



RENATA ELISA VIOL

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO EM
REGIÃO DE ALTITUDE**

**SETE LAGOAS
2017**

RENATA ELISA VIOL

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO EM
REGIÃO DE ALTITUDE**

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

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini

**SETE LAGOAS
2017**

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

V795c Viol, Renata Elisa.
Comportamento de Cultivares de Morangueiro em
Região de Altitude / Renata Elisa Viol ; orientador
José Carlos Moraes Rufini. -- Sete Lagoas, 2017.
73 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em
Ciências Agrárias) -- Universidade Federal de São
João del-Rei, 2017.

1. Comportamento Fenológico. 2. Qualidade de
Frutos. 3. Paper Spray. I. Rufini, José Carlos
Moraes, orient. II. Título.

RENATA ELISA VIOL

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO EM
REGIÃO DE ALTITUDE**

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

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini

Sete Lagoas, 24 de março de 2017.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior- UFLA

Prof. Dr. Nádia Nardely Lacerda Durães Parrella – UFSJ

Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini

Aos meus amados pais, Osvaldo e Sandra,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, a quem pertence minha vida e que guia todos os meus passos.

Aos meus pais Osvaldo e Sandra, meu alicerce, exemplos de confiança e amor. A vocês, queridos pais que tanto amo, ofereço essa vitória! Gratidão que palavras dificilmente vão descrever.

Ao meu noivo Francisco, pelo carinho, cuidado, companheirismo e amor, que tornou tudo isso mais fácil.

Aos meus irmãos Robson e Rúbia, pela cumplicidade, paciência e apoio.

Ao meu orientador Rufini, pelos inúmeros aprendizados nesses anos de trabalho, além de presteza, dedicação, ética, paciência e confiança.

À Mayara, que, além de uma amizade valiosa, contribuiu imensamente com este trabalho.

Às minhas amigas Dri, Nathália, Débora e Bárbara, por sempre estarem ao meu lado.

Ao professor Júlio, por todos os ensinamentos e paciência.

Aos colegas do Departamento de química da UFMG, Rodinei Augusti, Helbert Vinícius Pereira e Júlia Raquel Lino e Freitas, pela oportunidade da parceria.

À Universidade Federal de São João del Rei, em especial ao Departamento de Ciências Agrárias, pela oportunidade de realização do Curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

Ao GeFrut, pela troca de experiências.

Aos membros da banca examinadora, pela disposição em participar da defesa e pelas sugestões e correções que muito enriqueceram este trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Agrárias, pelo conhecimento transmitido.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada!

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO..... | I |
| ABSTRACT..... | II |
| INTRODUÇÃO GERAL..... | 1 |
| REFERÊNCIAS | 5 |
| CAPÍTULO 1- COMPORTAMENTO FENOLÓGICO E TAXA DE FRUTIFICAÇÃO EFETIVA DE MORANGUEIROS EM REGIÃO DE ALTITUDE..... | 7 |
| Resumo..... | 7 |
| Abstract..... | 7 |
| Introdução | 8 |
| Revisão Bibliográfica | 9 |
| Materiais e Métodos | 11 |
| Resultados e Discussão..... | 14 |
| Conclusões | 20 |
| Referências | 21 |
| CAPÍTULO 2- QUALIDADE DOS FRUTOS DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO EM REGIÃO DE ALTITUDE..... | 24 |
| Resumo..... | 24 |
| Abstract..... | 24 |
| Introdução | 25 |
| Revisão Bibliográfica | 26 |
| Materiais e Métodos | 30 |
| Resultados e Discussão..... | 33 |
| Conclusões..... | 44 |
| Referências | 45 |
| CAPÍTULO 3- PERFIL QUÍMICO DAS CULTIVARES DE MORANGUEIRO CAMINO REAL, MONTE REY E SANDREAS POR PS-MS..... | 51 |
| Resumo..... | 51 |
| Abstract..... | 51 |
| Introdução | 52 |
| Revisão Bibliográfica | 53 |
| Material e Métodos | 55 |
| Resultados e Discussão..... | 56 |
| Conclusão | 59 |
| Referências..... | 60 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 64 |
| ANEXOS..... | 65 |

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de cultivares de morangueiro em região de altitude. O delineamento utilizado foi o em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x3, sendo três cultivares (Camino Real, Monte Rey e Sandreas) e três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho), com 4 repetições e 18 plantas por parcela. As análises de fenologia das cultivares constaram através da contagem do número de dias em que as plantas avaliadas permaneceram em cada estágio fenológico, da floração à frutificação. Foi avaliado quanto ao número de botões florais por planta e a porcentagem de frutificação efetiva. Para as análises de qualidade dos morangos foram utilizados 8 frutos de cada bloco e avaliados os parâmetros físicos, como os diâmetros transversal e longitudinal; massa do fruto, volume, índices de cor do fruto (Chroma, ° Hue e Luminosidade (L*)); as características físico-químicas, como o teor de sólidos solúveis, a acidez titulável, a Relação SS/AT e o pH; e as variáveis químicas, como os teores de fenóis totais, os flavonoides, as antocianinas e a atividade antioxidante total. Foi avaliado, ainda, o perfil químico das cultivares através da espectrofotometria de massas aliado à fonte de *Paper Spray*. A cultivar 'Monte Rey' apresentou maior número de botões florais e alta taxa de frutificação efetiva nas condições da região de altitude. Em todos os meses de avaliação foi observado elevada taxa de frutificação efetiva. O comportamento fenológico variou conforme época e cultivar, sendo o menor tempo para produção da Camino real nos períodos mais quentes e Sandreas no período de inverno. As cultivares de morangueiro Camino Real, Monte Rey e Sandreas apresentaram produção de frutos de qualidade nas condições de clima de altitude. As cultivares Camino Real e Sandreas se destacaram quanto ao diâmetro e massa dos frutos, enquanto a relação sólidos solúveis e acidez titulável o destaque se deu para as cultivares Camino Real e Monte Rey. A coloração dos frutos e produção de bioativos variaram em função das épocas de produção, sendo que no mês de janeiro houve produção de frutos com maior índice de chroma e quantidade de fenóis, em abril com maior ° Hue e em julho os frutos apresentam maior luminosidade (L*) e apresentaram maior atividade antioxidante. Através da análise por *Paper Spray*, foi observado a perlagolidina como aglicona de maior abundância, a presença de açúcares frutose/glicose com aductos de potássio, também sinais gerados pela presença do ácido cítrico desprotonado, e a presença da Pedunculagina nas amostras.

Palavras-chave: *Fragaria X ananassa*; Fenologia; Qualidade dos frutos; *Paper Spray*.

ABSTRACT

The main objective of this study was to evaluate the behavior of strawberry cultivars in a high-altitude region. In order to conduct the experiment, three strawberry cultivars: Camino Real, Monte Rey and Sandreas were planted in a protected environment. For the phenology analysis of the cultivars, the number of days in which the plants remained at each phenological stage, from flowering to fruiting, was counted and recorded. The floral differentiation per plant was evaluated, as well as the percentage of effective fruiting. Aiming at evaluating the quality of the production, eight fruits from each block under observation in the growing area were selected. The physical parameters, such as longitudinal and cross-sectional diameters, fruit mass, volume and fruit color (Chroma, ° Hue and Lightness (L*)); physical-chemical characteristics, for instance, soluble solids content, Titratable acidity, SS / AT ratio and pH; and chemical variables, including total phenol content, flavonoids, anthocyanins and total antioxidant activity were analyzed. The chemical profile of the cultivars was also estimated through mass spectrometry, allied to the Paper Spray source. Monte Rey cultivar presented the highest number of floral buds and also elevated and effective fruiting level under the high-altitude region conditions. During the months of observation, high fruiting rate was observed. The phenological behavior varied according to the season and depending on the cultivar. Camino Real presented the shortest time for production in hotter periods, and Sandreas, in the winter period. The strawberry cultivars Camino Real, Monte Rey and Sandreas presented quality fruit production in high-altitude climate conditions. Camino Real and Sandreas cultivars excelled in terms of fruit diameter and mass. On the other hand, Monte Rey and Camino Real cultivars excelled in terms of soluble solid content and titratable acidity. The fruit coloration and bioactive production varied according to the production seasons: in January, for example, the fruits presented higher chroma index and a greater amount of phenols; in April, they presented higher ° Hue; and, in July, the fruits showed greater lightness (L*) and, higher antioxidant activity. Through Paper Spray analysis, it was observed that perlagolidine was the most abundant aglycone found. The presence of sugars fructose / glucose with potassium adducts was noticed in the samples, as well as signals generated by the presence of deprotonated citric acid besides Pedunculagin.

Key-words: *Fragaria X ananassa*; Duch; Phenology; Fruit quality; Paper Spray.

INTRODUÇÃO GERAL

O morangueiro (*Fragaria X ananassa* Duch.), pertencente à família Rosaceae, é uma planta de porte rasteira, propagada vegetativamente por meio de estolhos. Dentre as pequenas frutas vermelhas ou berries (morango, mirtilo, framboesa e amora preta), o morango é a que tem maior importância e expressão econômica no Brasil (EMBRAPA, 2012).

No Brasil, a estimativa de produção de morango em 2013 foi de 110 mil toneladas, e área cultivada de 4.200 hectares, tendo à frente os estados de Minas Gerais (41,4%), Rio Grande do Sul (25,6%), São Paulo (15,4%), Paraná (4,7%) e Distrito Federal (4%) (BANDEIRA, 2012; ANTUNES et al., 2014). Minas Gerais tem 72.716 toneladas cultivadas em 1.790 hectares, o que gera, aproximadamente, 26.000 empregos e 5.900 produtores envolvidos na atividade, em sua grande maioria trabalhadores rurais de agricultura familiar (SILVEIRA e GUIMARÃES, 2014).

No estado de Minas Gerais, o morangueiro é produzido na maioria dos municípios do extremo Sul e na região da Serra da Mantiqueira, respondendo por 95% de toda a produção estadual, o que corresponde a uma produção anual de aproximadamente 85 mil toneladas (SCICCO, 2010). Dentre os principais fatores que proporcionaram destaque às regiões estão as condições climáticas favoráveis para o cultivo, como as elevadas altitudes e também a localização próxima aos grandes centros consumidores.

A produtividade e a qualidade pós-colheita dos frutos do morangueiro são altamente influenciadas pelos fatores abióticos de clima, práticas de manejo e material genético. Cultivares de morangueiro diferem entre si de acordo com a adaptação regional, alterando o desenvolvimento e fazendo com que uma cultivar que se desenvolva satisfatoriamente em uma região não apresente o mesmo desempenho em outro lugar com condições ambientais diferentes (UENO, 2004).

O comportamento fisiológico do morangueiro está diretamente ligado a fatores como temperatura e fotoperíodo, sendo este último o fator ambiental que controla a transição do crescimento vegetativo para o reprodutivo. Cultivares comerciais de morangueiro são classificadas em dias curtos ou dias neutros, dependendo da resposta das plantas ao fotoperíodo para induzir o florescimento (KIRSCHBAUM, 1998). Normalmente, genótipos de dias curtos iniciam o florescimento quando o fotoperíodo é menor que 14 horas de luz, enquanto os de dias neutros não dependem do comprimento do dia (KIRSCHBAUM, 1998).

A temperatura é considerada como fator de importância na indução floral. À medida que a temperatura e o fotoperíodo diminuem, há uma redução na atividade fisiológica da planta até que a mesma entre em dormência, situação que só é modificada quando se atinge um determinado número de horas de frio abaixo de 7,2 °C. Este somatório térmico varia de acordo com a cultivar, com valores de 380 a 700 horas acumuladas de temperatura entre 2 °C e 7 °C (VERDIAL, 2004).

Quando a temperatura e o fotoperíodo se elevam, a planta cessa a floração e apenas se reproduz vegetativamente. Normalmente, o surgimento das flores acontece quando as plantas são submetidas à temperatura de 8 °C durante a noite e de 15 °C durante o dia. Em temperaturas superiores a 25 °C ocorre a inibição da floração, e as superiores a 32 °C ocasionam os abortos florais. Em temperaturas negativas que variam entre -3 °C a -5°C, ocorre o congelamento da planta; já temperaturas ideais, entre 18 °C a 24 °C, favorecem a frutificação (RONQUE, 1998).

As principais cultivares utilizadas no Brasil são originadas de programas de melhoramento genético espanhol e principalmente americano, sendo a Califórnia o estado de maior destaque. Em virtude da grande dimensão territorial e consequente diversidade edafoclimática existente no Brasil, ainda há poucas cultivares de morangueiro adaptadas e disponíveis para o plantio nas diversas regiões brasileiras, o que tem sido um dos principais entraves no seu desenvolvimento.

Desde 2009, no Brasil, existe apenas um programa de melhoramento genético de morangueiro, que é coordenado pela Embrapa Clima Temperado (DUARTE FILHO et al. 2007; ANTUNES e PERES, 2013). No entanto, as cultivares nacionais não tiveram sucesso produtivo devido às características de qualidade, à linha genética e, principalmente, ao grande êxito do programa de melhoramento genético da Universidade da Califórnia (Estados Unidos), que nos últimos 20 anos lançou 56 novas cultivares de um total de 98 novas cultivares que foram difundidas por outros programas de melhoramento genético dos Estados Unidos (DUARTE FILHO et al. 2007). Desde então, as cultivares originadas nos EUA, com características superiores às do programa local, foram introduzidas e dominaram o mercado nacional, diminuindo a utilização de cultivares nacionais originadas do programa de melhoramento genético brasileiro.

No Brasil, a introdução de novas cultivares é feita a partir de empresas que importam as mudas de viveiristas Chilenos e Argentinos, com mercado nacional de cultivares dividido

da seguinte maneira em percentagem de plantio: ‘Oso Grande’ (50%), ‘Camarosa’ (30%), ‘Albion’ (6%) e ‘Aromas’ com 4% (ANTUNES e PERES, 2013).

De maneira a incentivar novos programas nacionais de melhoramento genético e a introdução de novas cultivares, são necessários estudos de adaptação em condições tropicais e subtropicais, como as encontradas no Brasil. A escolha das cultivares, associada às práticas adotadas pelos produtores e à adaptabilidade das cultivares para as condições edafoclimáticas de cultivo, e a qualidade dos frutos determinam o sucesso da cultura (DUARTE FILHO et al. 2007).

A qualidade dos frutos do morangueiro é altamente influenciada pelo clima e pelas práticas de manejo utilizadas, podendo variar nas distintas regiões de plantio e nos diferentes sistemas de condução utilizados (PINELI et al 2012).

Tanto não apenas aspectos adaptativos são distintos nessas cultivares, como também a composição química pode ser afetada. Os frutos de morango são considerados alimento funcional por possuírem diversas atividades biológicas e oxidativas que estão relacionadas à presença de compostos bioativos, em especial aos compostos fenólicos e flavonoides (BASU et al., 2014; GIAMPIERI et al., 2012).

Os compostos fenólicos se classificam de acordo com seu esqueleto básico, dividindo-se em: ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides e derivados de polimerização (taninos e ligninas), os quais representam os compostos fenólicos largamente difundidos na natureza (AMAROWICZ et al. 2004).

Dentre os flavonoides ressaltam-se as antocianinas, responsáveis pela cor brilhante dos frutos, além de grande parte da capacidade antioxidante que lhe é conferida. As antocianinas são encontradas em diferentes órgãos nos vegetais, como raízes, caules, folhas e, especialmente, em flores e frutos (DE PASCUAL-TERESA e SANCHEZ-BALLESTA, 2008).

Em pesquisas epidemiológicas, estes compostos apresentam-se associados à prevenção de doenças que acontecem paralelamente ao envelhecimento, possivelmente pela sua ação como antioxidante. A formação de radicais livres pelo oxigênio é possivelmente a chave para o desenvolvimento de câncer e doenças coronárias, aliada à função de proteger a membrana celular. Os antioxidantes preservam a ação dos radicais livres que podem atacar biomoléculas (DEGÁSPARI e WASZCZYNSKYJ, 2004).

Uma das maneiras de identificar os compostos presentes em amostras complexas de maneira segura é por espectrometria de massa (MS), técnica que permite a identificação e

quantificação através da detecção do íon molecular e respectivos fragmentos. Esta técnica é associada à cromatografia líquida, ou ionização por *Paper Spray* (PS), e revela-se um método eficaz para a caracterização de amostras. A utilização de uma fonte PS separa os íons de acordo com a sua razão massa/carga (m/z) (MENDHAM e MENDHAM, 2011).

Assim, estudos mais aprofundados sobre o comportamento de cultivares na região de cultivo são necessários. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de cultivares de morangueiro em região de altitude.

REFERÊNCIAS

- AMAROWICZ, R.; TROSZYŃKA, A.; BARYLKO-PIKIELNA, N.; SHAHIDI, F.; Extracts of polyphenolics from legume seeds – correlation between their total antioxidant activity, total phenolics content, tannins content and astringency. **Journal of Food Lipids**. v.11, p.278–286, 2004.
- ANTUNES, L.E.C.; PERES, N. Strawberry production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**. p. 156-161, 2013.
- ANTUNES LEC; VIGNOLO GK; GONÇALVES MA. Morango mostra tendência de crescimento de mercado. In: Campo & Negócios, **Anuário HF** p.54-57. 2014.
- BANDEIRA, A. L. Pequenas frutas: tecnologia de produção. Pequenas frutas atraem consumidor brasileiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 268, 2012.
- BASU, A. et al. Strawberry as a functional food: an evidence-based review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 54, n. 6, p. 790- 806, 2014.
- DEGÁSPARI, C.H.; WASZCZYŃSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**. v.5, n.1, p.33-40, 2004.
- DE PASCUAL-TEREZA S.; SANCHEZ-BALLESTA M.T. Anthocyanins: from plant to health. **Phytochem**. v.7 p.281–299, 2008.
- DUARTE FILHO, J; ANTUNES, L.E.C; PÁDUA, J.G. Cultivares. In: Morango: conquistando novas fronteiras. DIAS, M.S.C. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, vol. 28, n. 236, p. 20-23, 2007.
- EMBRAPA. **Pequenas frutas: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. –Brasília, DF. 2012.
- FAO. Food and Agriculture Organization of The United Nations. FAOSTAT database, Disponível em <http://faostat.fao.org/>.2013.
- GIAMPIERI, F. et al. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. **Nutrition**, London, v. 28, n. 1, p. 9-19, 2012.
- KIRSCHBAUM, D.S. Temperature and growth regulator effects on growth and development of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) Florida: University of Florida. 144p. (**Tese mestrado**), 1998.
- MENDHAM, J.; MENDHAM. **Análise Química Quantitativa**. 6ª Ed. 2011.
- PINELI, L. DE L. DE O.; MORETTI, C.L.; RODRIGUES, J.S.Q.; FERREIRA, D.B.; CHIARELLO, M.D. Variations in antioxidant properties of strawberries grown in Brazilian savannah and harvested in different seasons.**Journal of the Science of Food and Agriculture**.v.92, p.831–838, 2012.
- RONQUE, E. R.V. **Cultura do morangueiro: revisão prática**. Curitiba: EMATER-PR, 206p.1998.

