

## Relações hídricas e fisiologia pós-colheita de flores de corte.

Finger, Fernando Luiz<sup>1</sup>; Barbosa, José Geraldo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Professores do Departamento de Fitotecnia/UFV, CEP: 36571-000, Viçosa, MG, e-mail: [ffinger@ufv.br](mailto:ffinger@ufv.br)

### 1. INTRODUÇÃO

A comercialização de flores tropicais para corte representa uma importante atividade do setor agrícola nacional e mundial. Segundo Goletti (2003) a importância de práticas adequadas de conservação pós-colheita aumentou de importância nos países em desenvolvimento, visto que a participação da mão-de-obra no setor agrícola vem declinando rapidamente nas últimas décadas.

Flores são órgãos de natureza essencialmente efêmera têm a longevidade afetada por diversos fatores endógenos e exógenos na pré e pós-colheita. As condições de cultivo pré-colheita ou de pré-produção das plantas, o estágio de desenvolvimento da flor na colheita, polinização e tratamentos pós-colheita, determinam em grande parte, a extensão da vida útil das flores de corte ou mesmo quando comercializadas como planta em vaso.

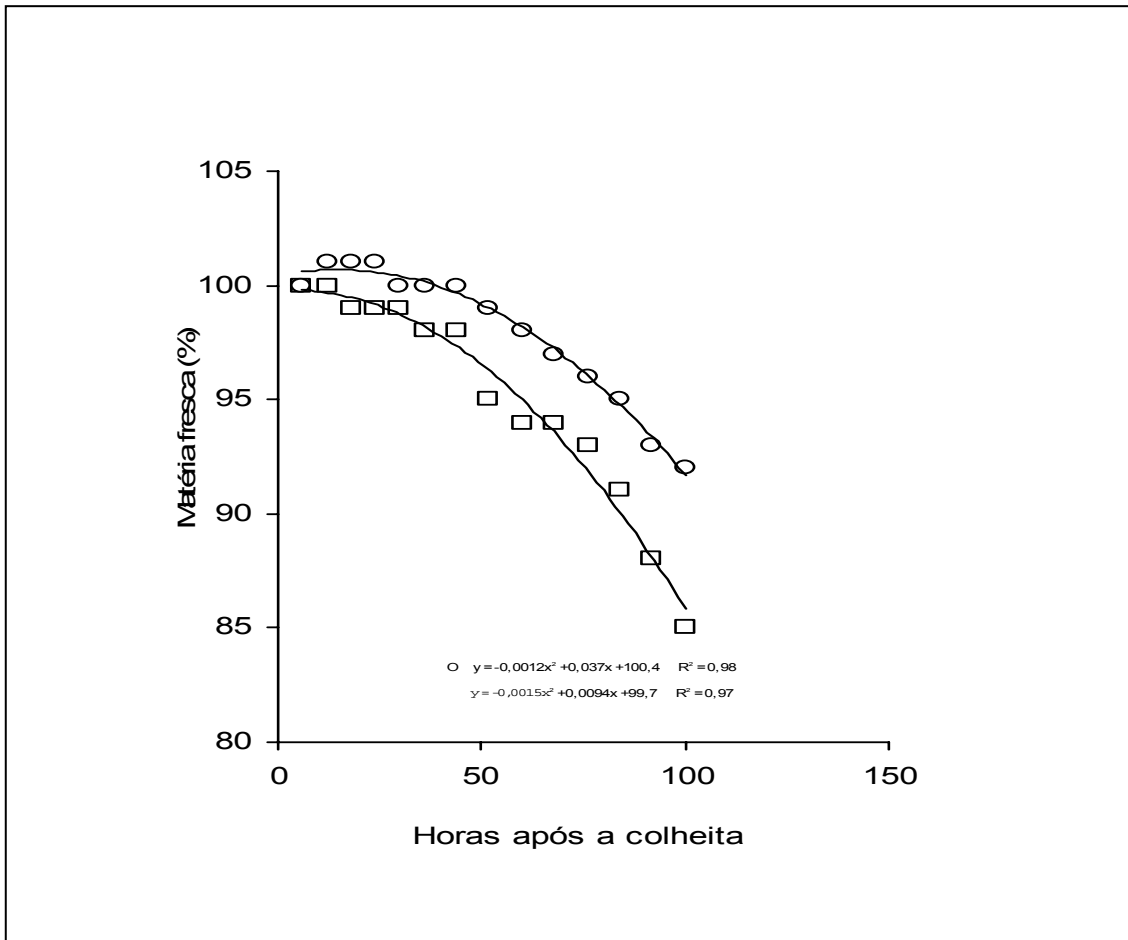
O objetivo desta revisão é avaliar os fatores fisiológicos que afetam a qualidade, conservação e a longevidade das flores de corte durante o transporte, armazenamento, comercialização e utilização final do produto.

