

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Análise hiperespectral da degradação das folhas de lisianthus de corte

Thuane Katiúcia Moreira Barbosa

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Engenharia
de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2019

Thuane Katiúcia Moreira Barbosa
Engenheira Agrícola e Ambiental

Análise hiperespectral da degradação das folhas de lisianthus de corte

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **PETERSON RICARDO FIORIO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Engenharia
de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2019

RESUMO

Análise hiperespectral da degradação das folhas de *lisianthus* de corte

Hastes florais de *lisianthus* foram submetidas a soluções conservantes de diferentes concentrações de sacarose, glicose, distintos fitormônios ou água destilada por 12 horas e posteriormente mantidas em água e germicidas por 12 dias em ambiente climatizado. Foram coletadas folhas dessas hastes a cada 4 dias para posterior análise hiperespectral (450 a 2450 nm) e quantificação de pigmentos. A fim de analisar o uso dos espectros para detectar o desempenho das soluções conservantes, foi utilizado o teste de Tukey em cada comprimento de onda entre essas soluções ou entre os dias de análise, os quais apresentaram diferenças nas regiões do espectro demonstrando a degradação ou manutenção das folhas de cada solução. Outro resultado encontrado foi a discriminação de diferentes períodos da pós-colheita a partir dos dados espectrais, o qual foi obtido por meio da análise multivariada; porém a mesma análise não foi bem-sucedida na separação de soluções conservantes. Por fim, também foi avaliada a predição de pigmentos a partir das curvas espectrais por PLSR (Regressão de Mínimos Quadrados Parciais), sendo que não foi possível a determinação da clorofila, mas a razão CAR/CLF (razão entre carotenoides e clorofila) apresentou coeficientes de determinação razoáveis. Assim, as análises hiperespectrais apresentam potencial na avaliação da degradação foliar de hastes florais de *lisianthus* em diferentes soluções pulsing utilizadas na pós-colheita.

Palavras-chave: 1. Curva espectral 2. Pigmentos 3. Pós-colheita 4. Senescência

ABSTRACT

Hyperspectral analysis of foliar degradation in lisianthus cut flowers

Floral stems of lisianthus were submitted to conservative solutions of different concentrations of sucrose, glucose, different phytohormones or distilled water for 12 hours and later maintained in water and germicides for 12 days in an acclimatized environment. Leaves of these stems were collected every 4 days for later hyperspectral analysis (450 to 2450 nm) and pigment quantification. In order to analyse the use of the spectra to detect the preservative solutions performance, the Tukey test was used at each wavelength between these solutions or between the analysis days, which showed differences in the regions of the spectrum demonstrating the leaves degradation or maintenance for each solution. Another achieved result was the discrimination of different post-harvest periods from the spectral data, which was obtained through multivariate analysis; but the same analysis was not successful in separating preservative solutions. Finally, the pigments prediction from spectral curves in PLSR (Partial Least Squares Regression) was evaluated, and the determination of chlorophyll was not possible, but the ratio CAR / CLF (ratio of carotenoids to chlorophyll) presented reasonable coefficients determination. Thus, the hyperspectral analyses have potential in the evaluation of foliar degradation of lisianthus floral stems in different pulsing solutions used in post-harvest.

Keywords: 1. Spectral curve 2. Pigments 3. Postharvest 4. Senescence

1. INTRODUÇÃO

A floricultura é uma atividade importante no cenário econômico mundial. A cadeia econômica de flores e plantas ornamentais corresponde a um valor econômico global de 300 bilhões de dólares (CHANDLER; SANCHEZ, 2012). No Brasil, apesar de ser considerada relativamente recente, em relação ao cultivo intensivo para a comercialização, a floricultura demonstrou um crescente e significativo faturamento nos últimos anos. Em 2016 o faturamento do setor foi de aproximadamente 6,7 bilhões de reais, 8,0 % maior do que o do ano anterior (IBRAFLOR, 2017).

Existem no Brasil cerca de oito mil produtores responsáveis pelo cultivo de mais de 350 espécies e três mil variedades de flores e plantas ornamentais. Adicionalmente, a floricultura emprega diretamente cerca de 199.100 pessoas, envolvidas principalmente nos processos de produção, distribuição e comercialização. Em relação aos números na produção, o país está entre os 15 maiores países produtores do setor (IBRAFLOR, 2017).