SCICCO C.. Morango deve ter novo aumento. **Jornal Entreposto.com.br**. Disponível em <http://www.jornalentreposto.com.br/agricola/hortifruti/1006-safra-de-morangoem-minas-deve-ter-novo-aumento>, 2010.

SILVEIRA, G. S. R.; GUIMARÃES, B.C. Aspectos sociais e econômicos da cultura do morangueiro. Morango: tecnologia de produção ambientalmente corretas. **Informe Agropecuário**, Belo horizonte, v. 35, n. 279, p. 7, Mar./Abr. 2014.

UENO, B. **Manejo integrado de doenças do morango**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2, 2004, Pelotas. Anais. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 69-77, 2004.

VERDIAL, M.F. Frigoconservação e vernalização de mudas de morangueiro (Fragaria X ananassa Duch.) produzidas em sistemas de vasos suspensos. 2004. (**Tese de Doutorado**) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Piracicaba, 2004.

CAPÍTULO 1

COMPORTAMENTO FENOLÓGICO E TAXA DE FRUTIFICAÇÃO EFETIVA DE MORANGUEIROS EM REGIÃO DE ALTITUDE

RESUMO- A seleção das cultivares a serem implantadas é um dos fatores mais importantes para se obter êxito no cultivo do morangueiro; contudo, elas devem ser feitas a partir de avaliações prévias nas condições ecológicas das regiões de cultivo. Como a fenologia abrange fenômenos periódicos relacionados às condições ambientais presentes, variações ocorrem de acordo com o local de cultivo, podendo estas serem benéficas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento fenológico e a porcentagem de frutificação efetiva de cultivares de morangueiro produzidos em região de altitude. Foram marcados todos os botões florais em 18 plantas no primeiro dia de avaliação de cada época e avaliados quanto ao número de botões florais, levando em consideração o abortamento floral e a porcentagem de frutificação efetiva. Foi atribuída escala para os nove estádios fenológicos e avaliados em número de dias. A cultivar ‘Monte Rey’ apresentou maior número de botões florais e alta taxa de frutificação efetiva nas condições da região de altitude. Em todos os meses de avaliação foi observado elevada taxa de frutificação efetiva. O comportamento fenológico variou conforme época e cultivar, sendo o menor tempo para produção da Camino real nos períodos mais quentes e Sandreas no período de inverno.

Palavras-chave: *Fragaria X ananassa*; diferenciação floral; estádios fenológicos.

PHENOLOGICAL BEHAVIOR AND EFFECTIVE FRUITIFICATION RATE OF STRAWBERRIES IN ALTITUDE REGION

ABSTRACT- The selection of the cultivars to be implanted is one of the most important factors for the success of a strawberry cultivation. However, it is important to make a previous evaluation of the cultivars under the ecological conditions of the growing regions. As phenology covers periodic phenomena related to the present environmental conditions, some variations may occur according to the growing area, which may be beneficial. The objective of this study was to analyze the phenological behavior and percentage of effective fruiting of strawberry cultivars produced in a high-altitude region. All the floral buds of the 18 plants under observation were marked at the first evaluation day and they were estimated on the number of floral buds, considering floral abortion, and percentage of effective fruiting. A scale was assigned for the nine phenological stages. Monte Rey cultivar presented the highest number of floral buds and higher effective fruiting level in the high-altitude area. During all months of analyses, high fruiting rate was observed. The phenological behavior varied according to the season and cultivar: Camino Real presented the shortest time for production in the hotter periods and, Sandreas, in the winter period.

Key-words: *Fragaria X ananassa*; Floral differentiation; Phenological stages

1 INTRODUÇÃO

O morangueiro (*Fragaria X ananassa* Duch.), pertencente à família Rosaceae, é uma planta de porte rasteira, propagada vegetativamente através de estolhos. Dentre as famosas pequenas frutas vermelhas, ou berries, o morango é a que tem maior importância e expressão econômica no Brasil, bem aceita tanto para o consumo *in natura* quanto pela indústria alimentícia.

A cultura do morango está presente em quatro regiões brasileiras, sendo elas: Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, adaptando-se bem em regiões de clima temperado e subtropical; porém, o país não figura entre os principais produtores mundiais de morango (SANTOS e MEDEIROS, 2003). O maior produtor de morango no Brasil é o estado de Minas Gerais, representando uma importante cadeia produtiva, do ponto de vista econômico e social.

A seleção das cultivares a serem implantadas é um dos fatores mais importantes para se obter êxito no cultivo de morangueiro (DUARTE FILHO, 2006). Contudo, devem ser realizadas avaliações prévias das cultivares nas condições ecológicas das regiões de cultivo.

A adaptabilidade de uma cultivar a determinada região produtora é baseada na interação do genótipo com o ambiente; as condições ambientais de temperatura e fotoperíodo são determinantes para a frutificação, produtividade e qualidade final dos frutos (OLIVEIRA e BONOW, 2012).

Estudos sobre a fenologia de morangueiros na região de cultivo permitem distinguir os diferentes estádios de desenvolvimento e identificar possíveis problemas no ciclo da cultura. Além disso, possibilita a previsão de safras, auxiliando no planejamento do produtor e na infraestrutura logística do mercado de frutas frescas, visto a elevada perecibilidade dos frutos. Como são frutas extremamente delicadas, a decisão da melhor época da colheita depende do conhecimento sobre o desenvolvimento de cada cultivar (SOUSA et al. 2007).

Assim, conhecendo-se os aspectos fenológicos de cada cultivar, é possível se programar para a colheita e comercialização dos frutos, principalmente se os mesmos se destinarem ao mercado de frutas *in natura* (MARO, 2012).

Nesse ínterim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento fenológico e a porcentagem de frutificação efetiva de cultivares de morangueiro produzidos em região de altitude.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A planta de morangueiro é exigente ao frio; assim, os aspectos fenológicos dessa cultura podem variar entre as regiões de cultivo. Mesmo sendo a Serra da Mantiqueira uma região potencialmente apta ao cultivo do morangueiro, por sua elevada altitude e consequente baixas temperaturas, a recomendação de uma cultivar num dado local depende do conhecimento do seu comportamento em relação aos aspectos climáticos impostos na região.

A fenologia se refere ao estudo dos efeitos ambientais sobre o ciclo biológico das plantas, principalmente dos órgãos vegetativos e reprodutivos (WIELGOLASKI, 1974). A observação fenológica, obtida de forma sistemática, reúne informações sobre o estabelecimento de espécies, os períodos de crescimento e de reprodução, além da disponibilidade de recursos alimentares, que podem estar associados às mudanças na qualidade e à abundância de recursos, como luz e água (MORELLATO e LEITÃO FILHO, 1992).

Como a fenologia abrange fenômenos periódicos relacionados às condições ambientais presentes, variações ocorrem de acordo com o local de cultivo, podendo estas serem benéficas. O seu conhecimento permite tanto a verificação dos aspectos biológicos da cultura, como também serve de instrumento auxiliar para uma correta programação dos tratamentos culturais e fitossanitários (HOJO et al. 2007).

Uma planta, até que atinja seu estágio reprodutivo, passa por várias transformações entre suas fases de desenvolvimento. Na etapa vegetativa, os meristemas apicais, através da sua atividade mitótica, seguida dos processos de alongação celular e diferenciação, determinam os pontos de crescimento vegetativo e, em seu conjunto, dão origem aos diferentes tecidos e órgãos da planta (ANTUNES, 2006). Já na etapa reprodutiva, com a floração ocorre a diferenciação do meristema vegetativo para o floral, dando origem aos componentes da flor (pétalas, estames e pistilo), ao invés de originar órgãos vegetativos (folhas, caule e estolhos) (DUARTE FILHO et al. 1999).

Para o morangueiro, as diferenças entre as fases de desenvolvimento são bem visíveis. No cultivo para a produção de frutos, a fase vegetativa é verificada após o transplante das mudas, que pode acontecer desde fevereiro até junho, dependendo da região. Já o florescimento e a frutificação do morangueiro, os quais ocorrem nas gemas, dependem de quatro processos fisiológicos; são eles: indução, iniciação, diferenciação e antese (VERDIAL,

2004). A iniciação da flor se caracteriza por mudanças físicas e químicas que ocorrem na gema, através de estímulos florais percebidos pelas folhas.

Durante o período de transição para a floração, o ápice do sistema caulinar vegetativo é transformado em reprodutivo. A diferenciação da flor se caracteriza pelo desenvolvimento dos órgãos florais dentro do botão. A antese assinala a fase final do processo de florescimento, quando os órgãos florais são expostos, se tornando susceptíveis à polinização e, conseqüentemente, à fertilização (GUTTRIDGE, 1985).

A diferenciação das gemas é dependente tanto de fatores genéticos quanto ambientais. Entre os vários fatores ambientais envolvidos, o comprimento do dia e a temperatura estão envolvidos na indução floral (VERDIAL, 2004). Bueno et al. (2002) concluíram que o potencial de florescimento do morangueiro é influenciado por fatores internos, pela temperatura, pelo fotoperíodo, ou pelos três fatores em conjunto, e varia entre cultivares.

Cultivares comerciais de morangueiro são classificadas em dias curtos ou dias neutros, dependendo da resposta das plantas ao fotoperíodo para induzir o florescimento (KIRSCHBAUM, 1998). Normalmente, genótipos de dias curtos iniciam o florescimento quando o fotoperíodo é menor que 14 horas de luz, enquanto os de dias neutros não dependem do comprimento do dia (KIRSCHBAUM, 1998).

Os “frutos” se desenvolvem a partir de carpelos soltos de uma mesma flor; possuem eixo do receptáculo carnososucoso, frutíolos drupóides, coloração vermelha, afundados no receptáculo denominado “frutos múltiplos”. O fruto é formado através de muitos ovários amadurecidos, pertencentes à uma inflorescência, que, ao crescerem juntos, formam uma infrutescência (BARROSO et al. 1999).

Embora já existam na literatura informações sobre a fenologia da floração e maturação dos frutos do morangueiro, é de grande valia para o manejo correto da cultura identificar o seu comportamento na região de cultivo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma propriedade comercial localizada na Serra da Mantiqueira, no município de Barbacena, Minas Gerais (Latitude: -21,239722°, Longitude: -43,781389°, Altitude: 1111 metros).

Para a condução do experimento foram utilizadas mudas de três cultivares de morangueiros provenientes do Chile, sendo ‘Camino Real’, de dia curto, e ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’, de dia neutro.

As mudas do tipo raiz nuas foram plantadas no dia 15 de maio de 2015 em canteiros de aproximadamente 1 metro de largura e 20 metros de comprimento, com espaçamento de 30 cm entre plantas. O delineamento utilizado foi o em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x3, sendo três cultivares (‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’) e três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho), com 4 repetições e 18 plantas por parcela.

As plantas foram cultivadas em ambiente protegido utilizando estrutura de túnel médio, com cobertura de filme plástico transparente de polietileno de baixa densidade aditivado contra raios ultravioleta (PEbd anti-UV), com espessura de 100 µM, 30% leitoso. Na montagem da estrutura foram utilizados arcos de ferro zincado, com diâmetro de 5 mm, sendo estes distanciados 4 m um do outro. Transcorridos 30 dias após o plantio das mudas, foi instalado o sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se de fitas gotejadoras para fertirrigação, modo pelo qual se faz a adubação na cultura. Logo se fez também a cobertura do solo (*mulching*), constituindo-se de filme de polietileno opaco preto, com espessura de 30 µM. Os tratamentos fitossanitários foram realizados quando necessário.

No ambiente interno (túnel médio) foram monitoradas as temperaturas com o auxílio de termômetro digital (figura 1).

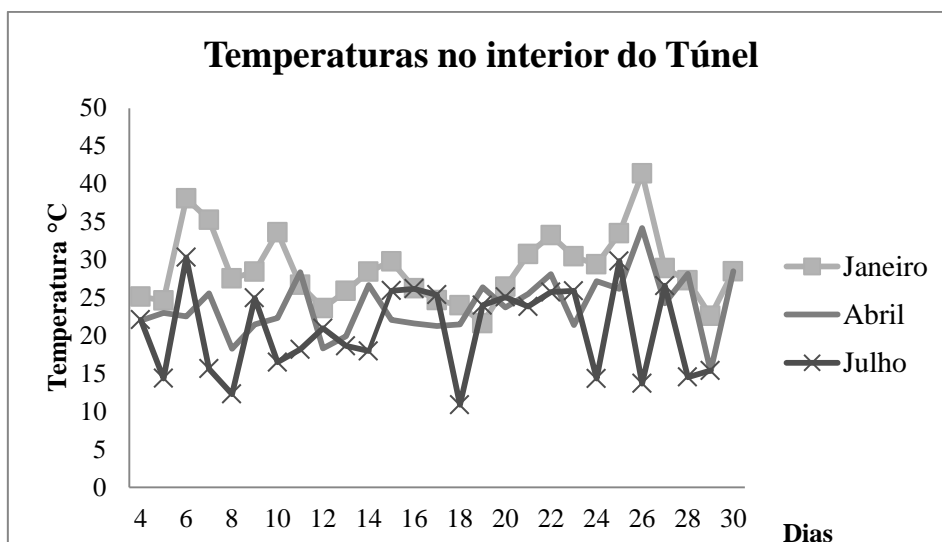


Figura 1: Temperatura interna do túnel ao longo dos dias em janeiro, abril e julho.

Foram marcados todos os botões florais em 18 plantas no primeiro dia de avaliação de cada época (04/01/2016, 04/04/2016, 04/06/2016) e avaliados quanto ao número de botões florais e a taxa de frutificação efetiva, que se refere à relação percentual entre o número de flores abertas e o número de frutos formados (TOMAZ et al., 2010), levando em consideração o abortamento floral.

Para a fenologia foram determinados os números de dias da duração dos diferentes estádios fenológicos da floração e frutificação para as três cultivares de morangueiro.

A escala atribuída para os nove estádios fenológicos foi baseada em Meier (1994) e modificada por Antunes (2006) para determinar a floração, frutificação e maturação dos frutos de morangueiro, de acordo com a seguinte classificação:

- a) Estádio 1: aparecimento do botão floral, na base da roseta foliar, gemas floríferas com aspecto globoso e de coloração esverdeada;
- b) Estádio 2: aparecimento das pétalas (estádio de balão);
- c) Estádio 3: flores primárias, secundárias e terciárias completamente abertas;
- d) Estádio 4: as pétalas secam e caem;
- e) Estádio 5: formação do fruto com o receptáculo sobressalente da coroa das sépalas;
- f) Estádio 6: aumento do tamanho do fruto pelo alongamento celular;
- g) Estádio 7: aumento do tamanho do fruto com percepção das sementes no tecido do receptáculo;
- h) Estádio 8: começo da maturação, maioria dos frutos brancos;
- i) Estádio 9: frutos maduros apresentando 75% a 100% da superfície vermelha.

A soma dos dias da duração de cada estágio fenológico foi calculada e apresentada na forma de dias acumulados.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) realizada com auxílio do *software* SISVAR versão 5.6; para a comparação das médias entre as cultivares, utilizou-se o teste de Tukey a 0,05 de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao número de botões florais (Tabela 1) pode-se observar que, de maneira geral, houve maior quantidade de botões florais formados no mês de julho (1,92). Conforme Filgueira (2008), o intervalo entre 20 °C e 24 °C favorece o desenvolvimento de folhas, floração e a frutificação.

Para as cultivares analisadas, o maior destaque nos aspectos adaptativos para essa variável foi para a cultivar ‘Monte Rey’, considerada por apresentar um elevado desempenho genético para diferenciação floral e elevada produtividade (MIGANI et al. 2008; D’ANNA et al. 2008). Tal fato pode ser atribuído à característica varietal de dia neutro da cultivar ‘Monte Rey’, que é insensível ao fotoperíodo e resistente às variações das condições ambientais (DUARTE FILHO, 2006). Bueno et al. (2002) concluíram que o potencial de florescimento do morangueiro varia entre cultivares e é influenciado por fatores internos, temperatura e fotoperíodo, ou pelo conjunto desses fatores.

A cultivar ‘Sandreas’, mesmo sendo de dia neutro, apresentou menor número de botões florais quando comparada à ‘Monte Rey’. Comportamento semelhante foi observado por Baruzzi et al. (2009), que caracterizaram baixa capacidade de diferenciação floral para esta cultivar.

Já para a cultivar ‘Camino Real’, o menor desempenho na formação de botões florais pode ser atribuído tanto à sensibilidade aos fatores climáticos (dado que como cultivar de dia curto necessita de dias menores para sua transição), como por fatores genéticos, pois, como relatado por Shaw (2004), é uma cultivar menos produtiva, o que se deve à sua constituição genotípica.

Tabela 1. Número de botões por planta das cultivares ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ em três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho).

| Número de Botões Florais | |
|---------------------------------|--------|
| Cultivares | |
| Camino Real | 1,43 b |
| Monte Rey | 1,70 a |
| Sandreas | 1,38 b |
| Épocas | |
| Janeiro | 1,41 b |
| Abril | 1,16 c |
| Julho | 1,92 a |
| CV | 12,18 |
| Média | 1,50 |

*Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à frutificação efetiva foi observada interação significativa para cultivar x época (Anexo 1). A porcentagem de frutificação efetiva demonstrou-se semelhante para cultivares e épocas analisadas, exceto a cultivar ‘Sandreas’, com menor porcentagem de frutificação efetiva observada em janeiro (Tabela 2).

Como é uma cultivar de dia neutro, provavelmente este fator está ligado a uma maior sensibilidade às altas temperaturas, provocando maior quantidade de abortos florais nestas condições, que, como relatado por Ronque (1998), em temperaturas superiores a 32 °C são favorecidos. A frutificação pode ser afetada por altas temperaturas, também diminuindo a viabilidade do pólen e inibindo o crescimento do tubo polínico (LEDESMA e SUGIYAMA, 2005; WANG e CAMP, 2000).

