliações ao longo do ciclo da cultura, considerando-se todas as plantas do experimento.

- Área foliar:

A área foliar foi estimada com base num modelo estatístico, o qual relaciona o produto da largura pelo comprimento da folha com a área foliar; ajustado por regressão linear a partir da análise de 46 folhas de callas. Tais folhas foram medidas na maior largura e no maior comprimento e respectivamente determinadas sua área foliar, conforme descrito por Muçouçah et al. (2004).

A equação obtida foi a seguinte:

$$AF = 0,58.C.L + 2,37 \quad (1)$$

Sendo:

AF – área foliar em cm²

L – maior largura da folha em cm

C – maior comprimento da folha em cm

A área foliar de cada planta foi estabelecida pelo somatório da área foliar de todas as folhas da planta.

- Número de folhas:

Foram contadas as folhas emitidas por cada planta.

- Número de hastes florais por bulbo:

Foram contadas as hastes florais emitidas por cada planta.

- Altura da haste:

A altura da haste floral foi determinada, medindo-se o comprimento das hastes, em cm, utilizando-se uma régua graduada.

- Ganho de massa verde do bulbo:

Os bulbos foram pesados e o peso obtido em gramas, antes do plantio e no final do ciclo, 60 dias após a senescência completa da parte aérea. Estabeleceu-se a relação entre a massa verde inicial e a final, para avaliar o ganho de massa verde em função dos diferentes potenciais matriciais. As avaliações foram realizadas em todos os bulbos.

$$GMV = \frac{MV_f}{MV_i} \quad (2)$$

Sendo:

GMV – ganho de massa verde

MV_i – massa verde inicial em gramas

MV_f – massa verde final em gramas

- Ciclo da cultura

O ciclo da cultura foi contabilizado em dias considerando-se todos os vasos plantados, pela diferença entre a data de plantio e data de senescência de cada vaso.

As avaliações descritas neste item foram efetuadas nas seguintes datas:

- primeira avaliação: 15 de outubro de 2003, 30 dias após plantio;
- segunda avaliação: 29 de outubro de 2003, 44 dias após plantio;
- terceira avaliação: 12 de novembro de 2003, 57 dias após plantio;

- quarta avaliação: 01 de dezembro de 2003, 76 dias após plantio;
- quinta avaliação: 22 de dezembro de 2003, 97 dias após plantio;
- sexta avaliação: 12 de janeiro de 2004, 118 dias após plantio;
- sétima avaliação: 02 de fevereiro de 2004, 139 dias após plantio;
- oitava avaliação: 08 de março de 2004, 174 dias após plantio;
- nona avaliação: 23 de abril de 2004, 220 dias após plantio.

Os estágios de desenvolvimento considerados no presente estudo foram cinco (ENSOR, 1994):

- a) E1 - plantio até emergência das brotações – mínimo de 50% de brotações;
- b) E2 - emergência ao florescimento – mínimo de 50% dos vasos com botão floral;
- c) E3 - durante o florescimento – final quando, no mínimo, 75% dos vasos que emitiram flores apresentaram as mesmas senescidas;
- d) E4 - depois do florescimento – final quando, no mínimo, 75% dos vasos apresentaram declínio no número de folhas e sinais de senescência; e
- e) E5 - senescência.

5.10.2 Evapotranspiração

Os dados referentes à evapotranspiração real da cultura foram coletados diariamente, porém adotou-se a contabilização semanal, por estágios de desenvolvimento e total da evapotranspiração. A evapotranspiração real da cultura (ET) foi caracterizada pela perda de água em cada vaso, conjunto planta-substrato, ocorrida nos seis vasos de cada tratamento. Esta foi determinada pela equação do balanço hídrico em um dado intervalo de tempo (ABOUKHALED et al., 1986, KLAR, 1991):

$$ET = I + P + AC - DP \pm ES \pm \Delta A \quad (3)$$

Sendo:

ET – evapotranspiração real da cultura em mm

I – irrigação em mm

P – precipitação em mm

AC – ascensão capilar em mm

DP – drenagem profunda em mm

ES – escoamento superficial em mm

ΔA – variação do armazenamento em mm

A variável que influenciou a ET foi a ascensão capilar, pois as irrigações suplementares, realizadas para induzir a brotação, efetuadas na primeira semana de plantio foram desconsideradas, uma vez que a contabilização inicial da ET teve início apenas 9 dias pós plantio. As precipitações não influenciaram o balanço de massas, pois o cultivo se deu em casa de vegetação. A drenagem profunda e o escoamento superficial não ocorreram, pois o sistema era fechado nas laterais e no fundo. As variações de armazenamento foram consideradas desprezíveis no intervalo de tempo em que a ET foi determinada, o teor de água no substrato foi aproximadamente Constante, pois o abastecimento de água era automático e conseqüentemente o valor deste parâmetro aproximou-se de zero.

A ascensão capilar foi determinada pelas leituras no reservatório de abastecimento, as quais foram realizadas, diariamente, às 9h00. Assim a ET foi determinada pela diferença entre o nível de água do reservatório de abastecimento e o nível do dia anterior, transformada em lâmina de água pela simples divisão por seis, uma vez que o reservatório e os vasos foram construídos de tubo de PVC com o mesmo diâmetro, 150 mm. Equação utilizada para determinação da lâmina:

$$ET = \frac{(L_1 - L_2)}{6} \quad (4)$$

Sendo:

ET - evapotranspiração real da cultura em mm

L_1 - leitura do dia, obtida na escala do reservatório de abastecimento, em mm

L_2 - leitura anterior, obtida na escala do reservatório de abastecimento, em mm

A unidade adotada para expressar a evapotranspiração da cultura foi litros por planta (L).

5.10.3 Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água (EUAmv) foi determinada com base na massa verde final, através da razão entre o peso final, em gramas, de cada bulbo e o valor da ET total ao longo do ciclo:

$$\text{EUAmv} = \text{MV}/\text{ET} \quad (5)$$

Sendo:

EUAmv – eficiência do uso da água com base na massa verde final do bulbo em g.L^{-1}

MV – massa verde final do bulbo em g

ET – evapotranspiração real total em L

5.10.4 Monitoramento do potencial matricial de água no substrato

Para checar a eficiência do sistema de abastecimento automático das bandejas foram instalados tensiômetros de mercúrio e piezômetros. Os tensiômetros foram instalados na profundidade de 9 cm a partir do nível superior do substrato e permitiram acompanhamento constante do potencial matricial de água do substrato, uma vez que foram realizadas leituras diárias. Os piezômetros foram utilizados para checar a profundidade e altura do lençol freático. Os dados referentes às leituras diárias dos tensiômetros estão apresentados em anexo no apêndice.

Ao final do experimento os vasos foram desfeitos, anel por anel, de cima para baixo, coletando-se amostras de substrato de cada anel de 7 cm, para determinação do teor de água, para cada uma das profundidades. Para estas determinações optou-se pelo método gravimétrico (KLAR, 1984).

5.10.5 Condutividade elétrica e pH

Ao final do experimento foram coletadas amostras de substrato, totalizando três repetições por tratamento, para averiguar a condutividade elétrica, medida em $\mu\text{S.cm}^{-1}$, e o pH. Estas determinações foram efetuadas com o intuito de avaliar se a fertilização utilizada promoveu acúmulo de sais no substrato. Foi adotado o método 2:1, descrito por Sarzi (2000). As determinações foram efetuadas no Laboratório de Análise de Água do Departamento de Engenharia Rural da FCA-UNESP.

5.10.6 Dados climatológicos

Os dados referentes à caracterização climatológica do ambiente de cultivo e condições gerais do clima na região durante o período de estudo do presente trabalho encontram-se no apêndice.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Monitoramento do potencial matricial de água no substrato

Os resultados referentes a umidade do substrato nos diferentes tratamentos estão apresentados na tabela 5 e na figura 4. Pela figura é possível visualizar a disponibilidade de água para a cultura. De modo geral, em todos os tratamentos, as raízes atingiram facilmente a zona de disponibilidade de água.

Faz-se necessário esclarecer que os bulbos foram plantados no limiar do primeiro anel, ou seja, desenvolveram-se entre os anéis 1 e 2, aproximadamente 5 cm a partir da borda superior dos vasos. No tratamento com o lençol freático a 38 cm de profundidade, cuja disponibilidade de água no presente estudo foi a mais restrita, o bulbo localizou-se na região com umidade média entre 72 a 117% e o sistema radicular das plantas desenvolveu-se no substrato com umidade acima de 160%.

No tratamento com o lençol freático a 31 cm de profundidade, o bulbo localizou-se na região com umidade variando de 90 a 142% e o sistema radicular se desenvolveu com umidade do substrato acima de 175%. Nos demais tratamentos, com lençol freático a 24, 17 e 10 cm de profundidade, os bulbos localizaram-se na região com teor de água do substrato acima de 150% e o sistema radicular desenvolveu-se na região com umidade na faixa de 200%. Considerando os resultados referentes à umidade do substrato é possível verificar que nos tratamentos com o lençol freático mais profundo as plantas dispenderam mais energia para que o sistema radicular pudesse atingir a zona de saturação, refletindo em diferenças no desenvolvimento da cultura.

Tabela 5. Umidade do substrato nos diferentes tratamentos de profundidade do lençol freático na cultura de calla, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

Altura do vaso (cm)	Prof. do l. freát. (cm).	Umidade (%)					
		Camadas dos vasos (cm)					
		0 - 7	7 - 14	14 - 21	21 - 28	28 - 35	35 - 42
42	38	72	117	160	177	215	232
35	31	90	142	175	206	232	
28	24	118	157	214	224		
21	17	151	199	244			
14	10	187	206				

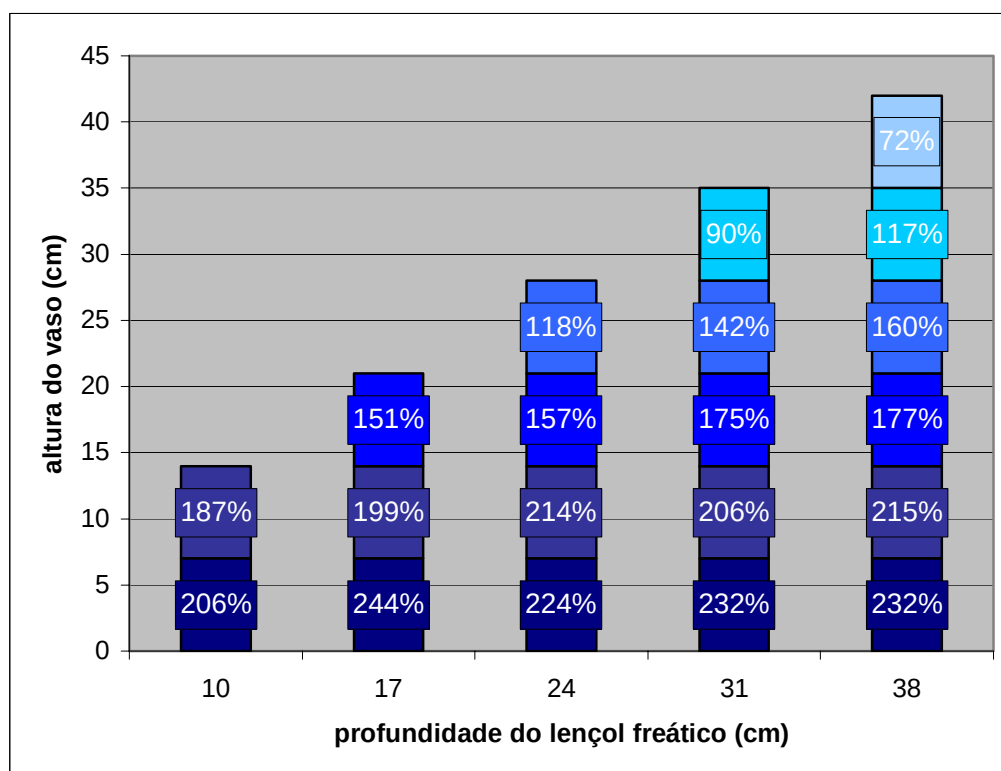


Figura 4. Umidade do substrato ao longo dos vasos em função da proximidade do lençol freático na cultura de calla, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

6.2 Avaliações referentes ao desenvolvimento da planta

Para facilitar a análise dos resultados obtidos e verificar o efeito nas diferentes etapas de desenvolvimento da cultura de calla, apresenta-se a seguir a caracterização dos cinco estágios de desenvolvimento considerados no presente estudo:

E1 – plantio até emergência das brotações: 0 a 16 dias após o plantio;

E2 - emergência ao florescimento: 17 a 50 dias após o plantio;

E3 - durante o florescimento: 51 a 76 dias após o plantio;

E4 - depois do florescimento: 77 a 220 dias após o plantio; e

E5 - senescência: 221 dias até senescência completa.

Após 16 dias de cultivo, todos os vasos que foram cultivados com o lençol freático a 10 cm de profundidade apresentaram brotações; os vasos cultivados com lençol freático a 17 cm apresentaram brotações em 83% dos vasos; os vasos do tratamento - lençol freático a 24 cm, apresentaram 67% de brotações; apenas um vaso emitiu brotos no tratamento com o lençol freático a 31 cm de profundidade, ou seja, 17% de brotação; no tratamento com lençol freático a 38 cm, cuja disponibilidade de água foi a menor no presente estudo, com 16 dias de plantio ocorreu 40% de brotação.

Corr e Widmer (1991) observaram, em estudo realizado na Nova Zelândia, que a emissão das primeiras brotações ocorreu de 12 a 14 dias após o plantio, trabalhando com bulbos de 15 a 35 gramas e plantas cultivadas sob o mesmo regime hídrico. Pode-se observar que os vasos cultivados, inicialmente, sem restrição de água, apresentaram de 83 a 100% de brotações com 16 dias de cultivo. Esta brotação de 100% no tratamento com lençol freático a 10 cm de profundidade refletiu na emissão de folhas, pois aos 30 dias após o plantio, o único tratamento que já apresentava folhas abertas foi com o lençol freático a 10 cm. Nos demais tratamentos os vasos apresentaram apenas brotações.

6.2.1 Área Foliar

A emissão de folhas e a conseqüente determinação da área foliar foram parâmetros avaliados para verificar como a cultura se comportou em relação às diferentes profundidades do lençol freático. Foram efetivadas nove avaliações para verificar o desenvolvimento da área foliar ao longo do ciclo da calla. Na tabela 6 estão relacionados os

dados referentes a este desenvolvimento, com as respectivas médias de cada tratamento, ou seja, para lençol freático variável de 10 a 38 cm de profundidade.

Tabela 6. Desenvolvimento da área foliar de plantas de callas, em cm^2 , em cinco diferentes profundidades do lençol freático, cultivadas em substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004. Média de 6 repetições.

Prof.	Dias após o plantio								
L.F. ¹ .	30	44	57	76	97	118	139	174	220
38	0	30,5	96,3	200,7	254,5	301,0	348,4	605,8	1.011,6
31	0	15,2	64,8	171,2	328,8	448,0	708,3	1.087,4	962,5
24	0	35,0	85,7	207,2	422,2	762,3	1.340,7	2.016,3	861,3
17	0	84,6	144,2	183,7	332,2	423,5	643,8	1.175,9	796,0
10	43,0	125,6	190,4	232,6	303,2	356,6	564,2	1.104,6	789,2

1 – profundidade do lençol freático em cm

O desenvolvimento das folhas teve início a partir do trigésimo dia de plantio para os tratamentos com lençol freático a 17, 24, 31 e 38 cm de profundidade; as plantas cultivadas com maior disponibilidade de água, lençol freático a 10 cm, apresentaram área foliar média de $43,0 \text{ cm}^2$ aos 30 dias após o plantio. Aos 44 dap o tratamento com lençol freático a 10 cm ainda destacava-se dos demais, embora a produção média de área foliar apresentasse diferença significativa apenas do tratamento com o lençol freático a 31 cm; esta diferença entre os tratamentos com lençol freático a 10 e a 31 cm se manteve até a avaliação realizada aos 57 dap (os resultados das análises de variância e teste de Tukey estão apresentados em anexo no apêndice tabelas 16 e 18). Até o início do florescimento, as callas desenvolveram-se mais nos tratamentos com lençol freático a 10 e 17 cm, pois a água estava prontamente disponível nestes, com o lençol freático mais próximo da superfície em relação aos demais tratamentos.

No período imediatamente após o florescimento (avaliações referentes aos 76 e 97 dap), os tratamentos mantiveram o mesmo padrão de desenvolvimento de área foliar. Somente a partir da avaliação realizada aos 118 dap, foi verificado que no cultivo com lençol freático a 24 cm os bulbos de calla desenvolveram maior área foliar em relação aos bulbos cultivados nos tratamentos com lençol freático a 10, 17, 31 e 38 cm. Com 139 dias de

cultivo, o tratamento lençol freático a 24 cm apresentou área foliar de $1.340,7 \text{ cm}^2$, diferindo estatisticamente do tratamento lençol freático a 38 cm, cuja área foliar era $348,4 \text{ cm}^2$ (apêndice tabela 18).

