

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO, PR**

**ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO  
MORANGUEIRO CV. CAMAROSA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**KÉLIN SCHWARZ**

**GUARAPUAVA-PR  
2012**

**KÉLIN SCHWARZ**

**ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO  
MORANGUEIRO CV. CAMAROSA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende  
Orientador

GUARAPUAVA-PR  
2012

Catálogo na Publicação  
Biblioteca do CEDETEG - UNICENTRO, Campus Guarapuava

S411a Schwarz, Kélin  
Adubação potássica na produtividade e qualidade do morangueiro cv. Camarosa/  
Schwarz Kélin. -- Guarapuava, 2012.  
xiii, 109 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende

Banca examinadora: Profa. Dra. Eunice Calvete, Prof. Dr. Renato Vasconcelos  
Botelho, Prof. Dr. Marcos Ventura Faria, Profa. Dra Maria Ligia Souza Silva

Bibliografia

1. Morangueiro. 2. Morango. 3. Potássio. 4. Compostos bioativosI. Título. II.  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

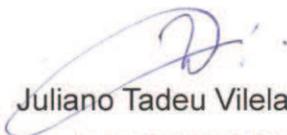
CDD 634.75

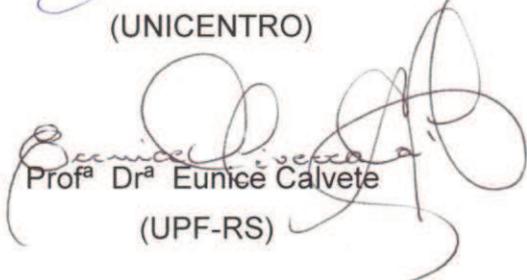
KÉLIN SCHWARZ

**“ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO  
MORANGUEIRO CV. CAMAROSA”**

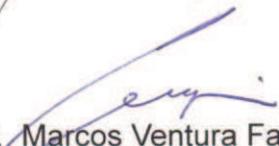
Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

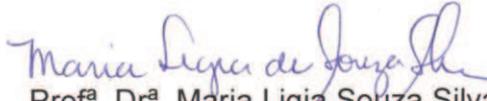
Aprovada em 24 de janeiro de 2012.

  
Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende  
(UNICENTRO)

  
Profª Drª Eunice Calvete  
(UPF-RS)

  
Prof. Dr. Renato Vasconcelos Botelho  
(UNICENTRO)

  
Prof. Dr. Marcos Ventura Faria  
(UNICENTRO)

  
Profª Drª Maria Ligia Souza Silva  
(UNICENTRO)

GUARAPUAVA-PR  
2012

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e pelas oportunidades.

Ao professor Juliano, pela oportunidade e orientação, pela confiança, pelo exemplo de mestre, pelo apoio e pela troca de conhecimentos.

À Universidade Estadual do Centro-Oeste pela estrutura física e profissional durante minha formação e à CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos colegas e professores do Mestrado em Agronomia da UNICENTRO, que muito contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal.

Ao professor Marcos pela paciência com a estatística e ao Anderson, à Cassia e à Letícia pela colaboração durante a realização deste trabalho.

Aos professores da banca de defesa Maria Ligia, Eunice, Marcos e Renato por suas contribuições e por aceitarem participar da banca de defesa deste trabalho.

Aos meus pais Henrique e Olivia e ao meu irmão Gleisson, pela paciência, compreensão, sabedoria, incentivo e exemplos nesses anos todos ensinando o valor do amor, da vida, da solidariedade, da simplicidade, da importância da dedicação no trabalho, encorajando na luta para realização dos sonhos. E, a todos os meus familiares pelo apoio e incentivo ao estudo.

Ao meu namorado Clovis, pelo carinho e amizade, pela companhia para os estudos e experimentos, por sua paciência e pelo apoio sempre, inclusive para a construção deste trabalho, o qual teve sua colaboração em muitos momentos.

A todos os meus amigos, por compartilharmos alegrias e tristezas e pelas palavras de apoio e incentivo: amigos do grupo de Olericultura (Ana, Juliana, Gizele, Juliane, João, Alexandre, Josué, Anderson Quartiero, Rafael, Diego Munhoz, Diego de Mark, Daniel, Willian, Vagner, Victor, Alex), amigos da república do sobrado (Gizele, Luana, Emily, Andrícia, Aline e Adriano), amigos dos corredores e do mestrado (Isabella, Milena, Édina, Silvana).

Às secretárias do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UNICENTRO Juliana e Lucília pela ajuda em muitos momentos, sempre muito alegres e pacientes.