Esperava-se que as cultivares ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ apresentassem melhor desempenho nos meses mais quentes por serem de dia neutro, quando comparada à ‘Camino Real’, que é de dia curto, mas isso não aconteceu, visto que não é apenas o fotoperíodo que limita a produção, mas também a interação com a temperatura. Nesse sentido, pode-se dizer que o diferente desempenho entre as cultivares deve-se à sua constituição genotípica e, principalmente, à manifestação fenotípica da mesma em função das condições ambientais. As condições climáticas locais, a intensidade luminosa e a temperatura provavelmente também afetaram a qualidade dos morangos, conforme relatado por Pineli et al. (2012).

Tabela 2. Desdobramento da interação cultivar x época para a % de Frutificação Efetiva das cultivares Camino Real, Monte Rey e Sandreas em três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho).

| Cultivares | Épocas | | | *Médias seguidas de mesma letra minúscula |
|-------------|----------|----------|-----------|---|
| | Janeiro | Abril | Julho | |
| Camino Real | 96.07 aA | 98.86 aA | 100.00 aA | |
| Monte Rey | 98.35 aA | 96.82 aA | 100.00 aA | |
| Sandreas | 74.34 bB | 92.67 aA | 100.00 aA | |
| CV | | 12.20 | | |

entre linhas e maiúscula entre colunas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Os valores médios para as cultivares e épocas quanto ao comportamento fenológico na fase 1 estão apresentados na Tabela 3. Para esse estágio não houve interação cultivares x épocas (Anexo 2). O conhecimento da fenologia de cultivares de morangueiro, de acordo com

Calvete et al. (2008), é importante para definir o escalonamento da produção e, com isso, ampliar o período de safra, possibilitando vantagens na comercialização.

A duração de cada ciclo pode estar ligada tanto à reposta aos fatores climáticos quanto à expressão gênica de cada cultivar; entretanto, observa-se que para a fase 1 (Tabela 3), não houve diferenças apenas entre genótipos, onde a ‘Monte Rey’ apresentou a fase 1 mais curta quando comparada às demais.

Tabela 3. Média da duração (dias) do estágio fenológico 1 durante a floração, frutificação e maturação dos frutos de três cultivares de morangueiro (‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’) e média das três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho).

| | F1 |
|-------------------|-----------|
| Cultivares | |
| Camino Real | 1,8 a |
| Monte Rey | 1,0 b |
| Sandreas | 2,0 a |
| Épocas | |
| Janeiro | 1,50 a |
| Abril | 1,66 a |
| Julho | 1,66 a |
| CV | 11,95 |
| Média | 1,61 |

Estádio fenológico F1= Aparecimento do botão floral;

*Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

As fases fenológicas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 apresentaram valores significativos da interação cultivar x época (Anexo 2), evidenciando que seus efeitos não podem ser explicados de forma isolada, pois ambos fatores ocasionaram influência nas repostas das variáveis.

Analisando os dados apresentados na tabela 4, observa-se que na fase 2 a cultivar ‘Monte Rey’ se diferiu das demais cultivares nos meses de janeiro e abril. Na fase fenológica 3, a qual é caracterizada pelas flores completamente abertas, pode-se notar que para a cultivar ‘Sandreas’, por exemplo, no mês de abril esse tempo foi menor que nos outros meses, podendo refletir no período de produção.

Ao atingir o estágio 4, o último da fase da floração e o mais duradouro de todos, ocorre a secagem e queda das pétalas (ANTUNES et al. 2006). Nesta fase fisiológica,

verificaram-se grandes diferenças nas três épocas. Para a cultivar ‘Monte Rey’, enquanto em janeiro demorou menos de dois dias nessa fase, em julho levou aproximadamente 13 dias. Grandes variações também foram observadas por Antunes et al. (2006), que verificou diferença entre as cultivares variando de 8,4 dias a 17,4 dias.

No estágio 5, primeira fase da frutificação, pode-se verificar que as condições de temperatura e fotoperíodo do mês de abril proporcionaram para todas as cultivares maior duração, quando comparada às demais épocas de avaliação.

Nas fases de crescimento e maturação do fruto 6,7 e 8 respectivamente, houve diferenças entre cultivares e épocas, mas que provavelmente estão relacionadas às potencialidades genéticas distintas de cada cultivar.

Já no estágio 9, caracterizado pela maturação dos frutos, foram também observadas diferenças significativas entre as épocas de avaliação. Na época mais quente, a maturação dos frutos é mais rápida do que em temperaturas mais baixas, afetando diretamente a qualidade dos frutos, que têm menor tempo para desenvolvimento. Cocco (2014), nesta mesma fase, verificou duração média de 3,3 dias para a cultivar ‘Camino Real’, valores próximos aos observados neste estudo.

Tabela 4. Desdobramento da interação cultivar x época para a duração em dias das Fases Fenológicas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 das cultivares Camino Real, Monte Rey e Sandreas em três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho).

| Fase Fenológica 2 | | | | | | |
|--------------------------|----------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| Cultivares | Épocas | | | | | |
| | Janeiro | | Abril | | Julho | |
| | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados |
| Camino Real | 2.00 aA | 4.00 aA | 2.00 aA | 4.00 aA | 2.25 aA | 4,25 aA |
| Monte Rey | 1.00 bC | 2.00 bA | 1.50 bB | 2.50 bA | 2.00 aA | 3.00 abA |
| Sandreas | 2.00 aA | 4.00 aA | 2.00 aA | 4.00 aA | 2.00 aA | 2.00 bB |
| Fase Fenológica 3 | | | | | | |
| Cultivares | Épocas | | | | | |
| | Janeiro | | Abril | | Julho | |
| | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados |
| Camino Real | 2.5bAB | 6.50 aA | 2.00 aB | 6.00 aA | 3.00 aA | 7.25 aA |
| Monte Rey | 4.75 aA | 6.75 aA | 1.00 bC | 3.00 bB | 2.00 bB | 5.00 bAB |
| Sandreas | 3.00 bA | 7.00 aA | 1.50abB | 5.50 bB | 3.00 aA | 5.00 bB |
| Fase Fenológica 4 | | | | | | |
| Cultivares | Épocas | | | | | |
| | Janeiro | | Abril | | Julho | |
| | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados |
| Camino Real | 3.00 aB | 9.50 aB | 3.00 bB | 9.00 aB | 9.50 bA | 16,75 aA |
| Monte Rey | 1.50 bC | 8.25 bB | 4.25 aB | 7.25 bB | 12.7 aA | 17,50 aA |
| Sandreas | 1.50 bC | 8.50 bB | 3.00 bB | 8.50 abB | 10.0 bA | 15,00 aA |

| Fase Fenológica 5 | | | | | | |
|--------------------------|----------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| Épocas | | | | | | |
| Cultivares | Janeiro | | Abril | | Julho | |
| | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados |
| Camino Real | 3.75 aC | 13.25 aC | 9.50 aA | 18.50 aB | 5.00 aB | 21.75 aA |
| Monte Rey | 2.00 bC | 10.25 bC | 8.25 bA | 15.50 bB | 4.00 aB | 21.50 aA |
| Sandreas | 2.00 bC | 10.50 bC | 7.50 bA | 16.00 bB | 5.00 aB | 20,00 bA |
| Fase Fenológica 6 | | | | | | |
| Épocas | | | | | | |
| Cultivares | Janeiro | | Abril | | Julho | |
| | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados |
| Camino Real | 2.00 cC | 15.25 aC | 4.00 bB | 22.50 aB | 4.75 aA | 26.50aA |
| Monte Rey | 5.00 aA | 15.25 aC | 5.50 aA | 21.00 bB | 5.00 aA | 26.50aA |
| Sandreas | 4.00 bA | 14.50 bC | 2.00 cB | 18.00 cB | 4.00 bA | 24.00bA |
| Fase Fenológica 7 | | | | | | |
| Épocas | | | | | | |
| Cultivares | Janeiro | | Abril | | Julho | |
| | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados |
| Camino Real | 2.00 bB | 17.25 bC | 2.00 bB | 24.50 aB | 4.00 bA | 30.50aA |
| Monte Rey | 4.00 aB | 19.25aC | 4.00 aB | 25.00 aB | 5.00 aA | 31.50aA |
| Sandreas | 4.00 aA | 18.50 abC | 4.00 aA | 22.00 bB | 4.00 bA | 28.00bA |
| Fase Fenológica 8 | | | | | | |
| Épocas | | | | | | |
| Cultivares | Janeiro | | Abril | | Julho | |
| | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados |
| Camino Real | 2.50 cA | 19.75cC | 2.50 cA | 27.00bB | 3.00 bA | 33.50aA |
| Monte Rey | 5.00 aA | 24.25aC | 4.50 aA | 29.50aB | 3.00 bB | 34.50aA |
| Sandreas | 4.00 bA | 22.50bC | 3.50 bA | 25.50cB | 4.00 aA | 32.00aA |
| Fase Fenológica 9 | | | | | | |
| Épocas | | | | | | |
| Cultivares | Janeiro | | Abril | | Julho | |
| | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados | Dias | Acumulados |
| Camino Real | 4.00 aB | 23.75cC | 4.00 bB | 31.00bB | 6.25 bA | 39.75bA |
| Monte Rey | 4.50 aB | 28,75aC | 5.00 aB | 34.50aB | 7.50 aA | 42.00aA |
| Sandreas | 4.25 aB | 26,75bC | 3.00 cC | 28,50cB | 5.75 bA | 37.75cA |

* F2=Aparecimento das pétalas (estádio de balão); F3= Flores completamente abertas; F4= Pétalas secam e caem; F5= Formação do fruto; F6= Aumento do tamanho do fruto; F7= Fruto com percepção das sementes no receptáculo; F8= Começo da maturação, maioria dos frutos brancos; F9=frutos maduros com 75 a 100% da superfície vermelha.

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas e maiúscula entre colunas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

No mês de janeiro, foi observado o máximo de 5 dias de duração das diferentes fases fenológicas, enquanto o mês de julho apresentou fases com mais de 10 dias de duração. Essas diferenças mostram que, de maneira geral, em temperaturas mais altas o ciclo da cultura é reduzido. De acordo com Chmielewski et al. (2004), após a quebra da dormência, o

desenvolvimento fenológico e o crescimento da planta são impulsionados principalmente pela temperatura.

Nota-se ainda que os ciclos fenológicos duraram de 23 a 42 dias nas diferentes épocas de avaliação, confirmando, assim, a influência das condições climáticas, principalmente temperatura e fotoperíodo, no ciclo da cultura. A cultivar 'Monte Rey' teve o ciclo mais duradouro que das outras cultivares em todas as épocas de avaliação.

O comportamento fisiológico de cultivares de dias curtos de morangueiro está relacionado aos fatores temperatura e fotoperíodo (FILGUEIRA, 2008). Entretanto, neste estudo, a cultivar 'Camino Real' (cultivar de dia curto) não se sobressaiu às demais cultivares de dia neutro na presença de temperaturas mais amenas e fotoperíodo mais curtos. Nesse ínterim, constata-se o grande potencial de adaptação das cultivares de dia neutro na área de avaliação.

CONCLUSÕES

A cultivar ‘Monte Rey’ apresentou maior número de botões florais e alta taxa de frutificação efetiva nas condições da região de altitude.

Em todos os meses de avaliação foi observado elevada taxa de frutificação efetiva.

O comportamento fenológico variou conforme época e cultivar, sendo o menor tempo para produção da Camino real nos períodos mais quentes e Sandreas no período de inverno.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, O. T. et al. Floração, frutificação e maturação de frutos de morangueiro cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, 2006.
- BARROSO, G.M.; MORIN, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. **Frutos e sementes – Morfologia aplicada a sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: UFV, 443p. 1999.
- BARUZZI, G. et al. Innovazione varietale per gli ambienti meridionali italiani. **Frutticoltura**, Bologna, v. 6, p. 2-8, 2009.
- BUENO SCS; MAIA AHN; TESSARIOLI NETO J. . Florescimento de 17 cultivares de morangueiro (*Fragaria X ananassa* Duch.), em São Bento do Sapucaí–São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais**. Belém: SBF.(CD-ROM).2002.
- CALVETE, E. O. et al. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.30, n.2, p. 396-401, 2008.
- CHMIELEWSKI, F.M.; MÜLLER, A. ; BRUNS, E.; Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961–2000. **Agricultural and Forest Meteorology** v.121.p. 69–78, 2004.
- COCCO, K.L.T; Fenologia, potencial produtivo e fontes de adubação no cultivo do morangueiro, **Dissertação de Mestrado**. 2014.
- D’ANNA, F. et al. Innovazioni varietali per la produzione siciliana. **Frutticoltura** Bologna, n.6, p. 22-27, 2008.
- DUARTE FILHO J; CUNHA RJP; ALVARENGA DA; PEREIRA GE; ANTUNES LEC. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. **Informe Agropecuário**, 20: 30- 35. 1999.
- DUARTE FILHO, J. Cultivares de morango. In: CARVALHO SP (coord). **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 160 p. 2006.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de olericultura**. 3ª. Ed., Viçosa: UFV. 421p. 2008.
- GUTTRIDGE, C.G. **Fragaria x ananassa**. In: HALVEY, A.H. CRC handbook of flowering. Boca Raton: CRC. v.3, p.16-33, 1985.
- HOJO, R. H. et al. Caracterização fenológica da goiabeira ‘Pedro Sato’ sob diferentes épocas de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 29, n. 1, p. 20-24, 2007.
- KIRSCHBAUM, D.S. Temperature and growth regulator effects on growth and development of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) Florida: University of Florida. 144p. (**Tese mestrado**), 1998.

LEDESMA, N., SUGIYAMA, N. Pollen quality and performance in strawberry plants exposed to high-temperature stress. **Journal. Am. Soc. Horticulture. Sci.** 130, 341–347. 2005

MARO, L. A.C. et al. Ciclo de Produção de Cultivares de Framboeseiras (*Rubus Idaeus*) submetidas a poda drástica nas condições do Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura.** vol 34, n.2. 2012.

MEIER, U. **Codificación BBCH de los estádios fenológicos de desarrollo de la fresa.** 1994.

MIGANI, M. et al. Sempre più avanti con le varietà riflorenti. **Frutticoltura**, Bologna, v. 9, p.17-21, 2008.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO FILHO, H. F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C. (Org.). **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil.** Campinas: Unicamp/Fapesp, p. 112-140. 1992.

OLIVEIRA, A. C. B.; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v.33, n.268, p.21-26, 2012.

PINELI, L. DE L. DE O.; MORETTI, C.L.; RODRIGUES, J.S.Q.; FERREIRA, D.B.; CHIARELLO, M.D. Variations in antioxidant properties of strawberries grown in Brazilian savannah and harvested in different seasons. **Journal of the Science of Food and Agriculture.** v.92, p.831–838, 2012.

RONQUE, E. R.V. **Cultura do morangueiro: revisão prática.** Curitiba: EMATER-PR, 206p.1998.

SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. **Produção de mudas comerciais.** SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M. (Ed.). Morango: produção. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 35-38. (Frutas do Brasil, 40). 2003

SHAW, D. V. Strawberry production systems, breeding and cultivars in California. In: **Simpósio Nacional do Morango**, p.15-20. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 124).2004.

SOUSA, M. B. et al. Framboesa: qualidade pós-colheita. **Folhas de Divulgação Agro**, S. l., v. 556, n. 1, nov. 2007.

TOMAZ, Z. F. P. et al. Crescimento Vegetativo, Floração e Frutificação Efetiva do Pessegueiro 'Jubileu' Submetido a Diferentes Comprimentos de Interenxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 9, p. 973-979, 2010.

VERDIAL, M.F. Frigoconservação e vernalização de mudas de morangueiro (*Fragaria X ananassa* Duch.) produzidas em sistemas de vasos suspensos. (**Tese Doutorado**) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Piracicaba, 2004.

WANG SY; CAMP MJ. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. **Scientia Horticulturae** 85:183-199. 2000

WANG SY; CAMP MJ. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. **Scientia Horticulturae** 85:183-199, 2005.

WIELGOLASKI, F. E. Phenology in agriculture. In: LIETH, H. (Ed.). Phenology and seasonality modeling. **London: Chapman & Hall**, p. 369- 381.1974

CAPÍTULO 2

QUALIDADE DOS FRUTOS DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO EM REGIÃO DE ALTITUDE

RESUMO- O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade dos frutos a partir das características físicas, físico-químicas e os compostos bioativos de frutos de três cultivares de morangueiro cultivados em região de altitude. Para a análise de qualidade dos frutos foram avaliados o diâmetro transversal e longitudinal, a massa do fruto e volume, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, a relação SS/AT, pH, os índices de coloração dos frutos, luminosidade (L^*), chroma e ângulo hue ($^{\circ}$ Hue). Para quantificação dos compostos bioativos foram avaliados teores de fenóis totais, os flavonoides, as antocianinas e a atividade antioxidante total. As cultivares de morangueiro ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ apresentaram produção de frutos de qualidade nas condições de clima de altitude. As cultivares Camino Real e Sandreas se destacaram quanto ao diâmetro e massa dos frutos, enquanto a relação sólidos solúveis e acidez titulável o destaque se da para as cultivares Camino Real e Monte Rey. A coloração dos frutos e produção de bioativos variaram em função das épocas de produção, sendo que no mês de janeiro houve produção de frutos com maior índice de chroma e quantidade de fenóis, em abril com maior $^{\circ}$ Hue e em julho os frutos apresentam maior luminosidade (L^*) e apresentaram maior atividade antioxidante

Palavras-chave: *Fragaria X ananassa*; Físico Química; Compostos Bioativos.

QUALITY OF FRUIT JUICES OF STRAWBERRY CULTIVARS IN ALTITUDE REGION

ABSTRACT- The objective of the present study was to evaluate fruit quality from the physical, physical-chemical and bioactive characteristics of fruits from three strawberry cultivars planted in a high-altitude region. For the fruit quality analysis, the longitudinal and cross-sectional diameter, fruit mass, volume, soluble solids content, titratable acidity, SS/AT ratio, pH, fruit color indexes, lightness (L^*), chroma, and hue angle ($^{\circ}$ Hue) were evaluated. For quantification of bioactive compounds, the total phenol content, flavonoids, anthocyanins and total antioxidant activity were evaluated. All strawberry cultivars: Camino Real, Monte Rey and Sandreas, presented quality fruit production in high-altitude climate conditions. Camino Real and Sandreas cultivars excelled in terms of fruit diameter and mass, while Monte Rey and Camino Real excelled in terms of solid soluble and titrated acidity. The fruit coloration and bioactive production varied according to the season: in January, there was a production of fruits with higher chroma index and elevated amount of phenols; in April, the production presented higher $^{\circ}$ Hue; and in July, the fruits showed higher lightness (L^*) and presented greater antioxidant activity.