O pico no desenvolvimento da área foliar ocorreu 174 dias após o plantio para as callas cultivadas com lençol freático a 10, 17, 24 e 31 cm, sendo a área foliar média por vaso de 1.104,6; 1.175,9; 2.016,3 e $1.087,4 \text{ cm}^2$, respectivamente. De acordo com a análise de variância, o teste F foi significativo ao nível de 5% de probabilidade e a comparação das médias, detectou diferença significativa entre as médias nos tratamentos 24 e 38 cm de profundidade do lençol freático (tabela 18). As plantas cultivadas com o lençol freático a 24 cm desenvolveram, em média, $2.016,3 \text{ cm}^2$ de área foliar máxima, diferenciando-se apenas do tratamento 5, lençol freático a 38 cm, que apresentou a menor produção de área foliar, $605,8 \text{ cm}^2$. No entanto, não apresentou diferença estatística em relação aos demais tratamentos (tabela 18).

O tratamento correspondente ao lençol freático a 38 cm apresentou pico na produção de área foliar somente 220 dias após o plantio. Este pode ter sido o motivo da diferença observada aos 139 e 174 dias entre este tratamento e o tratamento com lençol freático a 24 cm. Nota-se que no tratamento com lençol freático a 38 cm o ciclo de desenvolvimento da cultura não apresentou as mesmas características em relação aos demais, sendo mais longo.

A análise da figura 5 permite observar o efeito das diferentes profundidades do lençol freático no desenvolvimento da área foliar. Até os 76 dias de cultivo nota-se uma relação linear praticamente constante entre as variáveis profundidade do lençol freático e área foliar. Considerando-se as avaliações nos dias 97 e 118 após o plantio, é possível verificar pequena alteração na relação entre os diferentes níveis freáticos e a área foliar. A configuração das retas referentes aos 139 e 174 dias após o plantio enfatiza o maior desenvolvimento da área foliar no tratamento com o nível freático a 24 cm. Pode-se considerar a hipótese de que nas profundidades 10 e 17 cm do lençol freático o teor de água do substrato estava muito alto e as plantas de callas apresentaram sensibilidade ao alto conteúdo de umidade (SOUZA et al., 2000), não favorecendo o desenvolvimento da área foliar nesses tratamentos. Aos 220 dias após o plantio nota-se o declínio na área foliar das plantas

desenvolvidas nos níveis de água a 10, 17, 24 e 31 cm de profundidade, as plantas já estavam entrando em processo de senescência; a reta decrescente expressa o resultado da área foliar no tratamento com lençol freático a 38 cm, nesta época as plantas referentes a esse tratamento não apresentavam sintomas de senescência, nesta avaliação foi possível checar que nesse tratamento o pico de desenvolvimento ocorreu próximo de 220 dap, indicando que o ciclo no cultivo com o lençol freático a 38 cm de profundidade seria mais longo.

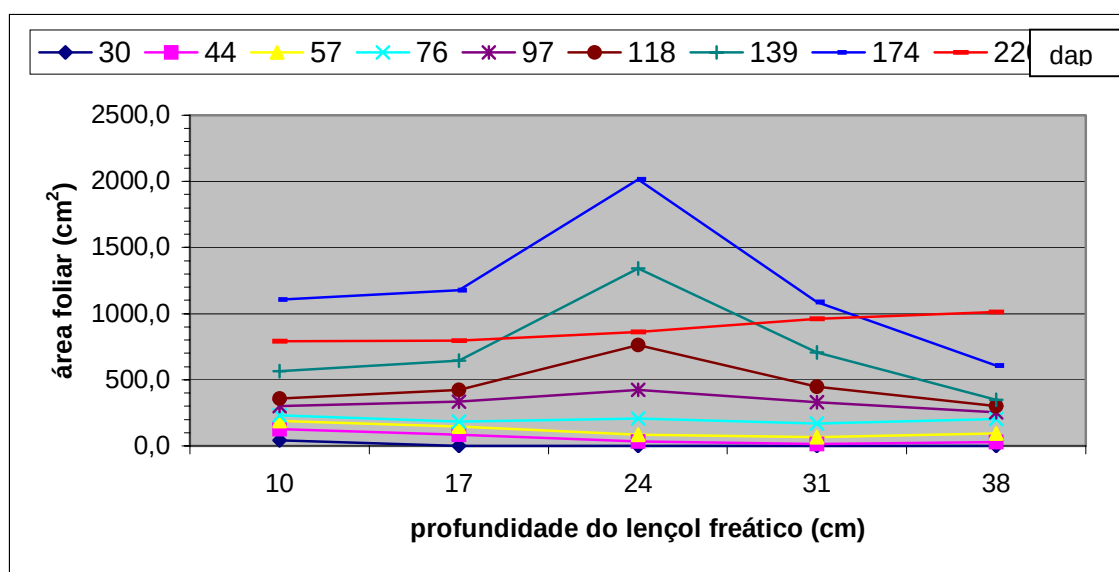


Figura 5. Relação entre a profundidade do lençol freático (cm) e o desenvolvimento da área foliar (cm²) ao longo do ciclo de cultivo de callas.

Analisando a figura 6, é possível observar que o pico na produção de área foliar dos tratamentos com o lençol freático a 10, 17, 24 e 31 cm ocorreu entre 180 a 190 dias após plantio. Nota-se também que o comportamento destes quatro tratamentos foi muito parecido, seguindo uma mesma tendência. Fica clara a diferença no desenvolvimento da área foliar, a partir de 118 dias de cultivo, entre os tratamentos lençol freático a 24 cm e os outros tratamentos.

As diferenças entre os tratamentos lençol freático a 10 e 31 cm, quanto ao desenvolvimento de área foliar, ocorreram apenas no estágio de desenvolvimento E2, ou

seja, da emergência ao florescimento, não sendo significativamente diferente após o florescimento das callas.

A partir da avaliação realizada aos 97 dias após o plantio não ocorreram diferenças entre as plantas cultivadas nos tratamentos com lençol freático a 10, 17 e 31 cm.

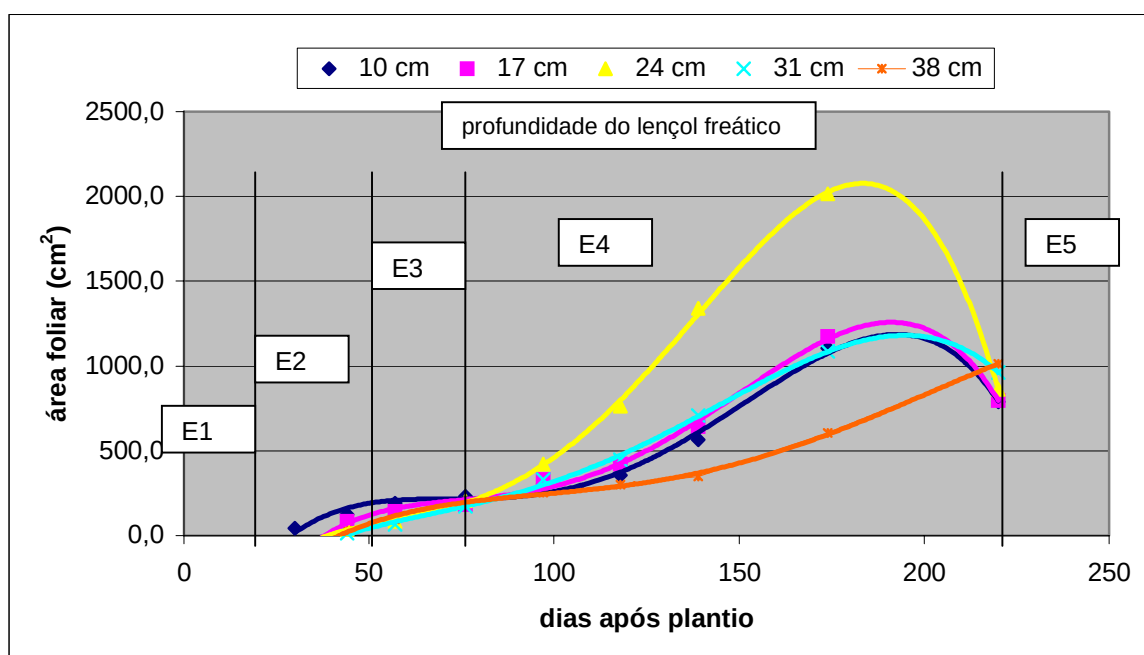


Figura 6. Desenvolvimento da área foliar de plantas de callas nos diferentes níveis de água do substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

Na literatura não constam trabalhos relacionando potencial matricial de água e desenvolvimento de área foliar em calla. Muçouçah (2002) realizou estudo com callas, cultivados sob o mesmo regime hídrico, com fertirrigações diárias, nas condições de Botucatu/SP, e aos 89 dias de cultivo obteve desenvolvimento de área foliar entre 158,9 a 253,3cm², utilizando bulbos de 8 a 25g. No presente estudo, aos 97 dias de cultivo a área foliar média, para os tratamentos com lençol freático a 10, 17, 24, 31 e 38 cm, foi 303,2, 332,2, 422,2, 328,8 e 254,5 cm², respectivamente.

Na tabela 7 estão apresentados os modelos obtidos por análise de regressão relacionando os dias após o plantio com o desenvolvimento da área foliar e na tabela 19 (apêndice) estão apresentados os resultados da análise de variância.

Tabela 7. Modelos ajustados para a relação entre a área foliar (cm^2) e os dias após o plantio (dap) para os diferentes tratamentos de profundidade do lençol freático (cm), para o cultivo plantas de callas em substrato.

L.F. ¹ (cm)	Modelo	R ²	Intervalo (dap)
38	$y = -819,824 + 32,013x - 0,371x^2 + 0,0019x^3 - 0,0000032x^4$	0,43*	[44, 220]
31	$y = -665,985 + 28,437x - 0,42x^2 + 0,00306x^3 - 0,000000722x^4$	0,56*	[44, 220]
24	$y = -904,129 + 47,93x - 0,895x^2 + 0,00742x^3 - 0,000019x^4$	0,63*	[44, 220]
17	$y = -1.315,266 + 63,244x - 0,981x^2 + 0,00655x^3 - 0,0000145x^4$	0,81*	[44, 220]
10	$y = -936,59 + 53,155x - 0,88x^2 + 0,00603x^3 - 0,0000135x^4$	0,81*	[30, 220]

1 – profundidade do lençol freático | * - significativo a 5%
x – dap – dias após o plantio | y – estimativa da área foliar (cm^2)

A figura 7 apresenta o aspecto da cultura na fase de florescimento (estágio E2) e após a fase de florescimento (estágio E4), sendo possível verificar que os vasos apresentavam poucas folhas e que as mesmas ainda estavam pouco desenvolvidas, nota-se o desenvolvimento das plantas após a fase de florescimento, supõe-se que toda energia produzida pelas plantas foi deslocada para o desenvolvimento da parte aérea, aumentou o número de folhas e as mesmas desenvolveram-se exageradamente.

Como o maior desenvolvimento da parte aérea ocorreu no tratamento com o lençol freático a 24 cm de profundidade, cuja umidade do substrato foi variável de 118 a 224%, em vasos com 28 cm de altura e que nos tratamentos com o lençol freático a 10, 17 e 31 cm de profundidade, cuja altura dos vasos foi 14, 21 e 35 cm, respectivamente, o desenvolvimento das plantas com relação à área foliar foi similar (figura 6), considera-se que o volume de substrato disponível para o desenvolvimento do sistema radicular não interferiu nesta característica da planta. Pois as plantas cultivadas em vasos maiores não desenvolveram maior área foliar e o contrário também não foi verificado.

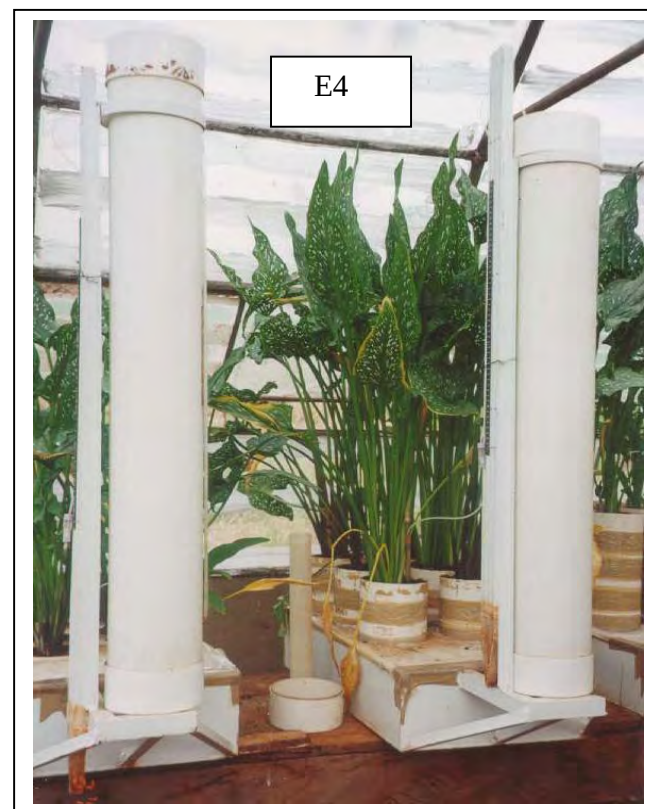
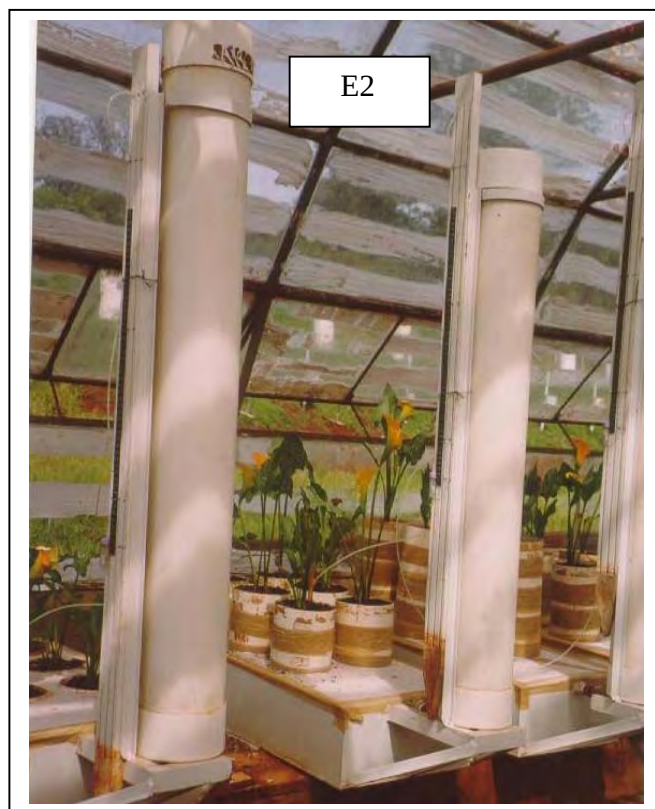


Figura 7. Aspecto das plantas de calla na fase de florescimento (E2) e após o período de florescimento (E4), cultivadas em diferentes níveis de água do substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

6.2.2 Número de folhas

Outro parâmetro avaliado para verificar o desenvolvimento da calla em função dos diferentes tratamentos foi a contagem do número de folhas emitidas por planta ao longo do ciclo de cultivo. Na tabela 8 estão apresentados os resultados obtidos nas nove avaliações efetuadas do dia 15 de outubro de 2003 ao dia 23 de abril de 2004.

Não foram constatadas diferenças significativas entre as diferentes profundidades do lençol freático, nas quais foram cultivadas as callas, com relação ao número de folhas emitidas. Os resultados da análise de variância encontram-se no apêndice 1 tabela 20.

Tabela 8. Número de folhas emitidas por plantas de callas, em cinco diferentes profundidades do lençol freático, cultivadas em substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004. Média de 6 repetições.

L. F. ¹ (cm)	dias após o plantio								
	30	44	57	76	97	118	139	174	220
- 2,72	0	1,4	3,3	6,2	7,8	8,0	8,0	7,4	6,4
- 1,98	0	0,8	3,2	6,0	8,7	10,8	13,3	13,8	8,2
- 0,99	0	1,3	2,5	4,8	8,5	12,0	13,3	12,8	6,8
- 0,62	0	1,7	2,8	3,3	5,3	6,0	6,7	7,5	5,0
- 0,37	1,3	3,8	5,3	6,2	7,0	8,0	8,8	12,3	8,3

1 – profundidade do lençol freático

Os tratamentos que emitiram o maior número de folhas foram nos cultivos com o lençol freático a 10, 24 e 31 cm, respectivamente 12,3, 13,3 e 13,8 folhas emitidas ao longo do ciclo de cultivo, em média; no entanto não diferiram estatisticamente dos tratamentos lençol freático a 17 e 38 cm, os quais totalizaram respectivamente 7,5 e 8,0 folhas emitidas. Corr e Widmer (1991) verificaram aos 90 dias de cultivo a emissão máxima de 12 a 14,5 folhas, em média, cultivando bulbos com massa verde em torno de 15g. Muçouçah (2002), ao longo de 86 dias de cultivo de calla, verificou a ocorrência de 3 a 5,5 folhas emitidas por bulbo. Conforme relatado anteriormente, não foram localizados dados referentes ao manejo da irrigação em callas. Os produtores seguem as recomendações propostas por Ensor (1994) e Walker (2004¹) quanto ao consumo de água: a) plantio até emergência das

brotações – o teor de umidade do solo deve ser suficiente para a emergência dos brotos, porém o solo não pode estar encharcado; b) emergência ao florescimento – aumenta-se a irrigação visando evitar o estresse hídrico; c) durante o florescimento – manter elevado o teor de umidade do solo, especialmente antes da colheita; d) depois do florescimento – reduzir a irrigação; e e) senescência completa – cessar irrigação para facilitar a colheita dos bulbos.