Aos funcionários do campo, Elias, Manoel e Ângelo pelo apoio e suporte prestados.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>i</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>iii</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
2.1. Geral .....	3
2.2. Específicos .....	3
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
3.1. Cultura do morangueiro .....	4
3.1.1. Aspectos botânicos e fisiológicos .....	4
3.1.2. Aspectos econômicos e de produção .....	6
3.2. Potássio .....	7
3.3. Qualidade pós-colheita .....	11
3.3.1. Atributos de qualidade .....	11
3.3.2. Valor nutricional – Compostos bioativos .....	13
3.3.2.1. Compostos fenólicos .....	14
3.3.2.2. Antocianinas .....	15
3.3.2.3. Ácido ascórbico .....	17
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
4.1. Local do experimento .....	19
4.2. Material experimental .....	19
4.3. Delineamento experimental e tratamentos .....	19
4.4. Condução do experimento .....	20
4.5. Avaliações .....	22
4.5.1. Características agronômicas .....	22
4.5.1.1. Teor de potássio foliar .....	22
4.5.1.2. Teor de potássio nos frutos .....	22
4.5.1.3. Produção por planta .....	23
4.5.1.4. Número de frutos por planta .....	23
4.5.1.5. Massa média de frutos .....	23

4.5.1.6. Exportação de potássio pelos frutos.....	23
4.5.2. Determinações analíticas .....	24
4.5.2.1. Umidade.....	24
4.5.2.2. Sólidos solúveis .....	24
4.5.2.3. Acidez titulável.....	25
4.5.2.4. Relação sólidos solúveis/acidez titulável.....	25
4.5.2.5. pH.....	25
4.5.2.6 Açúcares redutores.....	25
4.5.2.7. Compostos fenólicos.....	26
4.5.2.8. Antocianinas .....	26
4.5.2.9. Ácido ascórbico .....	27
4.6. Análises estatísticas .....	27
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
5.1. Características agronômicas .....	28
5.1.1. Teor de potássio nas folhas e frutos.....	29
5.1.2. Produção por planta .....	33
5.1.3. Número de frutos por planta .....	35
5.1.4. Massa média de frutos .....	37
5.1.5. Exportação de K pelos frutos.....	38
5.2. Qualidade pós-colheita .....	40
5.2.1. Atributos de qualidade .....	42
5.2.1.1. Umidade.....	42
5.2.1.2. Sólidos solúveis .....	45
5.2.1.3. Acidez titulável.....	48
5.2.1.4. Relação entre sólidos solúveis e acidez titulável.....	51
5.2.1.5. pH.....	53
5.2.1.6. Açúcares redutores.....	56
5.2.2. Valor nutricional – Compostos bioativos .....	59
5.2.2.1. Compostos fenólicos.....	59
5.2.2.2. Antocianinas .....	63
5.2.2.3. Ácido ascórbico .....	67
5.3. Correlações entre as características avaliadas .....	70
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>78</b>
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>80</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>81</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Vista parcial do experimento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012..... 21
- Figura 2.** Teor de potássio nas folhas de morangueiro cv. Camarosa ( $\text{g kg}^{-1}$ ), em resposta a doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. .... 30
- Figura 3.** Teores de potássio nos frutos de morangueiro cv. Camarosa ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 2<sup>a</sup> Colheita (B); 3<sup>a</sup> Colheita (C); 4<sup>a</sup> Colheita (D). Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012. .... 32
- Figura 4.** Produção média ( $\text{g planta}^{-1}$ ) ao final de quatro colheitas de morangueiro cv. Camarosa em função de doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012. .... 34
- Figura 5.** Número de frutos por planta de morangueiro cv. Camarosa em função de doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012. .... 36
- Figura 6.** Massa média de frutos ( $\text{g}$ ) de morangueiro cv. Camarosa em função de doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012. .... 37
- Figura 7.** Exportação média de K ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) ao final do ciclo da cultura de morangueiro cv. Camarosa em função de doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) (A) e exportação de K ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função de doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> (B). Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012. 40
- Figura 8.** Teor de umidade de frutos de morangueiro cv. Camarosa (%) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 2<sup>a</sup> Colheita (B); 3<sup>a</sup> Colheita (C); 4<sup>a</sup> Colheita (D). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. .... 44
- Figura 9.** Teor de sólidos solúveis de frutos de morangueiro cv. Camarosa ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 2<sup>a</sup> Colheita (B); 3<sup>a</sup> Colheita (C); 4<sup>a</sup> Colheita (D). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. .... 47
- Figura 10.** Acidez titulável de frutos de morangueiro cv. Camarosa ( $\text{g ácido cítrico } 100 \text{ g}^{-1}$  polpa) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em quatro

épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 2<sup>a</sup> Colheita (B); 3<sup>a</sup> Colheita (C); 4<sup>a</sup> Colheita (D).  
Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012..... 50

**Figura 11.** Relação entre sólidos solúveis e acidez titulável de frutos de morangueiro cv. Camarosa em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 2<sup>a</sup> Colheita (B); 3<sup>a</sup> Colheita (C); 4<sup>a</sup> Colheita (D). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012..... 52

**Figura 12.** pH de frutos de morangueiro cv. Camarosa em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 2<sup>a</sup> Colheita (B); 3<sup>a</sup> Colheita (C); 4<sup>a</sup> Colheita (D). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. .... 55

**Figura 13.** Açúcares redutores em frutos de morangueiro cv. Camarosa (%) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) em três épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 3<sup>a</sup> Colheita (B); 4<sup>a</sup> Colheita (C). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. .... 58