Key-words: *Fragaria X ananassa*; Physical-chemical; Bioactive compounds.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade dos frutos do morangueiro é influenciada por diversos fatores, dentre eles o manejo adotado, as condições climáticas que são impostas na região de cultivo e a expressão gênica da cultivar. Como planta exigente a frio, a escolha da cultivar a ser implantada em determinada região de cultivo é determinante para o sucesso da cultura, e um dos fatores adaptativos mais importantes é que os frutos apresentem boa qualidade (DUARTE FILHO et al. 2007).

Devido à grande quantidade de cultivares lançadas no mercado oriundas principalmente do melhoramento genético do exterior, é de suma importância conhecer o seu desempenho nas regiões produtoras do país, que ocorre principalmente em regiões de elevada altitude (DUARTE FILHO et al. 2007).

A fim de conhecer a qualidade dos frutos para determinada região de cultivo, deve-se levar em consideração diversos fatores, como as referências literárias e a exigência dos consumidores. Atualmente, os consumidores desejam encontrar alimentos benéficos à saúde, que apresentem qualidade, praticidade e sabor (GUTHMAN, 2003). Essa qualidade pós colheita fundamenta-se nas características físico-químicas, químicas e, mais recentemente, também no conteúdo de compostos bioativos.

O poder preventivo dos alimentos está associado à presença de compostos com a atividade antioxidante presente nos alimentos e está diretamente relacionado ao seu efeito na saúde (RODRIGUES-AMAYA et al. 2008). Uma definição para os ‘antioxidantes’ é substância química que, presente em pequenas concentrações, se comparada à do substrato oxidável, tem o poder de retardar ou inibir a oxidação do substrato, diminuindo a velocidade de reação ou prolongando a sua estabilidade oxidativa (MOURE et al. 2001).

É essencial que se determine os teores de compostos bioativos nos vegetais para identificá-los como alimentos-fonte destes compostos, adicionar conhecimento científico sobre o arranjo nutricional dos alimentos e seus benefícios na prevenção de doenças, e reforçar a importância do consumo desses produtos diariamente (FALLER e FIALHO, 2009).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade dos frutos a partir das características físicas, físico-químicas e os compostos bioativos de frutos das cultivares de morangueiro em região de altitude.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A qualidade dos frutos se torna de difícil definição, por ser variável entre diferentes cultivares e também por depender da finalidade. Sendo assim, os requisitos de qualidade se relacionam com o mercado de destino: armazenamento, consumo “*in natura*” ou processamento (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O uso de parâmetros qualitativos pode ser utilizado para determinar a qualidade dos frutos, dentre eles os físicos, como massa, comprimento, diâmetro e forma, bem como os físico-químicos, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, dentre outros (FAGUNDES et al. 2001).

O tamanho e o peso são características físicas inerentes às espécies ou cultivares analisadas, sendo empregadas como atributos de qualidade para a seleção e classificação dos produtos de acordo com as exigências do mercado consumidor. A forma do produto pode ser descrita pela medição de suas dimensões. Sua aferição se faz mais importante quando o mercado final é o consumo *in natura* e, apenas em alguns casos, é de utilidade nos produtos para processamento (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Resende et al. (2010), ao avaliarem a qualidade de frutos de morangueiro conduzidos em sistemas de cultivo diferentes, observaram valores de massa média de 12,79 g para cultivar Camarosa, e 12,19 g para cultivar Oso Grande. Já Martins (2010), em estudo sobre a produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares do morangueiro em sistema de produção de base ecológica, verificou massa média para Camarosa, Albion e Festival iguais a 14,6 g, 15,0 g e 10,6 g, respectivamente.

Mendonça (2011), ao estudar a qualidade de morangos em cultivo protegido, constatou valores de diâmetro de 28,92; 30,11 e 31,80 mm para Albion, Camarosa e Florida Festival, respectivamente.

Os métodos mais utilizados para aferir a acidez de frutos são a acidez titulável e o potencial hidrogeniônico (pH). Os valores de pH demonstram a concentração de H^+ e a acidez titulável retrata o conteúdo total de hidrogênios ionizáveis. A acidez é um atributo de qualidade que está relacionado ao aroma e sabor dos alimentos (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Abrar et al. (2011), ao avaliarem as mudanças físico-químicas de morangos da cultivar Sweet Charlie durante o armazenamento, observaram uma média de 0,65 % de ácido cítrico para acidez e 3,78 para pH, valores estes observados em frutos no dia da colheita.

O teor de sólidos solúveis representa os açúcares, vitaminas e sais minerais dissolvidos em água, sendo responsáveis pela doçura por meio do balanço com ácidos, pela cor atrativa e pela textura. Os principais açúcares presentes nos frutos são a glicose, a sacarose e a frutose (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Quanto mais elevados os teores de SS, mais madura e doce é a amostra, devido à transformação do amido em açúcares simples (glicose e frutose) (GIARDI et al. 2002). Os teores de sólidos solúveis totais são determinados através de refratômetro digital, que expressa seus teores na unidade de °Brix. Calvete et al. (2008), ao avaliarem diferentes sistemas de cultivo do morangueiro, observaram que frutos conduzidos no sistema convencional apresentaram valores de °Brix maiores, com média de 9,25°Brix das seis cultivares testadas nas condições de Passo Fundo-RS.

Já Copetti (2010), avaliando a cultivar Albion e Aromas durante o ciclo de produção nas datas de setembro, outubro e novembro, observou que ambas as cultivares apresentaram menores concentrações de sólidos solúveis no mês de outubro.

A razão SS/AT indica o índice de palatabilidade e o grau de equilíbrio entre o teor de açúcares e ácidos orgânicos do fruto, estando diretamente relacionada à sua qualidade quanto ao atributo sabor, sendo, portanto, uma importante variável a ser considerada na seleção de frutos para serem consumidos *in natura*, pois quanto maior for esta razão, mais doces serão os frutos (VIÉGAS, 1991; COUCEIRO, 1986). Krolow et al. (2007) encontraram 9,64 para a cultivar Aromas em cultivo orgânico.

Os pigmentos encontrados são muito importantes na composição estética dos frutos e como indicadores de maturação. As antocianinas são os principais compostos responsáveis pela coloração avermelhada característica dos frutos maduros (DOMINGUES, 2000). A determinação da cor é feita utilizando equipamentos capazes de medir a qualidade da luz refletida do produto ou, também, com base na intensidade e nas variações da cor perceptíveis ao olho humano (OLIVEIRA, 2005).

Vários compostos naturais encontrados em frutas, cereais e vegetais apresentam atividade antioxidante; dentre os mais importantes estão os compostos fenólicos (flavonoides, ácidos fenólicos e taninos), compostos nitrogenados (alcalóides, aminoácidos, peptídeos, aminas e derivados da clorofila), carotenóides, tocoferóis e ácido ascórbico (AMAROWICZ et al. 2004).

Os compostos fenólicos são originados através do metabolismo secundário das plantas e, graças à sua diversidade química, possuem várias funções nos vegetais, sendo indispensáveis para o seu crescimento e reprodução, defesa contra herbivoria e patógenos,

suporte mecânico, pigmentação, como atrativo de polinizadores ou dispersores de frutos, além de se formarem em condições de estresse, como infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (ANGELO e JORGE, 2007).

Os compostos fenólicos são gerados pelo anel benzênico com grupos hidroxilas associados diretamente à estrutura cíclica; são sintetizados a partir de duas rotas metabólicas principais: a via do ácido chiquímico e a via do ácido mevalônico. A rota do ácido chiquímico converte precursores de carboidratos derivados da glicólise e da rota da pentose fosfato em fenilalanina, de onde deriva a maior parte dos compostos fenólicos secundários (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A capacidade antioxidante dos polifenóis é devida, principalmente, às suas propriedades redutoras, cuja intensidade é dependente do número e posição de hidroxilas (OH) presentes na molécula (MELO et al. 2008). A capacidade de reduzir é considerada como a disposição do antioxidante em doar elétrons; porém, vai variar em função de fatores intrínsecos (cultivar, variedade, estágio de maturação) e extrínsecos (condições climáticas e edáficas) que os frutos apresentam. Conseqüentemente, o efeito da ação antioxidante depende da estrutura química e da concentração dos fitoquímicos presentes no fruto (MELO et al. 2008).

As frutas, principalmente as que possuem a coloração vermelha a azul, são as principais fontes de compostos fenólicos em dietas alimentares, onde as antocianinas se destacam neste grupo (AHERNE e O'BRIEN, 2002). As antocianinas são flavonoides com estrutura derivada dos glicosilados do cátion 2-fenil benzopirilium, que pode ser também chamado de cátion flavílico (JACKMAN et al. 1987).

As antocianinas constituem o grupo de compostos bioativos com maior concentração nos frutos de morango; entre as antocianinas presentes nestes, a pelargonidina-3-*O*-glicosídeo representa mais de 80% do total de antocianinas encontradas, seguida pela cianidina-3-*O*-glicosídeo e pelargonidina-3-*O*-rutinosídeo (GIAMPIERI et al. 2013). Além dessas, existem descritas na literatura mais 22 antocianinas para morangos, onde a maioria apresenta a pelargonidina como aglicona, e as demais são derivadas da cianidina (DA SILVA et al. 2007).

Existe grande variação no teor de antocianinas dentre as muitas cultivares no mercado. Aaby et al. (2012) encontraram valores de 11,3 a 65,9 mg.100 g⁻¹ de fruto fresco para as cultivares Carisma e Rondo, respectivamente. Enquanto Lal et al. (2013), trabalhando com 22 cultivares, encontraram variação entre 28,24 a 43,32 mg.100 g⁻¹ de fruto fresco para as cultivares Douglas e Brighton, respectivamente.

Em pesquisas epidemiológicas, alguns flavonoides apresentam-se associados à prevenção de doenças que acontecem paralelamente ao envelhecimento, possivelmente pela sua ação como antioxidante. A formação de radicais livres pelo oxigênio é possivelmente a chave para o desenvolvimento de câncer e doenças coronárias, aliada à função de proteger a membrana celular. Os antioxidantes preservam a ação dos radicais livres, que podem atacar biomoléculas, dentre as quais se destacam os lipídios, as proteínas ou o DNA (DEGÁSPARI e WASZCZYNSKYJ, 2004).

Os processos de prevenção ao estresse oxidativo, representados principalmente pelo potencial antioxidante, apresentam grande relevância no estudo dos frutos vermelhos. A capacidade antioxidante, a qual está intimamente relacionada à presença de compostos fenólicos, e que vem sendo exaustivamente estudada nas últimas décadas em frutos vermelhos, tem sido considerada como responsável por indicar possíveis efeitos benéficos atribuídos a esses alimentos (GALVANO et al. 2004; GIAMPIERI et al. 2013).

Severo (2009), ao avaliar a atividade antioxidante utilizando o método ABTS em frutos de morangueiro, observou para a cultivar Camarosa 2,24 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$ no fruto maduro. Já Pineli et al. (2011), avaliando as características químicas de frutos do morangueiro em diferentes estádios de maturação, encontraram valores de 11,91; 12,21 e 12,83 $\mu\text{mol g}^{-1}$.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma propriedade comercial localizada na Serra da Mantiqueira, no município de Barbacena, Minas Gerais (Latitude: -21,239722°, Longitude: -43,781389°, Altitude: 1111 metros).

Para a condução do experimento foram utilizadas mudas de três cultivares de morangueiro provenientes do Chile, sendo ‘Camino Real’, de dia curto, e ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’, de dia neutro.

As mudas do tipo nuas foram plantadas no dia 15 de maio de 2015, em canteiros de aproximadamente 1 metro de largura e 20 metros de comprimento, com espaçamento de 30 cm entre plantas. O delineamento utilizado foi o em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x3, sendo três cultivares (‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’) e três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho), com 4 repetições e 18 plantas por parcela.

As plantas foram cultivadas em ambiente protegido utilizando estrutura de túnel médio, com cobertura de filme plástico transparente de polietileno de baixa densidade aditivado contra raios ultravioleta (PEbd anti-UV), com espessura de 100 µM, 30% leitoso. Na montagem da estrutura foram utilizados arcos de ferro zincado, com diâmetro de 5 mm, sendo estes distanciados 4 m um do outro. Transcorridos 30 dias após o plantio das mudas, foi instalado o sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se de fitas gotejadoras para fertirrigação, modo pelo qual se faz a adubação na cultura. Logo se fez também a cobertura do solo (*mulching*), constituindo-se de filme de polietileno opaco preto, com espessura de 30 µM. Os tratamentos fitossanitários foram realizados quando necessário.

No ambiente interno (túnel médio) foram monitoradas as temperaturas com o auxílio de termômetro digital (figura 2).

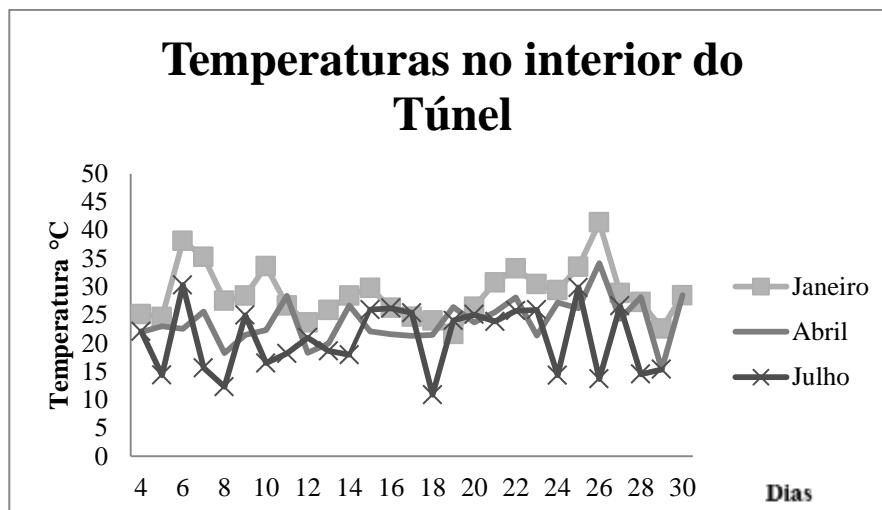


Figura 2: Temperatura interna do túnel ao longo dos dias em janeiro, abril e julho.

Os períodos de colheitas dos frutos foram nos meses janeiro, abril e julho de 2016. Para a análise de qualidade dos frutos, estes foram colhidos quando apresentavam 75% da superfície externa na coloração vermelha. Realizaram-se as colheitas sempre no horário da manhã e, em seguida, os frutos eram transportados em caixa de isopor ao Laboratório de Produção Vegetal da Universidade Federal de São João Del Rei, campus Sete Lagoas, onde eram selecionados de acordo com a ausência de injúrias mecânicas e fisiológicas.

Foram utilizados 8 frutos de cada bloco e, então, avaliados os diâmetros transversal e longitudinal, medidos com auxílio de paquímetro digital e expressos em mm; a massa do fruto foi determinada com a utilização de uma balança analítica de precisão e os valores expressos em g e volume foram obtidos por remoção de água utilizando uma proveta.

O teor de sólidos solúveis foi determinado utilizando um refratômetro digital Atago, modelo Pocket, e os resultados foram expressos em °Brix.

A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação da amostra *in natura* diluída em água deionizada, com NaOH a 0,1N até pH 8, e os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico (IAL, 2008).

Os resultados de SS e AT permitiram calcular a relação SS/AT.

O pH foi determinado por potenciometria (AOAC, 2005), com o auxílio de um pHmetro digital de marca Hanna Instruments, modelo HI 2221, por imersão direta do eletrodo nas amostras *in natura* homogeneizadas.

Os índices de coloração dos frutos, luminosidade (L), chroma e ângulo hue (°Hue) foram determinados por meio de um colorímetro marca Konica MinoltaLtda, modelo Spectrophotometer CM – 700 d, C (McGUIRE, 1992).

Os teores de fenóis totais foram extraídos segundo Marinova et al. (2005) e determinados pelo método de Folin-Ciocalteu, segundo Singleton e Rossi (1965), e os resultados expressos em miligramas equivalente de ácido cítrico por 100g de matéria fresca ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$).

Os flavonoides foram extraídos similarmente aos fenóis totais, porém determinados conforme a metodologia de Zhuang et al. (1992).

As antocianinas foram determinadas pelo método de pH diferencial, conforme descrito por Giusti e Wrolstad (2001).

A atividade antioxidante total foi dosada conforme a metodologia estabelecida por Rufino et al. (2007), utilizando o método do sequestro do radical ABTS, e os resultados expressos em μM trolox/g de morango em base úmida.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) realizada com auxílio do *software* SISVAR versão 5.6; para a comparação das médias entre as cultivares, utilizou-se o teste de Tukey a 0,05 de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como apresentado na Tabela 1, pode-se observar que em resposta às épocas estudadas, o diâmetro dos frutos diferiu significativamente, com maiores valores médios, no mês de julho. Em relação às cultivares analisadas não houve diferença significativa.

Os valores relacionados ao tamanho dos frutos (diâmetros transversal e longitudinal) variaram entre 25,34 e 43,35 mm. Esses valores encontram-se em conformidade aos estabelecidos pelas Normas de Classificação de Morango (PBMH e PIMo, 2009),

Valores próximos aos encontrados foram observados para outras cultivares por Mendonça (2011) na cidade de Passo Fundo-RS, que, ao avaliar a qualidade de morangos cultivados em sacolas de plástico sob cultivo protegido, constatou valores de diâmetro de 28,92; 30,11 e 31,8 mm para ‘Albion’, ‘Camarosa’ e ‘Festival’, respectivamente.

Em relação à diferença entre as épocas de avaliação, pode-se aferir que os frutos produzidos no mês de julho apresentaram maior expressão das atividades fisiológicas e, conseqüentemente, maior acúmulo de carboidratos, que resultam no incremento de massa e no tamanho dos frutos (TAIZ e ZEIGER, 2004). Este atributo é de grande importância a nível econômico, pois frutos com maiores atributos físicos tendem a diminuir a mão de obra na colheita e são mais atrativos ao consumidor.