O presente trabalho não seguiu esta recomendação e manteve a cultura, ao longo de todo o ciclo, sob o mesmo regime hídrico. Os dados obtidos, conforme figura 8, indicam que, após o período de florescimento, as plantas desenvolveram-se vegetativamente, emitindo mais folhas e conseqüentemente maior área foliar, uma vez que não tiveram restrição nem de água e nem de fertilizantes. Um maior desenvolvimento da parte aérea, provavelmente, implicaria em um maior crescimento do bulbo (FUNNELL e WARRINGTON, 1994), fator este relevante neste estudo, uma vez que uma das variáveis analisadas foi o ganho de massa verde do bulbo em relação às diferentes profundidades do lençol freático.

Klar (1972) verificou, no cultivo de gladiolos, que as plantas cultivadas em baixos potenciais concentraram energia no desenvolvimento do bulbo e que as plantas cultivadas em potenciais altos desenvolveram maior área foliar.

A figura 9 apresenta a relação entre as profundidades do lençol freático e o número de folhas emitidas. É possível observar no gráfico que as médias de folhas emitidas pelas plantas cultivadas com lençol freático a 17 e 38 cm apresentaram-se inferiores às demais, independentemente da época de avaliação.

As plantas cultivadas com o lençol freático a 10, 24 e 31 cm desenvolveram mais folhas. No entanto não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, considerando-se diante dos testes estatísticos realizados, que as diferentes profundidades do lençol freático estudadas não interferiram na emissão de folhas. Diante destes resultados pode-se considerar que o número de folhas emitidas pelas plantas de callas estariam associadas a genética das plantas, ou seja, ao número de gemas aptas a germinarem e produzirem folhas (WELSH, 1994).

Confrontando as figuras 8 e 9, referentes aos dados do número de folhas emitidas por bulbo, com as figuras 4 e 5, referentes aos dados de área foliar; pode-se considerar que o desenvolvimento da área foliar está associado às condições ambientais,

observa-se que os bulbos cultivados com lençol freático a 17 cm emitiram menor número de folhas, quando comparados com os bulbos cultivados com lençol freático a 10 cm, no entanto ambos desenvolveram área foliar similar.

Outra evidência de que as plantas se adaptam ao meio onde estão sendo cultivadas é que as callas cultivadas com lençol freático a 31 cm emitiram o mesmo número de folhas que as callas cultivadas com lençol freático a 24 cm, porém no tratamento com lençol freático a 31 cm, cuja disponibilidade de água era inferior a disponibilidade no tratamento com lençol freático a 24 cm, as plantas desenvolveram menor área foliar, mesmo apresentando o mesmo número de folhas e com a mesma disponibilidade de nutrientes, uma vez que a fertirrigação foi igual para todos os tratamentos de água.

Os modelos ajustados por análise de regressão não foram significativos.

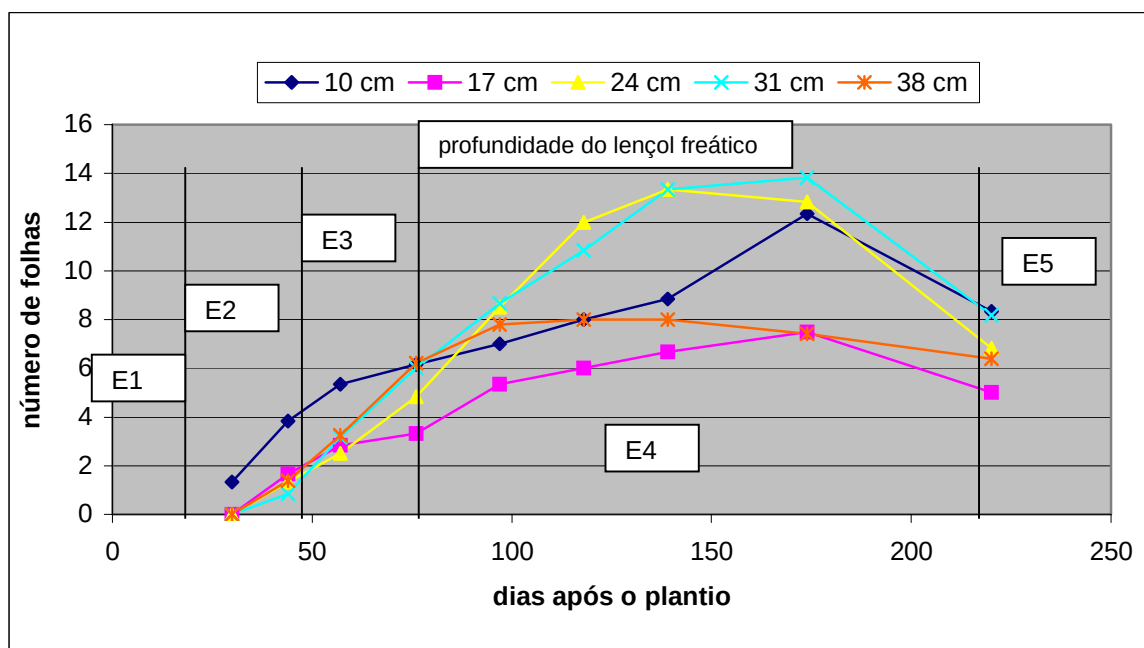


Figura 8. Número de folhas emitidas por plantas de callas em diferentes níveis de água do substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

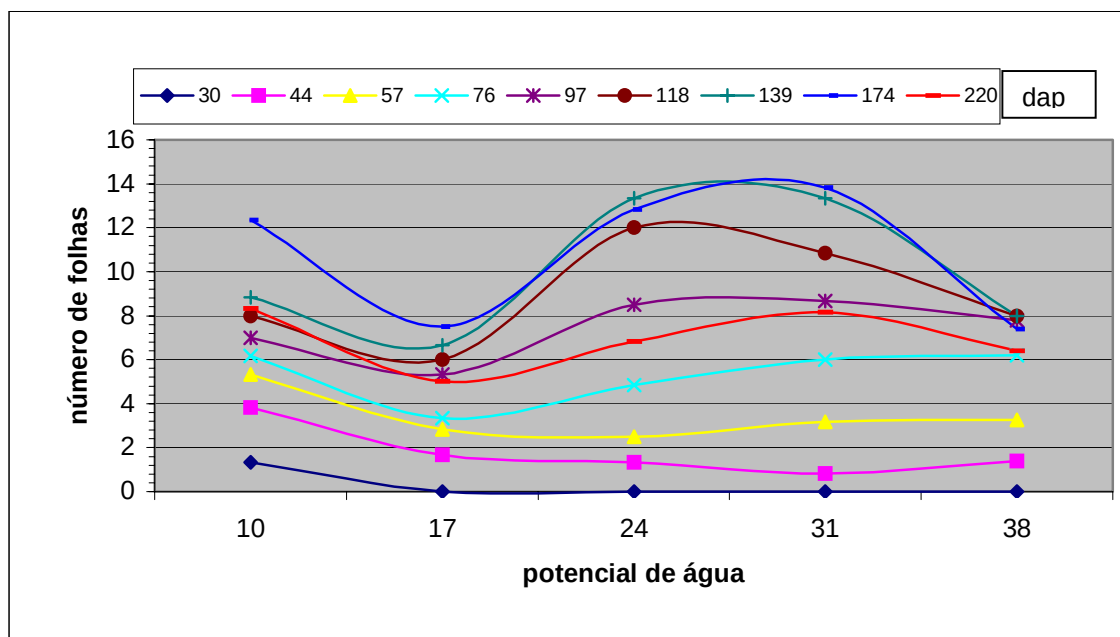


Figura 9. Relação entre a profundidade do lençol freático (cm) e o número de folhas emitidas ao longo do ciclo de cultivo de callas.

6.2.3 Número de flores e altura da haste floral

Os resultados referentes às variáveis número de flores emitidas por bulbo e altura da haste floral estão apresentados na tabela 9. O número de flores emitidas por bulbo variou de 0,8 a 1,2, e a altura média da haste floral de 0,24 a 0,31 m.

Tabela 9. Número de flores emitidas e altura da haste floral (cm) de plantas de callas, em cinco diferentes profundidades do lençol freático, cultivadas em substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

Tratamento: L.F. (cm) ¹	Número médio de flores Emitidas por vaso	Altura média das flores (cm)
38	1,2	0,24
31	0,8	0,25
24	1,2	0,31
17	0,8	0,28
10	0,8	0,26

1- profundidade do lençol freático

Conforme caracterizado no início deste capítulo, a emissão de flores teve início a partir dos 50 dias após o plantio. Na avaliação aos 57 dias após o plantio foi observada emissão de flores nos tratamentos com lençol freático a 10 cm de profundidade em 50% dos vasos; no tratamento com o lençol freático a 17 cm, em 66% dos vasos; nos tratamentos com lençol freático a 24 e 31 cm, em 33% dos vasos, e no tratamento com lençol freático a 38 cm, o florescimento foi de 20%. Na avaliação aos 76 dias de cultivo foi observada a seguinte porcentagem de florescimento: tratamento - lençol freático a 10 cm – 66% dos vasos; tratamento - lençol freático a 17 cm – 83%; lençol freático a 24 cm – 83%; - lençol freático a 31 cm – 66%, e com o lençol freático a 38 cm – 40%; posteriormente, aos 97 dias neste tratamento foi observada a emissão de flores em mais 2 vasos (tabela 10), totalizando um florescimento de 80%.

A emissão de flores no tratamento com menor disponibilidade de água, ou seja, lençol freático a 38 cm, foi tardia em relação aos demais, enquanto nos tratamentos com lençol freático a 10, 17, 24 e 31 cm a emissão ocorreu entre 45 a 76 dias após o plantio, no tratamento com o lençol freático a 38 cm a emissão de flores concentrou-se de 58 a 97 dias após o plantio; porém não ocorreram diferenças significativas tanto para o número de flores emitidas quanto para a altura média das flores (tabelas 22 e 23 do apêndice).

Tabela 10. Época de emissão das flores, alturas mínimas e máximas da haste floral e total de flores emitidas por plantas de callas cultivadas em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

L. F. (cm) ¹	Período						Total flores ⁴
	45 a 57dap		58 a 76 dap		77 a 97 dap		
	n ⁰ flores ²	alt. flor ³	n ⁰ flores	alt. flor	n ⁰ flores	alt. flor	
- 2,72	1	0,23	3	0,07-0,37	2	0,19-0,37	6
- 1,98	3	0,14-0,17	2	0,10-0,36	0	0,16-0,36	5
- 0,99	4	0,17-0,20	3	0,12-0,42	0	0,12-0,42	7
- 0,62	4	0,08-0,22	1	0,25-0,36	0	0,25-0,36	5
- 0,37	4	0,10-0,17	1	0,24-0,29	0	0,24-0,29	5

1 – número de flores emitidas por tratamento, considerando todos os vasos da bandeja

2 – menor e maior altura das flores em metros

3 – número total de flores emitidas por todos os vasos de cada tratamento

Clemens et al. (1998), em estudo realizado com bulbos de segunda geração, de 13 a 45g, verificaram produtividade de 1 a 2 flores por bulbo; estes valores

também foram obtidos por Corr e Widmer (1991) que obtiveram produtividade média de 1 a 2,3 flores por bulbo.

As figuras 10 e 11 apresentam os resultados referentes às tabelas 8 e 9.

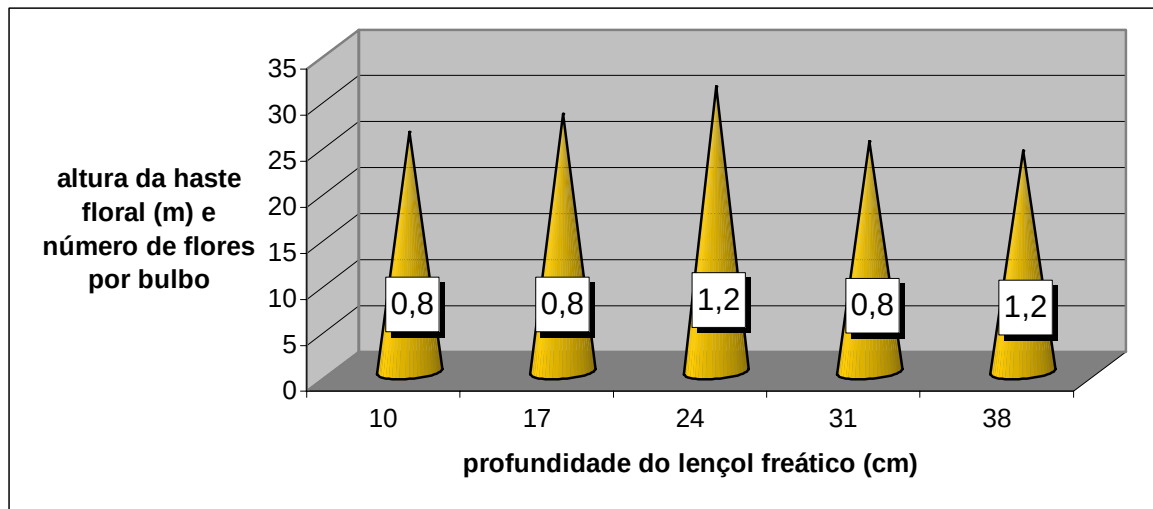


Figura 10. Número de flores emitidas e altura da haste floral (m) de plantas de callas cultivadas em substrato em cinco diferentes profundidades do lençol freático, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

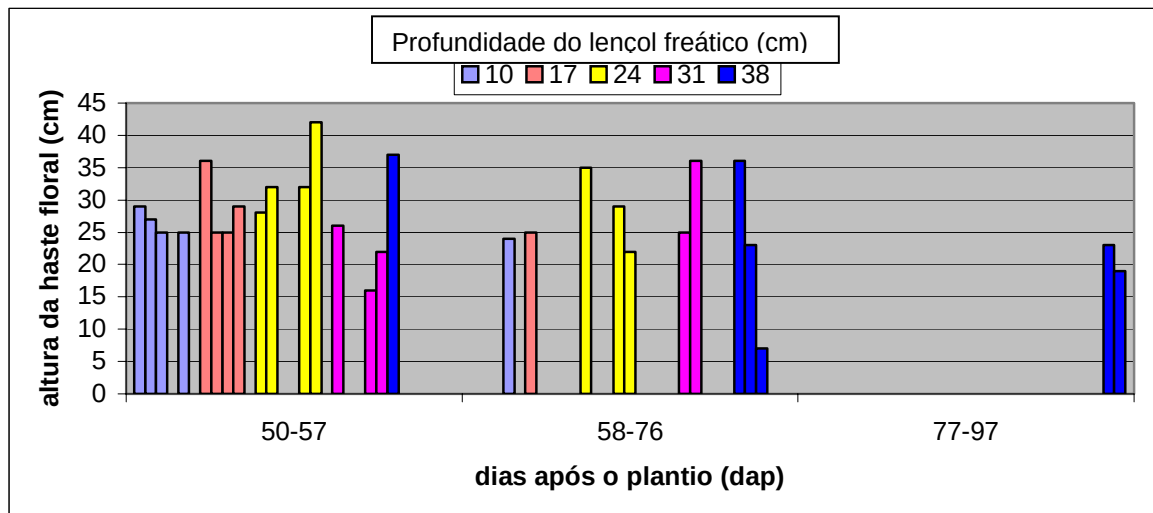


Figura 11. Época de emissão das flores, alturas das hastes florais e total de flores emitidas por plantas de callas cultivadas em substrato em cinco diferentes profundidades do lençol freático, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

6.2.4 Ciclo da cultura, massa verde final e ganho de massa verde

A Tabela 11 apresenta os dados médios relativos ao ciclo da cultura em dias, massa verde final do bulbo após o cultivo, em gramas, e ganho de massa verde em relação à massa inicial.

Os resultados referentes a massa verde final do bulbo (g) e ganho de massa verde do bulbo para os diferentes potenciais matriciais de água do substrato não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade, indicando que os potenciais estudados não interferiram nestes parâmetros (tabela 25 em anexo no apêndice). Embora tenha ocorrido uma grande diferença entre os valores (de 1170 a 2173%).