**Figura 14.** Compostos fenólicos em frutos de morangueiro cv. Camarosa (mg GAE 100 g<sup>-1</sup> polpa) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) em três épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 3<sup>a</sup> Colheita (B); 4<sup>a</sup> Colheita (C). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. .... 62

**Figura 15.** Antocianinas em frutos de morangueiro cv. Camarosa (mg cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup> polpa) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 2<sup>a</sup> Colheita (B); 3<sup>a</sup> Colheita (C); 4<sup>a</sup> Colheita (D). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. .... 66

**Figura 16.** Teor de ácido ascórbico em frutos de morangueiro cv. Camarosa (mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 2<sup>a</sup> Colheita (B); 3<sup>a</sup> Colheita (C); 4<sup>a</sup> Colheita (D). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012..... 69

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Resultados da análise química do solo utilizado no experimento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. ....	21
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância para as características: teor de potássio foliar, produção por planta, número de frutos por planta e massa média de frutos. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. ....	28
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância para as características teor de potássio nos frutos e exportação de potássio. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. ....	28
<b>Tabela 4.</b> Teor de potássio nas folhas e nos frutos ( $\text{g kg}^{-1}$ de massa seca) de morangueiro cv. Camarosa em função de diferentes fontes de fertilizantes potássicos. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. ....	29
<b>Tabela 5.</b> Exportação de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para a produção de morangueiro cv. Camarosa em função de diferentes fontes de fertilizantes potássicos e épocas de colheita*. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. ....	39
<b>Tabela 6.</b> Resumo da análise de variância para as características: umidade, sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, pH, açúcares redutores, compostos fenólicos, antocianinas e ácido ascórbico. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. ....	41
<b>Tabela 7.</b> Teor de umidade, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, relação entre sólidos solúveis e acidez titulável, pH e açúcares redutores em frutos de morangueiro cv. Camarosa em função de épocas de colheita e fontes de fertilizantes potássicos. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. ....	45
<b>Tabela 8.</b> Compostos fenólicos, antocianinas e ácido ascórbico em frutos de morangueiro cv. Camarosa em função de épocas de colheita e fontes de fertilizantes potássicos. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012. ....	60
<b>Tabela 9.</b> Resumo das correlações entre as características avaliadas para a fonte $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012. ....	71
<b>Tabela 10.</b> Resumo das correlações entre as características avaliadas para a fonte $\text{KNO}_3$ . Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012. ....	72
<b>Tabela 11.</b> Resumo das correlações entre as características avaliadas para a fonte KCl. Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012. ....	73

## RESUMO

SCHWARZ, Kélin. **Adubação potássica na produtividade e qualidade do morangueiro cv. Camarosa**. Guarapuava: UNICENTRO, 2012. 96p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia)

A nutrição e a adubação exercem influência sobre as características físicas e químicas do morango e o potássio é um dos nutrientes que mais favorece a qualidade do fruto. O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de fontes e doses de fertilizantes potássicos nas características agrônômicas e de pós-colheita de frutos de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivar Camarosa. O experimento foi conduzido em vasos em estufa tipo capela, no município de Guarapuava, PR, utilizando um Latossolo Bruno Álico Distrófico. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, em arranjo fatorial 6x3 (seis doses x três fontes de fertilizantes potássicos). Para as características de pós-colheita, teor de potássio nos frutos e exportação de potássio, o delineamento foi o inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com três repetições, sendo as parcelas constituídas por um fatorial 6x3 (seis doses x três fontes de fertilizantes potássicos), e as subparcelas por quatro épocas de colheita. As fontes utilizadas foram sulfato de potássio, nitrato de potássio e cloreto de potássio nas doses: 0, 200, 400, 600, 800 e 1000 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. As características avaliadas foram: teores de potássio nas folhas e frutos, produção por planta, número de frutos por planta, massa média de frutos, teor de umidade dos frutos, sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis e acidez titulável, pH, açúcares redutores, compostos fenólicos, antocianinas e ácido ascórbico, bem como as correlações entre essas características e a exportação de K pelos frutos. O aumento nas doses de potássio gerou maiores teores de potássio nos frutos e nas folhas, sendo o maior teor de potássio foliar proporcionado por KNO<sub>3</sub> e, o maior teor de K nos frutos por KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. A produção e o número de frutos por planta aumentaram linearmente conforme foram aumentadas as doses de potássio e, a maior massa média de frutos foi estimada com a dose de 594 kg ha<sup>-1</sup>. O potássio promoveu melhorias em alguns atributos de qualidade e nos compostos bioativos dos frutos de morangueiro, pois aumentou o teor de sólidos solúveis, os açúcares redutores, fenólicos, antocianinas e ácido ascórbico até uma determinada dose, e diminuiu o teor de umidade dos frutos. Entretanto, as doses mais elevadas de potássio tenderam a aumentar a acidez titulável e diminuir o pH. Para incremento nas características

agronômicas, a fonte mais indicada é  $\text{KNO}_3$ , para melhores atributos de qualidade é a fonte  $\text{KCl}$  e, para compostos bioativos é a fonte  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Para estas três fontes, a dose de  $\text{K}_2\text{O}$  que proporcionou produção satisfatória aliada a melhor qualidade de frutos foi entre 500 e 700  $\text{kg ha}^{-1}$ .