Pode-se observar (Tabela 1) que entre as cultivares analisadas, a ‘Camino Real’ e a ‘Sandreas’ foram as que apresentaram maior massa média, atributo muito importante principalmente no mercado *in natura*.

A massa média dos frutos da cultivar ‘Camino Real’ (13,46 g) corrobora os valores obtidos por diversos autores (CHANDLER et al. 2005; OLIVEIRA et al. 2008), mas é inferior aos resultados obtidos por Cocco et al. (2011), que, avaliando a produtividade de cultivares de dia curto para a região de Pelotas/RS, verificaram a ocorrência da massa média de 18,1 g para a cultivar ‘Camino Real’.

Para a cultivar ‘Sandreas’, os frutos apresentaram massa média de 13,9g, valores superiores aos relatados por Silva et al. (2015) para outras cultivares no norte de Minas Gerais.

A diferença na média da massa dos frutos ao longo das três épocas pode ser explicada principalmente pela exposição a diferentes temperaturas. Temperaturas elevadas, como as encontradas em janeiro, ocasionam um aumento na velocidade de maturação dos frutos, impedindo o crescimento, além do fato de diminuírem a viabilidade do pólen e inibirem o

crescimento do tubo polínico (LEDESMA e SUGIYAMA, 2005; WANG e CAMP, 2000). Sendo assim, os frutos produzidos no mês de julho são os que apresentam os melhores atributos físicos.

Tabela 1-Valores médios de Diâmetro transversal, Diâmetro longitudinal e Massa dos frutos das cultivares de morangueiro ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ em três épocas (janeiro, abril e julho).

| | Dt (mm) | DI (mm) | Massa (g) |
|-------------------|----------------|----------------|------------------|
| Cultivares | | | |
| Camino Real | 37.17 a | 29.22 a | 13.46 ab |
| Monte Rey | 36.98 a | 27.17 a | 12.34 b |
| Sandreas | 38.52 a | 28.42 a | 13.90 a |
| Épocas | | | |
| Janeiro | 35.85 b | 26.93 c | 11.80 b |
| Abril | 36.13 b | 28.10 b | 12.89 b |
| Julho | 40.68 a | 29.78 a | 15.01 a |
| CV | 4.08 | 2.59 | 10.87 |
| Média | 37.55 | 28.27 | 13.23 |

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Foi observada interação significativa entre as cultivares e épocas para o volume dos frutos (Tabela 2). Pode-se observar que para esta variável, as temperaturas mais altas e os fotoperíodos mais longos, como os encontrados em janeiro, influenciaram negativamente todas as cultivares.

Tabela 2. Desdobramento da interação cultivar x época para a volume dos frutos das cultivares ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ em três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho).

| Cultivares | Volume | | |
|-------------------|----------------|--------------|--------------|
| | Épocas | | |
| | Janeiro | Abril | Julho |
| Camino Real | 12.75 aB | 14.87 aAB | 16.50 abA |
| Monte Rey | 13.25 aB | 15.50 aA | 15.00 bAB |
| Sandreas | 13.25 aB | 13.75 aB | 18.00 aA |
| CV | 15,51 | | |

*Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas e maiúscula entre colunas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A caracterização quantitativa relacionada à cor (Tabela 3), também é indispensável para o produtor na escolha da utilização dos frutos. Foram observadas variações significativas

para os índices de cor, Luminosidade (L*) e Chroma entre as cultivares de morangueiro, devido à amplitude térmica e ao fotoperíodo característicos de climas mais amenos, como os encontrados em regiões de elevada altitude.

A luminosidade (L*) é crescente do preto ao branco conforme os resultados variam de 0 a 100, demonstrando maior ou menor brilho. Os frutos produzidos no mês de janeiro foram os que apresentaram valores mais baixos para o índice luminosidade (L*). Não houve diferenças significativas entre as cultivares para essa variável.

Os valores de Chroma não divergiram significativamente entre as cultivares analisadas, porém foram observados valores mais elevados em janeiro e abril. De acordo com a classificação, frutos mais coloridos apresentam valores de cromina menores que 24,92 de coloração intermediária entre 24,92 a 36,08, e menos coloridos superiores a 36,08 (CONTI et al. 2002). Então, como variável inversamente proporcional, pode-se observar que a intensidade dos frutos decresce com o aumento das temperaturas.

Tabela 3-Valores médios de Luminosidade, Chroma dos frutos das cultivares de morangueiro ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ cultivados em três épocas (janeiro, abril e julho).

| | Luminosidade (*) | Chroma |
|--------------------|-------------------------|---------------|
| Cultivares | | |
| Camino Real | 40.18 a | 24.79 a |
| Monte Rey | 40.80 a | 27.03 a |
| Sandreas | 41.12 a | 30.86 a |
| Épocas | | |
| Janeiro | 34.62 a | 35.31 b |
| Abril | 43.37 b | 25.14 ab |
| Julho | 44.10 b | 22.24 a |
| CV | 5,41 | 33.20 |
| Média Geral | 40,70 | 27.56 |

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Quanto maior o ângulo de cor (°Hue), mais próxima da cor amarelo; quanto menor o ângulo, mais o fruto se aproxima da cor vermelha (BORGUINI e SILVA, 2005). A interação entre cultivares e épocas foi significativa para a variável °Hue (anexo 3) e o desdobramento está apresentado na tabela 4.

Para as cultivares Camino Real e Monte Rey, as condições de temperatura e fotoperíodo encontradas no mês de abril permitiram que os frutos se tornassem mais avermelhados, sendo, então, mais atrativos ao consumidor. Yommi et al. (2003), em

cultivares vernalizadas, encontraram valores próximos para as cultivares ‘Aromas’ e ‘Camarosa’, na Argentina. Oliveira e Scivittaro (2009) não verificaram diferenças para °Hue entre as cultivares ‘Earlibrite’ e ‘Camarosa’ quanto à coloração interna e externa dos frutos.

Tabela 4. Desdobramento da interação cultivar x época para o °Hue dos frutos das cultivares ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ em três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho).

| Cultivares | °Hue | | |
|-------------|-----------|----------|----------|
| | Épocas | | |
| | Janeiro | Abril | Julho |
| Camino Real | 29.81 abB | 25.91 aA | 29.21 bB |
| Monte Rey | 29.19 aB | 27.33 aA | 29.50 bB |
| Sandreas | 31.43 bAB | 31.84 bB | 29.81 bA |
| CV | 4,19 | | |

*Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas e maiúscula entre colunas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A relação sólidos/solúveis com acidez titulável indica a palatabilidade dos frutos, onde valores mais altos sugerem que os mesmos sejam mais doces e menos ácidos, ou seja, melhores para o consumo. Pode-se observar que os frutos das cultivares ‘Camino Real’ e ‘Monte Rey’ foram os que apresentaram maior índice para essa variável, obtendo valores de boa aceitação para o consumidor (CHITARRA e CHITARRA, 2005) (Tabela 5). Já a cultivar ‘Sandreas’ apresentou relação SS/AT superior ao apresentado por Antunes et al. (2014) em sua segunda época de avaliação (agosto, setembro e outubro).

A variação encontrada para as características físico-químicas nos frutos de morangueiro pode oscilar em função dos fatores intrínsecos, como estágio de maturação e cultivares, e também por fatores extrínsecos (fatores ambientais), como por exemplo a temperatura e fotoperíodo, que promovem diferenças na síntese e acúmulo de determinados compostos em relação a outros, o que explica as diferentes concentrações em diferentes regiões (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Tabela 5- Valores médios da relação SS/AT dos frutos das cultivares de morangueiro ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ cultivados em três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho).

| Cultivares | SS/AT |
|-------------|--------|
| Camino Real | 7.67 a |
| Monte Rey | 7.40 a |
| Sandreas | 6.05 b |

| Épocas | |
|--------------------|---------|
| Janeiro | 7.60 a |
| Abril | 7.11 ab |
| Julho | 6.40 b |
| CV | 10.75 |
| Média Geral | 7.04 |

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A interação entre época e cultivar foi significativa para os sólidos solúveis (Tabela 6). A cultivar Camino Real (dia curto) apresentou menor sintetização de açúcares no mês de julho. Tal fato pode ser explicado pela diminuição do fotoperíodo e da temperatura nessa época, reduzindo, assim, a exposição solar e impossibilitando maior acúmulo de açúcares. Em temperaturas mais elevadas e conseqüente aumento da radiação, como encontrados nos meses de janeiro e abril, há aumento na liberação de açúcares no fruto, auxiliado pela hidrólise de enzimas que têm uma função protetora sobre a molécula de antocianina, que é desestabilizada, liberando açúcares (SHAHIDUL et al. 2005).

A cultivar ‘Monte Rey’ apresentou em todas as épocas de avaliação valores próximos aos relatados por Antunes et al. (2014), ao compararem cultivares de morangueiro em São José dos Pinhais, Curitiba, nos meses janeiro, fevereiro e março. Valores inferiores a todas as épocas de avaliação relatados na região de estudo foram encontrados por Lucchi et al. (2011) na região meridional da Itália, onde obtiveram valores de sólidos solúveis para a cultivar ‘Monte Rey’ de 7,5 °Brix.

A cultivar ‘Sandreas’ apresentou em todas as épocas de avaliação valores superiores aos relatados por Andrade Júnior et al. (2016) para várias cultivares, dentre elas ‘Aroma’ (5,5 °Brix), ‘Camarosa’ (6,9 °Brix), ‘Dover’ (5,5°Brix) e ‘Oso Grande’ (6,3°Brix), sugerindo boa adaptabilidade das cultivares nas condições edafoclimáticas propostas pela região de cultivo.

Tabela 6. Desdobramento da interação cultivar x época para os Sólidos Solúveis dos frutos das cultivares ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ em três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho).

| Cultivares | SS | | |
|-------------------|----------------|--------------|--------------|
| | Épocas | | |
| | Janeiro | Abril | Julho |
| Camino Real | 7.32 aA | 8.17 aA | 6.97 bB |
| Monte Rey | 8.12 aA | 8.17 aA | 7.82 aA |
| Sandreas | 7.87 aA | 7.10 bA | 7.25 abA |
| CV | 5,07 | | |

*Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas e maiúscula entre colunas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A interação entre cultivar e época também foi significativa para a acidez titulável (seu desdobramento está apresentado na Tabela 7). Para a cultivar ‘Camino Real’, os frutos colhidos em janeiro foram os menos ácidos, provavelmente devido ao fato de que nas épocas seguintes já havia ocorrido a perda do vigor das plantas no campo, não estando diretamente ligado à influência da temperatura e do fotoperíodo (OLIVEIRA, 2006). As épocas mais quentes não proporcionaram frutos excessivamente ácidos, pobres em sabor e em aroma, como relatado por Dias et al. (2007).

Tabela 7. Desdobramento da interação cultivar x época x para a Acidez Titulável dos frutos das cultivares ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ em três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho).

| Cultivares | AT | | |
|-------------|----------|---------|----------|
| | Épocas | | |
| | Janeiro | Abril | Julho |
| Camino Real | 0.89 bB | 1.01 bA | 1.06 bA |
| Monte Rey | 1.00 bB | 1.15 aA | 1.11 bAB |
| Sandreas | 1.22 aAB | 1.16 aB | 1.29 aA |
| CV | 9,97 | | |

*Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas e maiúscula entre colunas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Para a variável pH, também houve interação significativa para a cultivar e época (Tabela 8). Pode-se observar que o pH dos frutos foi maior para todas as cultivares analisadas no mês de julho, tornando-os menos susceptíveis à degradação fúngica, pois uma grande parte da competição bacteriana é eliminada, já que a maioria das bactérias tem preferência por pH próximo ao neutro (TOURNAS e KATSOUDAS, 2005).

O pH do morango é ácido e, quando maduro, segundo Perkins-Veazie (1995), encontra-se na faixa de 3,50 a 3,70, o que está próximo aos resultados encontrados neste trabalho (de 3,31 a 3,58).

Tabela 8. Desdobramento da interação época x cultivar para o pH das cultivares ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ em três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho).

| Cultivares | pH | | |
|-------------|----------|---------|---------|
| | Épocas | | |
| | Janeiro | Abril | Julho |
| Camino Real | 3.41 abB | 3.42 aB | 3.58 aA |
| Monte Rey | 3.43 aAB | 3.35 aB | 3.46 bA |
| Sandreas | 3.31 bB | 3.40 aB | 3.58 aA |
| CV | 3,96 | | |

*Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas e maiúscula entre colunas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

As correlações para as variáveis físicas e físico-químicas de frutos de morangueiros estão apresentadas na tabela 9. As estimativas dos coeficientes de correlação para os caracteres avaliados possibilitam estimar a dimensão e o direcionamento das influências de um caráter sobre o outro, proporcionando um indício simples de associação entre as variáveis analisadas. Para a maioria dos caracteres observados, os coeficientes de correlação foram significativos em nível de 5% de probabilidade.

Para os caracteres físicos, a maioria das associações foi expressiva. O diâmetro transversal e a massa foram significativos com todos os caracteres associados, demonstrando, assim, que a mudança no tamanho e no peso do fruto influencia diretamente na composição dos atributos físico-químicos. Cavalcante et al. (2009), estudando componentes qualitativos do cajá (*Spondias mombin* L.), também verificaram correlação positiva e altamente significativa (0,98) entre a massa e o diâmetro de frutos.

Observou-se correlação positiva entre o formato do fruto e o pH (0,58). O mesmo comportamento foi observado por Bertin et al. (2000), trabalhando com frutos de tomateiro.

Como esperado, o ratio (SS/AT), importante na definição da palatabilidade dos frutos, apresentou maior correlação com a acidez (-0,86) do que com o teor de sólidos solúveis (0,52), resultado já esperado, pois quanto maior o valor de acidez total titulável, menor o valor de ratio, reafirmando a relação entre estas medidas (SCOLFORO, 2014). Isso demonstra que frutos de melhor sabor serão mais facilmente selecionados a partir da alteração da acidez. O mesmo comportamento foi observado por Soares et al. (2008), ao estudarem correlações entre os caracteres morfo-agronômicos de cajazeira (*Spondias mombin* L.), onde observaram correlação negativa (-0,97) entre a relação SS/AT e a acidez.

Tabela 9. Correlações de Pearson para os caracteres físicos (Diâmetro Transversal, Diâmetro Longitudinal, Massa e Volume) e físico-químicos (pH, Sólidos Solúveis, Acidez Titulável, Relação Sólidos Solúveis e Acidez Titulável) para cultivares de morangueiro.

| Correlações Estimadas | | | | | | | | |
|-----------------------|----|-------|-------|--------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Dt | DI | Massa | Volume | pH | Ss | At | Ss/At |
| Dt | 1 | 0,56* | 0,71* | 0,76* | 0,58* | -0,33* | 0,39* | -0,49* |
| DI | | 1 | 0,78* | 0,58* | 0,37* | -0,40* | 0,08 ^{ns} | -0,28 ^{ns} |
| Massa | | | 1 | 0,71* | 0,38* | -0,36* | 0,37* | -0,50* |
| Volume | | | | 1 | 0,60* | -0,24 ^{ns} | 0,22 ^{ns} | -0,27 ^{ns} |
| Ph | | | | | 1 | -0,22 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | -0,12 ^{ns} |
| Ss | | | | | | 1 | -0,04 ^{ns} | 0,52* |
| At | | | | | | | 1 | -0,86* |

*Correlação é significativa a 0,05%

Através da análise de variância pode-se observar diferenças significativas entre as épocas de análise para a variável fenóis (Tabela 10). A quantificação dos fenóis variou de 4,62; 3,27 e 1,63 mg EAG.g⁻¹ nos meses de janeiro, abril e julho, respectivamente. Tal variação pode ser explicada pela função dos metabólitos secundários nas plantas, que é protegê-las de adversidades, sendo uma delas a radiação ultravioleta. Como o mês de janeiro é o mais próximo do solstício de verão no Brasil, e, conseqüentemente, o mês em que ocorre a maior exposição à radiação UV, pode-se observar que houve maior resposta na produção dos metabólitos secundários e conseqüente maior produção dos compostos fenólicos.

Valores próximos aos encontrados para a cultivar ‘Camino Real’ foram relatados por Pineli (2011), Cantillano et al. (2012), Chaves (2014) e Silva (2011). A cultivar ‘Monte Rey’ apresentou média de 3,29 mg EAG.g⁻¹, valor superior ao relatado por Ugolini (2014), Diamanti (2012) e Chaves (2014).

Naturalmente, através de processos metabólicos ocorre a produção de radicais livres, que, em excesso, podem causar danos. A fim de limitar seus níveis, o organismo se defende contra a ação oxidativa por meio da atividade antioxidante, que pode ser obtida através de alimentos-fonte (KUMAE et al, 2011).

Em relação à atividade antioxidante, valores inferiores ao encontrado foram relatados por Silva et al. (2011), utilizando a mesma técnica de extração (ABTS), e valores próximos foram compartilhados por Pineli (2012), utilizando a técnica do DPPH. Já em relação à época de produção, pode-se observar que os frutos produzidos no mês de abril apresentaram menor atividade antioxidante.

Tabela 10-Valores médios de fenóis, antocianinas, atividade antioxidante e flavonoides dos frutos das cultivares de morangueiro ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ cultivados em três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho).

| | Fenóis (mg.GAE. 100g ⁻¹) | Atividade (µM trolox.g ⁻¹) |
|-------------------|--|--|
| Cultivares | | |
| Camino Real | 3.07 a | 16.14 c |
| Monte Rey | 3.29 a | 13.65 a |
| Sandreas | 3.26 a | 14.78 b |
| Épocas | | |
| Janeiro | 4.62 a | 14.85 b |
| Abril | 3.37 b | 16.02 c |

| | | |
|--------------------|--------|---------|
| Julho | 1.63 c | 13.70 a |
| CV | 13.45 | 4.96 |
| Média Geral | 3.21 | 14.86 |

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Para os flavonoides foi observada interação significativa entre as cultivares e a época (Tabela 10), sendo que a cultivar ‘Camino Real’ apresentou uma queda na produção destes compostos no mês de julho. Como cultivar de dia curto, provavelmente as condições de temperatura e fotoperíodo nesta época causaram menor adversidade às plantas e estas não produziram tantos metabólicos secundários quanto em outros meses.