A duração do ciclo da cultura apresentou diferença estatística significativa (5% de probabilidade), o teste de Tukey utilizado para comparação das médias apontou diferença entre os tratamentos com lençol freático a 38 cm, cujo ciclo foi de 281 dias, e lençol freático a 24 e 10 cm, cujos ciclos foram 253 dias (tabelas 27 e 28). O tratamento com menor disponibilidade de água, lençol freático a 38 cm, apresentou um ciclo mais longo, em média, 28 dias a mais em relação aos ciclos mais curtos, lençóis freáticos a 24 e 10 cm, cujo ciclo fechou com 253 dias.

Tabela 11. Ciclo da cultura, em dias, massa verde final do bulbo, em gramas, e ganho de massa verde de plantas de callas cultivadas em substrato com diferentes profundidades do lençol freático, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004. Média de 6 repetições.

Tratamento: L. F. (cm)¹	Ciclo da cultura (dias)	Massa verde final (g)	Ganho de massa verde	Ganho de massa verde (%)
38	281	123,2	11,7	1.170
31	259	223,8	19,5	1.947
24	253	240,8	21,7	2.173
17	263	170,2	15,8	1.577
10	253	213,5	20,2	2.024

1 – profundidade do lençol freático

Analisando os resultados é possível verificar que, embora não tenham ocorrido diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos com lençol freático a 24 cm

e lençol freático a 10 cm, os resultados referentes a estes tratamentos foram praticamente os mesmos em relação ao ganho de massa verde e duração do ciclo, no entanto esta diferença no potencial de água entre os dois tratamentos reflete em economia de água, energia e fertilizantes; além de minimizar a incidência da bactéria *Erwinia carotovora*, doença esta considerada limitante a cultura.

O ganho de massa verde foi na ordem de 2.024%, 1.577%, 2.173%, 1.947% e 1.170%, representando um aumento médio nos bulbos cultivados de 20,2, 15,8, 21,7, 19,5 e 11,7 vezes, respectivamente para os tratamentos com o lençol freático a 10, 17, 24, 31 e 38 cm. Os resultados gerais, com relação ao ganho de massa verde, obtidos no presente estudo foram extremamente satisfatórios, considerando-se que Muçouçah (2002) cultivando bulbos de 13 a 15g, nas condições de Botucatu, verificou ganho de massa verde variáveis de 143 a 284%. Em estudo realizado no mesmo período, nas condições de Botucatu, trabalhando com bulbos de massa verde inicial variável de 9 a 10 g, irrigados em dias alternados, o ciclo médio da cultura foi de 208 dias e o ganho de massa verde foi de 666,5%, ou seja, incremento de 6,7 vezes em relação a massa verde inicial (em fase de elaboração⁵).

A figura 12 apresenta os resultados médios com relação ao ciclo da cultura, massa verde inicial e final e conseqüente ganho de massa verde. O ganho de massa verde é reflexo do desenvolvimento do bulbo, portanto os gráficos são iguais.

O ganho de massa verde não se diferenciou em relação aos potenciais de água utilizados no presente estudo e devido a grande variabilidade nos resultados obtidos (vide figura 13) não foi possível estabelecer relação, por análise de regressão, entre a profundidade do lençol freático com crescimento do bulbo ou com o ciclo de desenvolvimento da cultura.

5. MUÇOUÇAH, M. F. S. Resultados parciais de estudo realizado, em fase de elaboração. 2004.

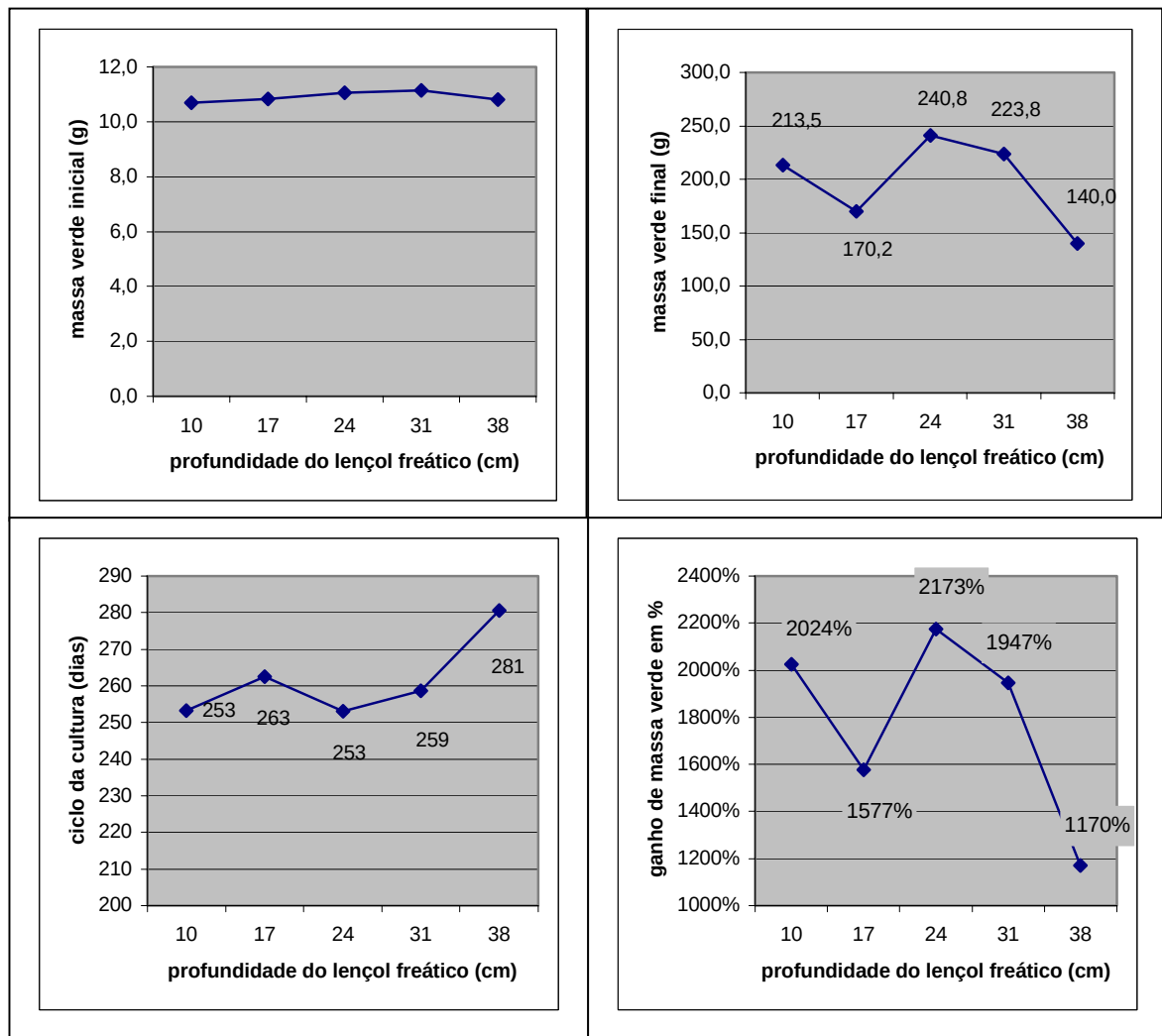


Figura 12. Massa verde inicial dos bulbos antes do plantio, em gramas; massa verde final dos bulbos, em gramas; ciclo da cultura em dias e ganho de massa verde em relação à massa verde inicial de plantas de callas, cultivadas em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

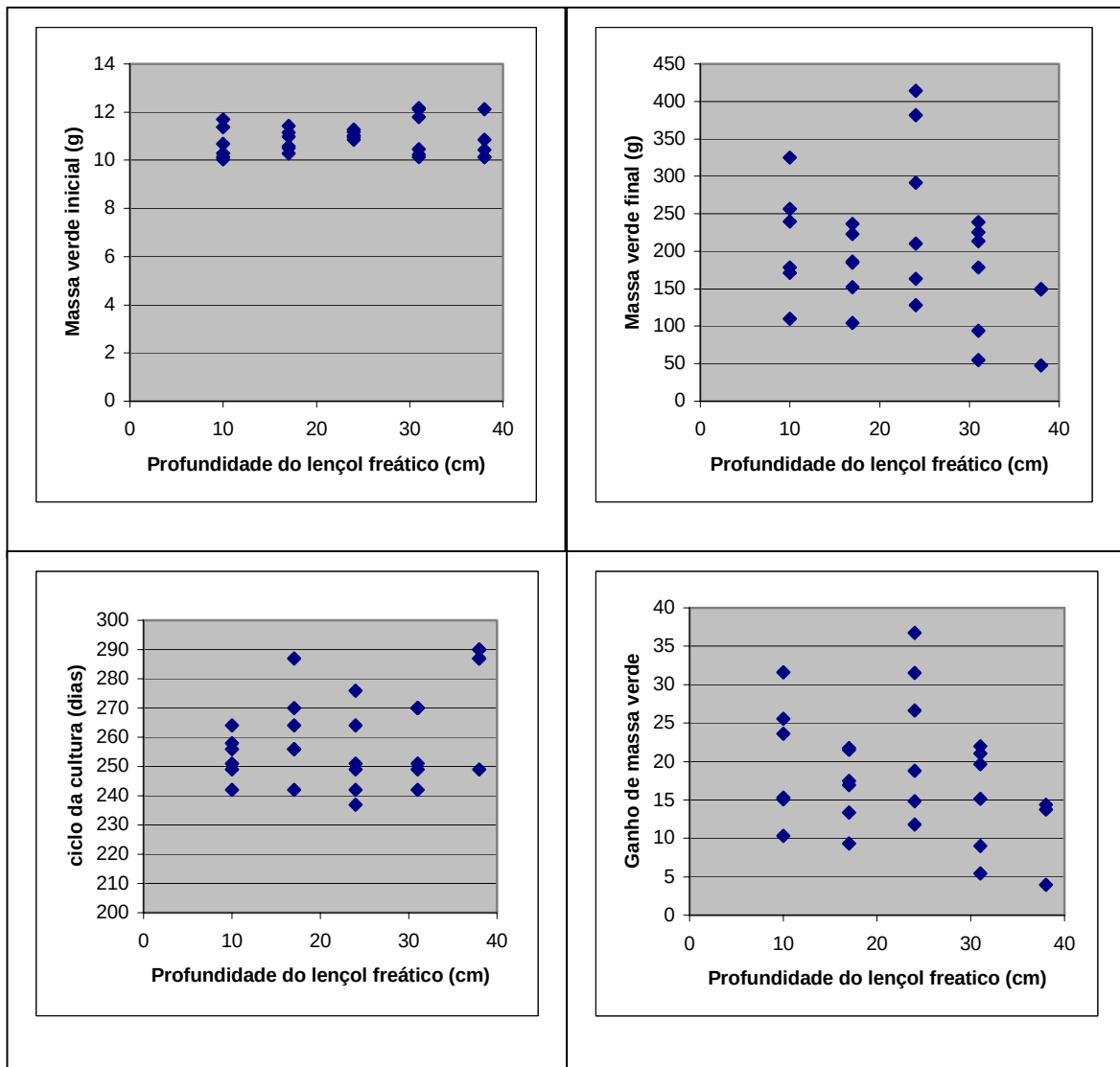


Figura 13. Dispersão dos resultados obtidos de massa verde inicial dos bulbos antes do plantio, em gramas; massa verde final dos bulbos, em gramas; ciclo da cultura em dias e ganho de massa verde em relação à massa verde inicial de plantas de callas, cultivadas em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

A figura 14 apresenta o aspecto visual do bulbo após o cultivo. É possível verificar o desenvolvimento do mesmo em relação a um bulbo de tamanho semelhante aos bulbos na época do plantio.



Figura 14. Aspecto do bulbo de calla após o cultivo em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

6.3 Evapotranspiração

Os resultados referentes à evapotranspiração da cultura semana a semana estão apresentados na tabela 12 e figura 15. O gráfico permite observar que o maior consumo de água pelas plantas, indiferentemente dos tratamentos aos quais as callas foram submetidas, ocorreu durante o quarto estágio de desenvolvimento. Este estágio (E4) se caracterizou pelo período após o florescimento, no qual ocorreu o desenvolvimento vegetativo das plantas, atingindo o máximo desenvolvimento da área foliar.

Nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta, ou seja, do plantio até a emergência, da emergência ao florescimento e durante o florescimento (E1, E2 e E3), o maior consumo de água foi nos potenciais que disponibilizaram mais facilmente água para a planta, tratamentos com o lençol freático a 10 e 17 cm.

Após o florescimento, a disponibilidade de água para a cultura não interferiu na quantidade de água evapotranspirada, pois o maior consumo de água ocorreu no tratamento com o lençol freático a 24 cm.

Tabela 12. Evapotranspiração da cultura de callas, acumulada nos cinco estágios de desenvolvimento, em diferentes níveis freáticos; cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004. Média de 6 repetições.

Tratamento:	Evapotranspiração (L.planta ¹)					ETc
L. F. (cm) ¹	E1	E2	E3	E4	E5	TOTAL
38	0,48	1,15	1,61	16,95	6,70	26,89
31	0,34	0,74	1,65	25,10	4,73	32,56
24	0,73	1,86	2,47	34,48	6,60	46,14
17	0,79	1,72	2,94	24,52	7,54	37,51
10	0,92	2,24	3,17	26,91	4,29	37,53

1- profundidade do lençol freático

ETc TOTAL – evapotranspiração da cultura total acumulada em todo o ciclo de cultivo

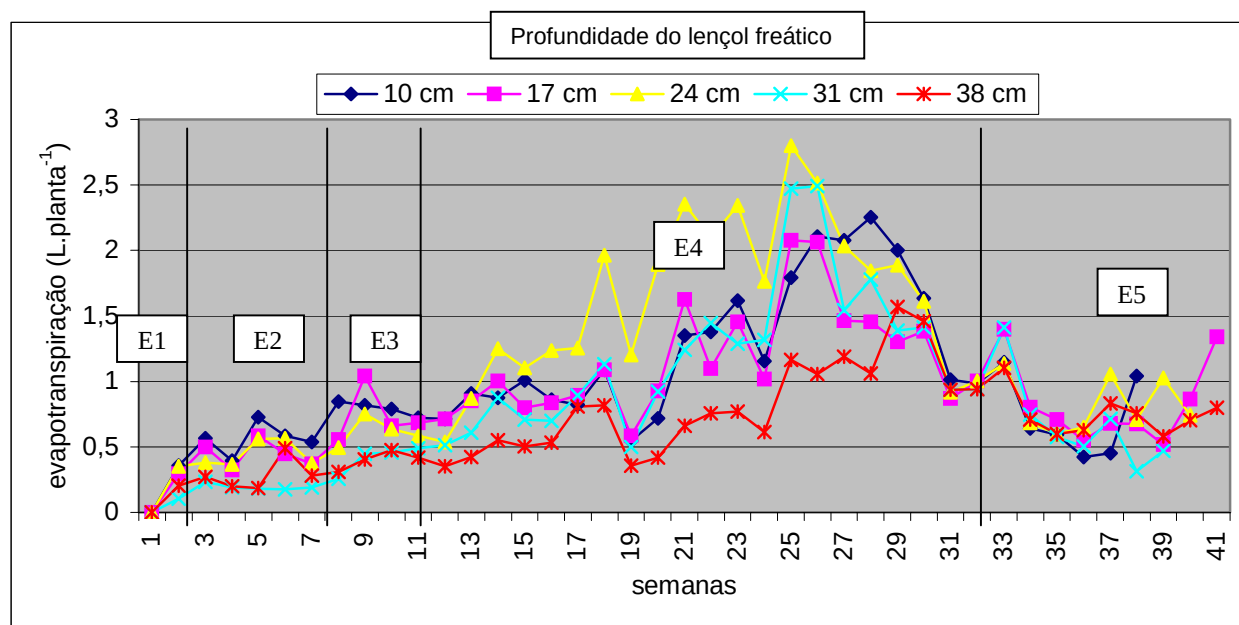


Figura 15. Evapotranspiração da cultura semanal de plantas de callas cultivadas em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

Os resultados totais de evapotranspiração também apresentaram consumo maior de água pela cultura quando cultivada com lençol freático a 24 cm. De

maneira geral, a cultura apresentou melhor desenvolvimento neste potencial de água. O maior desenvolvimento da parte aérea implicou em maior evapotranspiração e no maior tamanho final do bulbo.