### 2. RELAÇÕES HÍDRICAS

Nas flores de corte, o murchamento e a senescência das pétalas podem estar associados à deficiência na absorção de água pelas hastes. A obstrução física dos vasos xilemáticos pode ser por microrganismos, pela deposição de pectina e fenóis ou por embolismo, reduzindo a condutância hidráulica na haste (Van Doorn, 1997; De Pescale & Viggiani, 1998).

O corte periódico da base das hastes de flores de zínia e de ave-do-paráiso, a cada 12 horas ou dois dias, respectivamente, melhora significativamente a manutenção e a absorção de água pelas flores (Figuras 1 e 2). As flores de zínia que foram cortadas tiveram menor queda na matéria fresca durante o armazenamento, o que indica que essas flores mantiveram melhor equilíbrio entre absorção e transpiração (Figura 1). Nas flores de ave-do-paráiso, o melhor suprimento de água é evidenciado pelo melhor equilíbrio no teor relativo de água das sépalas ao longo da pós-colheita (Figura 2). Neste mesmo experimento com ave-do-paráiso observou-se, também, que o corte periódico da base das hastes prolongou a longevidade das flores e elevou o número de floretes abertos em 1,5 e 1,7 vezes, respectivamente, em relação ao tratamento controle. Embora em menor escala que as flores de ave-do-paráiso, em zínia também houve efeito positivo do corte da base da haste sobre a longevidade das flores.

O pH da água exerce influência sobre a capacidade de absorção de água pelas flores cortadas, visto que a água é mais rapidamente absorvida em pHs ácidos do que alcalino. Sun et al. (2001) observaram que o tratamento de flores cortadas de *Eucalyptus ficifolia* mantidas continuamente em solução de vaso contendo 2% de sacarose, 200 mg L<sup>-1</sup> de citrato de hidroxiquinolina (HQC) e pH da água ajustado para 4 pela adição de ácido cítrico, foi eficiente em manter a absorção de água e massa fresca das flores pelo período de cinco dias após a colheita. Neste mesmo trabalho, observou-se que a utilização de pH 4 na solução de vaso foi o que promoveu maior elevação da massa fresca das flores, ou seja, maior absorção pós-colheita de água pelas hastes.



Fonte: Carneiro et al. (2002).

Figura 1. Porcentagem de matéria fresca em hastes de zínias (*Zinnia elegans*) cortadas (○) e não-cortadas (□) a cada 12 horas na base das hastes.