**Palavras-chave:** *Fragaria x ananassa* Duch., fertilizantes potássicos, exportação de potássio, qualidade pós-colheita, compostos bioativos

## ABSTRACT

SCHWARZ, Kélin. **Potassium fertilization on yield and quality of Camarosa strawberry.** Guarapuava: UNICENTRO, 2012. 96p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia)

Nutrition and fertilization influence on physical and chemical characteristics of strawberry and potassium is a nutrient that improves the quality of strawberry. The aim of this study was to evaluate the influence of sources and rates of potassium fertilizers on agronomic and post-harvest characteristics of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivar Camarosa. The experiment was carry out in pots under greenhouse, in Guarapuava, PR, in a dystrophic brown Oxisol. The design was completely randomized, with four replications, in a factorial arranged 6x3 (six rates of potassium x three sources of potassium fertilizers). For post-harvest characteristics, fruit potassium content and fruit potassium recruitment the design was completely randomized in a split plot, with three replications, where the main plot consisted of the factorial scheme 6x3 (six rates of potassium x three sources of potassium fertilizers) and the subplot consisted of four time of harvest. The sources used were potassium sulphate, potassium nitrate and potassium chloride in rates: 0, 200, 400, 600, 800 e 1000 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. The evaluated characteristics were leaf potassium content, fruit potassium content, yield per plant, fruit number per plant, average fruit weight, moisture, soluble solids, titratable acidity, soluble solids and titratable acidity ratio, pH, reducing sugars, phenolic compounds, anthocyanins and ascorbic acid, as well as the correlation between these characteristics and potassium recruitment by fruit. The increase in potassium rates led higher levels of potassium in fruits and leaves, the largest leaf potassium content provided by KNO<sub>3</sub> and the highest fruit potassium content by KCl and K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. The yield and fruit number per plant were increased by increased potassium rates and the highest average fruit weight was estimated in the rate of 594 kg ha<sup>-1</sup>. Potassium improved some quality attributes and bioactive compounds in strawberry fruits, because it increased the soluble solids, reducing sugars, phenolic compounds, anthocyanins and ascorbic acid up to a certain rate, and decreased the fruit moisture content. However higher potassium rates tended to increase titratable acidity and decrease the pH. For increasing the agronomic characteristics, the source would be most suitable is KNO<sub>3</sub>, for best quality attributes is KCl and for larger bioactive compounds content is K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. For these three potassium fertilizer, the K<sub>2</sub>O rate that provide satisfactory production combined the best fruit quality is between 500 and 700 kg ha<sup>-1</sup>.

**Key-words:** *Fragaria x ananassa* Duch., potassium fertilizers, potassium recruitment, post-harvest quality, bioactive compounds

## 1. INTRODUÇÃO

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é uma cultura de grande expressão econômica para produtores brasileiros, tendo destaque em estados como Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo e Paraná. A produção nacional de morango é de cerca de 100 mil toneladas, cultivadas em uma área de aproximadamente 3.500 hectares (CARVALHO, 2006; ANTUNES e REISSER JÚNIOR, 2007).

Dentre as pequenas frutas, o morango é uma das mais importantes, pois apresenta paladar apreciado em diversas regiões do mundo, versatilidade de uso, elevado retorno financeiro ao produtor e, ainda, nos últimos anos, tem despertado atenção por ser fonte de compostos bioativos, como as vitaminas C e E,  $\beta$ -caroteno e compostos fenólicos, principalmente antocianinas (OSZMIANSKI e WOJDYLO, 2009).

Uma grande preocupação na atualidade é a qualidade dos alimentos consumidos, tanto no aspecto físico-químico quanto nutricional, principalmente pelo fato de determinados alimentos estarem relacionados à prevenção ou controle de algumas doenças, pela presença dos compostos bioativos. Assim, cresce o interesse dos consumidores e também dos fabricantes de alimentos em relação à composição nutricional dos alimentos, bem como os fatores que influenciam os teores de compostos específicos.

A qualidade físico-química e nutricional do fruto do morangueiro é determinada geneticamente e pode sofrer influência do ambiente de cultivo em função, principalmente, da luz, temperatura e umidade relativa do ar, sistema agrícola de cultivo, adubações, tipo de solo, ponto de maturação na colheita, condições de armazenagem, transporte e embalagem.

Quando o produto apresenta melhores características físico-químicas, há maior garantia de aceitação pelo mercado consumidor, além de propiciar aumento do rendimento no processo de industrialização. Sendo assim, diversos fatores devem ser considerados para melhorar as características de qualidade, de conservação pós-colheita e de produção na cultura do morangueiro, pois aliar qualidade e alta produtividade disponibiliza melhores produtos ao consumidor e é importante estímulo ao produtor.