As flores e plantas ornamentais são comumente comercializadas em vasos ou como flores de corte. Dentre as flores de corte, se destacam os lisianthus (*Estoma gradiflorum*), que estão entre as nove mais vendidas no mundo (FLORAHOLLAND, 2015) e as cinco mais vendidas no Brasil (IBRAFLOR, 2017).

Nos últimos 50 anos o mercado de flores mudou drasticamente de uma comercialização local para um contexto global, fazendo com que esse produto seja produzido em várias partes do mundo para atender principalmente os grandes mercados consumidores da América do Norte, Japão e União Europeia (REID; JIANG, 2012). Nesse contexto, técnicas de manutenção das flores, principalmente as de corte, surgiram ou foram melhoradas para que elas pudessem ser transportadas por longos trajetos, mantendo a qualidade e certa longevidade para a chegada ao consumidor final.

Dentre as técnicas utilizadas, há o uso de soluções conservantes que são a base de açúcares e/ou fitormônios, as quais minimizam fenômenos como senescência e desidratação. A fim de avaliar o efeito de tais soluções, técnicas dispendiosas e morosas de laboratório são aplicadas aos componentes da haste floral, como é o caso da quantificação de clorofila das folhas.

O uso de sensores hiperespectrais para medições de reflectância nas folhas pode ser uma alternativa na avaliação da manutenção das hastes florais em soluções conservantes. As folhas podem indicar essa manutenção por meio de sensoriamento remoto, já que apresentam propriedades espectrais capazes de indicar sua degradação em relação à concentração de pigmentos, desidratação e ainda mudanças em sua estrutura interna.

Assim, o objetivo do trabalho é analisar o comportamento espectral durante a degradação foliar de hastes florais de lisianthus na pós-colheita, em diferentes soluções conservantes, e estimar pigmentos foliares a partir dos dados espectrais.

2. CONCLUSÕES

A partir do presente trabalho, pode-se concluir que:

- os espectros de reflectância mostraram potencial para detectar o desempenho das soluções conservantes na degradação foliar durante a pós-colheita;
- a análise discriminante não definiu bem as diferentes soluções conservantes em cada experimento;
- foi possível discriminar os três períodos da pós-colheita (4, 8 e 12 dias) por meio da análise multivariada dos dados espectrais;
- a concentração de clorofila não pode ser estimada por PLSR, em nenhum dos experimentos realizados;
- a predição da razão CAR/CLF obteve coeficientes de determinação razoáveis, maiores que 0,6, e RRMSE excelentes; no experimento com os tratamentos de fitomônios e no geral, o qual foi a junção dos dados dos três experimentos realizados;
- no experimento com diferentes concentrações de glicose e o de sacarose, a predição de CAR/CLF por PLSR apresentou R^2 de 0,54 e 0,3, respectivamente; com RRMSE excelente para ambos.