### 3. FISILOGIA DA SENESCÊNCIA

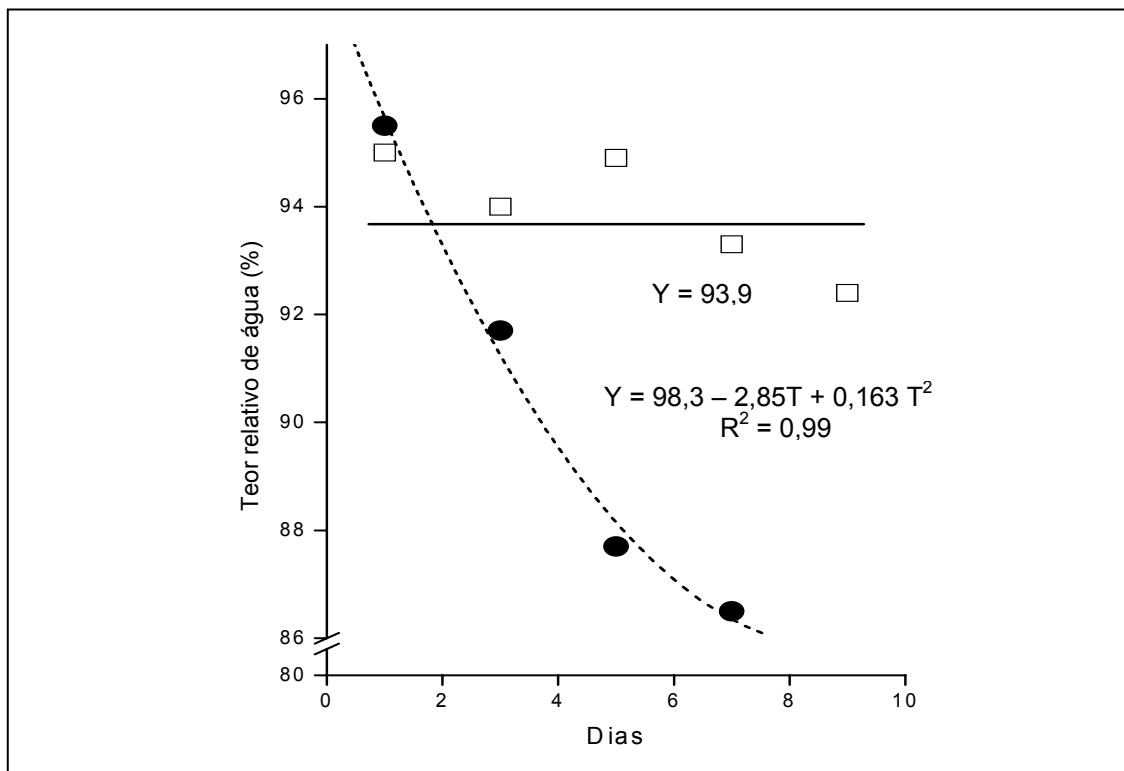
#### 3.1. Etileno

A senescência das pétalas e flores é mediada por um conjunto de processos fisiológicos que culminam com a morte a abscisão. Dentre as mudanças bioquímicas que ocorrem nas flores destacam-se a elevação da atividade de enzimas hidrolíticas, degradação do amido e da clorofila, perda da compartimentalização celular, produção climatérica de etileno e da respiração nas flores climatéricas, presente em cravos e orquídeas (Van Altvorst & Bovy, 1995; Woltering et al., 1994).

O etileno é o regulador de crescimento que induz a expressão de diversos genes durante a senescência das pétalas e flores. Em flores tropicais sensíveis à ação do etileno, o regulador de crescimento induz o murchamento e o secamento das pétalas, seguido geralmente da abscisão. As orquídeas dos gêneros *Cattleya*, *Cymbidium*, *Dendrobium* e *Phalaenopsis* são altamente sensíveis ao etileno, e pequenas quantidades do gás presente na atmosfera de armazenamento (0,1 a 1,0 µL/L) são suficientes para induzir respostas fisiológicas, caso o tempo de exposição seja suficientemente grande.

Dois sistemas de regulação da produção de etileno atuam sobre a mesma rota biossintética; o sistema I é responsável pela produção de níveis baixos de etileno, e está presente em frutos e flores com comportamento climatérico e não-climatérico da

respiração e nos tecidos vegetativos das plantas. O sistema I é responsável pelo etileno presente na fase que antecede o início do climatério das flores climatéricas. O sistema II, por sua vez, é responsável pela produção massiva de etileno que acompanha a senescência das flores e frutos climatéricos. Este sistema de produção é também denominado de autocatalítico, visto que o etileno é responsável pela indução da sua própria síntese (Abeles et al., 1992). A elevação da atividade da sintase do ACC e da oxidase do ACC pelo sistema II de produção se deve ao aumento da taxa de transcrição dos respectivos RNA mensageiros, estimulado pela ação do etileno.



Fonte: Campanha et al. (1997).

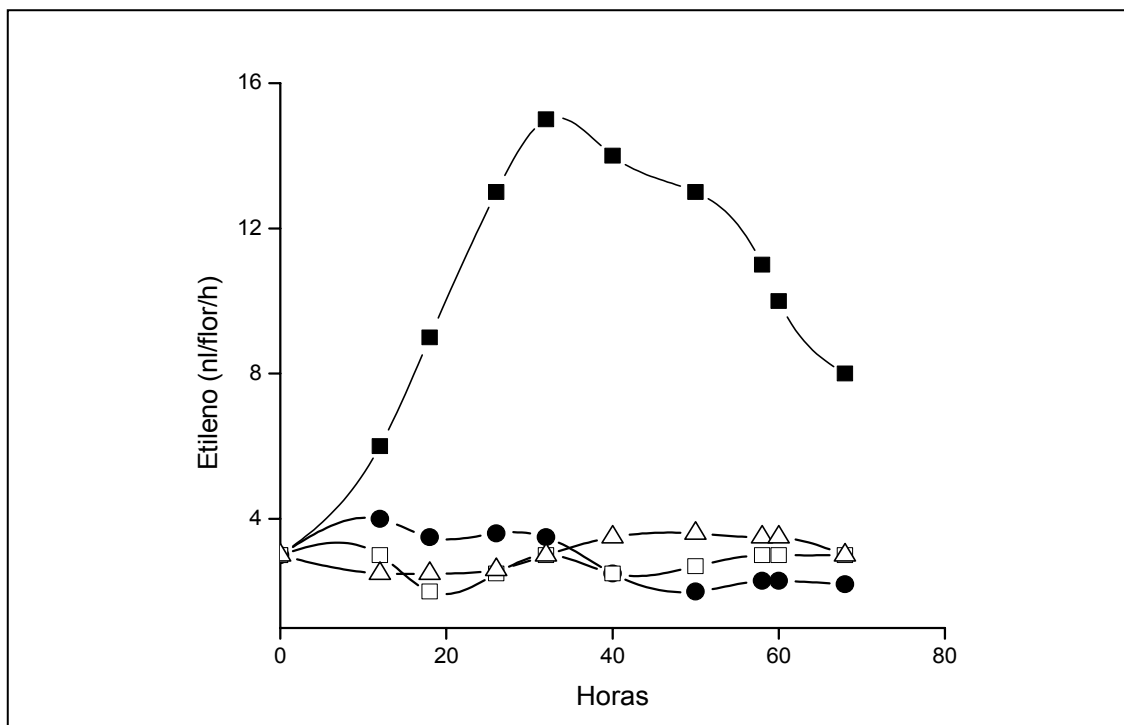
Figura 2. Mudanças no teor relativo de água em sépalos de ave-do-paraíso, nas hastes cortadas a cada 2 dias (□) e no controle (●) em vaso a 25 °C e 60% de umidade relativa.