Dentre esses fatores, sobressaem-se a nutrição e adubação, pois os nutrientes minerais fornecidos às culturas podem estar relacionados aos níveis de alguns compostos orgânicos nas plantas devido à influência que exercem sobre processos bioquímicos e fisiológicos. Dentre os nutrientes necessários ao crescimento e desenvolvimento do morangueiro, destaca-se o

potássio (K), o qual tem sido considerado o "elemento da qualidade" em nutrição de plantas (MALAVOLTA et al., 1997), por melhorar as características físico-químicas aumentando os teores de sólidos solúveis, de ácido ascórbico, melhorando o aroma, o sabor, a cor, a firmeza e, ainda, propiciando o incremento na produção. A capacidade do K promover incremento na qualidade e produção está relacionada às várias funções fisiológicas que apresenta, dentre elas, ativação de vários sistemas enzimáticos (principalmente em processos de fotossíntese e respiração), síntese de proteínas, de carboidratos da adenosina trifosfato (ATP), regulação osmótica, por meio do controle da abertura e fechamento dos estômatos, além de atuar na resistência da planta à incidência de pragas e doenças. Se houver deficiência de K, a produção e a qualidade dos frutos ficarão prejudicadas, pois há redução no tamanho dos internódios, na dominância apical e no crescimento das plantas, o que pode retardar a frutificação e originar frutos de menor tamanho e com menor intensidade de cor (ERNANI et al., 2007).

Alguns estudos com diferentes frutas e hortaliças têm demonstrado que o uso de adequadas doses de fertilizante potássico contribui para melhorar atributos de qualidade e de produção. Entretanto, em morango, a influência da adubação potássica na qualidade e produção de frutos tem sido pouco pesquisada, bem como o comparativo de fontes desse nutriente.

Dessa forma, aliar a investigação das características de qualidade e valor nutricional (compostos bioativos) com a produtividade em morangos, influenciadas por um dos fatores mais importantes na nutrição da cultura, a fertilização potássica, é necessário para apontar as fontes e otimizar as condições de produção, a fim de manter ou incrementar a qualidade e os teores de compostos benéficos na dieta da população, para promoção da saúde.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Avaliar diferentes fontes e doses de fertilizantes potássicos nas características agronômicas e físico-químicas de frutos de morangueiro da cultivar Camarosa.

### **2.2. Específicos**

- Quantificar os teores de potássio nas folhas e frutos do morangueiro em função das fontes e doses deste elemento;
- Determinar a exportação de potássio pela cultura do morangueiro em função de fontes e doses deste elemento;
- Determinar a produção por planta, número e massa média de frutos em função de fontes e doses de potássio;
- Determinar os atributos de qualidade (umidade, pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, açúcares redutores totais) e compostos bioativos (compostos fenólicos totais, antocianinas e ácido ascórbico) de frutos de morangueiro em função de fontes e doses de potássio;
- Avaliar o teor de potássio nos frutos, a exportação de potássio pelos frutos e as características de qualidade em função de quatro épocas de colheita.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Cultura do morangueiro

##### 3.1.1. Aspectos botânicos e fisiológicos

O morangueiro é um híbrido originário do cruzamento de duas espécies oriundas da América do Norte, *Fragaria chiloensis* e *Fragaria virginiana*. As plantas de morangueiro são herbáceas, perenes, rasteiras e atingem de 15 a 30 cm de altura, formando pequenas touceiras (hábito de crescimento em roseta). É uma espécie de clima temperado, propagada de forma vegetativa, por meio de estolhos. Para a produção de frutos, em geral, a cultura é renovada anualmente por questões sanitárias e fisiológicas (BRANZANTI, 1989; RONQUE, 1998; SILVA et al., 2007).

As flores do morangueiro estão agrupadas em inflorescências do tipo cimeira e se formam a partir das gemas existentes nas axilas das folhas. Normalmente, a primeira flor origina o primeiro fruto, em geral o mais desenvolvido de cada inflorescência (RONQUE, 1998; SILVA et al., 2007). A polinização é realizada pelo vento e por insetos, principalmente abelhas. Geralmente, o pólen é liberado durante dois ou três dias, entre 9 e 17 horas e para que ocorra a polinização, a temperatura mínima deve ser de 12°C e a umidade relativa inferior a 94% (BOTTON et al., 2005).

Botanicamente, a parte comestível do morangueiro, popularmente denominada fruto, é, na verdade, um fruto múltiplo originário do receptáculo floral que se torna carnoso e suculento e recebe o nome de morango. Os frutos verdadeiros são pequenos aquênios presentes na superfície do pseudofruto, vulgarmente denominados sementes. São amarelos ou avermelhados, duros e contém uma única semente. O receptáculo floral hipertrofiado é doce, carnoso e suculento, de tamanho e contornos regulares e uniformes, de polpa firme, coloração vermelha e rica em material de reserva (BRANZANTI, 1989; RONQUE, 1998).

Durante as transformações que a planta passa em seu ciclo, existem várias diferenças entre as fases de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. A fase vegetativa é verificada logo após o transplante das mudas. Nesta etapa, os meristemas apicais, pela atividade mitótica e processos de alongação e diferenciação celular, determinam os pontos de crescimento vegetativo, formando os diferentes tecidos e órgãos da planta (DUARTE FILHO et al., 1999).