REFERÊNCIAS

- ASD. **Analytical Spectral Devices , Inc . (ASD) Technical Guide** Boulder Analytical Spectral Devces Inc., , 1999. Disponível em: <chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbdm/adm/http://www.gep.uchile.cl/Biblioteca/radiometria_de_campo/TechGuide.pdf>
- ASNER, G. P.; MARTIN, R. E. Spectral and chemical analysis of tropical forests: Scaling from leaf to canopy levels. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 10, p. 3958–3970, 2008.
- ASRAR, A. W. A. Effects of some preservative solutions on vase life and keeping quality of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) cut flowers. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 11, n. 1, p. 29–35, 2012.
- AZADI, P. et al. Current status and biotechnological advances in genetic engineering of ornamental plants. **Biotechnology Advances**, v. 34, n. 6, p. 1073–1090, 2016.
- BARROS, P. P. DA S. **Dados hiperespectrais de dossel e sua correlação com nitrogênio aplicado a cultura da cana-de-açúcar**. [s.l.] Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2016.
- BISWAL, B. Carotenoid catabolism during leaf senescence and its control by light. **Journal of Photochemistry and Photobiology, B: Biology**, v. 30, n. 1, p. 3–13, 1995.
- BLACKBURN, G. A. Hyperspectral remote sensing of plant pigments. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 4, p. 855–867, 2007.
- CALABONI, C. **Conservação pós-colheita de inflorescências de lisianthus(Eustoma grandiflorum) cv. Flare Deep Rose**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2019.
- CARTER, G. A. PRIMARY AND SECONDARY EFFECTS OF WATER CONTENT ON THE SPECTRAL REFLECTANCE OF LEAVES. **American Journal of Botany**, v. 78, n. 7, p. 916–924, 1991.
- CARTER, G. A. RESPONSES OF LEAF SPECTRAL REFLECTANCE TO PLANT STRESS. **American Journal of Botany**, v. 80, n. 3, p. 239–243, 1993.
- CARVALHO, S. et al. Hyperspectral reflectance of leaves and flowers of an outbreak species discriminates season and successional stage of vegetation. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 24, p. 32–41, 2013.
- CHANDLER, S. F.; SANCHEZ, C. Genetic modification; the development of transgenic ornamental plant varieties. **Plant Biotechnology Journal**, v. 10, n. 8, p. 891–903, 2012.
- CHUANG, Y.; CHANG, Y. A. The Role of Soluble Sugars in Vase Solutions during the Vase Life of *Eustoma grandiflorum*. **HortScience**, v. 48, n. 2, p. 222–226, 2013.
- DARVISHZADEH, R. et al. LAI and chlorophyll estimation for a heterogeneous grassland using hyperspectral measurements. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 63, n. 4, p. 409–426, 2008.
- DIAS, L. G. et al. Single-cultivar extra virgin olive oil classification using a potentiometric electronic tongue. **Food Chemistry**, v. 160, p. 321–329, 2014.
- DIEZMA, B. et al. Examination of quality of spinach leaves using hyperspectral imaging. **Postharvest**

- Biology and Technology**, v. 85, p. 8–17, 2013.
- EISINGER, W. Role of cytokinins in carnation flower senescence. **Plant physiology**, v. 59, n. 4, p. 707–9, 1977.
- ELHINDI, K. M. Evaluation of several holding solutions for prolonging vase-life and keeping quality of cut sweet pea flowers (*Lathyrus odoratus L.*). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 19, n. 2, p. 195–202, 2012.
- EMONGOR, V. E. Effects of gibberellic acid on postharvest quality and vaselife life of gerbera cut flowers (*Gerbera jamesonii*). **Journal of Agronomy**, v. 3, n. 3, p. 191–195, 2004.
- EMONGOR, V. E.; MUTUI, T. M.; HUTCHINSON, M. J. Effects of Plant Growth Regulators on Postharvest Quality and Vase Life of Alstereomeria. **Tanzania J. Agric. Sc.**, v. 3, n. 1, p. 21–30, 2000.
- FEILHAUER, H.; ASNER, G. P.; MARTIN, R. E. Multi-method ensemble selection of spectral bands related to leaf biochemistry. **Remote Sensing of Environment**, v. 164, p. 57–65, 2015.
- FÉRET, J. B. et al. PROSPECT-D: Towards modeling leaf optical properties through a complete lifecycle. **Remote Sensing of Environment**, v. 193, p. 204–215, 2017.
- FILELLA, I.; PUELAS, J. The red edge position and shape as indicator of plant chlorophyll content, biomass and hydric status. **Int. J. Remote Sensing**, v. 15, n. 7, p. 1459–1470, 1994.
- FLORAHOLLAND. **Annual Report: Flowering the world**. Aalsmeer: [s.n.].
- GAMON, J. A.; PUELAS, J. A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficienc. **Remote Sensing of Environment**, v. 41, p. 35–44, 1992.
- GARRIDO-NOVELL, C. et al. Grading and color evolution of apples using RGB and hyperspectral imaging vision cameras. **Journal of Food Engineering**, v. 113, n. 2, p. 281–288, 2012.
- GAUSMAN, H. W.; ALLEN, W. A.; CARDENAS, R. Reflectance of cotton leaves and their structure. **Remote Sensing of Environment**, v. 1, p. 19–22, 1969.
- GELADI, P.; KOWALSKI, B. R. Partial least-squares regression: a tutorial. **Analytica Chimica Acta**, v. 185, p. 1–17, 1986.
- GITELSON, A. A.; GAMON, J. A.; SOLOVCHENKO, A. Multiple drivers of seasonal change in PRI: Implications for photosynthesis 1. Leaf level. **Remote Sensing of Environment**, v. 191, p. 110–116, 2017.
- GITELSON, A. A.; KEYDAN, G. P.; MERZLYAK, M. N. Three-band model for noninvasive estimation of chlorophyll, carotenoids, and anthocyanin contents in higher plant leaves. **Geophysical Research Letters**, v. 33, n. 11, p. L11402, 2006.
- GITELSON, A. A; GRITZ, Y.; MERZLYAK, M. N. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. **Journal of plant physiology**, v. 160, n. 3, p. 271–82, 2003.
- GITELSON, A.; MERZLYAK, M. N. Spectral Reflectance Changes Associated with Autumn Senescence of *Aesculus hippocastanum L.* and *Acer platanoides L.* Leaves. Spectral Features and Relation to Chlorophyll Estimation. **Journal of Plant Physiology**, v. 143, n. 3, p. 286–292, 1994.
- GOMEZ-PEREZ, L. et al. Calcium Ameliorates the Tolerance of *Lisianthus* [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.] to Alkalinity in Irrigation Water. **HortScience**, v. 49, n. 6, p. 807–811, 2014.