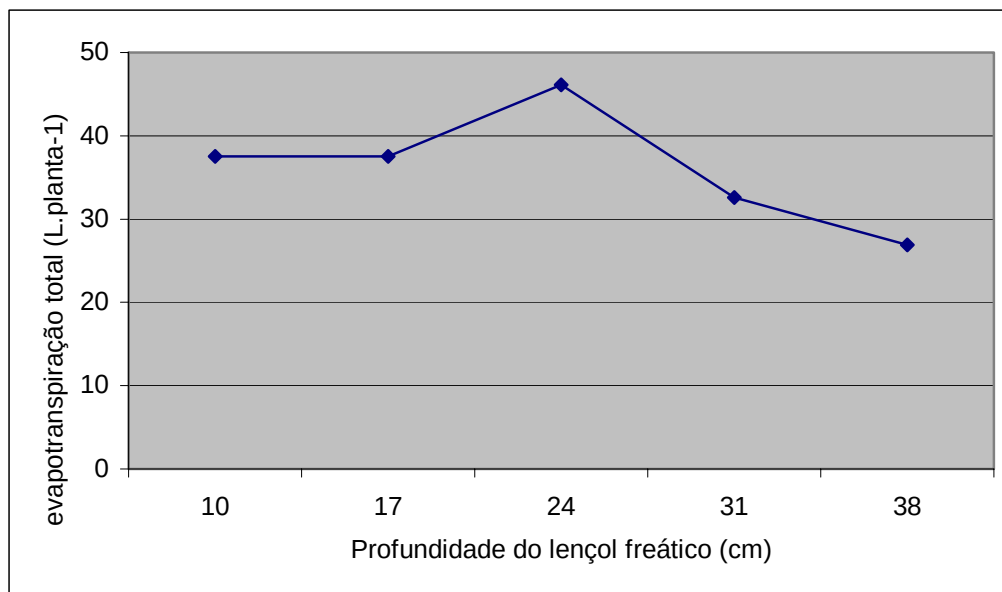


Figura 16. Evapotranspiração total da cultura de plantas de callas cultivadas em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

A figura 16, relacionando a disponibilidade de água e a evapotranspiração permite verificar que a maior disponibilidade de água no substrato não refletiu no maior consumo de água pela planta. As callas cultivadas nos tratamentos com o lençol freático a 10 e 17 cm apresentaram evapotranspiração da cultura total de 37,53 e 37,51 L.planta⁻¹, respectivamente; no tratamento com o lençol freático a 24 cm o consumo de água foi maior em relação aos demais, a média de consumo neste tratamento foi 46,14 L.planta⁻¹ e nos tratamentos com lençol freático a 31 e 38 cm, potenciais em que água estava menos disponível em relação aos demais, a evapotranspiração da cultura ao longo de todo o ciclo foi de 32,56 e 26,89 L.planta⁻¹.

Levando-se em consideração os resultados já relatados com relação ao ciclo da cultura, pode-se verificar que o ciclo mais longo não implicou no maior consumo de água, pelo contrário o ciclo da cultura foi mais longo justamente no potencial de menor

disponibilidade de água e neste potencial de água, lençol freático a 38 cm, a evapotranspiração foi a menor registrada, $26,89 \text{ L.planta}^{-1}$. A figura 17 apresenta a relação entre o ciclo e a evapotranspiração da cultura, não existindo correlação entre os dados. Porém pode-se inferir que o cultivo com lençol freático a 24 cm mostrou menor ciclo e o mais seco, lençol freático a 38 cm de profundidade, maior ciclo de cultivo, sendo um dado interessante ao agricultor considerando-se que há uma diferença de cerca de 20 L no consumo de água total da cultura. Pode-se optar por um ciclo maior com menor consumo de água ou o inverso. Esses resultados apresentaram valores distantes e implicam em estudos mais acurados, inclusive sob aspectos econômicos.

A evapotranspiração da cultura não influenciou a massa verde final dos bulbos, pois as callas cultivadas com o lençol freático a 31 cm apresentaram evapotranspiração total de $32,56 \text{ L.planta}^{-1}$ e massa final de 223,8 g, já as plantas que apresentaram maior consumo de água, $46,14 \text{ L.planta}^{-1}$ alcançaram massa verde final de 240,8 g. Não ocorreu correlação entre os resultados obtidos (figura 18).

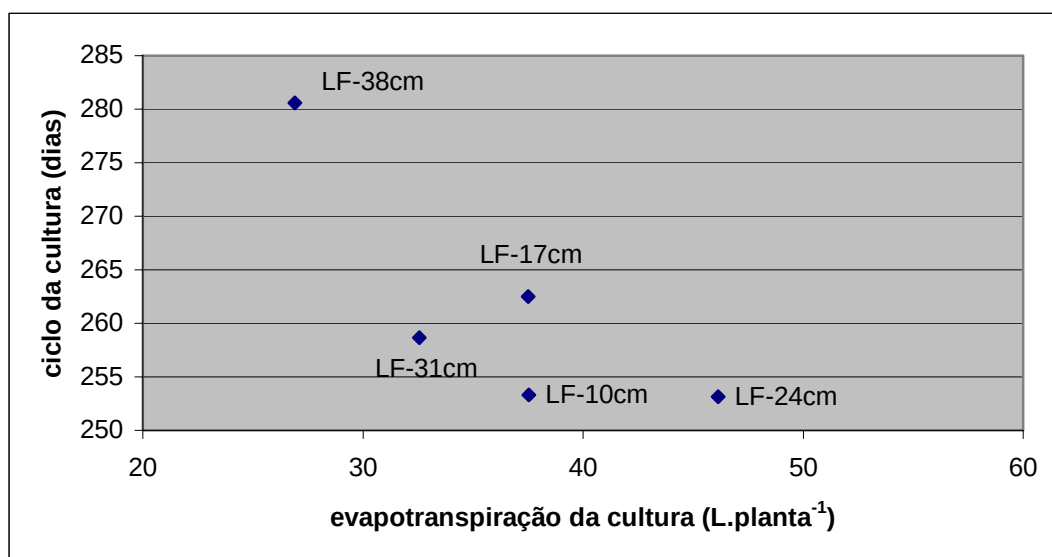


Figura 17. Relação entre os resultados da evapotranspiração total (L.planta^{-1}) e o ciclo final da cultura (dias) obtidos no cultivo de calla, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

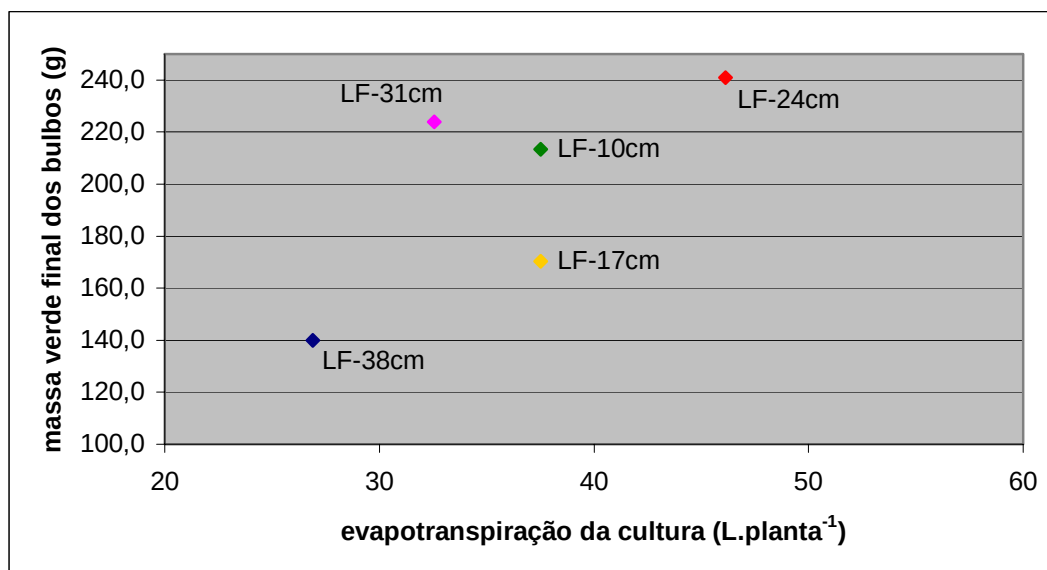


Figura 18. Relação entre os resultados da evapotranspiração total (L.planta⁻¹) e a massa verde final (g) obtidos no cultivo de calla, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

Os resultados referentes a integralização da evapotranspiração para cada uma das datas de avaliação de área foliar estão apresentados na tabela 13 e ilustrados na figura 19.

Tabela 13. Evapotranspiração da cultura (L.planta⁻¹) de plantas de callas medida entre as datas de avaliação do desenvolvimento de área foliar em diferentes níveis freáticos, cultivadas em substrato, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004. Média de 6 repetições.

L.F. (cm)	Evapotranspiração (L.planta ⁻¹)								
	0-30	31-44	45-57	58-76	77-97	98-118	119-139	140-174	175-220
38	0,86	1,06	0,71	1,25	1,48	2,16	1,43	5,55	7,07
31	0,71	0,37	0,70	1,46	2,19	2,72	2,66	10,55	7,87
24	1,66	0,94	1,25	1,76	3,22	4,45	5,45	13,56	8,40
17	1,70	0,82	1,60	2,06	2,65	2,82	3,14	9,18	7,42
10	2,04	1,12	1,66	2,22	2,79	2,77	2,62	10,13	9,03

dap – dias após o plantio

A evapotranspiração da cultura acompanhou o desenvolvimento da área foliar. No lençol freático a 38 cm, o desenvolvimento da área foliar atingiu o ponto máximo em época diferente em relação aos demais tratamentos, o ciclo da cultura neste potencial foi mais longo e a evapotranspiração seguiu esta tendência.

Villa Nova et al. (1996) consideram o índice de área foliar como o fator biológico mais importante no processo de medida da evapotranspiração. E de maneira geral, no presente estudo, a água estava prontamente disponível em todos os tratamentos, não oferecendo restrição nenhuma quanto ao desenvolvimento da parte aérea. Portanto foi observada a relação entre desenvolvimento de área foliar e evapotranspiração.

Ocorreu uma correlação positiva entre o desenvolvimento da área foliar e a evapotranspiração total da cultura, indicando que as plantas que desenvolveram maior área foliar apresentaram evapotranspiração mais elevada (figura 20). As plantas cultivadas nos tratamentos com lençol freático a 10 e 17 cm não tiveram restrição de água em nenhum dos estágios de desenvolvimento, sendo esta uma das condições para a determinação da evapotranspiração máxima (KLAR, 1991), e no entanto a evapotranspiração foi menor em relação ao tratamento com lençol freático a 24 cm, este fato pode ter ocorrido devido a maior superfície de exposição, a área foliar máxima do tratamento – lençol freático a 24 cm foi $2.016,3 \text{ cm}^2$, maior em relação aos tratamentos com lençol freático a 10 e 17 cm, que foi de $1.104,6$ e $1.175,9 \text{ cm}^2$ respectivamente, induzindo a maior transferência de água para a atmosfera. Conforme já considerado, nos tratamentos com o lençol freático a 10 e 17 cm pode ter ocorrido deficiência na aeração do substrato devido ao excesso de água, implicando na menor evapotranspiração desses tratamentos em relação ao tratamento com o lençol freático a 24 cm.

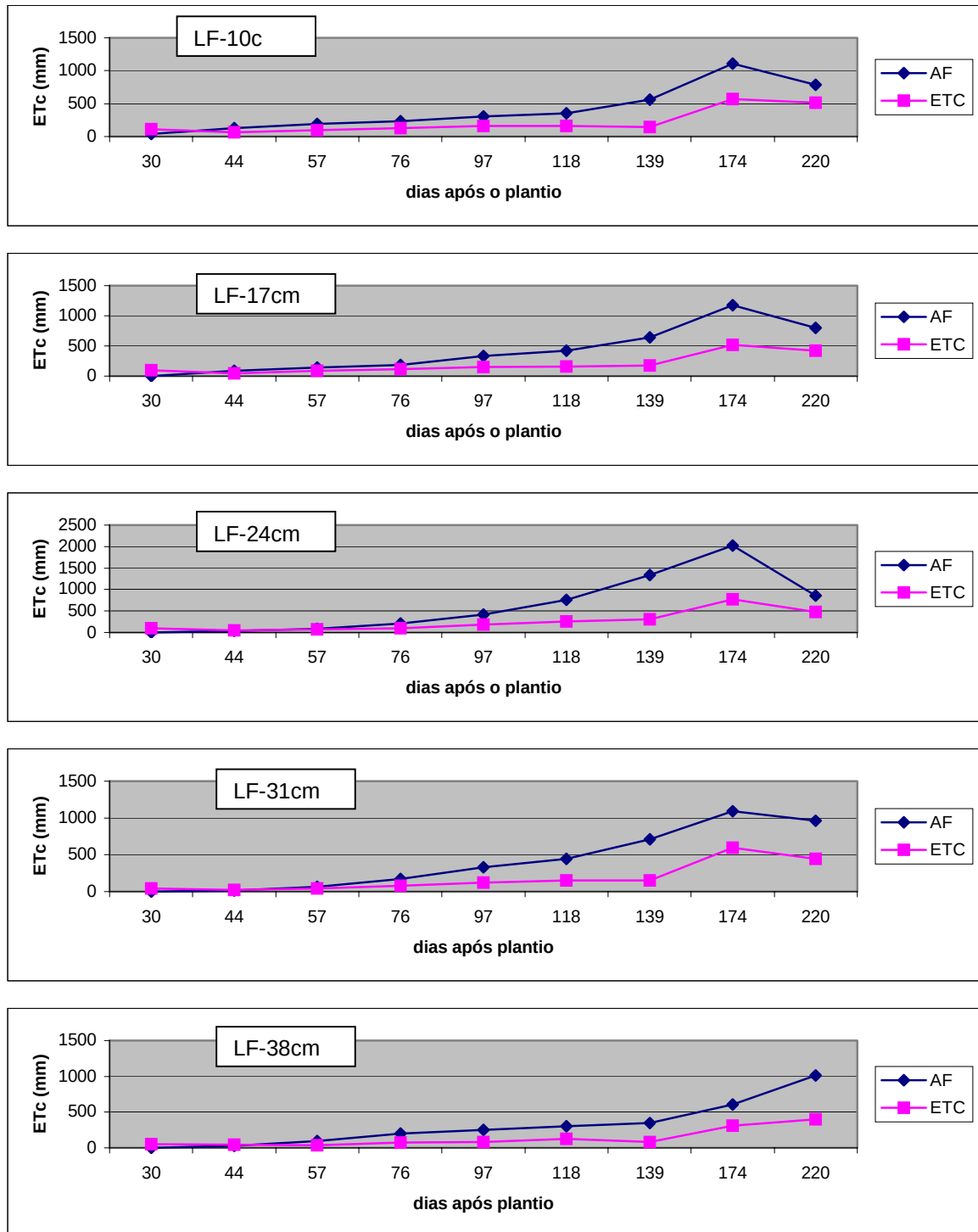


Figura 19. Relação entre o desenvolvimento da área foliar (cm^2) e a evapotranspiração da cultura (mm) de plantas de callas cultivadas em substrato em diferentes níveis freáticos, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

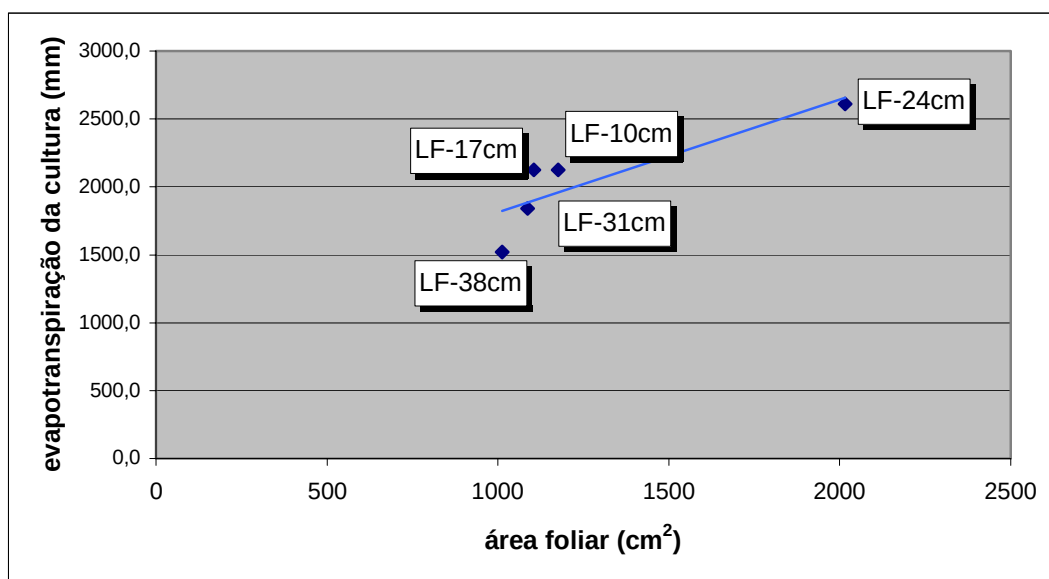


Figura 20. Relação entre os resultados da evapotranspiração total (mm) e a área foliar (cm²) obtidos no cultivo de calla, em substrato, em diferentes profundidades do lençol freático (cm), no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

O tratamento cuja disponibilidade de água foi menor, lençol freático a 38 cm, apresentou o menor consumo de água o que pode ser associado ao desenvolvimento de menor área foliar e também, de acordo com Lunardi (2000), a evapotranspiração pode ter sido influenciada pela evaporação restrita do substrato devido a interrupção da capilaridade nos primeiros centímetros do substrato pelo secamento da superfície.