Em flores de orquídeas e cravos, a polinização das flores estimula a síntese de ACC e de etileno, via aumento da expressão da sintase do ACC e oxidase do ACC. A polinização estimula a produção de etileno nas flores de *Dendrobium* após 12 horas da polinização, atingindo máximo de evolução após 30 horas (Figura 3). A manutenção das flores em solução contendo 0,5 mM de AOA inibe a produção de etileno nas flores polinizadas e não polinizadas, semelhante a produção de etileno observada para as flores controle não polinizadas (Figura 3).

Auxina induz a produção de ACC e de etileno em plantas superiores via estímulo da expressão da sintase do ACC. Em orquídeas *Phalaenopsis* a síndrome de pós-polinização da produção de ACC é induzida, primeiramente, pela ação da auxina presente no pólen, sendo responsável pelo estímulo inicial da produção de etileno das flores (Nadeau et al., 1993).

A enzima sintase do ACC é dependente de piridoxal fosfato como cofator, sendo, portanto, inibida por ácido aminooxiacético (AOA), aminoetoxivinilglicina (AVG) ou rizobiotoxinas análogas (Van Altvorst & Bovy, 1995). Geralmente os tratamentos com inibidores da síntese de etileno têm-se demonstrado menos efetivos e de custo

mais elevado que os tratamentos com inibidores da ação no prolongamento da vida de vaso das flores. A maior efetividade dos inibidores da ação é decorrente do bloqueio da ação do etileno proveniente do próprio tecido e também daquele de origem exógena, como o etileno produzido por outras plantas ou presente na atmosfera oriunda da combustão de hidrocarbonetos.



Fonte: Porat et al. (1994b).

Figura 3. Produção de etileno em flores de *Dendrobium* não polinizadas ( $\Delta$ ), polinizadas ( $\blacksquare$ ), não polinizadas e tratadas com 0,5 mM de AOA ( $\square$ ) e flores polinizadas e tratadas com 0,5 mM de AOA ( $\bullet$ ).

A inibição da ação do etileno dá-se pelo bloqueio da interação do etileno com o receptor do hormônio. Diversas substâncias têm ação anti-etileno, sendo o íon  $\text{Ag}^+$ , 2,5-norbarnadiene, 1-metilciclopropeno (1-MCP) e dióxido de carbono os mais efetivos. Estas substâncias podem ser utilizadas comercialmente para impedir a ação do etileno em flores de corte ou em plantas cultivadas em vaso visando prolongar a vida de vaso ou de pós-produção.

Flores de ave-do-paráiso e gladiolo são insensíveis ao etileno, portanto outros fatores afetam a longevidade, em especial o suprimento de sacarose, relações hídricas e doenças.

### 3.2. Respiração

A respiração, para a maioria dos produtos hortícolas é o fator mais importante da deterioração dos órgãos destacados e a intensidade da atividade respiratória reflete a velocidade de deterioração dos produtos.

A respiração afeta diretamente diversos aspectos do metabolismo dos produtos hortícolas:

- Responsável pela redução, e em alguns casos extremos como em flores, a depleção das reservas de carbono (amido, açúcares solúveis e ácidos orgânicos). Em frutos e hortaliças, o consumo das reservas orgânicas reduz o sabor do produto.

- b. O calor produzido pela respiração ou também chamado de calor vital, é importante para estabelecer a capacidade de refrigeração das câmaras frigoríficas durante o armazenamento.
- c. A dissipação do calor produzido pela respiração dá-se via transpiração, reduzindo assim a vida útil de prateleira dos produtos hortícolas.

Todos os produtos hortícolas continuam respirando após a colheita, havendo constante troca de elementos entre o tecido vivo e o ambiente, conforme pode ser definida pela equação geral da respiração:



Portanto, a oxidação completa de uma molécula de glicose consome  $6O_2$  e libera para o ambiente  $6CO_2$  e  $6H_2O$ , possibilitando à geração de 686 kcal, cuja parte é liberada na forma de calor a parte armazenada como ATP. A respiração é um processo pouco eficiente de conservação de energia, apenas 42 % do potencial da energia produzida pela oxidação completa da glicose é armazenada na forma de ATP (Kader, 1987). O restante da energia será liberada na forma de calor para ambiente circundante, isto determina em parte o método de resfriamento, o tipo de embalagem e a altura das pilhas no armazenamento dos produtos hortícolas.