A diferenciação do meristema vegetativo para floral é dependente de um conjunto de fatores, que englobam, principalmente, o fotoperíodo, a temperatura e a interação entre eles (RONQUE, 1998; SILVA et al., 2007).

Em função da resposta das plantas ao fotoperíodo, as cultivares se classificam em cultivares sensíveis ao fotoperíodo curto, sensíveis ao fotoperíodo longo (reflorescentes) ou insensíveis ao fotoperíodo (neutras). No Brasil a maior parte das cultivares é sensível ao fotoperíodo curto, havendo indução floral nos dias em que o período de luz é inferior a 14 horas e as temperaturas são moderadas, já o desenvolvimento dos estolões ocorre em dias longos com temperaturas mais elevadas (RICE JÚNIOR, 1990; RONQUE, 1998; DUARTE FILHO et al., 1999). Entretanto, as cultivares de dia curto não suprem a demanda por morangos nos meses mais quentes do ano, aumentando a busca por cultivares de dia neutro, pouco sensíveis ao fotoperíodo e temperatura, que proporcionam boa produção nesse período (STRASSBURGER et al., 2010).

Os frutos do morangueiro são do tipo não climatéricos, dessa forma após a colheita não ocorre amadurecimento e suas características organolépticas não melhoram, entretanto há aumento na atividade respiratória. Colhido verde, permanecerá como tal, sem que aconteça a melhoria de sua qualidade comestível (CHITARRA e CHITARRA, 2005; CANTILLANO, 2006).

A colheita dos frutos é realizada de forma manual, no ponto de colheita "maduro" para fins industriais, e de  $\frac{1}{2}$  maduro a  $\frac{3}{4}$  maduro para comercialização *in natura* e, inicia-se cerca de 60 dias após o plantio das mudas. O ponto de colheita pode variar em função da distância, do tempo de transporte, da temperatura ambiente, da cultivar e da finalidade do produto. Dependendo das condições climáticas, a colheita pode ser realizada diariamente ou, no máximo, a cada três dias, para obter um ponto de maturação uniforme (CANTILLANO, 2006). A colheita deve ser realizada com cuidado evitando-se ferimentos e procurando-se colher os pseudofrutos com o cálice aderido (CASTILLO-PIZARRO, 2009).

Em conjunto com as excelentes características organolépticas, o morango apresenta também alta perecibilidade, podendo apenas ser estocado por curtos períodos de tempo (NEVES FILHO, 1986). De acordo com Wills (1998), a vida de prateleira não ultrapassa uma semana, mesmo em condições ideais de armazenamento a 0°C.

### 3.1.2. Aspectos econômicos e de produção

Em decorrência da alta produtividade e do gosto atrativo, o morangueiro é produzido e apreciado nas mais variadas regiões do mundo, sendo a espécie de maior expressão econômica entre as pequenas frutas (OLIVEIRA et al., 2005). A produção mundial de morango é de 3,1 milhões de toneladas por ano. Trata-se de uma cultura de grande importância econômica e social em diversos países, sendo os que mais se destacam na cultura do morangueiro, Estados Unidos, Espanha, Japão, Turquia, Coreia do Sul e Polônia (CARVALHO, 2006; FAOSTAT, 2009).

No Brasil, a cultura tem crescido nos últimos anos devido, principalmente, a inclusão de cultivares mais produtivas e também de cultivares de dia neutro. Encontra-se difundida em regiões de clima temperado e subtropical, onde se produz morango para consumo *in natura* e para a industrialização (ANTUNES et al., 2007; SANTOS e MEDEIROS, 2003). Estima-se que a produção brasileira seja de 100 mil toneladas em uma área de aproximadamente 3.500 hectares (ANTUNES e REISSER JUNIOR, 2007). Os principais estados produtores são Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo e Paraná (IBGE, 2006) sendo quase a totalidade dessa produção proveniente do cultivo no solo (CARVALHO, 2006) e a comercialização praticamente toda destinada ao mercado interno, apesar de alguma exportação para a Argentina e o Chile (SANTOS et al., 2005; REETZ et al., 2007).

No país, a cultura se caracteriza como de produção familiar sendo que grande parte das propriedades apresenta área de produção de aproximadamente 0,5 a 1,0 hectare (PAGOT e HOFFMANN, 2003). Estima-se que 90% da produção nacional de morango é voltada para a comercialização *in natura* e o restante seja destinado ao processamento industrial (ANTUNES e REISSER JUNIOR, 2007) na forma de polpa, geleia, calda, suco reconstituído ou concentrado ou preparado da fruta, que são usados na indústria de laticínios como ingredientes para iogurtes, coalhadas, leite batido e sorvetes ou na indústria de doces (AMARO, 2002).

No Paraná, a cultura do morangueiro ocupa uma área de 606 hectares com produção de aproximadamente 16,5 mil toneladas, sendo que 50% da produção estão localizadas nos municípios da região metropolitana de Curitiba. O Norte Pioneiro é responsável por 30% e os 20% restantes encontram-se espalhados em todo o estado, nas regiões de Londrina, Ponta Grossa, Apucarana, Ivaiporã e Cascavel (EMATER, 2006; SEAB, 2007).