6.4 Eficiência do uso da água

A análise da eficiência da utilização da água permite verificar em qual tratamento houve melhor aproveitamento deste recurso. Os resultados estão apresentados na tabela 14. Os resultados estão expressos em g.L⁻¹ e a diferença entre as diferentes profundidades do lençol freático parece ser irrisória, no entanto, considerando-se a evapotranspiração total da cultura ao longo do ciclo, a diferença de 1,7 g.L⁻¹ na eficiência do uso da água entre os tratamentos com lençol freático a 24 e 31 cm significa 55,3 g ao longo de

todo um ciclo de cultivo. Um bulbo de 55,3 g é um bulbo que apresenta condições para produção comerciável de flores. De acordo com Welsh (1994), bulbos com massa verde em torno de 50 g apresentam diâmetro variável de 4 a 5 cm e atingem a grade mínima para exportação de bulbos.

Tabela 14. Evapotranspiração total da cultura ($L.planta^{-1}$), massa verde final dos bulbos (g) e eficiência do uso da água ($g.L^{-1}$) de plantas de callas, cultivadas em substrato em cinco diferentes profundidades do lençol freático, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004. Média de 6 repetições.

Tratamento:	ETc TOTAL	Massa verde final	EUA
L. F. (cm)	($L.planta^{-1}$)	(g)	($g.L^{-1}$)
38	26,89	123,2	4,6
31	32,56	223,8	6,9
24	46,14	240,8	5,2
17	37,51	170,2	4,5
10	37,53	213,5	5,7

Não ocorreram diferenças significativas estatisticamente pela análise de variância (tabela 29), no entanto verifica-se que no tratamento com lençol freático a 31 cm ocorreu melhor aproveitamento da água consumida pela planta. Considerando-se todos os resultados obtidos para o tratamento – lençol freático a 31 cm, a área foliar máxima foi de 1087,4 cm², o número de folhas foi 13,8 folhas por bulbo e a massa verde final média do bulbo foi 223,8 g, ou seja, a planta não dispendeu energia desenvolvendo demasiadamente a área foliar e concentrou-se no acúmulo de massa do bulbo, sendo este o resultado mais interessante tendo em vista o enfoque do presente estudo, que foi justamente checar o incremento na massa verde final dos bulbos quando cultivados em diferentes níveis freáticos.

Nas condições de cultivo deste estudo, 1 mm de água representava 17,7 ml, a diferença no consumo de água entre os tratamentos com lençol freático a 24 e 31 cm foi de 769,6 mm ao longo do ciclo, representando 13,58 L de água por vaso, resultado este interessante quando considera-se uma produção em escala comercial.

A figura 21 relaciona os dados referentes a eficiência do uso da água com os diferentes níveis freáticos.

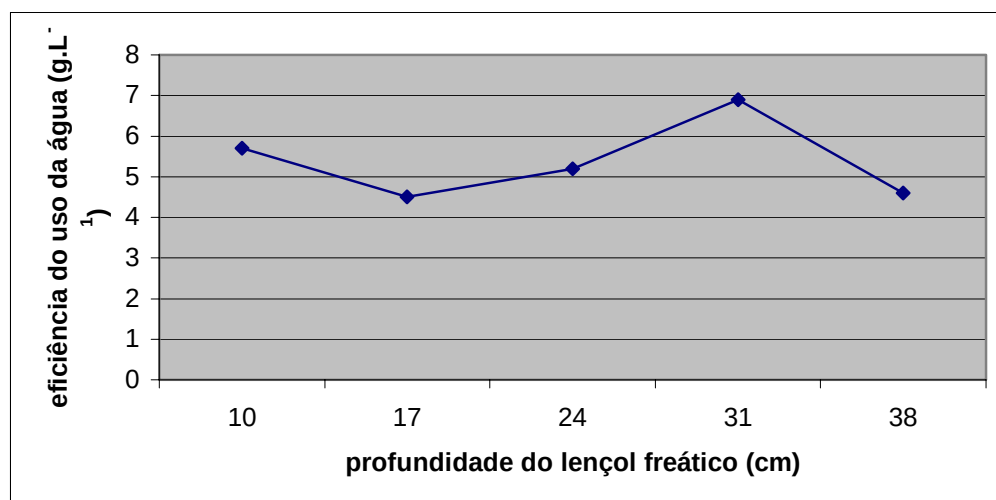


Figura 21. Eficiência do uso da água (g.L⁻¹) pela cultura de callas, cultivada em substrato, em diferentes profundidades do lençol freático, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

6.5 Condutividade elétrica e pH

Os resultados demonstram que não ocorreu acúmulo de sais no substrato. Na literatura não constam dados sobre a salinidade limiar para o cultivo de callas. Porém, de modo geral, culturas sensíveis à presença de sais não devem ser cultivadas em solos com salinidade superior a 1,3 dS.m⁻¹; culturas moderadamente sensíveis apresentam salinidade limiar entre 1,3 a 3,0 dS.m⁻¹ (AYERS e WESCOT, 1991). No presente estudo a salinidade do substrato não ultrapassou 3,0 dS.m⁻¹ (tabela 15 e figura 22).

Richards (1954), citado por Cavalcante (2000), classifica como salinos solos que apresentam salinidade superior a 2,0 dS.m⁻¹. Não foi detectada diferença estatística com relação ao valor da condutividade elétrica entre os diferentes potenciais matriciais de água do substrato (análise de variância em anexo no apêndice). Não foi possível estabelecer relação entre as variáveis condutividade elétrica e potencial de água.

Dependente da classificação do solo, ZANTEDESCHIA (1997) recomenda o cultivo de calla com pH na faixa de 6 a 6,5. Walker (2004¹) recomenda pH entre 5,8 a 6,5 como o ideal para o cultivo de calla.

No presente estudo, o pH verificado ao final do ciclo de cultivo variou de 5,49 a 6,07. O teste F foi significativo com relação aos valores médios de pH, não ocorreram diferenças significativas estatisticamente, teste de Tukey, entre os tratamentos com lençol freático a 10, 24 e 38 cm; entre os tratamentos lençol freático a 17 e 31 cm e entre os tratamentos com lençol freático a 17, 24 e 38 cm (tabelas 31 e 32). Não foi possível relacionar o pH com o potencial matricial de água do substrato.

Tabela 15. Condutividade elétrica (dS.m^{-1}) e pH do substrato nos diferentes tratamentos de níveis freáticos na cultura de calla, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

L. F. (cm)	Condutividade elétrica (CE) (dS.m^{-1})	pH
38	1,8	5,9
31	2,2	5,5
24	1,7	5,9
17	1,5	5,5
10	2,5	6,1

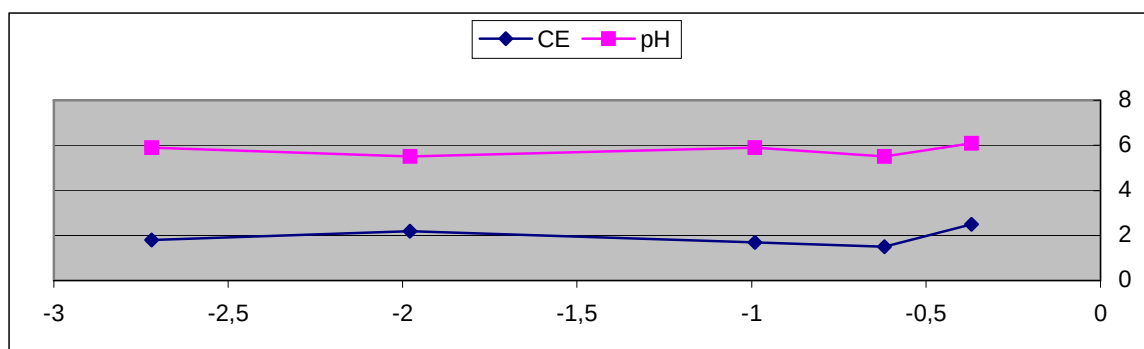


Figura 22. Condutividade elétrica (dS.m^{-1}) e pH do substrato nos diferentes tratamentos de níveis freáticos na cultura de calla, no município de Botucatu/SP, durante o período de 15 de setembro de 2003 a 02 de julho de 2004.

7 CONCLUSÕES

Considerando as condições nas quais foi conduzido o experimento e tendo-se em vista os objetivos deste, pode-se concluir que:

- o maior crescimento do bulbo de callas foi verificado no cultivo com o lençol freático a 24 cm de profundidade, cuja umidade ao longo do vaso foi variável de 118 a 224%, neste tratamento as plantas desenvolveram 2.016,3 cm² de área foliar e o bulbo obteve um incremento de 21,7 em relação a sua massa verde inicial, atingindo massa verde final média de 240,8 g, embora não tenha ocorrido diferença estatisticamente significativa com relação aos demais tratamentos;

- ocorreram diferenças estatísticas significativas com relação ao ciclo da cultura entre os tratamentos com lençol freático a 38 cm, cujo ciclo foi de 281 dias e os tratamentos com lençol freático a 10 e 24 cm, cujos ciclos foram de 253 dias;

- o consumo de água da calla foi variável de 26,89 a 46,14 L.planta⁻¹ e o tratamento com o lençol freático a 31 cm foi o mais eficiente com relação ao uso da água 6,9 g.L⁻¹;

- devido a elevada variabilidade dos dados obtidos não foram detectadas diferenças estatísticas entre os tratamentos adotados, mas foi possível verificar que os diferentes níveis freáticos interferiram no desenvolvimento da cultura.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUKHALED, A., ALFARO, J. F., SMITH, M. **Los lisímetros**. Roma: FAO, 1986. 60p. (Estudio FAO Riego y Drenaje, 39).

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1991. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29)

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5. ed. Viçosa: UFV, 1989. 488 p.

BLOOMZ. **Bloomz on line**, New Zealand, jul. 1997. Disponível em: <<http://www.bloomz.co.nz.html>>. Acesso em: 10 jul. 1997.

BLOOMZ. **Bloomz on line**, New Zealand, set. 2002. Disponível em: <<http://www.bloomz.co.nz/crops,zant,lifecycle.html>>. Acesso em: 22 set. 2002.

BLOOMZ. **Bloomz on line**, New Zealand, jun. 2004. Disponível em: <<http://www.bloomz.co.nz/crops,zant,lifecycle.html?session=p78781752>>. Acesso em: 01 jun. 2004.

BROOKING, I. R., COHEN, D. Gibberellin–induced flowering in small tubers of *Zantedeschia* “Black Magic”. **Scientia Horticulturae**, v. 95, p. 63-73, 2002.

BURGE, G. K.; DENNIS, D. J.; SPIERS, T. M.; CLARK, C. J. Crop nutrition. In: CLEMENS, J. (Ed.). **New Zealand Calla Council Growers' Handbook**, New Zealand: New Zealand Calla Council Inc., 1994. p. 33.1-33.11.

BURMAN, R., POCHOP, L. O. **Evaporation, evapotranspiration and climatic data**. Amsterdam: Elsevier, 1994. 58p. (Developments in atmospheric science, 22).

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2000.

CLEMENS, J.; DENNIS, D. J.; BUTLER, R. C.; THOMAS, M. B.; INGLE, A.; WELSH, T. E. Mineral nutrition of *Zantedeschia* plants affects plant survival, tuber yield, and flowering upon replanting. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 73, n. 6, p. 755-62, 1998.

CORR, B. E. *Zantedeschia* research in the United States: past, present and future. **Acta Horticulturae**, v. 337, p. 177-88, 1993.

CORR, B. E., WIDMER, R. E. Gibberellic acid increases flower number in *Zantedeschia elliottiana* and *Z. rehmannii*. **Horticultural Science**, v. 22, p. 605-07, 1987.

CORR, B. E., WIDMER, R. E. Rhizome storage increases growth of *Zantedeschia elliottiana* and *Z. rehmannii*. **HortScience**, v. 23, n. 6, p. 1001-2, 1988.

CORR, B. E., WIDMER, R. E. Growth and flowering of *Zantedeschia elliottiana* and *Z. rehmannii* in response to environmental factors. **HortScience**, v. 25, n. 8, p. 925-07, 1990.

CORR, B. E., WIDMER, R. E. Paclobutrazol, Gibberellic acid, and rhizome affect growth and flowering of *Zantedeschia*. **HortScience**, v. 26, n. 2, p. 133-5, 1991.

CRUZ-CASTILLO, J. G.; MENDONZA-RAMIREZ, J.; TORRES-LIMA, P. A. Shade , fertilizers and a natural bioregulator to improve *Zantedeschia* growth in a Mexican tropical upland área. **J. Agric. Univ. P. R.**, v. 85, n. 3-4, p. 135-42, 2001.

CUNHA, A. R.; KLOSOWSKI, E. S.; GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; MARTINS, D. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Koppen. In: Simpósio em Energia na Agricultura, 1, 199, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP-FCA, 1999, p. 487-91.

DINAR, A. Economic factors and opportunities as determinants of water use efficiency in agriculture. **Irrigation Science**, New York, v. 14, p. 47-52, 1993.

DOORENBOS, J., KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1994. 306p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 33).

DOORENBOS, J., PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas**. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1997. 204p. (Estudos FAO irrigação e Drenagem, 24).

ENSOR, S. Production Systems. In: CLEMENS, J. (Ed.). **New Zealand Calla Council Growers' Handbook**, New Zealand: New Zealand Calla Council Inc., 1994. p. 14.1-14.6.

FARIAS, M. F. **Manejo da irrigação na cultura do crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) cultivado em vaso, em ambiente protegido**. 2003. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

FOLEGATTI, M. V. **Avaliação do desempenho de um “Scheduler” na detecção do estresse hídrico em cultura de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado com diferentes lâminas**. 1988. 188 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

FRONZA, D. **Consumo de água da cultura da estêvia (*Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni) estimado por microlisímetro automático**. 2002. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FUNNELL, K. A. The Genus *Zantedeschia*. In: CLEMENS, J. (Ed.). **NEW ZEALAND CALLA COUNCIL GROWERS' HANDBOOK**, New Zealand: New Zealand Calla Council Inc., 1994, p.11.1-11.4.

FUNNELL, K. A., GO, A. R. Tuber storage, floral induction and gibberellin in *Zantedeschia*. **Acta Horticulturae**, v. 337, p. 167-73, 1993.

FUNNELL, K. A., WARRINGTON, I. J. Growth and development of the genus *Zantedeschia* plant. In: CLEMENS, J. (Ed.). **NEW ZEALAND CALLA COUNCIL GROWERS' HANDBOOK**, New Zealand: New Zealand Calla Council Inc., 1994. p. 13.1-13.9.

FUNNELL, K. A., MACKAY, B. R.; LAWOKO, C. R. O. Comparative effects of Promalin and GA₃ on flowering and development of *Zantedeschia* Galaxi. **Acta Horticulturae**, v. 292, p. 173-9, 1992.

FUNNELL, K. A., TJIA, B. O., STANLEY, C. J., COHEN, D., SEDCOLE, J. R. Effect of storage temperature, duration, and gibberellic acid on the flowering of *Zantedeschia elliottiana* and *Z. "Pink Satin"*. **J.Amer.Soc.Hort.Sci**, v. 113, n. 6, p. 860-3, 1988.

GRAZIANO, T. T. **Programa setorial integrado de exportação de flores e plantas ornamentais: relatório da produção de flores e plantas ornamentais brasileira**. São Paulo: IBRAFLOR, 2002. 1 CD.

HENNY, R. J. Promotion of flowering in *Spathyphyllum* "Mauna Loa" with gibberellic acid. **Hortscience**, v. 16, p. 554-5, 1981.

HOWELL, T. A., SCHNEIDER, A. D., JENSEN, M. E. History of lysimeter design and use for evapotranspiration measurements. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LYSIMETRY, 1991, Hawaii. **Lysimeters for evapotranspiration and environmental measurements**. New York: ASCE, 1991. p.1-10.

JIERWIYIPANT, U., TJIA, B. Storage temperatures and duration affecting subsequent growth and flowering of *Z. elliottiana*. **HortScience**, v. 23, p. 749, 1988.

KIEHL, P. A.; LIETH, J. H.; BURGER, D.W. Growth response of *Chrysanthemum* to various container medium moisture tension levels. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 2, p. 224-9, 1992.

KIYUNA, I. et al. Estimativa do valor do mercado de flores e plantas ornamentais do estado de São Paulo, 2001. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 32, n. 5, p. 7-22, maio, 2002.

KIYUNA, I. et al. Comércio exterior brasileiro de flores e plantas ornamentais, 1997-2002. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 33, n. 6, p. 50-61, junho, 2003.

KIYUNA, I. et al. Floricultura brasileira no início do século: o perfil do produtor. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 14-32, abril, 2004.

KLAR, A. E. **Avaliação das necessidades hídricas das culturas de gladiolos e de cebola**. 1972. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

KLAR, A. E. Evapotranspiração. In:_. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel, 1984. p. 189-214.