A respiração obedece ao fator  $Q_{10}$ , ou seja, para cada  $10^\circ C$  de elevação da temperatura de armazenamento ocorre duplicação da respiração, de acordo com a lei de Van't Hoff:

$$Q_{10} = (R_2/R_1)^{10/(t_2 - t_1)}$$

Onde:  $R_2$  e  $R_1$  correspondem à taxa respiratória na temperatura mais elevada e inferior, respectivamente e  $t_2$  e  $t_1$  as respectivas temperaturas nas quais as taxas respiratórias foram determinadas. Há grande variação no fator  $Q_{10}$  dos produtos hortícolas em função da espécie, cultivar e temperatura de armazenamento, porém de maneira geral eles se aproximam do valor 2 dentro do limite de 0 e  $40^\circ C$ .

A respiração em esporinha apresenta com fatores  $Q_{10}$  que variam de 1,11 a 2,89 (Tabela 1), semelhante aos encontrados em hortaliças e frutos. Porém as taxas respiratórias nesta flor são extremamente elevadas comparadas a maioria das hortaliças e frutos, atingindo valores de  $1854 \text{ ml CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  a  $30^\circ C$  (Tabela 1). Respirações desta magnitude são responsáveis pelo elevado grau de depleção das reservas de carboidratos armazenados nas estruturas florais.

Tabela 1. Evolução da taxa respiratória e do fator  $Q_{10}$  da respiração em inflorescências de esporinha (*Consolida ajacis*) armazenadas entre 5 e  $40^\circ C$ .

Temperatura ( $^\circ C$ )	Taxa respiratória ( $\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ )	Fator $Q_{10}$
5	403	-
10	488	1,47
15	830	2,89
20	875	1,11
25	1103	1,57
30	1854	2,82
35	1038	-
40	1073	1,07

Fonte: Finger et al. (2006).

Neste mesmo trabalho, Finger et al. (2006) observaram que houve uma correlação inversa entre a elevação da temperatura e a longevidade da esporinha em vaso, com redução estimada de 11,9 dias a 5°C para 4,06 dias a 30°C, onde foi detectada a maior taxa respiratória da flor (Tabela 1).

#### 4. TRATAMENTOS PÓS-COLHEITA

##### 4.1. Soluções de 'pulsing', vaso e pulverização com preservativos florais

A expressão 'pulsing' refere-se ao tratamento pós-colheita de condicionamento de curta duração, máximo de 24 a 48 horas, onde são aplicadas soluções de açúcares, ácidos orgânicos, inibidores da síntese ou ação do etileno e/ou bactericidas, realizado imediatamente após a colheita ou após o armazenamento refrigerado das flores e folhagens de corte. Estas mesmas substâncias poderiam ser utilizadas na solução de vaso, porém deve-se reduzir a concentração dos componentes para ser efetiva. A utilização de preservativos florais em solução de vaso é problemática uma vez que muitas substâncias são altamente tóxicas, como  $\text{AgNO}_3$  ou tiosulfato de prata (STS), ou substâncias que são utilizadas como substratos para o crescimento de microrganismos, a exemplo da sacarose e glicose. O manuseio dos preservativos florais exige cuidados adicionais com a segurança ambiental tanto por parte de produtores, comerciantes e consumidores.

Para a maioria das flores cortadas, o nível de açúcares nas pétalas é relativamente elevado por ocasião do murchamento e senescência das flores, logo não há aparente escassez de carboidratos por parte dos órgãos florais para manter a respiração vital das pétalas. Porém, a aplicação exógena de açúcar, após a colheita, eleva a longevidade de muitas destas flores, contradizendo desta forma a afirmativa de que os carboidratos estão presentes em quantidade suficientes. Por outro lado, deve-se levar em consideração que embora aparentemente haja elevado conteúdo de carboidratos nas pétalas, por ocasião do murchamento, estes açúcares podem estar compartimentalizados na célula e, portanto, não disponíveis ao mitocôndrio (Van Door, 2001).