Tabela 11. Desdobramento da interação cultivar x época para os Flavonoides dos frutos das cultivares ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas em três épocas de avaliação (janeiro, abril e julho).

| Cultivares | Flavonoides | | |
|-------------|-------------|----------|----------|
| | Épocas | | |
| | Janeiro | Abril | Julho |
| Camino Real | 33,49 aA | 33,50 aA | 27,11 bA |
| Monte Rey | 37,46 aB | 34,73 aB | 57,94 aA |
| Sandreas | 37,30 aAB | 31,82 aB | 49,62 aA |
| CV | 18,73 | | |

*Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas e maiúscula entre colunas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A variação dos teores de flavonoides nos frutos de morango analisados neste trabalho é influenciada pelo genótipo da cultivar, no qual é possível desenvolver materiais com concentrações mais elevadas através do melhoramento genético e, conseqüentemente, elevar suas propriedades nutracêuticas.

Já para as antocianinas, também foi observada interação significativa (anexo 6) (Tabela 9). Em relação a cultivares, a ‘Camino Real’ se destacou quanto as outras em abril e julho. Valores superiores ao obtido neste trabalho foram relatados por Pineli (2011) e Silva (2011), e inferior por Cantillano (2012) e Pineli (2012) para a mesma cultivar.

Já os resultados obtidos para cv ‘Monte Rey’ em todas as épocas são próximos aos observados por Chaves (2014) pelo mesmo método de extração (pH diferencial), e por Lester et al (2012) utilizando o método CLAE/DAD.

Em análise com frutos da cultivar ‘Albion’, Copetti et al. (2010) relataram as antocianinas totais em 22,27 mg.100 g⁻¹, resultado dentro da variação do presente estudo.

Porém, em contrapartida, Ornelas-Paz et al. (2013) relataram teores de 56,4 mg equivalentes de pelargonidina-3-*O*-glicosídeo.100g⁻¹, pelo método do pH diferencial. A possível justificativa para o teor elevado de compostos antociânicos é o coeficiente de absorvidade molar utilizado (17330 L.M⁻¹.cm⁻¹).

Tabela 12. Desdobramento da interação cultivar x época para as Antocianinas dos frutos das cultivares ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ em três épocas (janeiro, abril e julho).

| Cultivares | Antocianinas | | |
|-------------|--------------|----------|----------|
| | Épocas | | |
| | Janeiro | Abril | Julho |
| Camino Real | 21.60 aB | 18.23 aB | 37.10 aA |
| Monte Rey | 17.99 abA | 12.95 bB | 17.90 bA |
| Sandreas | 17.29 bA | 11.29 bB | 16.06 bA |
| CV | 13,60 | | |

*Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas e maiúscula entre colunas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Para as cultivares ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’, pode-se observar que os frutos produzidos em abril apresentaram menores teores de antocianinas; como são cultivares de dia neutro, provavelmente esta situação está ligada às diferentes temperaturas nesta época de produção (Tabela 11). Resultados semelhantes são apresentados no estudo de Bordignon-Júnior (2008), que observou variação no teor de antocianinas nos diferentes períodos de colheita. Já Josuttis et al. (2013) relataram a variação existente entre os teores de antocianinas totais em diferentes locais de cultivo. Os resultados encontrados mostraram que frutos de um mesmo cultivar, produzidos em diferentes locais, biossintetizam diferentes concentrações de compostos antociânicos.

A correlação (Tabela 12) entre os teores de flavonoides presentes e a atividade antioxidante foi significativa a 0,05 no presente trabalho (-0,35*), comprovando que estes compostos não são diretamente responsáveis pela atividade antioxidante dos frutos. Porém, existem outros compostos presentes nos alimentos que contribuem para essa funcionalidade. Assim, embora os flavonoides totais não tenham um efeito antioxidante isoladamente, eles podem reagir sinergicamente com outros compostos e contribuir com essa função.

Foi encontrada correlação significativa entre os teores de fenóis totais e antocianinas totais (-0,35*). Tal fato indica a tendência entre os frutos analisados de que altas concentrações de fenólicos totais são acompanhadas de baixas concentrações de antocianinas totais. Foi observada correlação positiva entre os fenóis com a luminosidade (L*) e o Chroma.

O conhecimento das correlações permite a predição dos efeitos de um determinado atributo quando outro correlacionado a ele for manipulado através de testes. Assim, torna-se viável realizar seleção em uma característica de mais fácil mensuração e obter ganhos de difícil avaliação ou de baixa herdabilidade (CRUZ et al., 2012).

Tabela 13. Correlação de Pearson entre as variáveis: Fenóis, Antocianinas, Flavonoides, Atividade Antioxidante, Luminosidade (L*), Chroma e °Hue de três cultivares de morangueiro.

| Correlações estimadas | | | | | | | |
|------------------------------|--------|--------------|-------------|----------------|--------------|--------|------|
| | Fenóis | Antocianinas | Flavonoides | A.Antioxidante | Luminosidade | Chroma | °Hue |
| Fenóis | 1 | -0,35* | -0,25 | 0,11 | -0,67* | 0,41* | 0,13 |
| Antocianina | | 1 | 0,06 | 0,07 | -0,05 | -0,12 | -0,1 |
| Flavonoides | | | 1 | -0,35* | 0,21 | -0,02 | 0,0 |
| A.Antioxida | | | | 1 | -0,08 | 0,07 | 0,2 |
| Luminosida | | | | | 1 | -0,49* | 0,2 |
| Chroma | | | | | | 1 | 0,4* |
| °Hue | | | | | | | 1 |

*Correlação é significativa a 0,05%

CONCLUSÕES

As cultivares de morangueiro Camino Real, Monte Rey e Sandreas apresentaram produção de frutos de qualidade nas condições de clima de altitude.

As cultivares Camino Real e Sandreas se destacaram quanto ao diâmetro e massa dos frutos, enquanto a relação sólidos solúveis e acidez titulável o destaque se dá para as cultivares Camino Real e Monte Rey.

A coloração dos frutos e produção de bioativos variaram em função das épocas de produção, sendo que no mês de janeiro houve produção de frutos com maior índice de chroma e quantidade de fenóis, em abril com maior ° Hue e em julho os frutos apresentam maior luminosidade (L*) e apresentaram maior atividade antioxidante.

REFERÊNCIAS

- AABY, K.; MAZUR, S.; NES, A.; SKREDE, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**, v. 132, n. 1, p. 86-97, 2012.
- ABRAR, A. A. M.; SULTAN, M. T.; DIN, A.; NIAZ, B. Post-harvest physicochemical changes in full ripe strawberries during cold storage. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 21, n. 1, p. 38-41, 2011.
- AHERNE, S. A.; O'BRIEN, N. M. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. **Nutrition**, New York, v.18, n.1, p.75-81, 2002.
- AMAROWICZ, R. et al. Free radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. **Food Chemistry**, v. 84, n. 04, p. 551-562, 2004.
- ANDRADE JÚNIOR, VC; GUIMARÃES, AG; AZEVEDO, AM; PINTO, NAVD; FERREIRA, MAM. Conservação pós-colheita de frutos de morangueiro em diferentes condições de armazenamento. **Horticultura Brasileira** v.34, p.405-411, 2016.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. Revista **Instituto Adolfo Lutz**, v.66, n.1, p.1-9, 2007.
- ANTUNES LEC; VIGNOLO GK; GONÇALVES MA. Morango mostra tendência de crescimento de mercado. In: Campo & Negócios, **Anuário HF** p.54-57, 2014.
- AOAC - ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12th ed. Washington, P.1015, 2005.
- BERTIN, N.; GUICHARD S.; LEONARDI C.; LONGUENESSE J. J.; LANGLOIS D.; NAVEZ B. Seasonal Evolution the Quality of fresh glasshouse Tomato under Mediterranean Conditions, as Affected by Vapour Pressure Deficit and Plant Fruit Load. **Annals of Botany**, v. 85, n.6, p. 741-750, 2000.
- BORGUINI, R. G.; SILVA, M.V. Características físico-químicas e sensorias do Tomate (*lycopersicon esculentum*) produzido por cultivo orgânico em comparação ao convencional. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 4, p. 355-361, 2005.
- BORDIGNON JR, C. L.; FRANCESCATTO, V.; NIENOW, A. A.; CALVETE, E.; REGINATTO, F. H. Influência do pH da solução extrativa no teor de antocianinas em frutos de morango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 183, 2009.
- CALVETE, E. O. et al. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.30, n.2, p. 396-401. 2008.

CANTILLANO, R.F.F; ÁVILA, J.M.M; PERALBA, M.C.R; PIZZOLATO, T.M.; TORALLES, R.P. Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción. **Horticultura Brasileira**. v.30,p.620-625, 2012.

CAVALCANTE, L. F.; LIMA, E. M.; FREIRE, J. L. O.; PEREIRA, W. E.; COSTA, A. P. M.; CAVALCANTE, I. H. L. Componentes qualitativos do cajá em sete municípios do brejo paraibano. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 627-632, 2009

CHANDLER, C. K.; SUMLER JR, J. C.; RONDON, S. Evaluation of strawberry cultivars grown under a high plastic tunnel in west central Florida. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v.118, p. 113-114, 2005.

CHAVES, V.C., TEOR DE ANTOCIANINAS, COMPOSTOS FENÓLICOS E CAPACIDADE DE CAPTAÇÃO DE RADICAIS LIVRES DE FRUTOS DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa* Duch.),**Dissertação de Mestrado**, 2014.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA, p. 785.2005.

COCCO, C. et al. Produtividade de cultivares de morangueiro de dia-curto na região de Pelotas-RS. In: XIII ENPOS - **Encontro** da Pós Graduação, UFPel - 2011.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Comparação de caracteres morfológicos e agronômicos com moleculares em morangueiros cultivados no Brasil. **Horticultura Brasileira**, n. 20, p. 419-423, 2002

COPETTI, C. Atividade antioxidante *in vitro* e compostos fenólicos em morangos (*Fragaria x ananassa* Duch): influência da cultivar, sistema de cultivo e período de colheita. 2010. 89f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

COUCEIRO. Acerola (*Malpighia glabra* L.): Fabulosa fonte de Vitamina C natural. **Reunião Nordestina de botânica**. Anais, Natal v.10, 1986.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. 514p.

DA SILVA, F. L.; ESCRIBANO-BAILÓN, M. T.; PÉREZ ALONSO, J. J.; RIVAS-GONZALO, J. C.; SANTOS-BUELGA, C. Anthocyanin pigments in strawberry. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, n. 2, p. 374-382, 2007.

DEGÁSPARI, C.H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostosfenólicos. **Visão Acadêmica**, v.5, n.1, p.33-40, 2004.

DIAMANTI, J.; CAPOCASA, F.; DENOYES, B.; PETIT, A.; CHARTIER, P.; FAEDI, W.; MALTONI, M.L.; BATTINO, M.; MEZZETTI, B. Standardized method for evaluation of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) germplasm collections as a genetic resource for fruit nutritional compounds. **Journal of Food Composition and Analysis** v.28 p.170–178. 2012.

DIAS, M. S. C.; SILVA, J. J. C. PACHECO, D. D.; RIOS, S; de A; LANZA, F. E. Produção de morangos em regiões não tradicionais. In: Morango: conquistando novas fronteiras. **Informe Agropecuário**, v.26, n.236, p.24-33, Belo Horizonte, Jan/Fev. 2007.

DOMINGUES, D.M. Efeito da radiação gama e embalagem na conservação de morangos 'Toyonoka' armazenados sob refrigeração. 2000. 60p. **Dissertação**(Mestrado em Ciências dos Alimentos)- Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Piracicaba.

DUARTE FILHO, J; ANTUNES, L.E.C; PÁDUA, J.G. Cultivares. In: Morango: conquistando novas fronteiras. DIAS, M.S.C. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, vol. 28, n. 236, p. 20-23, 2007.

FAGUNDES, G.R.; YAMANISHI, O.K.; Características Físicas e Químicas de Frutos de mamoeiro do grupo 'solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília . **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 23, n. 3, p. 541-545, 2001.

FALLER ALK & FIALHO E. Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil. **Revista Saúde Pública** v.43 p.211-218. 2009.

GALVANO, F.; LA FAUCI, L.; LAZZARINO, G.; FOGLIANO, V.; RITIENI, A.; CIAPPELLANO, S.; BATTISTINI, N. C.; TAVAZZI, B.; GALVANO, G. Cyanidins: metabolism and biological properties. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 15, n. 1, p. 2-11, 2004.

GIAMPIERI, F.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; MAZZONI, L.; ROMANDINI, S.; BOMPADRE, S.; DIAMANTI, J.; CAPOCASA, F.; MEZZETTI, B.; QUILES, J. L.; FERREIRO, M. S.; TULIPANI, S.; BATTINO, M. The potential impact of strawberry on human health. **Natural Product Research**, v. 27, n. 4-5, p. 448-455, 2013.

GIARDI, C.L.; SANHUEZA, R.M.V.; BENDER,R.J. Manejo póscolheita e rastreabilidade na produção integrada de maçãs. **Circular técnica** 31, Bento Gonçalves, 2002.

GIUSTI, M. M e WROLSTAD, R. E. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. **In Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, John Wiley & Sons, 2001.

GUTHMAN, J. Fast food/organic food: reflexive tastes and the making of 'yuppie chow'. **Social & Cultural Geography**, v.4, n.1, p.45-58, 2003.

IAL- - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4ª ed., 1ª Ed. Digital, São Paulo: 2008.

JACKMAN, R. L.; YADA, R. I.; TUNG, M. A. A review: Separation and chemical properties of anthocyanins used for their qualitative and quantitative analysis. **Journal Food Biochemistry**, v. 11, p.279-308, 1987.

JOSUTTIS, M.; VERRALL, S.; STEWART, D.; KRÜGER, E.; MCDOUGALL, G. J. Genetic and environmental effects on tannin composition in strawberry (*Fragaria × ananassa*) cultivars grown in different European locations, v. 61, n. 4, p. 790-800, 2013.

KROLOW, A. C.; SCHWENGBER, J. E.; FERRI, N. Avaliações físicas e químicas de morango cv. Aromas produzidos em sistema orgânico e convencional. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2 , n.2, p. 1732-1735, 2007.

KUMAE, S., SRIVASTAVA, N., GOMES, J. The effect of lavastatin on oxidative stress and antioxidant enzymes in hydrogen peroxide intoxicated rat. **Food and Chemical Toxicology**, 49, pp. 898-902.2011.

LAL, S.; AHMED, N.; SINGH, S. R.; SINGH, D. B.; SHARMA, O. C.; KUMAR, R. Variability of health and bioactive compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars grown under an Indian temperate ecosystem. **Fruits**, v. 68, n. 5, p. 423-434, 2013.

LEDESMA, N., SUGIYAMA, N. Pollen quality and performance in strawberry plants exposed to high-temperature stress. *J. Am. Soc. Horticulture Science*, v.130, p.341–347. 2005

LESTER, G. E.; LEWERS, K. S.; MEDINA, M. B.; SAFTNER, R. A. Comparative analysis of strawberry total phenolics via Fast Blue BB vs. Folin-Ciocalteu: Assay interference by ascorbic acid. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 27, n. 1, p. 102-107, 2012

LUCCHI, C; et al. 2011. La fragola rifioriente nel Cesenate: il caso di Apofruit Italia. **Frutticoltura**, Bologna, v. 5, p. 10-15, 2011.

MARINOVA D, RIBANOVA F, ATANASSOVA M. Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. **Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy**, Bulgaria, v.40, n.3, p. 255-260, 2005.

MARTINS, D. de S. Produção e qualidade de frutas de diferentes cultivares de morangueiro em sistema de produção de base ecológica. 81 f., 2010. **Dissertação** (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

McGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **Horticulture Science**, Duke Street, v.27, p.1254-1255, 1992

MENDONÇA, H. F. C. Produção e qualidade de morangos em cultivo protegido consorciado com a figueira. 124 f., 2011. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 2, 2008

MELO, E. de A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G. de; NASCIMENTO, R. J. do. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 2, abr.-jun. 2008.

MOURE, A. et al. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, v. 72, n. 02, p. 145-171, 2001.

OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B. Desempenho produtivo de mudas nacionais e importadas de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28; p. 520-522, 2006

OLIVEIRA, R. P.; NINO, A. F. P.; SCIVITTARO, W. B. Mudas certificadas de morangueiro: maior produção e melhor qualidade da fruta. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, v. 108, n. 655, p. 35-38, 2005.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B.; FINKENAUER, D. Produção de morangueiro da CV. Camino Real em sistema de túnel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.681-684, 2008.

OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n.1, p.91- 95, 2009.

ORNELAS-PAZ, J.; YAHIA, E. M.; RAMIREZ-BUSTAMANTE, N.; PEREZ-MARTINEZ, J. D.; ESCALANTE-MINAKATA MDEL, P.; IBARRA-JUNQUERA, V.; ACOSTA-MUNIZ, C.; GUERRERO-PRIETO, V.; OCHOA-REYES, E. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. **Food Chemistry**, v. 138, n. 1, p. 372-81, May 1 2013.

PBMH & PIMo - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA E PRODUÇÃO INTEGRADA DE MORANGO. **Normas de Classificação de Morango**. São Paulo: CEAGESP, 2009.

PERKINS-VEAZIE, P.. Growth and ripening of strawberry fruit. **Revista Horticulture**. 17:267–297. 1995

PINELI, L. DE L. DE O.; MORETTI, C.L.; RODRIGUES, J.S.Q.; FERREIRA, D.B.; CHIARELLO, M.D.. Variations in antioxidant properties of strawberries grown in Brazilian savannah and harvested in different seasons. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 92:831–838. 2012

PINELI, L. D. L. D. O.; MORETTI, C. L.; DOS SANTOS, M. S.; CAMPOS, A. B.; BRASILEIRO, A. V.; CÓRDOVA, A. C.; CHIARELLO, M. D. Antioxidants and other chemical and physical characteristics of two strawberry cultivars at different ripeness stages. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 1, p. 11-16, 2011.

RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; FARIA, M. V.; RISSINI, A. L. L.; CAMARGO, L. K. P.; CAMARGO, C. K. Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, abr./jun., 2010.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ- JIMÉNEZ, J; SAURA-CALIXTO, F.D. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. **Comunicado Técnico** 127 - EMBRAPA, 2007.