KLAR, A. E. **Irrigação: Frequência e quantidade de aplicação**, 1. ed. São Paulo: NOBEL, 1991. 156 p.

LETTY, C. The genus *Zantedeschia*. **Bothalia**, v. 11, n. 1/2, p. 5-26, 1973.

LIETH, J. H.; BURGER, D. W. Growth of chrysanthemum using an irrigation system controlled by soil moisture tension. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 114, n. 3, p. 387-92, 1989.

LUNARDI, D. M. C. **Efeito da condição de umidade da superfície do solo na evapotranspiração de referência medida e estimada**. 2000. 103 f. Tese (Livre Docência) – Faculdades de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

MAROUELLI, W. A., SILVA, W. L. C., SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-SPI, 1994. 60p.

MUÇOUÇAH, F. J. **Indução floral do copo de leite colorido (*Zantedeschia* sp) com ácido giberélico (GA3) aplicado via irrigação, foliar e imersão, nas condições de Botucatu/SP**. 2002. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MUÇOUÇAH, M. F. S.; ALMEIDA, L. S. H.; PONCE, V. C.; BUENO, A. P. F.; PIAGINI, A. Utilização da modelagem matemática para determinação de área foliar: um trabalho no

ensino fundamental e no ensino superior. In: ENCONTRO PARANAENSE DE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 1., 2004, Londrina. **Anais...**Londrina: UEL, 2004. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, I. **Agroportal**, Lisboa, 2001. Disponível em: <http://www.agroportal.pt/a/2001/ioliveira.htm>>. Acesso em: 03 set. 2004.

PEREIRA, A. R., VILLA NOVA, N. A., SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PEREIRA, L. S., ADAIXO, M. S. Lysimeter based evapotranspiration research in Portugal. . In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LYSIMETRY, 1991, Hawaii. **Lysimeters for evapotranspiration and environmental measurements**. New York: ASCE, 1991. p.142-50.

PERES, J. C. **Avaliação do modelo de Penman-Monteith, padrão FAO, para estimar a evapotranspiração de referência nas condições climáticas do Estado de São Paulo**. 1994. 115 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

PERRY, P. L. A new species of *Zantedeschia* (Araceae) from the western Cape. **South African Journal of Botany**, v. 55, p. 447-51, 1989.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188p.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, Depto. De Física e Meteorologia, 1996.

REISER, R. A., LANGHANS, R. W. Cultivation of *Zantedeschia* species for potted plant production. **Acta Horticulturae**, v. 337, p. 87-94, 1993.

RODRIGUEZ, L.C. **Evapotranspiracion**. Madrid: Departamento de Publicaciones, Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Agronomos, 1968. 89p.

SANCHES-TORIBO, M. I., et al. Calibracion de los modelos FAO de estimacion de evapotranspiracion de referencia, en una area representativa de la region de Murcia (Valle del Guadalentim). **Riegos y Drenajes**, v.57, p.9-16, 1991.

SARZI, I. **Métodos para determinação de condutividade elétrica e pH**. 2000. 45 f. Relatório estágio curricular, Instituto Agrônomo de Campinas, Laboratório de Solos, Campinas, 2000.

SCATOLINI, M. E. **Estimativa da evapotranspiração da cultura de crisântemo em estufa a partir de elementos meteorológicos**. 1996. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

SEDIYAMA, G. C. Necessidade de água para os cultivos. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO AGRÍCOLA SUPERIOR. **Curso de engenharia de irrigação**. Brasília, 1987. 143p.

SENTELHAS, P. C., COELHO FILHO, M. A., VILLA NOVA, N. A., PEREIRA, A. R., FOLEGATTI, M. V. Coeficiente do tanque Classe A (Kp) para a estimativa diária da evapotranspiração de referência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2, 1999, Florianópolis. **Programa e resumo dos anais...** Florianópolis: Epagri, 1999. p.223.

SMITH, M. et al. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements**. Roma: FAO, 1991. 45p.

STANHILL, G. Water use efficiency. **Adv. Agron.**, v.39, p.53-85, 1986.

SILVA, C. **Portal do agronegócio**, São Paulo, ago. 2004. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/agricultura/ornamental>>. Acesso em: 28 ago. 2004.

SILVEIRA, M. H. D. **Produção de matéria seca e evapotranspiração da aveia preta (*Avena strigosa* S.) em seis níveis freáticos**. 2000. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

SOUZA, V. F.; COELHO, E. F.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; FOLEGATTI, M.V.; FRIZZONE, J. A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 183-8, 2000.

TANNER, C. B., SINCLAIR, T.R. Efficient water use in crop production: Research or re-search?. In: TAYLOR, H. M. et al. **Limitations to efficient water use in crop production**. Madison: ASA, 1983. p.1-27.

TARANTINO, E. Grass reference measurements in Italy. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LYSIMETRY, 1991, Hawaii. **Lysimeters for evapotranspiration and environmental measurements**. New York: ASCE, 1991. p.200-9.

TJIA, B. Growth regulator on growth and flowering of *Zantedeschia rehmannii*. **HortScience**, v. 22, n. 3, p. 507-08, 1987.

VALADÃO, L. T. **Evapotranspiração e coeficientes de cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em dois níveis do lençol freático**. 1995. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1995.

VILLA NOVA, N. A.; PEREIRA, A. R.; BARBIERI, V. Evapotranspiration as a function of leaf area index and a class A pan evaporation. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n. 2, p. 35-7, 1996.

WELSH, E. Selecting Planting material and Cultivars. In: CLEMENS, J. (Ed.). **New Zealand Calla Council Growers' Handbook**, New Zealand: New Zealand Calla Council Inc., 1994. p. 22.1-22.5.

ZANTEDESCHIA (Calla lily) Production. **Technical Bulletin Series**, Tauranga, New Zealand: Bloomz, n. C001, 1997.

APÊNDICE

9.1 Análises estatísticas

Tabela 16. Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para a característica área foliar (cm²) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

Avaliação aos 44 dap					
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	51.222,73	12.805,68	3,626*	0,019
Resíduo	24	84.752,04	3.531,34		
Total	28	135.974,77			
Avaliação aos 57 dap					
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	61.098,85	15.274,71	3,646*	0,019
Resíduo	24	100.539,76	4.189,16		
Total	28	161.638,61			
Avaliação aos 76 dap					
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	13.254,23	3.313,56	0,771 ^{ns}	0,555
Resíduo	24	103.201,86	4.300,08		
Total	28	116.456,09			
Avaliação aos 97 dap					
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	83.763,50	20.940,87	1,178 ^{ns}	0,346
Resíduo	24	426.735,87	17.780,66		
Total	28	510.499,37			
Avaliação aos 118 dap					
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	747.127,52	186.781,88	2,534 ^{ns}	0,067
Resíduo	24	1.769.160,02	73.715,00		
Total	28	2.516.287,54			
Avaliação aos 139 dap					
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	3.181.717,50	795.429,38	3,087*	0,035
Resíduo	24	6.184.167,16	257.673,63		
Total	28	9.365.884,67			
Avaliação aos 174 dap					
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	5.887.386,01	1.471.846,50	3,745*	0,017
Resíduo	24	9.433.402,08	393.058,42		
Total	28	15.320.788,09			
Avaliação aos 220 dap					
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	221.323,39	55.330,85	0,209 ^{ns}	0,931
Resíduo	24	6.365.756,59	265.239,86		
Total	28	6.587.079,98			

* - teste significativo a 5% de probabilidade

ns – não significativo

Tabela 17. Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para a característica área foliar (cm^2), considerando-se a área foliar máxima desenvolvida em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	4.082.897,03	1.020.724,26	2,077 ^{ns}	0,115
Resíduo	24	11.792.529,81	491.355,41		
Total	28	15.875.426,84			

ns – não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 18. Teste de Tukey para comparação entre os resultados de desenvolvimento de área foliar (cm^2) aos 44, 57, 139 e 174 dap em função das diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

L. F.¹	44	57	139	174
(cm)	dap	dap	dap	dap
38	30,5 ab	96,3 ab	348,4 a	605,8 a
31	15,2 a	64,8 a	708,3 ab	1.087,4 ab
24	35,0 ab	85,8 ab	1.340,8 b	2.016,3 b
17	84,6 ab	144,2 ab	640,5 ab	1.175,9 ab
10	125,6 b	190,4 b	564,2 ab	1.104,7 ab

- médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

1 – profundidade do lençol freático

Tabela 19. Análise de variância (ANAVA) dos modelos ajustados para a relação entre a área foliar (cm²) e os dias após o plantio (dap) para diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

Profundidade do lençol freático a 38 cm					
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Regressão	4	3.509.353,11	877.338,28	6,478*	<0,001
Resíduo	35	4.740.511,54	135.443,19		
Total	39	8.249.864,66			
Profundidade do lençol freático a 31 cm					
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Regressão	4	6.954.252,92	1.738.563,23	13,621*	<0,001
Resíduo	43	5.488.353,52	127.636,13		
Total	47	12.442.606,44			
Profundidade do lençol freático a 24 cm					
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Regressão	4	19.844.380,52	4.961.095,13	18,280*	<0,001
Resíduo	43	11.669.785,55	271.390,36		
Total	47	31.514.166,08			
Profundidade do lençol freático a 17 cm					
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Regressão	4	5.911.632,21	1.477.908,05	47,146*	<0,001
Resíduo	43	1.347.948,70	31.347,64		
Total	47	7.259.580,91			
Profundidade do lençol freático a 10 cm					
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Regressão	4	5.705.782,32	1.426.445,58	51,327*	<0,001
Resíduo	49	1.361.765,03	27.791,12		
Total	53	7.067.547,35			

* - significativo a 5% de probabilidade

Tabela 20. Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para a característica número de folhas em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

	Avaliação aos 44 dap				
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	5,544	1,386	2,641 ^{ns}	0,059
Resíduo	24	12,595	0,525		
Total	28	18,139			
	Avaliação aos 57 dap				
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	29,472	7,368	1,673 ^{ns}	0,189
Resíduo	24	105,700	4,404		
Total	28	135,172			
	Avaliação aos 76 dap				
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	38,007	9,502	1,151 ^{ns}	0,357
Resíduo	24	198,200	8,258		
Total	28	236,207			
	Avaliação aos 97 dap				
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	44,206	11,051	0,496 ^{ns}	0,739
Resíduo	24	534,967	22,290		
Total	28	579,172			
	Avaliação aos 118 dap				
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	165,225	41,306	1,105 ^{ns}	0,377
Resíduo	24	897,533	37,397		
Total	28	1.062,759			
	Avaliação aos 139 dap				
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	255,990	63,997	1,459 ^{ns}	0,246
Resíduo	24	1.052,700	43,862		
Total	28	1.308,69			
	Avaliação aos 174 dap				
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	256,944	64,236	1,336 ^{ns}	0,286
Resíduo	24	1.154,367	48,099		
Total	28	1.411,31			
	Avaliação aos 220 dap				
Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	47,633	11,908	1,081 ^{ns}	0,388
Resíduo	24	264,367	11,015		
Total	28	312,000			

ns – não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 21. Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para a característica número de folhas, considerando-se o maior número de folhas emitidas em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	209,690	52,422	1,124 ^{ns}	0,368
Resíduo	24	1.119,000	46,625		
Total	28	1.328,690			

ns – não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 22. Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para a característica número de flores emitidas em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	0,832	0,208	0,353 ^{ns}	0,839
Resíduo	24	14,133	0,589		
Total	28	14,966			

ns – não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 23. Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para a característica altura da haste foliar (cm) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	137,146	34,287	0,619 ^{ns}	0,654
Resíduo	21	1.162,700	55,367		
Total	25	1.299,846			

ns – não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 24. Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para a característica massa verde inicial dos bulbos (g) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	0,910	0,227	0,502 ^{ns}	0,735
Resíduo	24	10,876	0,453		
Total	28	11,785			

ns – não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 25. Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para a característica massa verde final dos bulbos (g) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	47.547,165	11.886,791	1,709 ^{ns}	0,184
Resíduo	22	152.994,480	6.954,295		
Total	26	200.541,645			

ns – não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 26. Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para a característica ganho de massa verde em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	344,412	86,103	1,468 ^{ns}	0,246
Resíduo	22	1.290,044	58,638		
Total	28	1.634,456			

ns – não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 27. Análise de variância (ANAVA) dos resultados obtidos para a característica ciclo da cultura (dias) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	2.687,800	671,950	3,523*	0,021
Resíduo	24	4.578,200	190,758		
Total	28	7.266,000			

* – significativo a 5% de probabilidade

Tabela 28. Teste de Tukey para comparação entre os resultados de ciclo da cultura (dias) em função das diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

L. F. ¹ (cm)	Ciclo de cultura (dias)
38	281 a
31	259 ab
24	253 b
17	263 ab
10	253 b

- médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

1 – profundidade do lençol freático

Tabela 29. Análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para a eficiência do uso da água (g.mm^{-1}) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	0,0054	0,00137	0,787 ^{ns}	0,546
Resíduo	22	0,0382	0,00174		
Total	26	0,0436			

ns – não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 30. Análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para a condutividade elétrica do substrato (dS.m^{-1}) em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	1,940	0,485	1,003 ^{ns}	0,450
Resíduo	10	4,838	0,484		
Total	14	6,778			

ns – não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 31. Análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para o pH em relação às diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	4	0,762	0,190	10,349*	0,001
Resíduo	10	0,184	0,0184		
Total	14	0,946			

* – significativo a 5% de probabilidade

Tabela 32. Teste de Tukey para comparação entre os resultados de pH em função das diferentes profundidades do lençol freático (cm), na cultura de callas, cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP.

L. F. ¹ (cm)	pH
38	6,07 a
31	5,93 ac
24	5,90 ac
17	5,57 bc
10	5,50 b

- médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade

1 – potencial matricial de água do substrato

9.2 Datos climatológicos

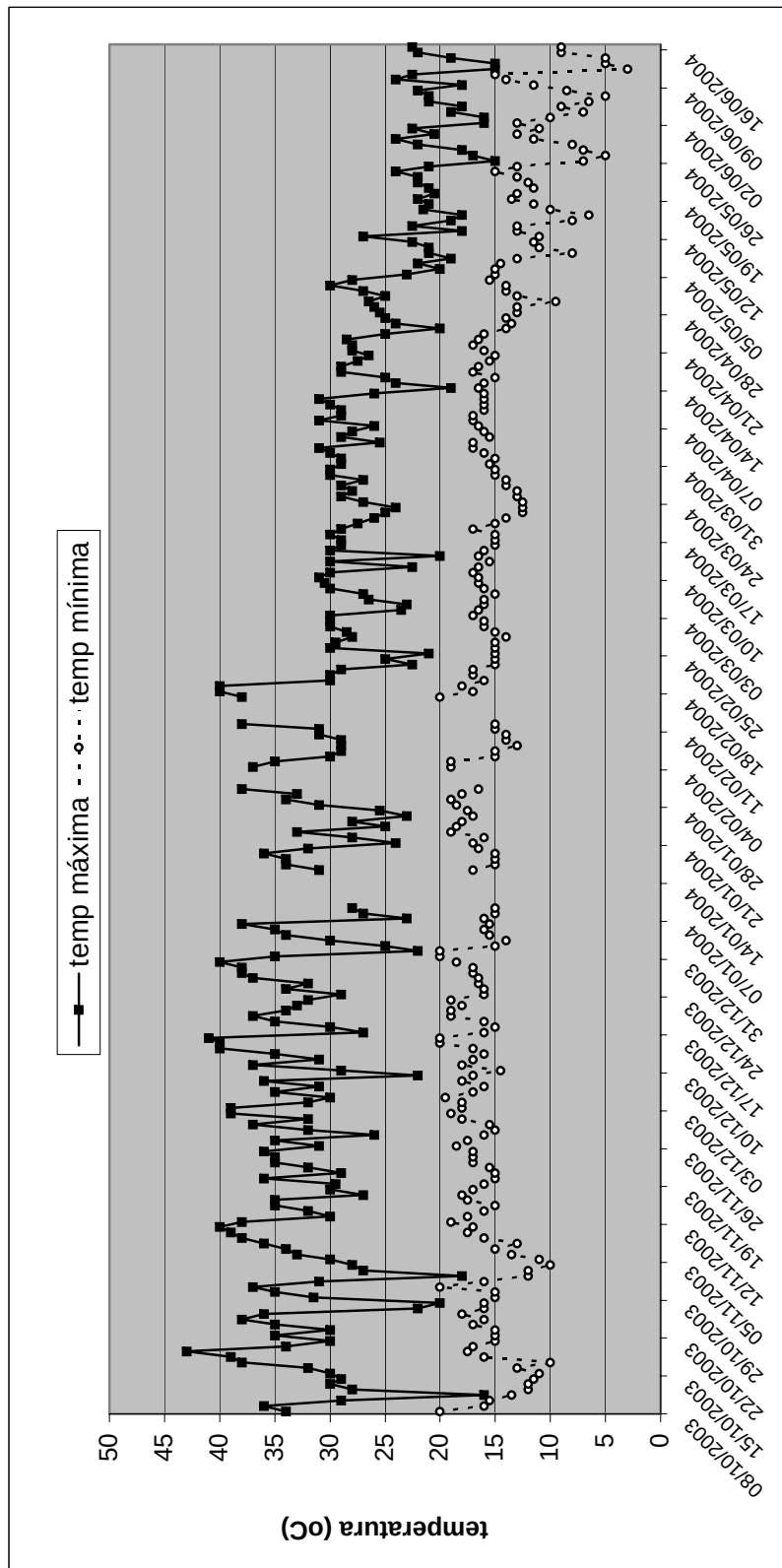


Figura 23. Dados de temperatura máxima e mínima registrados durante o período de out/03 a jun/04 dentro da estufa.