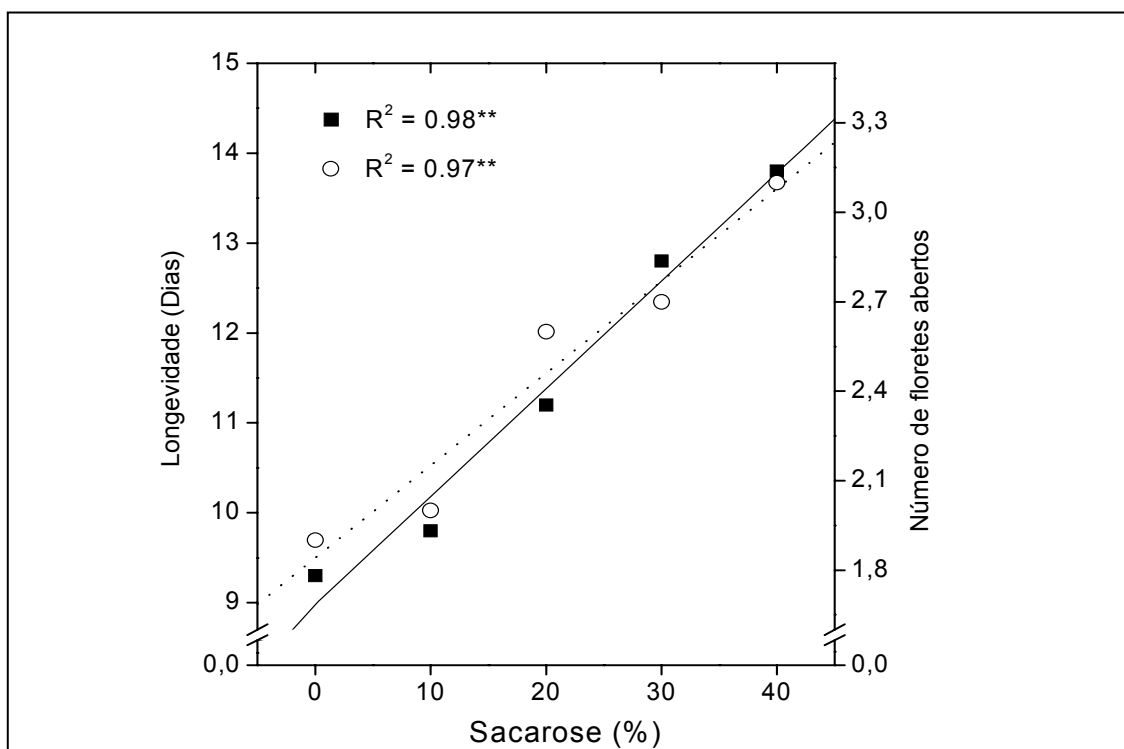
Em flores de ave-do-paraíso, o 'pulsing' com sacarose nas concentrações entre 10 e 40% aplicados por 24 horas elevaram a longevidade e o número de floretes abertos (Figura 4). O condicionamento das flores com solução de 40% de sacarose elevou a longevidade em 55% e aumentou em 1,7 vezes o número final de floretes abertos, quando comparado às flores não pulsadas com sacarose.

##### 4.2. Tratamento com 1-MCP

O 1-MCP é um ciclopropeno que desponta como uma substância revolucionária no tratamento de dos produtos hortícolas visando bloquear os efeitos danosos da ação do etileno. Este inibidor competitivo da ação do etileno tem elevada afinidade pelo receptor do etileno, cerca de 10 vezes maior que a observada para o etileno (Blankship & Dole, 2003). Desta forma, o 1-MCP é efetivo em bloquear a ação do etileno mesmo quando utilizado em concentrações extremamente baixas, porém a dose ótima varia com a fisiologia e genética da flor, concentração, temperatura, tempo e momento de aplicação.

Porat et al. (1995) avaliaram a influência da polinização sobre o aumento da sensibilidade ao etileno e a influência do tratamento com 1-MCP e do STS sobre a senescência da orquídea *Phalaenopsis*. As flores tiveram a sensibilidade ao etileno aumentada após quatro horas da polinização, e houve estímulo da produção autocatalítica de etileno entre nove e dez horas após a polinização (Figura 5). O aumento da produção de etileno, em *Phalaenopsis*, é disparado pela maior sensibilidade das pétalas ao etileno, produzido pela polinização da flor. O pré-tratamento das flores com 250 nL/L de 1-MCP por seis horas ou pela manutenção

destas em solução de vaso contendo 0,5 mM de STS inibiu a produção autocatalítica de etileno das flores polinizadas (Figura 5), bloqueando efetivamente a ação do hormônio. Nesta flor, a polinização acelerou a senescência das flores, reduzindo a longevidade de 13 para 2 dias e o pré-tratamento das flores polinizadas com 1-MCP ou a manutenção das flores em vaso com 0,5 mM de STS elevou o número de dias necessários para o murchamento de 50% das pétalas, comparado com as flores polinizadas. Nos tratamentos testados, o 1-MCP foi mais eficiente que o STS em prolongar a longevidade das flores de *Phalaenopsis*, embora o efeito do 1-MCP e do STS em inibir a produção climatérica de etileno foi semelhante (Figura 5).



Fonte: Finger et al. (1999).