SCOLFORO C. Z. Caracterização físico-química, perfil sensorial e aceitação de morangos submetidos a irradiação. 2014. 137 f. **Dissertação** (Programa de pósgraduação em ciência e tecnologia de alimentos), Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES, 2014

- SEVERO, J. Maturação e UVC na expressão transcricional de genes envolvidos nas rotas metabólicas de parede celular, compostos fenólicos e aromas em morango. 97 f., 2009.
Dissertação (Ciência e tecnologia agroindustrial) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- SHAHIDUL ISLAM, M.; JALALUDDIN, M.; GARNER, J. O.; YOSHIMOTO, M.; YAMAKAWA, O. Artificial shading and temperature influence on anthocyanin compositions in sweetpotato leaves. **Hortscience, Japon**, v. 40, n ° 1, p. 176-180, 2005
- SILVA, M.S; DIAS, M.S.C.; PACHECO, D.D Desempenho produtivo e qualidade de frutos de morangueiros produzidos no norte de Minas Gerais. *Horticultura Brasileira*. vol.33 no.2 2015
- SILVA,R.S;VENDRUSCOLO, J.L;TORALLES, R.P. Avaliação da capacidade antioxidante em frutas produzidas na região Sul do RS. *Revista Brasileira Agrociência*, Pelotas, v.17, n.3-4, p.392-400, 2011.
- SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A.Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v.16, n.3, p.144-158, 1965.
- SOARES, E. B.; GOMES, R. L. F.; CAMPELO, J. E. G.; LOPES, A. C. A.; MATOS FILHO, C. H. A. Repetibilidade e correlações entre características morfo-agronômicas de cajazeira. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1851- 1857, 2008.
- TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal** – 3º ed. – Porto Alegre: Artmed. 719p.2004.
- TOURNAS, V. H.; KATSODAS, E. Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruit. **International Journal of Food Microbiology**, Torino, v. 105, n. 1, p. 11- 17, 2005.
- UGOLINI, L.; MARTINI, C.; LAZZERI, L.; D'AVINO, L.; MARI, M. Control of postharvest grey mould (*Botrytis cinerea* Per.: Fr.) on strawberries by glucosinolate-derived allyl-isothiocyanate treatments. **Postharvest Biology and Technology**, v. 90, p. 34-39, 2014.
- VIÉGAS, F. C. P.A. Industrialização dos produtos cítricos. **Citricultura Brasileira**. Fundação Cargill, Campinas, p.898-922, 1991.
- WANG SY; CAMP MJ. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. **Scientia Horticulturae** 85:183-199. 2000
- YOMMI, A.K.; BORQUEZ, S.L.; QUIPILDOR, S.L.; KIRSCHBAUM, D.S. Fruit quality evaluation of strawberry cultivars grown in Argentina. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 628, p. 871-878, 2003.
- ZHUANG, X.P.; LU, Y.Y.; YANG, G.S. Extraction and determination of flavonoid in ginkgo. **Chinese Herbal Medicine**, n°23, p.122-124,1992.

CAPÍTULO 3

PERFIL QUÍMICO DAS CULTIVARES DE MORANGUEIRO CAMINO REAL, MONTE REY E SANDREAS POR PS-MS

RESUMO- Vários trabalhos já caracterizaram os compostos presentes em morangos baseados em métodos espectrofotométricos; porém, o uso de espectrometria de massas fornece informações estruturais mais seguras. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi identificar os compostos presentes nas cultivares de morangueiro ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ pela técnica do *Paper Spray/MS*. Os experimentos foram realizados num espectrômetro de massa com armadilha de íons Thermo Fisher LCQ FLEET. As análises de PS-MS foram realizadas em triplicata. As amostras foram primeiramente desgaseificadas num banho de ultrassons. Em seguida, carregou-se uma alíquota num papel de cromatografia triangular mantido por um grampo de cobre ligado à fonte de tensão do espectrômetro de massa. Para cada amostra foram registradas 30 capturas. Baseado no padrão de fragmentação, as agliconas foram identificadas na forma da pelargonidina e pelargonidina ligadas a açúcares como rutinoide e glicose. Os espectros se mantiveram constantes nas três cultivares analisadas. De acordo com a intensidade do sinal, pode-se observar que a antocianina de maior abundância é a Pelargonidina-3-glicosídeo. Foram observados também a presença de açúcares frutose/glicose ligadas a aductos de potássio e sinais gerados pela presença do ácido cítrico desprotonado nas amostras, além da presença da Pedunculagina.

Palavras-chave: *Fragaria X ananassa*; Espectofotometria de Massas; *Paper Spray*.

CHEMICAL PROFILE OF ROOT STRAWBERRY CULTIVARS ROYAL, MONTE REY AND SANDREAS BY PS-MS

ABSTRACT- Several studies have characterized the compounds present in strawberries based on spectrophotometric methods; however, the use of mass spectrometry provides safer structural information. Thus, the present study aimed to identify the compounds present in Camino Real, Monte Rey and Sandreas strawberry cultivars by using the Paper Spray / MS technique. All experiments were performed on a Thermo Fisher LCQ FLEET ion trap mass spectrometer. The PS-MS analyses were performed in triplicate. Samples had previously been degassed through an ultrasonic bath. After that, an aliquot was loaded onto a triangular chromatography paper held by a copper clip attached to the voltage source of the mass spectrometer. For each sample, 30 catches were recorded. Based on the fragmentation pattern, the aglycones were identified as pelargonidin and pelargonidin linked to sugars, such as rutinoid and glucose. The spectra remained constant in the three analyzed cultivars. According to the signal intensity, the most abundant anthocyanin was Pelargonidin-3-glucoside. The presence of fructose/glucose sugars with potassium adducts was observed, as well as signals generated by the presence of deprotonated citric acid in the samples, besides the presence of Pedunculagine.

Key-words: *Fragaria X ananassa*; Mass spectrometry; Paper Spray.

1 INTRODUÇÃO

A busca por hábitos saudáveis, aliados a uma alimentação equilibrada, tem aumentado a busca por alimentos-fonte não apenas de nutrientes, mas que ajam prevenindo possíveis patologias (KAUR e DAS, 2011). Os frutos vermelhos, que têm o morango como seu principal representante, estão em alta devido à grande aceitação, a suas características organolépticas e à presença de compostos bioativos que atuam na prevenção de doenças crônicas (AABY et al. 2012).

A composição química dos frutos pode variar entre as cultivares graças à composição genética e, ainda, por sua expressão nos diferentes locais de cultivo, onde as condições climáticas impostas podem favorecer a sintetização de determinados compostos (PINELI et al. 2012).

Vários trabalhos já caracterizaram os compostos presentes em morangos baseados em métodos espectrofotométricos (MEYERS et al. 2003) ou CLAE, com detecção por DAD (KOSAR, 2004). Contudo, sabe-se que a detecção por ultravioleta tem suas limitações. Por outro lado, o uso de espectrometria de massas fornece informações estruturais seguras sobre o perfil químico dos alimentos, além de ser uma excelente alternativa para análise *in situ*, em tempo real, sob pressão atmosférica e à temperatura ambiente; consome, ainda, pouca quantidade de amostra e pode ser realizada com mínimo preparo.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi identificar os compostos presentes nas cultivares de morangueiro ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’, através da técnica do *Paper Spray/MS*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O perfil químico dos frutos do morango vem sendo amplamente estudado a fim de se obter um arranjo químico e nutricional seguro; contudo, varia entre as diferentes cultivares e pela expressão da cultivar em determinada região de cultivo. Normalmente baseia-se na presença de compostos bioativos (antocianinas, fenóis, flavonoides) (BASU et al., 2014; GIAMPIERI et al., 2012), açúcares (glicose, frutose, sacarose) (MORAES et al., 2008) e outros compostos, como os derivados do ácido elágico (PINTO, et al 2008).

Dentre as várias metodologias de avaliação destaca-se a Espectrometria de Massas (do inglês: *Mass Spectrometry* - MS), que é uma técnica analítica utilizada na obtenção do conhecimento da massa molar e de características estruturais amostrais, permitindo a separação e detecção de uma variedade muito grande de íons produzidos para identificação dos compostos específicos (GHISLAIN et al. 2012). A amostra é ionizada por um sistema de ionização, ou por uma fonte de íons, e separada de acordo com suas relações massa-carga (m/z) (NETO, 2010).

É uma técnica que fornece com exatidão e segurança informações de suma importância, tais como a composição elementar, a estrutura molecular, a quantificação e o perfil isotópico, que é único para cada composição química. Possui alta sensibilidade, exatidão e versatilidade (HOFFMAN e STROOBANT, 2007).

Os espectrômetros de massas funcionam a partir de um sistema de introdução de amostra, uma fonte de ionização, um analisador de massas e um detector que realiza a “contagem” dos íons e os transformam em corrente elétrica, que, de acordo com a magnitude, será convertida em função da razão m/z , proporcionando um espectro de massas correspondente (ROMÃO, 2010).

A geração de íons por ionização à pressão atmosférica, como a fonte de *Paper Spray*, proporciona a caracterização de compostos não voláteis, antes não detectáveis. A utilização dessa técnica se deve, principalmente, à capacidade em ionizar moléculas de massa molecular quase ilimitada, com alta polaridade e estruturas complexas, de maneira eficiente (SANTOS, 2011).

A técnica do PS-MS baseia-se na conexão de um papel triangular com um clipe de metal, posicionado em frente ao orifício de entrada do espectrômetro de massas, onde será inserida a amostra. Através do clipe de metal é aplicada uma alta voltagem entre o papel e a entrada do espectrômetro de massas e, assim, gotículas carregadas são emitidas da ponta do

papel triangular para o espectrômetro de massas, levando à formação de íons similar ao processo ESI (EVARD et al., 2015; KLAMPF e HIMMELSHBACH, 2015).

A estrutura dos poros e a propriedade hidrofílica do papel permitem o transporte do líquido sobre a sua superfície; assim, quando uma alta voltagem é aplicada, gotas carregadas são geradas nas pontas do papel por causa do alto campo elétrico gerado em torno destes cantos. Com os ângulos das pontas do papel relativamente pequenos, um forte *spray* é formado em frente à entrada do espectrômetro de massas (YANG et al., 2012; KLAMPF e HIMMELSHBACH, 2015). Os compostos presentes podem ser analisados em dois modos de ionização, sendo capazes de transferir os analitos na forma de cátions, no modo positivo, ou na forma de ânions, no modo negativo (VAZ, 2010).

As vantagens da técnica estão relacionadas à sua simplicidade, que fez com que surgisse uma variedade de aplicações, principalmente pelo fato de que maior parte dos interferentes, comumente encontrados em matrizes complexas, são retidos pelo papel com notável redução da supressão iônica. Além disso, é uma técnica de baixo custo e de fácil fabricação (PAULA et al., 2015), sendo necessário somente um baixo volume de amostra (em torno de 50 µL), pouco ou até nenhum preparo da mesma. É um sistema imune ao entupimento, o que torna possível a eliminação da necessidade de filtragem da amostra contendo sólidos dispersos, dentre outras vantagens.

Os principais estudos utilizando a técnica do PS-MS encontram-se no campo de análises de tecidos biológicos (WANG et al., 2011), farmacêuticas- em especial análises de sangue (SHI et al., 2015; ESPY et al., 2014; WANG et al., 2013), ambientais (REEBER et al., 2015; EVARD et al., 2015) e forenses (SU et al., 2013; LI et al., 2014; FERREIRA et al., 2015; PAULA et al., 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a análise do perfil químico por *Paper Spray*/MS, os frutos das três cultivares de morangueiro (Camino Real, Monte Rey e Sandreas) cultivados em região de altitude foram colhidos quando apresentavam 75% da superfície externa na coloração vermelha. Realizaram-se as colheitas sempre no horário da manhã e, em seguida, os frutos eram transportados em caixa de isopor ao Laboratório de Produção Vegetal da Universidade Federal de São João Del Rei, campus Sete Lagoas, onde eram selecionados de acordo com a ausência de injúrias mecânicas e fisiológicas. Em seguida, os frutos foram processados com auxílio de um mixer e, posteriormente, levados para o Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais.

Os experimentos foram realizados num espectrômetro de massa com armadilha de íons Thermo Fisher LCQ FLEET (San José, CA, EUA). As condições experimentais otimizadas foram: varredura de massa: 100 e 1000m / z; voltagem de pulverização de papel: 6,0 kV; tensão capilar: 40 V; tensão dalente do tubo: 120 V; temperatura capilar: 350° C; distância da ponta do papel ao espectrômetro de entrada: 1,0 cm.

As análises de *Paper Spray*-MS foram realizadas em triplicata. As amostras foram primeiramente desgaseificadas num banho de ultrassons durante 15 minutos. Em seguida, carregou-se uma alíquota de 2,0 mL num papel de cromatografia triangular (equilátero com 1,5 cm de comprimento lateral), mantido por um grampo de cobre ligado à fonte de tensão do espectrômetro de massa. Em sequência, 40,0 mL de metanol de grau HPLC foram aplicados ao papel triangular e a fonte de tensão foi ligada. A carga da amostra foi realizada perto do ápice (alinhado à entrada MS) do papel triangular. Para cada amostra foram registradas 30 capturas. Os dados foram coletados com o *software* Thermo Fisher Scientific Xcalibur 2.2 SP1 (PEREIRA et al. 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseado no padrão de fragmentação, as agliconas foram identificadas na forma da pelargonidina e os espectros se mantiveram constantes nas cultivares de morangueiro ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’.

O modo positivo foi escolhido para a espectrometria de massas já que as antocianinas tem uma carga positiva natural, sendo assim, tem-se a representação como [M]⁺, por se tratar de um cátion (ABDEL-AAL, YOUNG e RABALSKI, 2006).

A presença do íon 271 indicou que a aglicona principal das três cultivares é a pelargonidina (2-(4-Hydroxifenil)cromenilium-3,5,7-triol). Foi observado um padrão de fragmentação apresentado sugeriu uma ligação a um açúcar. Assim, foi caracterizado como pelargonidina 3-O-rutinosídeo (m/z = 579), compreendendo rutinose [M308] e pelargolidina [271].

De acordo com a intensidade do sinal, pode-se observar que a antocianina de maior abundância é a Pelargonidina-3-glicosídeo (m/z=433) (Figura 1), que compreende uma pelargolidina [M271] acrescida de uma molécula de glicose [M162].

Os compostos antociânicos constituem o grupo de bioativos com maior destaque nos frutos de morango, graças à coloração característica por ela apresentada. Entre as antocianinas presentes nesses frutos, a pelargonidina-3-O-glicosídeo representa mais de 80% do total de antocianinas encontradas, seguida pela cianidina-3-O-glicosídeo e pelargonidina-3-O-rutinosídeo, estas compreendendo 95% da totalidade das antocianinas (BRIDLE e GARCIA-VIGUERA, 1997; DA SILVA et al. 2007; GIAMPIERI et al. 2013; LUKTON; CHICHESTER; MACKINNEY, 1955; WICKLUND et al. 2005).

Além do morango, a pelargonidina foi identificada em uma grande variedade de frutos como uva, cereja doce, ameixa preta, cranberry, framboesa e amora (WU e PRIOR, 2005; VEBERIC et al. 2015) e juçara (BRITO et al. 2007).

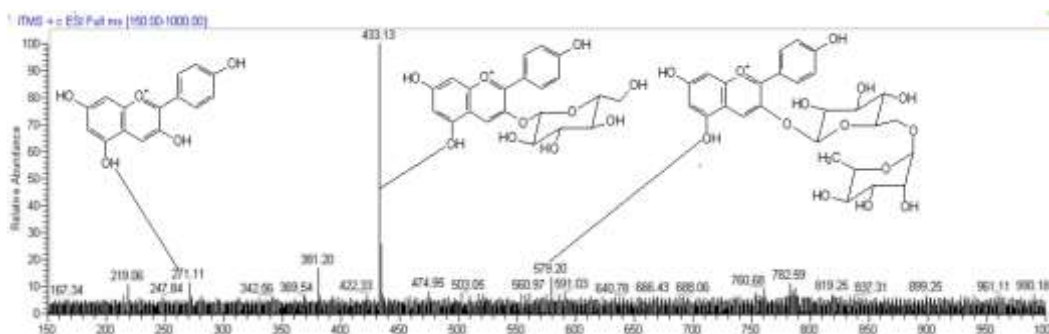


Figura 3. Cromatograma por Paper Spray/MS da cultivar de morangueiro Monte Rey.

O alto teor de açúcares presente nas amostras encontrado nos testes físico-químicos foi corroborado com a abundância de sinais gerados nos espectros de MS (Figura 2).

Para a cultivar Sandreas foi observado a presença de frutose/glicose ligados a aductos de potássio (m/z 219), e sacarose com aductos de potássio (m/z 381). A presença dos aductos na amostra é devido às elevadas concentrações de sais minerais (Na^+ , K^+ , Ca^{++}) presentes em amostras de produtos naturais, principalmente a abundância do potássio nos frutos de morango.

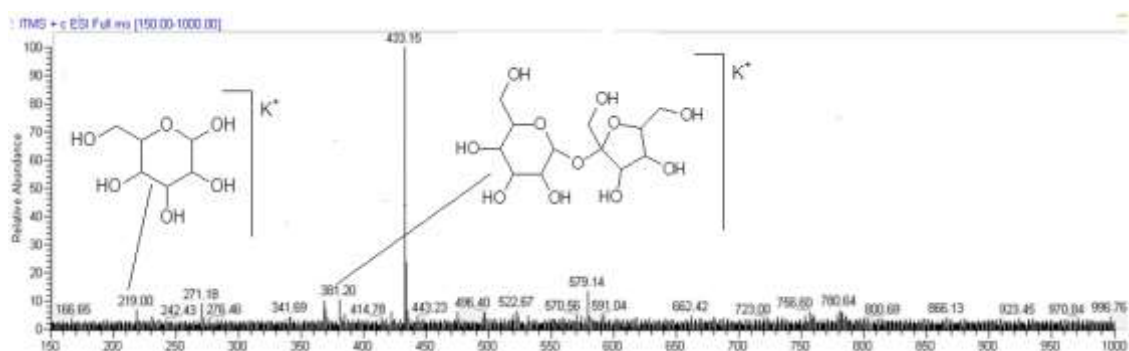


Figura 4. Cromatograma por Paper Spray/MS da cultivar de morangueiro Sandreas.

Também foi observado na figura sinais gerados pela presença do ácido cítrico na cultivar Camino Real, sendo eles o sinal do ácido cítrico desprotonado [$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7\text{-H}$] – de m/z 191. O ácido cítrico é o ácido predominante dos frutos de morango, é um antioxidante secundário que age por vários mecanismos de ação como ligação com metais, remoção de oxigênio e absorvendo radiação UV (GORDON, 2001).