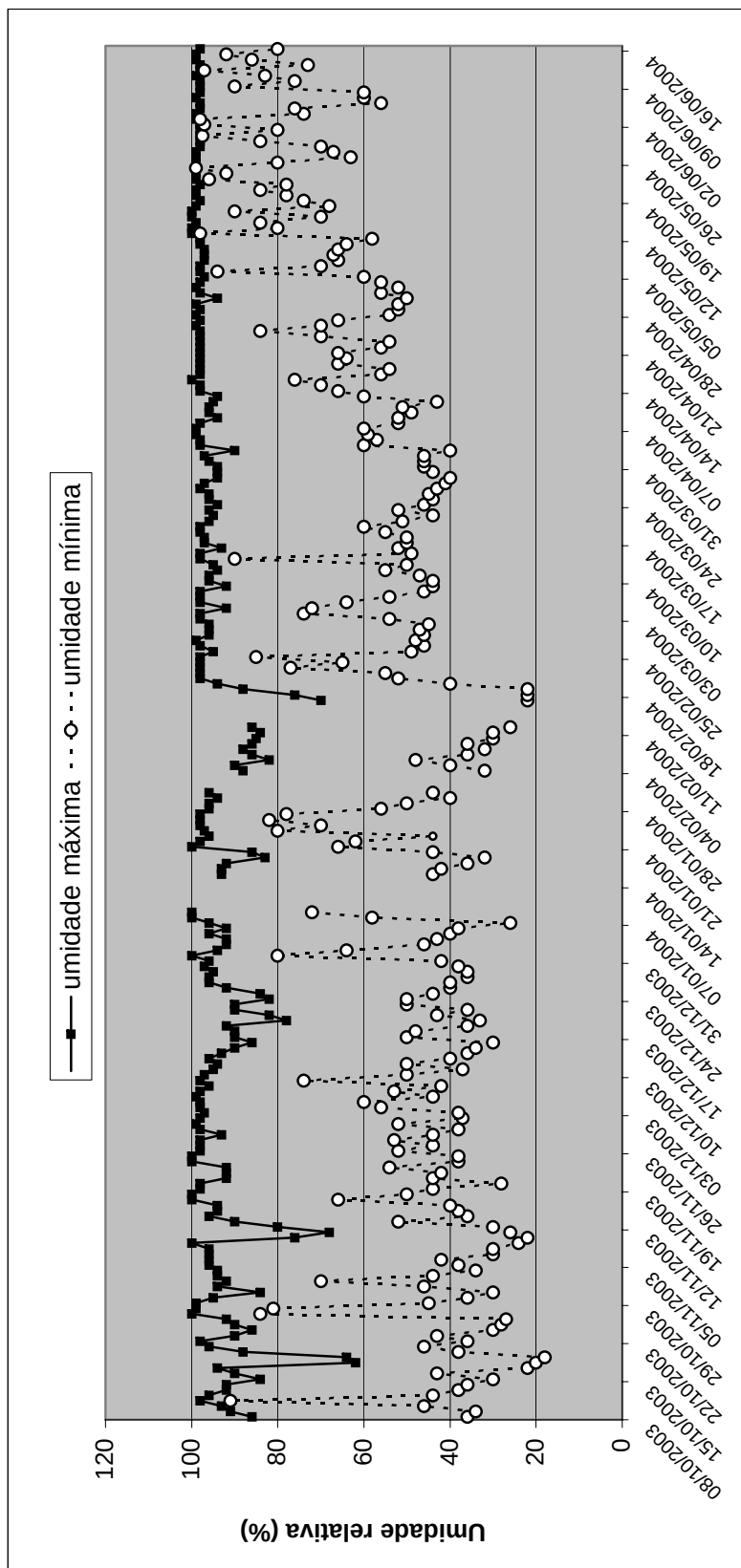


Figura 24. Dados de umidade máxima e mínima registrados durante o período de out/03 a jun/04 dentro estufa.

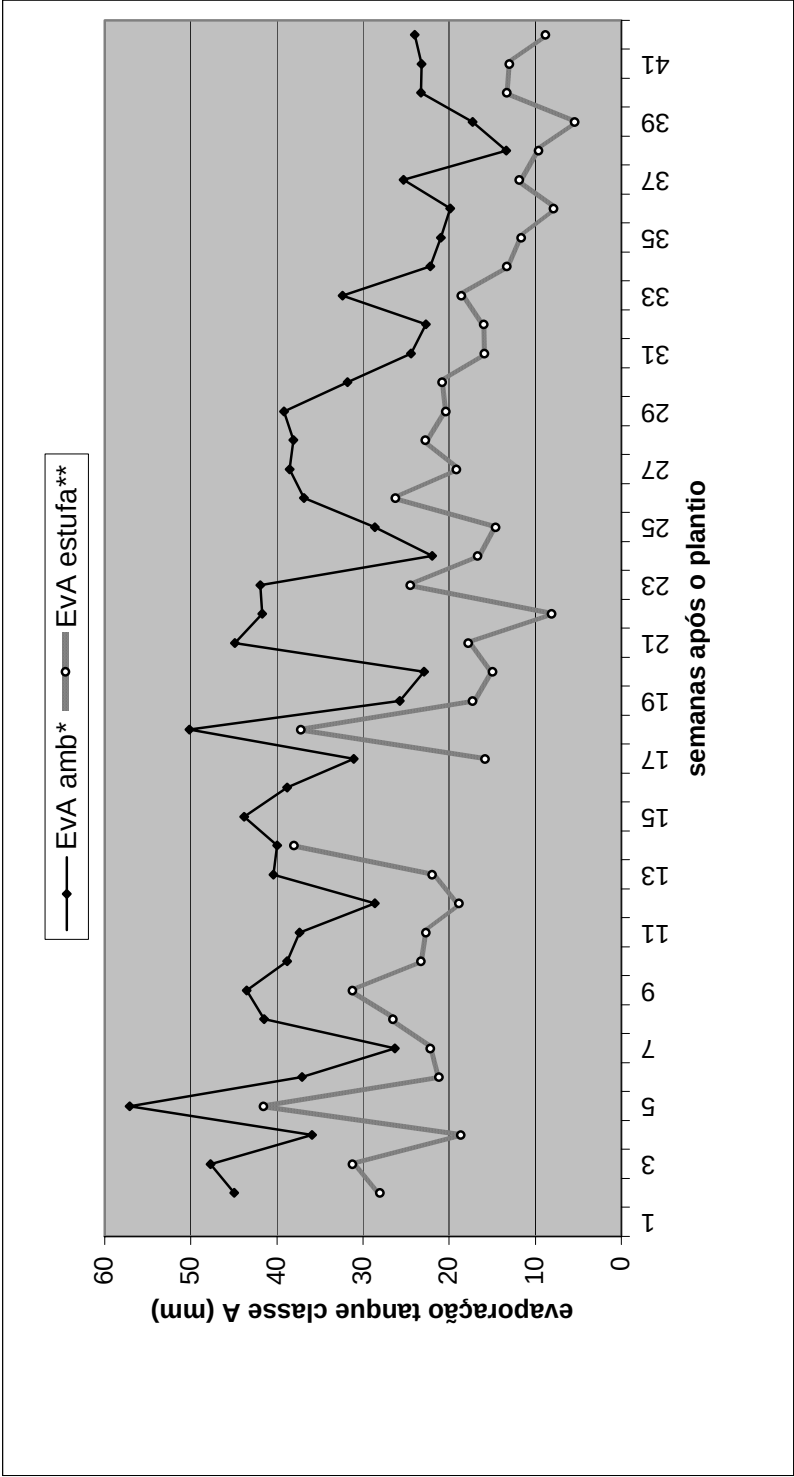


Figura 25. Dados da evaporação do tanque classe A registrados durante o período de out/03 a jun/04 dentro e fora do ambiente de cultivo.

* - dados coletados no Departamento de Recursos Naturais/Ciências Ambientais/FCA/UNESP

** - dados coletados de um tanque classe A instalado numa estufa a 50m da estufa utilizada no presente estudo.

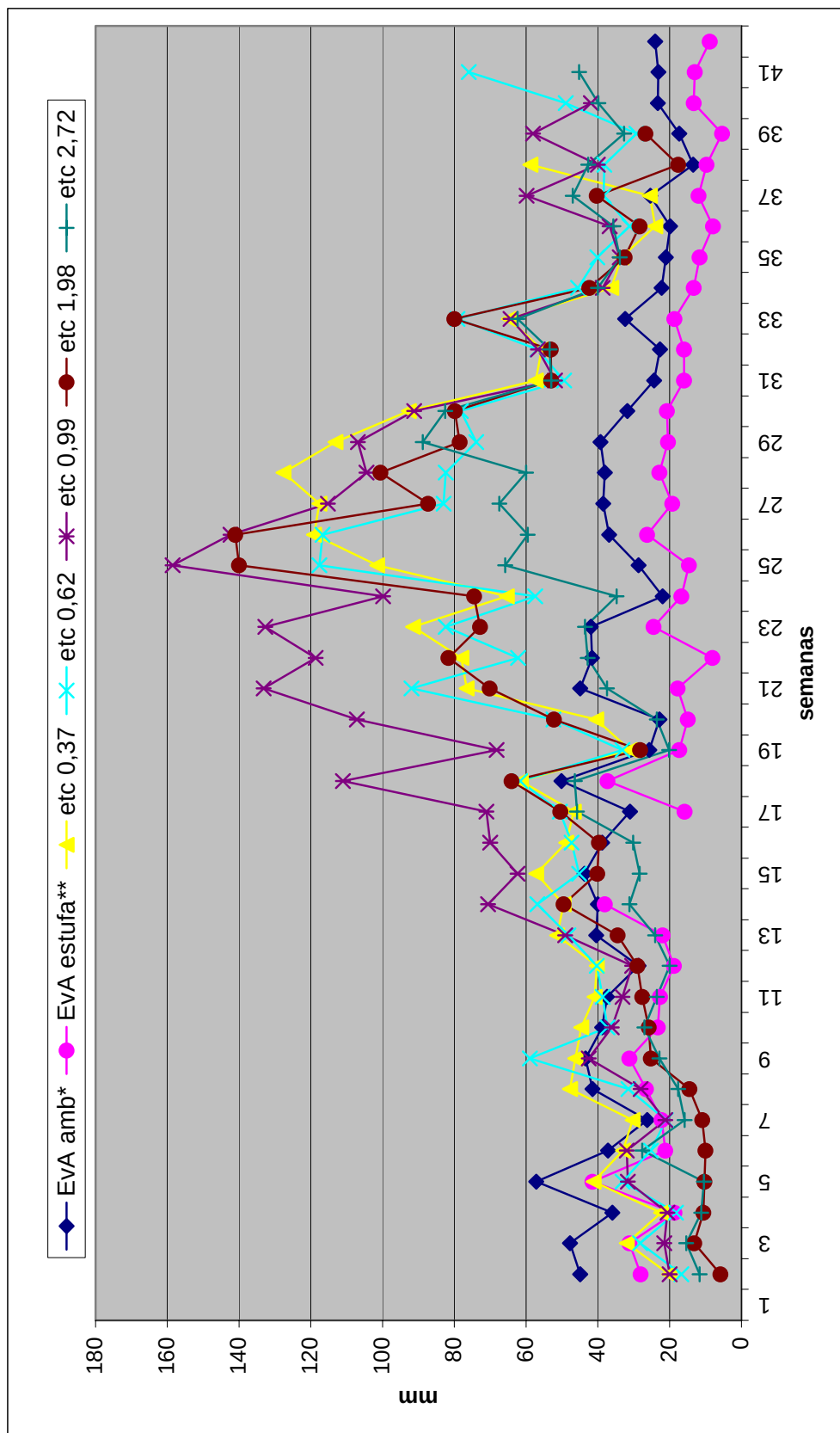


Figura 26. Dados da evaporação do tanque classe A dentro e fora do ambiente de cultivo e da evapotranspiração da cultura de callas, nas diferentes profundidades do lençol freático (cm), cultivada em substrato, no município de Botucatu/SP, registrados durante o período de out/03 a jun/04.

* - dados coletados no Departamento de Recursos Naturais/Ciências Ambientais/FCA/UNESP

** - dados coletados de um tanque classe A instalado numa estufa a 50m da estufa utilizada no presente estudo.

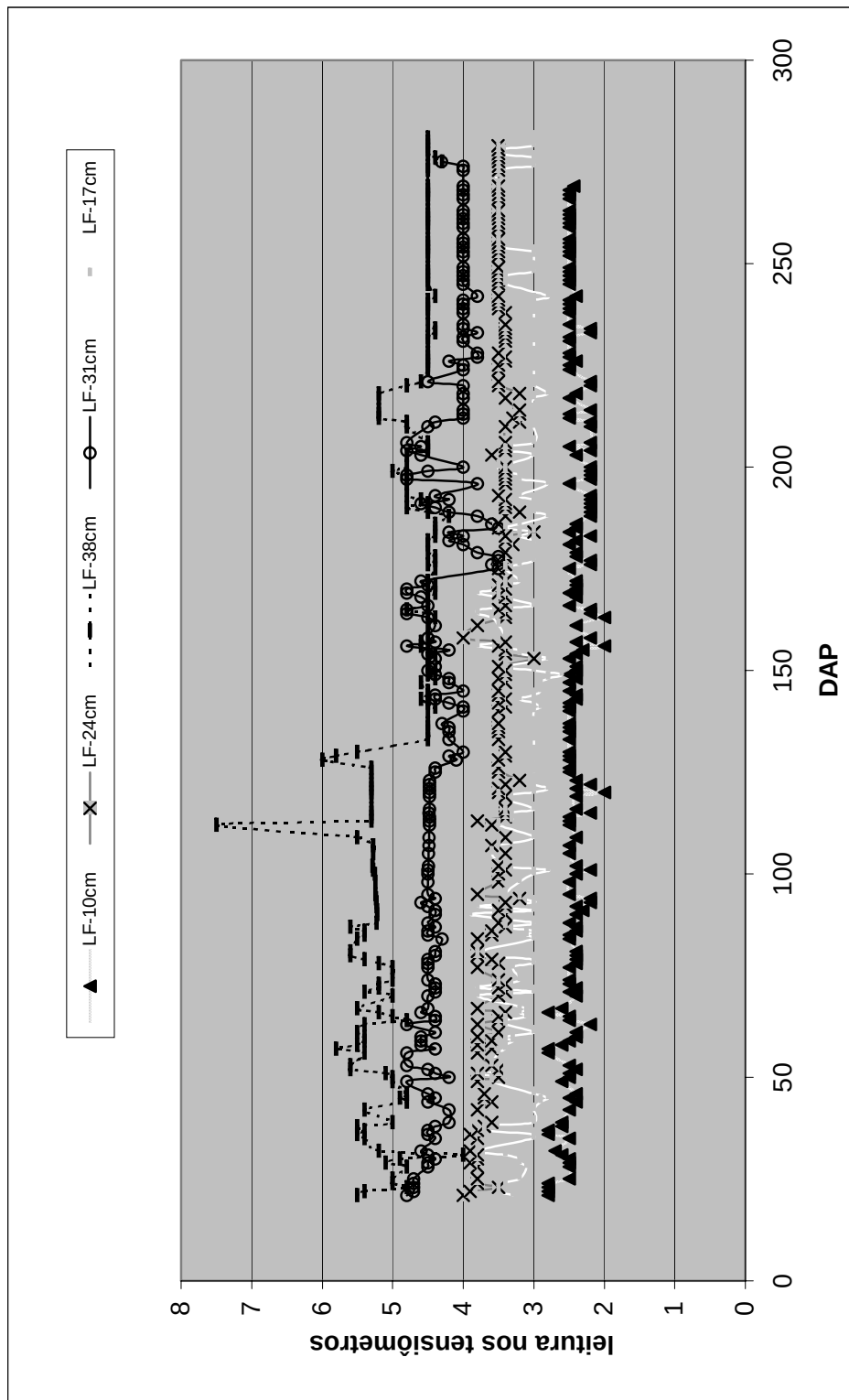


Figura 27. Dados de tensiometria (profundidade de 0-9 cm) nas diferentes profundidades do lençol freático, registrados durante o período de out/03 a jun/04.