As principais cultivares de morangueiro utilizadas no Brasil provêm dos Estados Unidos, destacando-se as variedades: Aromas, Camarosa, Capitola, Diamante, Dover, Oso Grande e Sweet Charlie (OLIVEIRA et al., 2005).

A produtividade e a qualidade dos frutos do morangueiro são extremamente influenciadas pelos elementos micrometeorológicos e pelas práticas de manejo. Dessa forma, as cultivares de morangueiro diferem de acordo com a adaptação regional, fazendo com que uma cultivar que se desenvolve satisfatoriamente em uma região não apresente o mesmo desempenho em condições ambientais diferentes (UENO, 2004).

### **3.2. Potássio**

O potássio (K) é o segundo nutriente mais absorvido pela maioria das espécies vegetais e pode ser encontrado em todos os tecidos da planta. Encontra-se predominantemente como cátion livre ou como cátion adsorvido, podendo ser facilmente deslocado das células ou dos tecidos, pois não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica na planta, apresentando alta mobilidade (MEURER, 2006).

Como o K apresenta alta mobilidade intracelular e nos tecidos, translocando-se dos mais velhos para os mais novos e, no transporte a longa distância via xilema e floema (MEURER, 2006), o K pode ativar ou participar de processos em diversos compartimentos da planta. No citossol e nos cloroplastos, o íon está presente em altas concentrações (100-200 mmol L<sup>-1</sup>), neutralizando ânions solúveis de ácidos orgânicos e inorgânicos, ânions insolúveis e estabilizando o pH entre 7 e 8 nesses compartimentos, considerado ótimo para muitas reações enzimáticas. Em outros compartimentos, as concentrações do K são variáveis, como nos vacúolos e células-guarda dos estômatos (MARSCHNER, 1995; MEURER, 2006).

É um dos principais nutrientes das culturas, pois desempenha importante papel na fisiologia das plantas (TAIZ e ZIEGER, 2004; FEHER et al., 2007). Atua na ativação de mais de 60 sistemas enzimáticos (sintetases, oxidoredutases, desidrogenases, transferases, cinases), exerce função na fotossíntese, favorece um alto estado de energia (necessária para a produção de ATP), mantém o turgor das células, participa da regulação de abertura e fechamento dos estômatos, promove a absorção de água, regula a translocação de nutrientes na planta, favorece o transporte armazenamento de carboidratos, incrementa a absorção do

nitrogênio (N) e a síntese de proteínas e participa na síntese de amido nas folhas (MARSCHNER, 1995; MEURER, 2006).

As mais diversas funções do K nos processos metabólicos resultam em diferentes efeitos positivos nas plantas quando há adequada nutrição potássica: incremento no crescimento das raízes, aumento da resistência às secas e às baixas temperaturas, resistência a pragas e doenças, aumenta a resistência dos frutos e a vida pós-colheita dos mesmos, confere maior longevidade à planta, tornando-a produtiva por intervalo de tempo superior, aumenta a resistência ao acamamento das plantas e incremento na nodulação de leguminosas. Níveis adequados de K promovem também incremento no teor de proteína, de amido nos grãos e tubérculos, na coloração e aroma dos frutos, no teor de ácido ascórbico e de sólidos solúveis e na redução de distúrbios fisiológicos (MEURER, 2006; PACHECO et al., 2007).

Os principais fertilizantes potássicos utilizados na agricultura do mundo inteiro são o cloreto de potássio (KCl – 60 a 62% de  $K_2O$  e 48% de Cl), o sulfato de potássio ( $K_2SO_4$  – 50 a 53% de  $K_2O$  e 17% de S) e o nitrato de potássio ( $KNO_3$  – 44 a 46% de  $K_2O$  e 13 a 14% de N). Dentre essas fontes, o KCl é predominante, respondendo por cerca de 95% de todo o potássio utilizado na agricultura. Isso ocorre devido às altas concentrações de K, suprimento abundante e menor preço em relação às outras fontes (POTAFOS, 1990).

Em 2005, a produção mundial de fertilizantes potássicos foi estimada em 36,9 milhões de t de  $K_2O$  e o consumo em 24 milhões de t de  $K_2O$ . As principais reservas mundiais de K encontram-se no Canadá e na Rússia (75% das reservas mundiais). No Brasil, existe uma mina de extração de K no estado de Sergipe (3,6% das reservas mundiais), que produziu 10,8% da demanda nacional de K no ano de 2003 (LOPES, 2005; ROBERTS, 2005).

Para a escolha do fertilizante, um fator a ser considerado é o íon acompanhante ( $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ), sua função na planta e disponibilidade no solo (STEWART, 1985). O íon sulfato contém o enxofre (S) e o íon nitrato o N, que são macronutrientes, os quais as culturas exigem em grandes proporções, da ordem de  $kg\ ha^{-1}$ , assim como o K. O cloro (Cl) é um micronutriente essencial para as plantas, ou seja, as culturas o exigem em proporções muito pequenas, da ordem de  $g\ ha^{-1}$ , dessa forma, o KCl tem excesso relativo de Cl, principalmente se utilizado em grandes quantidades (MALAVOLTA e USHERWOOD, 1982). Além disso, quando se utilizam quantidades elevadas de fertilizantes potássicos continuamente, a aplicação de  $K_2SO_4$  implica em menor risco de alta concentração salina do solo em relação às

outras fontes, uma vez que o índice salino do KCl é 116,3 e do KNO<sub>3</sub> de 73,6, enquanto o índice salino do K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> é de 46,1 (ROSA, 1997).