Foi observada também a presença da Pedunculagina nas amostras (m/z 784), que é considerada uma elagitaninos substância a qual apresenta atividade inibitória da anidrase carbônica, e ainda pode ser útil no tratamento do glaucoma e diurese (SATOMI et al. 1993). Pedunculagina também se caracteriza por possuir alta atividade antitumoral *in vivo* e *in vitro* contra vários tipos de células cancerosas e promissora no tratamento de dermatite atópica (CHANG et al. 1995, LEE et al. 2010).

Os elagitaninos estão abundantemente presentes em frutos como framboesas, amora-preta e morango e, são detectados e quantificados como ácido elágico (AMAKURA et al. 2000).

Entretanto, Hager et al. (2008) identificou picos em amora-preta como sendo isômeros de pedunculagina. Esses compostos já foram identificados por Seeram et al. (2006) em extratos de morango.

CONCLUSÃO

Os compostos encontrados foram semelhantes nas cultivares ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’.

A pelargolidina é a aglicona de maior abundância nos frutos de morango. Sendo a pelargolidina 3-O- glicosídeo a presente com pico de maior intensidade nas cultivares ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’.

Há uma grande quantidade de açúcares (glicose, frutose) ligadas ou não à aductos de potássio em todas as cultivares, Além da presença de ácido cítrico e o derivado do ácido elágico pedunculagina.

REFERÊNCIAS

AABY, K.; MAZUR, S.; NES, A.; SKREDE, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**, v. 132, n. 1, p. 86-97, 2012.

ABDEL-AAL, EI-S.M.; YOUNG, J.C.; RABALSKI, I.; Anthocyanin composition in black, bleu, pink, purple, and red cereal grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, n.13, p.4696–4704, 2006.

AMAKURA, Y.; OKADA, M.; TSUJI, S.; TONOGAI, Y. High-performance liquid chromatographic determination with photodiode array detection of ellagic acid in fresh and processed fruits. **Journal Chromatography. A**, Amsterdam, v. 896, p. 87-93, 2000.
BASU, A. et al. Strawberry as a functional food: an evidence-based review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 54, n. 6, p. 790- 806, 2014.

BRIDLE, P.; GARCIA-VIGUERA, C.; TOMAS-BARBERAN, F. A. Analysis of anthocyanins by capillary zone electrophoresis. **Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies**, v. 19, n. 4, p. 537-545, 1997.

BRITO, E.S.; ARAÚJO, M.C.P.; ALVEZ, R.E.; CARKEET, C.; CLEVIDENCE, B.A.; NOVOTNY, J.A. Anthocyanins present in selected tropical fruits: acerola, jambolão, jussara, and guajiru. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.55, n.23, p.9389–9394, 2007.

CHANG, J. H.; CHO, J. H.; KIM, H. H.; LEE, K. P.; LEE, M. W.; HAN, S. S.; LEE, D. I. Antitumor activity of pedunculagin, one of the ellagitannin. **Archives of Pharmacal Research**, v. 18, p. 396-401, 1995.

DA SILVA, F. L.; ESCRIBANO-BAILÓN, M. T.; PÉREZ ALONSO, J. J.; RIVAS-GONZALO, J. C.; SANTOS-BUELGA, C. Anthocyanin pigments in strawberry. **LWT Food Science and Technology**, v. 40, n. 2, p. 374-382, 2007.

ESPY, R. D.; TEUNISSEN, S. F.; MANICKE, N. E.; REN, Y.; OUYANG, Z.; ASTEN, A. V.; COOKS, R. G. Paper Spray and Extraction Spray Mass Spectrometry for the Direct and Simultaneous Quantification of Eight Drugs of Abuse in Whole Blood. **Analytical Chemistry**, v. 86, p. 7712–7718, 2014.

EVARD, H.; KRUBE, A.; LÖHMUS, R.; LEITO, I. Paper spray ionization mass spectrometry: Study of a method for fast-screening analysis of pesticides in fruits and vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 41, p. 221–225, 2015.

FERREIRA, P. S.; SILVA, D. F. A.; AUGUSTI, R.; PICCIN, E. Forensic analysis of ballpoint pen inks using paper spray mass spectrometry. **Analyst**, v. 140, p. 811–819, 2015.

GHISLAIN, T.; FAURE, P.; MICHELS, R. Detection and Monitoring of PAH and Oxy-PAHs by High Resolution Mass Spectrometry: Comparison of ESI, APCI and APPI Source Detection. **Journal Am. Society Mass Spectrom.**, 23, 530-536. 2012.

GIAMPIERI, F. et al. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. **Nutrition**, London, v. 28, n. 1, p. 9-19, 2012.

GIAMPIERI, F.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; MAZZONI, L.; ROMANDINI, S.; BOMPADRE, S.; DIAMANTI, J.; CAPOCASA, F.; MEZZETTI, B.; QUILES, J. L.; FERREIRO, M. S.; TULIPANI, S.; BATTINO, M. The potential impact of strawberry on human health. **Natural Product Research**, v. 27, n. 4-5, p. 448-455, 2013.

GORDON, M. H. The development of oxidative rancidity in foods. In: POKORNY, J.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M. **Antioxidants in food**. England: Woodhead publishing, 2001.

HAGER TJ, HOWARD LR, LIYANAGE R, LAY JO, PRIOR RL. Ellagitannin composition of blackberry as determined by HPLC-ESI-MS and MALDI-TOF-MS. **Journal Agriculture Food Chemical**, Columbus, v. 56, p. 661-669, 2008.

HOFFMAN, E.; STROOBANT, V. **Mass Spectrometry: Principles and Applications**. 3^a Ed. West Sussex: John Wiley & Sons, Bruxellas, Bélgica., 158 p. 2007.

KAUR, S.; DAS, M. Functional foods: An overview. **Food Science Biotechnology**, v. 20, p. 861-875, 2011.

KLAMPFL, C. W.; HIMMELSBACH, M. Direct ionization methods in mass spectrometry: An overview. **Analytica Chimica Acta**, v. 890, p. 44-59, 2015.

KOSAR, M.; KAFKAS, E.; PAYDAS, S.; BASER, K.H.C. Phenolic composition of strawberry genotypes at different maturation stages. **Journal Agriculture Food Chemistry**., Columbus, v. 52, p. 1586-1589, 2004.

LEE, O.; CHOI, M. H; HA, S. H; LEE, G. W.; KIM, J. Y.; PARQUE, G. M.; LEE, M. W.; CHOI, Y. W.; KIM, M. G. Effect of pedunculagin investigated by non-invasive evaluation on atopic-like dermatitis in NC/Nga mice. **Skin Research and Technology**, v. 16, p. 371-377, 2010.

LI, M.; ZHANG, J.; JIANG, J.; ZHANG, J.; GAO, J.; QIAO, .X. Rapid, in situ detection of cocaine residues based on paper spray ionization coupled with ion mobility spectrometry. **Analyst**, v. 139, 1687-1691, 2014.

LUKTON, A.; CHICHESTER, C.; MACKINNEY, G. Characterization of a second pigment in strawberries. **Nature**, v. 176, p. 790, 1955.

MEYERS, K.J.; WATKINS, C.B.; PRITTS, M.P.; LIU, R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 51, p. 6887- 6892, 2003.

MORAES, I.V.M.; CENCI, E.A.;BENEDETTI, B.C.;MAMEDE, A.M.G.N.; SOARES, A.G.BARBOSA, H.T.G. Características físicas e químicas de morango processado

minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28,p. 274-281, 2008.

NETO, M. B. Método Absoluto e Geral para a Avaliação Estrutural Direta de Isômeros Constitucionais por Espectrometria de Massas Pentaquadrupolar. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas,. 199 p. 2010.

PAULA, C. C. A.; LORDEIRO, R. A.; PICCIN, E.; AUGUSTI, R. Paper spray mass spectrometry applied to the detection of cocaine in simulated samples. **Analytical Methods**, v. 7, p. 9145–9149, 2015.

PEREIRA,H.V.;AMADOR,V.S.;SENA,M.M.;AUGUSTI,R.;PICCIN.E. Paper spray mass spectrometry and PLS-DA improved by variable selection for the forensic discrimination of beers. **Analytica Chimica Acta** .2016.

PINELI, L. DE L. DE O.; MORETTI, C.L.; RODRIGUES, J.S.Q.; FERREIRA, D.B.; CHIARELLO, M.D.. Variations in antioxidant properties of strawberries grown in Brazilian savannah and harvested in different seasons.**Journal of the Science of Food and Agriculture** 92:831–838. 2012.

PINTO, M.S;LAJOLO,F.M;GENOVESE, M.I. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Food Chemistry** 107 1629–1635, 2008.

REEBER, S. L.; GADI, S.; HUANGB, S. B.; GLISH, G. L. Direct analysis of herbicides by paper spray ionization mass spectrometry. **Analytical Methods**, v. 7, p. 9808–9816, 2015.

ROMÃO, W. Novas Aplicações da Espectrometria de Massas em Química Forense. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 201p. 2010.

SANTOS, V. G. Novas Propostas para o Estudo de Mecanismos de Reações Orgânicas por Espectrometria de Massas. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 117 p. 2011.

SATOMI, H.; UMEMURA, K.; UENO, A.; HATANO, T.; OKUDA, T.; NORO, T. Carbonic anhydrase inhibitors from the pericarps of *Punica granatum* L. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 16, p. 787-790, 1993.

SEERAM, N.P.; LEE, R.; SCHEULLER, S.; HEBER, D. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. **Food Chemical**, Oxford, v. 97, p. 1-11, 2006b.

SHI, R. Z.; GIERARI, E. T. M. E.; MANICKE, N. E.; FAIX, J. D. Rapid measurement of tacrolimus in whole blood by paper spray-tandem mass spectrometry (PS-MS/MS). **Clinica Chimica Acta**, v. 441, p. 99–104, 2015.

SU, Y.; WANG, H.; LIU, J.; WEI, P.; COOKS, R. G.; OUYANG, Z. Quantitative paper spray mass spectrometry analysis of drugs of abuse. **Analyst**, v. 138, p. 4443–4447, 2013.

VAZ, B. G. Petroleômica por FT-ICR MS: Desvendando a Composição de Polares do Petróleo e Derivados. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, p.191 , 2010.

VEBERIC, R. et al. Anthocyanin composition of different wild and cultivated berry species. **LWT – Food Science and Technology**, v. 60, p. 509–517, 2015.

WANG, H.; MANICKE, N. E.; YANG, Q.; ZHENG,L.; SHI, R.; COOKS, R. G.; OUYANG, Z. Direct Analysis of Biological Tissue by Paper Spray Mass Spectrometry. **Analitycal Chemistry**, v. 83, p. 1197–1201, 2011.

WANG, H.; REN, Y.; MCLUCKEY, M. N.; MANICKE, N. E.; PARK, J.; ZHENG, L.; SHI, R.; COOKS, R. G.; OUYANG, Z. Direct Quantitative Analysis of Nicotine Alkaloids from Biofluid Samples using Paper Spray Mass Spectrometry. **Analitycal Chemistry**, v. 85, p. 11540–11544, 2013.

WICKLUND, T.; ROSENFELD, H. J.; MARTINSEN, B. K.; SUNDFØR, M. W.; LEA, P.; BRUUN, T.; BLOMHOFF, R.; HAFFNER, K. Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 38, n. 4, p. 387-391, 2005.

WU, X., PRIOR, R.L. Systematic identification and characterization of anthocyanins by HPLC-ESI-MS/MS in common foods in the United States: fruits and berries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.7, p.2589–2599, 2005.

YANG, Q.; WANG, H.; MAAS, J. D.; CHAPPELL, W. J.; MANICKE, N. E.; COOKS, R. G.; OUYANG, Z. Paper spray ionization devices for direct, biomedical analysis using mass spectrometry. **International Journal Mass Spectrometry**, v. 312, p. 201-207, 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cultivares de morangueiro ‘Camino Real’, ‘Monte Rey’ e ‘Sandreas’ apresentaram bom desempenho fenotípico nas condições de altitude, podendo ser recomendadas para plantios comerciais na região da Serra da Mantiqueira.

A cultivar ‘Monte Rey’ apresentou maior número de botões florais; como cultivar de dia neutro, ela se adapta melhor às diferentes regiões de cultivo.

A frutificação efetiva dos frutos é influenciada por diferentes condições climáticas. Em regiões de elevada altitude, temperaturas mais amenas propiciam maiores taxas de diferenciação floral e frutificação. Já temperaturas mais elevadas diminuem o ciclo fenológico das cultivares, o que pode ser uma vantagem comercial com base na oscilação dos preços no mercado.

As características de qualidade dos frutos se caracterizam de acordo com o mercado de destino; assim, não se pode definir uma cultivar como melhor dentre as demais.

Os frutos da cultivar ‘Sandreas’ e ‘Camino Real’ apresentaram bons atributos físicos, como maior massa e diâmetro, sendo muito interessantes para o mercado *in natura*, enquanto as cultivares ‘Camino Real’ e ‘Monte Rey’ se destacaram nas características físico-químicas e na quantidade de compostos bioativos, que são interessantes também para a indústria.

Através da análise por *Paper Spray* foi observada a perlagolidina como aglicona de maior abundância, principalmente ligada à rutinose. Há também uma acentuada presença de açúcares nas amostras, como a frutose e a glicose, que formam aductos de potássio, e também sinais gerados pela presença do ácido cítrico desprotonado, além da presença da Pedunculagina, que é um derivado do ácido elágico, nas amostras.

ANEXOS

Anexo 1. Resumo das análises de variância da diferenciação floral, número de frutos e porcentagem de frutificação efetiva de três cultivares de morangueiro ('Camino Real', 'Monte Rey' e 'Sandreas') cultivados em três diferentes épocas (janeiro, abril e julho).

| | GL | Diferenciação Floral | % de Frutificação |
|-------------------------|----|----------------------|---------------------|
| Bloco | 3 | 1,51 ^{ns} | 36,42 ^{ns} |
| Cultivar | 2 | 108,86* | 349,34* |
| Época | 2 | 582,11* | 331,87* |
| Cultivar x Época | 4 | 8,76 ^{ns} | 196,40* |
| CV | | 12,18 | 4,14 |

^{ns} Não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Anexo 2. Resumo das análises de variância das fases fenológicas de três cultivares de morangueiro ('Camino Real', 'Monte Rey' e 'Sandreas') cultivados em três diferentes épocas (janeiro, abril e julho)

| FV | GL | QM | | | | | | | | |
|-------------------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 | F9 |
| Bloco | 3 | 0,03 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,47* | 0,48 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | 0,14 ^{ns} | 0,17 ^{ns} |
| Cultivar | 2 | 3,44* | 1,19* | 0,02 ^{ns} | 5,77* | 6,69* | 11,86* | 9,33* | 7,44* | 5,58* |
| Época | 2 | 0,11 ^{ns} | 0,52* | 11,19* | 264,69* | 104,86* | 2,86* | 4,00* | 0,77* | 22,75* |
| Cultivar x Época | 4 | 0,11 ^{ns} | 0,27* | 3,94* | 5,77* | 1,40* | 5,44* | 1,33* | 2,11* | 0,95* |
| CV | | 11,95 | 15,51 | 17,44 | 9,94 | 4,12 | 5,34 | 7,42 | 5,41 | 9,79 |

^{ns} Não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Anexo 3. Resumo das análises de variância das variáveis físicas: diâmetro transversal, diâmetro longitudinal, massa média e volume de frutos de três cultivares de morangueiro cultivados em três diferentes épocas.

| FV | GL | QM | | | |
|-------------------------|----|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | | DT | DL | Massa | Volume |
| Bloco | 3 | 1,34 ^{ns} | 1,19 ^{ns} | 2,05 ^{ns} | 1,91 ^{ns} |
| Cultivar | 2 | 8,44 ^{ns} | 12,87 ^{ns} | 7,70* | 0,54 ^{ns} |
| Época | 2 | 88,02* | 24,70* | 32,03* | 35,04* |
| Cultivar x Época | 4 | 11,05 ^{ns} | 2,93 ^{ns} | 6,24 ^{ns} | 5,96* |
| CV | | 4,08 | 2,59 | 10,87 | 15,41 |

^{ns} Não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Anexo 4. Resumo das análises de variância das variáveis de cor: Luminosidade, Cromo e ângulo Hue de frutos de três cultivares de morangueiro cultivados em três diferentes épocas.

| FV | GL | QM | | |
|-------------------------|----|--------------------|----------------------|--------------------|
| | | Luminosidade | Croma | °Hue |
| Bloco | 3 | 3,91 ^{ns} | 230,50 ^{ns} | 0,75 ^{ns} |
| Cultivar | 2 | 2,69 ^{ns} | 112,80 ^{ns} | 26,08* |
| Época | 2 | 333,97* | 564,90* | 9,80* |
| Cultivar x Época | 4 | 8,12 ^{ns} | 75,18 ^{ns} | 9,02* |
| CV | | 5,41 | 33,20 | 4,19 |

^{ns} Não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Anexo 5. Resumo das análises de variância das variáveis físico químicas: pH, sólidos solúveis, acidez titulável e relação sólidos solúveis com acidez titulável de frutos de três cultivares de morangueiro cultivados em três diferentes épocas.

| FV | GL | QM | | | |
|-------------------------|----|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | | pH | SS | AT | SS/AT |
| Bloco | 3 | 0,01 ^{ns} | 0,08 ^{ns} | 0,002 ^{ns} | 0,17 ^{ns} |
| Cultivar | 2 | 0,01 ^{ns} | 1,42* | 0,17* | 9,07* |
| Época | 2 | 0,09* | 0,80* | 0,04 ^{ns} | 4,32* |
| Cultivar x Época | 4 | 0,01* | 0,77* | 0,01* | 0,58 ^{ns} |
| CV | | 3,96 | 5,07 | 9,97 | 10,75 |

^{ns} Não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Anexo 6. Resumo das análises de variância de compostos bioativos: Fenóis totais, Flavonoides totais, Atividade Antioxidante (AA) e Antocianinas totais de frutos de três cultivares de morangueiro cultivados em três diferentes épocas.

| FV | GL | QM | | | |
|-------------------------|----|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|
| | | Fenóis | Flavonoides | AA | Antocianinas |
| Bloco | 3 | 0,17 ^{ns} | 1220,70** | 0,15 ^{ns} | 8,88 ^{ns} |
| Cultivar | 2 | 0,17 ^{ns} | 452,50* | 18,60** | 410,72** |
| Época | 2 | 26,97** | 436,49* | 16,21** | 272,34** |
| Cultivar x Época | 4 | 0,76 ^{ns} | 297,07* | 3,75 ^{ns} | 103,10** |
| CV | | 13,45 | 18,73 | 4,96 | 13,60 |

^{ns} Não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.