- HALEVY, A. H.; MAYAK, S. Senescence and Postharvest Physiology of Cut Flowers—Part 2. In: **Horticultural Reviews**. 1^a ed. Rehovot - Israel: John Wiley & Sons, Inc., 1981. v. 3p. 59–143.
- HAN, S. S. Benzyladenine and gibberellins improve postharvest quality of cut Asiatic and Oriental lilies. **HortScience**, v. 36, n. 4, p. 741–745, 2001.
- HAN, S. S. Role of sugar in the vase solution on postharvest flower and leaf quality of Oriental lily “Stargazer”. **HortScience**, v. 38, n. 3, p. 412–416, 2003.
- HATAMZADEH, A.; REZVANYPOUR, S.; HASSANPOUR ASIL, M. Postharvest life of alstroemeria cut flowers is extended by thidiazuron and benzyladenine. **South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment**, v. 3, n. 1, p. 41–53, 2012.
- HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. A. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v. 57, p. 1132–1334, 1979.
- HUANG, K. L.; CHEN, W. S. BA and sucrose increase vase life of cut Eustoma flowers. **HortScience**, v. 37, n. 3, p. 547–549, 2002.
- IBRAFLOR. **Release de imprensa: Mercado de flores no Brasil**. Holambra-SP: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.ibraflor.com/site/wp-content/uploads/2017/11/release-imprensa-ibraflor-10-2017.pdf>>.
- ICHIMURA, K.; GOTO, R. Effect of gibberellin A3 on leaf yellowing and vase life of cut Narcissus tazetta var. chinensis flowers. **Japan. Soc. Hort. Sci.**, v. 69, n. 4, p. 423–427, 2000.
- ICHIMURA, K.; SHIMIZU-YUMOTO, H. Extension of the vase life of cut roses by treatment with sucrose before and during simulated transport. **National Institute of Floricultural Science**, v. 7, p. 17–27, 2007.
- ICHIMURA, K.; TAGUCHI, M.; NORIKOSHI, R. Extension of the vase life in cut roses by treatment with glucose, isothiazolinonic germicide, citric acid and aluminum sulphate solution. **Japan Agricultural Research Quarterly**, v. 40, n. 3, p. 263–269, 2006.
- JENSEN, R. J. **Sensoriamento remoto do ambiente**. 2^a ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- JORDI, W. et al. Effect of light and gibberellic acid on photosynthesis during leaf senescence of alstroemeria cut flowers. **Physiologia Plantarum**, v. 90, p. 293–298, 1994.
- KALACSKA, M.; LALONDE, M.; MOORE, T. R. Estimation of foliar chlorophyll and nitrogen content in an ombrotrophic bog from hyperspectral data: Scaling from leaf to image. **Remote Sensing of Environment**, v. 169, p. 270–279, 2015.
- KAZEMI, M.; ARAN, M.; ZAMANI, S. Extending the vase life of lisianthus (*Eustoma grandiflorum* mariachii. cv. blue) with different preservatives. **American Journal of Plant Physiology**, v. 6, n. 3, p. 167–175, 2011.
- KIRA, O.; LINKER, R.; GITELSON, A. Non-destructive estimation of foliar chlorophyll and carotenoid contents: Focus on informative spectral bands. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 38, p. 251–260, 2015.
- KNIPLING, E. B. Physical and Physiological Basis for the Reflectance of Visible and Near Infrared Radiation from Vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 1, p. 155–159, 1970.
- KRIEDEMANN, P. E. et al. Abscisic Acid and stomatal regulation. **Plant physiology**, v. 49, n. 5, p. 842–847, 1972.

- LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV-VIS Spectroscopy. In: **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. [s.l.] John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- LUGASSI-BEN-HAMO, M. et al. Effect of shade regime on flower development, yield and quality in lisanthus. **Scientia Horticulturae**, v. 124, n. 2, p. 248–253, 2010.
- MATAK, S. A.; HASHEMABIDI, D.; KAVIANI, B. CHANGES IN POSTHARVEST PHYSIO-BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND ANTIOXIDANT ENZYMES ACTIVITY OF CUT Alstroemeria aurantiaca FLOWER AS AFFECTED BY CYCLOHEXIMIDE , COCONUT WATER AND 6-BENZYLADENINE. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 2, p. 321–332, 2017.
- MERZLYAK, M. N. et al. Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, v. 106, p. 135–141, 1999.
- MILBROW, B. V. The pathway of biosynthesis of abscisic acid in vascular plants : a review of the present state of knowledge of ABA biosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 359, p. 1145–1164, 2001.
- MILLMIER, A. et al. Near-infrared Sensing of Manure Ingredients. **Transactions of the ASAE**, v. 43, n. 4, p. 903–908, 2000.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3^a ed. Viçosa: UFV, 2007.
- MULLA, D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. **Biosystems Engineering**, v. 114, n. 4, p. 358–371, 2013.
- NEVALAINEN, O. et al. Fast and nondestructive method for leaf level chlorophyll estimation using hyperspectral LiDAR. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 198, p. 250–258, 2014.
- NOBEL, P. S. **Physicochemical and Environmental Plant Physiology**. 4^a ed. Oxford: Academic Press, 2009.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: [s.n.].
- PENUELAS, J.; FILELLA, I. Visible and near- infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. **Trends in plant science**, v. 3, n. 4, p. 151–156, 1998.
- PUN, U. K.; ICHIMURA, K. Role of Sugars in Senescence and Biosynthesis of Ethylene in Cut Flowers. **Japan Agricultural Research Quarterly**, v. 37, n. 4, p. 219–224, 2003.
- RAYMOND HUNT, E.; DAUGHTRY, C. S. T. Chlorophyll meter calibrations for chlorophyll content using measured and simulated leaf transmittances. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 3, p. 931–939, 2014.
- REID, M. S.; JIANG, C. Z. Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants. **Horticultural Reviews**, v. 40, n. 1, p. 1–54, 2012.
- RICHTER, K. et al. Derivation of biophysical variables from Earth observation data : validation and statistical measures observation data : validation and statistical measures. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 6, p. 063557, 2012.
- ROSSEL, R. A. V.; CHEN, C. Digitally mapping the information content of visible-near infrared spectra of surficial Australian soils. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 6, p. 1443–1455, 2011.
- SHIMIZU-YUMOTO, H. Postharvest Characteristics of Cut Flowers and Techniques for Extending