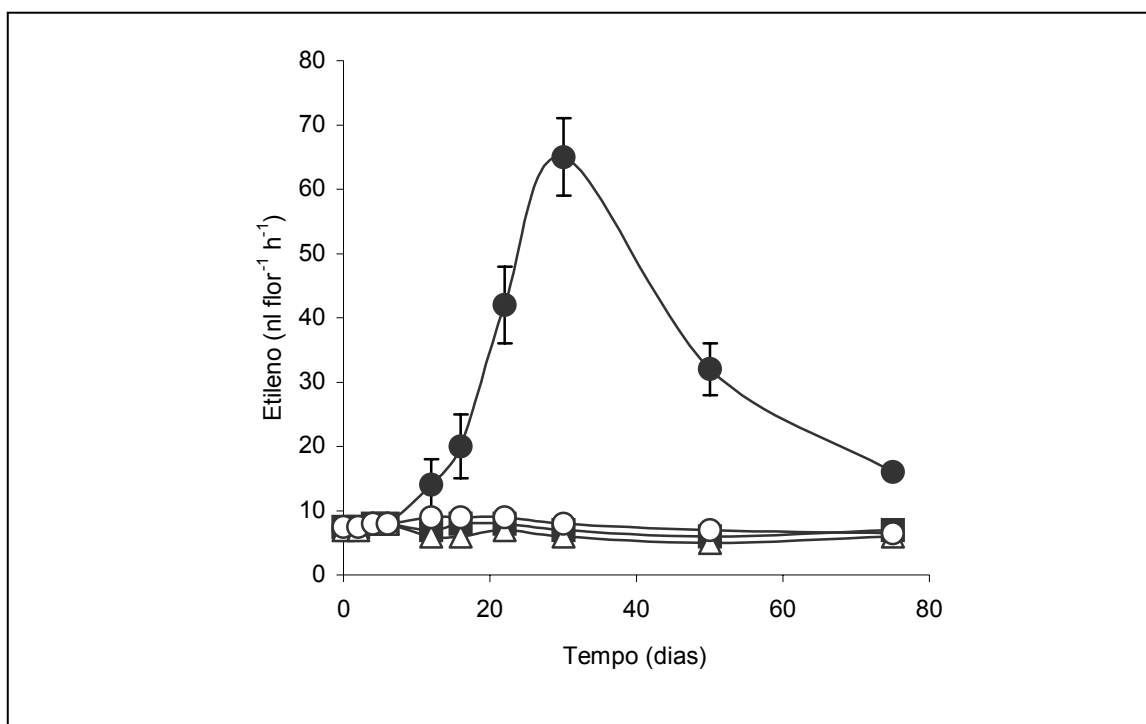
Figura 4. Efeito do 'pulsing' com sacarose (0, 10, 20, 30 e 40%) por 24 horas sobre a longevidade (■) e número de floretes abertos (○) em flores de ave-do-paráíso. Equações de regressão, longevidade:  $Y = 8,90 + 0,12X$ ; número de floretes abertos:  $Y = 1,84X + 0,031X$  (\*\* Significante  $P \leq 0,01$ ).

## 5. Carboidratos

Em diversas espécies de flores de corte a vida de vaso é aumentada quando açúcares exógenos são supridos às hastes, aplicados tanto na forma de 'pulsing' ou continuamente como componente das soluções de vaso. Geralmente, os açúcares são fornecidos na forma de sacarose ou glicose, cujas concentrações variam em função da espécie, do modo e do tempo de aplicação.

Para a maioria das flores cortadas, o nível de açúcares nas pétalas é relativamente elevado por ocasião do murchamento e senescência das flores, logo não há aparente escassez de carboidratos por parte dos órgãos florais para manter a respiração vital das pétalas. Porém, a aplicação exógena de açúcar, após a colheita, eleva a longevidade de muitas destas flores, contradizendo desta forma a afirmativa de que os carboidratos estão presentes em quantidade suficientes. Por outro lado,

deve-se levar em consideração que embora aparentemente haja elevado conteúdo de carboidratos nas pétalas, por ocasião do murchamento, estes açúcares podem estar compartimentalizados na célula e, portanto, não disponíveis ao mitocôndrio (Van Doorn, 2001).



Fonte: Porat et al. (1995).

Figura 5. Efeito dos inibidores da ação do etileno STS e 1-MCP sobre a produção de etileno após a polinização de flores de *Phalaenopsis*. Flores não-polinizadas (○), polinizadas (●), flores pré-tratadas com 250 nL/L de 1-MCP por 6 horas e polinizadas (△) ou polinizadas e mantidas em vaso com 0,5 mM de STS (■). Valores médios de quatro repetições  $\pm$  erro padrão da média.