- Vase Life , with a Focus on Eustoma , Gentiana and Dahlia. **Agri-Bioscience monographs**, v. 8, n. 1, p. 1–22, 2018.
- SHIMIZU-YUMOTO, H.; ICHIMURA, K. Effect of Relative Humidity and Sucrose Concentration on Leaf Injury and Vase Life during Sucrose Pulse Treatment in Cut Eustoma Flowers. **Hort. Res. (Japan)**, v. 6, n. 2, p. 301–305, 2007.
- SHIMIZU-YUMOTO, H.; ICHIMURA, K. Postharvest Physiology and Technology of Cut Eustoma Flowers. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 79, n. 3, p. 227–238, 2010.
- SHIMIZU-YUMOTO, H.; ICHIMURA, K. Postharvest characteristics of cut dahlia flowers with a focus on ethylene and effectiveness of 6-benzylaminopurine treatments in extending vase life. **Postharvest biology and technology**, v. 86, p. 479–486, 2013.
- SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, v. 81, p. 337–354, 2002.
- SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Estimation of vegetation water content and photosynthetic tissue area from spectral reflectance: A comparison of indices based on liquid water and chlorophyll absorption features. **Remote Sensing of Environment**, v. 84, n. 4, p. 526–537, 2003.
- SINCLAIR, T. R.; HOFFER, R. M.; SCHREIBER, M. M. Reflectance and Internal Structure of Leaves from Several Crops During a Growing Season. **Agronomy Journal**, v. 63, p. 864–868, 1971.
- SKUTNIK, E. et al. Effect of growth regulators on postharvest characteristics of Zantedeschia aethiopica. **Postharvest Biology and Technology**, v. 21, n. 2, p. 241–246, 2001.
- STEFFEN, C. A.; MORAES, E. C.; GAMA, F. F. **Radiometria óptica espectral**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...São José dos Campos: INPE**, 1996
- SUN, Y. et al. Hyperspectral imaging detection of decayed honey peaches based on their chlorophyll content. **Food Chemistry**, v. 235, p. 194–202, 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- UDDIN, A. F. M. J. et al. Seasonal variation in pigmentation and anthocyanin phenetics in commercial Eustoma flowers. **Scientia Horticulturae**, v. 100, n. 1–4, p. 103–115, 2004.
- USDA. **Agricultural HandbookThe Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks**. Washington: [s.n.].
- VAN DOORN, W. G. et al. A treatment to improve the vase life of cut tulips: Effects on tepal senescence, tepal abscission, leaf yellowing and stem elongation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 61, p. 56–63, 2011.
- VAN DOORN, W. G.; HIBMA, J.; WIT, J. DE. Effect of exogenous hormones on leaf yellowing in cut flowering branches of Alstroemeria pelegrina L . **Plant Growth Regulation**, v. 11, p. 59–62, 1992.
- VERRELST, J. et al. Optical remote sensing and the retrieval of terrestrial vegetation bio-geophysical properties - A review. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 108, p. 273–290, 2015.
- WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophyll-b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, n. 3, p. 307–313, 1994.

WOLTERING, E. J.; PAILLART, M. J. M. Postharvest Biology and Technology Effect of cold storage on stomatal functionality , water relations and flower performance in cut roses. **Postharvest Biology and Technology**, v. 136, n. August 2017, p. 66–73, 2018.

WOOLF, A. B. et al. Hot water treatments reduce leaf yellowing and extend vase life of Asiatic hybrid lilies. **Postharvest Biology and Technology**, v. 64, n. 1, p. 9–18, 2012.

YANG, Y. C. et al. Rapid detection of anthocyanin content in lychee pericarp during storage using hyperspectral imaging coupled with model fusion. **Postharvest Biology and Technology**, v. 103, p. 55–65, 2015.

YOUNG, A. J. The photoprotective role of carotenoids in higher plants. **Physiologia Plantarum**, v. 83, n. 4, p. 702–708, 1991.

ZHAI, Y. et al. Estimation of nitrogen, phosphorus, and potassium contents in the leaves of different plants using laboratory-based visible and near-infrared reflectance spectroscopy: comparison of partial least-square regression and support vector machine regression met. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 7, p. 2502–2518, 2013.

ZHANG, C. et al. Hyperspectral imaging analysis for ripeness evaluation of strawberry with support vector machine. **Journal of Food Engineering**, v. 179, p. 11–18, 2016.