## 6. CONCLUSÕES

As flores podem ter comportamento climatérico ou não climatérico da respiração e produção de etileno durante a senescência das flores. Além disso, as flores têm elevada sensibilidade ao etileno, cuja síntese pelo tecido é estimulada por estresses, como o causado pela polinização, dano mecânico e possivelmente hídrico. Este comportamento da orquídea requer pré-tratamentos com inibidores da síntese e ação do etileno antes do transporte e comercialização das flores de corte. O 1-MCP e o STS são considerados os inibidores da ação do etileno mais efetivos no controle da senescência de orquídeas, porém, a influência das citocininas e giberelinas, e possíveis interações, destes hormônios, com inibidores da ação do etileno não foram avaliados na maioria das flores tropicais de corte. A respiração da maioria das espécies de flores é extremamente elevada, e apresenta uma correlação inversa com a longevidade das flores de corte.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. **Ethylene in plant biology**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1992. 414p.



CARNEIRO, T.F.; FINGER, F.L.; DOS SANTOS V.R., NEVES, L.L.M.; BARBOSA, J.G. Influência da sacarose e do corte da base da haste na longevidade de inflorescências de *Zinnia elegans*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1065-1070, 2002.

BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropeno: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p.1-25, 2003.

CAMPANHA, M.M.; FINGER, F.L.; CECON, P.R.; BARBOSA, J.G. Water relations of cut bird-of-paradise (*Strelitzia reginae* Ait.) inflorescences. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 3, p. 27-31, 1997.

DE PASCALE, S.; VIGGIANI, S., Water relations and gas exchanges of cut *Godetia* flowers during vase life. **Advances in Horticultural Science**, v. 12, p. 153-157, 1998.

FINGER, F.L.; CAMPANHA, M.M.; BARBOSA J.G.; FONTES, P.C.R., Influence of ethephon, silver thiosulfate and sucrose pulsing on bird-of-paradise vase life. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, p. 119-122, 1999.

FINGER, F.L.; SANTOS, V.R.; MORAES, P.J.; BARBOSA, J.G. Pulsing with sucrose and silver thiosulfate extended the vase life of *Consolida ajacis*. **Acta Horticulturae**, v. 543, p. 63-67, 2001.

FINGER, F.L.; SANTOS, V.R.; BARBOSA, J.G.; BARROS, R.S. Influência da temperatura na respiração, produção de etileno e longevidade de inflorescências de esporinha. **Bragantia**, v. 65, p. 363-368, 2006.

GOLETTI, F. Current status and future challenges for the postharvest sector in developing countries. **Acta Horticulturae**, v. 628, p.41-48, 2003.

KADER, A.A. Respiration and gas exchange of vegetables. In: WEICHMANN, J. (Ed.). **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, Inc. 1987. p. 25-43.

NADEAU, J.A.; BUI, A.Q.; ZHANG, X.; O'NEILL, S.D. Interorgan regulation of post-pollination events in orchid flowers. In: PECH, J.C., LATCHÉ, A., BALAGUÉ, C. (Eds.). **Cellular and molecular aspects of the plant hormone ethylene**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 304-309.

PORAT, R.; BOROCHOV, A.; HALEVY, A.H.; O'NEIL, S.D., Pollination-induced senescence of *Phalaenopsis* petals. **Plant Growth Regulation**, v. 15, p. 129-136, 1994a.

PORAT, R.; BOROCHOV, A.; HALEVY, A.H. 1994b. Pollination-induced in ethylene production and sensitivity to ethylene in cut dendrobium orchid flowers. **Scientia Horticulturae**, v. 58, p. 215-221, 1994b.

PORAT, R., HALEVY, A.H., SEREK, M.; BOROCHOV, A., An increase in ethylene sensitivity following pollination is the initial event triggering an increase in ethylene production and enhanced senescence of *Phalaenopsis* orchid flowers. **Physiologia Plantarum**, v. 93, p. 778-784, 1995.

SUN, J.; JAMESON, P.E.; CLEMENS, J. Water relations and stamen abscission in cut flowers of selected *Myrtaceae*. **Acta Horticulturae**, v. 543, p. 185-189, 2001.

VAN ALTVORST, A.C.; BOVY, A.G. The role of ethylene in the senescence of carnation flowers, a review. **Plant Growth Regulation**, v. 16, p. 43-53, 1995.

VAN DOORN, W.G. Water relations of cut flowers. **Horticultural Reviews**, v. 18, p. 1-85, 1997.

VAN DOORN, W.G. Role of soluble carbohydrates in flowers senescence: a survey. **Acta Horticulturae**, v. 543, p. 179-183, 2001.

WOLTERING, E.J.; TEN HAVE, A.; LARSEN, P.B.; WOODSON, W.R. Ethylene biosynthetic genes and inter-organ signaling during flower senescence. In: SCOTT, R.J., STEAD, A.D. (Eds.). **Molecular and cellular aspects of plant reproduction**. London: Cambridge University Press, 1994. p.285-307.

PALAVRAS CHAVES:

Flor de corte, pós colheita, fisiologia.