Também está relatado na literatura que a eficiência do K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em relação às demais fontes é devida ao ânion SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> que, em relação ao Cl<sup>-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, é menos lixiviado no solo e, portanto, há maior possibilidade de adsorção. Com isso, as perdas de K por lixiviação, aplicado na forma de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, possivelmente são minimizadas, aumentando a eficiência do fertilizante (CECÍLIO FILHO e GRANGEIRO, 2004).

Para que as plantas absorvam o íon K da solução do solo, o nutriente deve entrar em contato com a superfície da raiz, sendo a difusão e o fluxo de massa os principais mecanismos de transporte do K da solução do solo até a superfície radicular (MEURER, 2006).

A dinâmica do K adicionado pelos fertilizantes na maior parte dos solos brasileiros é bastante simples. Nos solos brasileiros há predomínio de minerais de argila 1:1, dessa forma, pequena parte do K aplicado vai para a solução do solo e o restante migra para o complexo de troca sendo adsorvido às cargas elétricas negativas. A única perda de K a partir do solo acontece por lixiviação (ERNANI et al., 2007). A lixiviação do K depende da quantidade de água que percola no perfil e da concentração do íon na solução do solo, quando em quantidade significativa ou aumento pela adição de fertilizantes potássicos, há aumento na lixiviação (ERNANI et al., 2007).

Na literatura tem sido reportado que o K apresenta destaque como o “elemento da qualidade”, pois afeta atributos como cor, tamanho, acidez, resistência ao transporte, manuseio, armazenamento, valor nutritivo e qualidades industriais (MALAVOLTA 1997). Em frutas e hortaliças, sua ação benéfica revela-se de diferentes maneiras e conforme a espécie. Em maçã e pêsego, níveis adequados de K melhoraram a coloração vermelha na epiderme dos frutos (HUNSCHE et al., 2003; TREVISAN et al., 2006). Embora não esteja bem esclarecido, acredita-se que o K atua como cofator para enzimas específicas da formação dos pigmentos e por isso influencia o aumento da coloração vermelha na epiderme (TREVISAN et al., 2006).

Em pimentão e melão, a adubação potássica propiciou aumento no teor de sólidos solúveis (NANNETTI, 2001; LIN et al., 2004). Em melancia, a adubação potássica, além de aumentar o teor de sólidos solúveis, também incrementou a espessura e a resistência da casca (DESWAL e PATIL, 1984). No tomateiro, o K aumentou o conteúdo de ácido ascórbico, acidez total e açúcares dos frutos (FONTES et al., 2000; MACEDO e ALVARENGA, 2005),

enquanto que em cenoura e cebola, a adubação potássica aumentou a conservação pós-colheita (SHIBAIRO et al., 1998).

O fornecimento de maiores doses de K promoveu aumento na produção de batata (CARDOSO et al., 2007) e de pêssegos (TREVISAN et al., 2006) e proporcionou aumento no diâmetro de maçãs (HUNSHE et al., 2003). Por outro lado, Lieten (2006) e Andriolo et al. (2010), observaram redução no crescimento vegetativo, no número, no tamanho e na produção de frutos de morangueiro, quando as doses de potássio foram mais elevadas, possivelmente em função da absorção competitiva do K com outros cátions.

Ainda, segundo Lee e Kader (2000) aplicações de menores níveis de fertilizantes nitrogenados ( $45 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e maiores níveis de fertilizantes potássicos podem aumentar o conteúdo de ácido ascórbico em frutas e hortaliças.

Se houver inadequado fornecimento de nutrientes ao morangueiro, a planta pode não expressar todo seu potencial genético, resultando em baixa produtividade e qualidade de frutos (DEAK et al., 2007). A deficiência de K pode ser observada na planta pelo aparecimento de coloração púrpuro-avermelhada a partir das margens externas dos folíolos velhos (SANTOS et al., 2005). O excesso desse nutriente pode causar desequilíbrio nos níveis de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), ou mesmo, queima nas margens e no ápice das folhas velhas (MOUCO, 2004), evidenciando a importância de um bom programa de adubação para garantir a absorção equilibrada de K pela cultura (COSTA et al., 2010).

No morangueiro, a extração de macronutrientes é variável em função da cultivar e, geralmente, o nutriente exportado em maior quantidade pela cultura é o K (SOUZA et al., 1976 citado por SANTOS et al., 2005; GRASSI FILHO et al., 1999). De acordo com Grassi Filho et al. (1999), para a produção de  $42 \text{ t ha}^{-1}$  de morangos, a quantidade de K extraída e exportada é de  $281 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $76 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente (considerando-se produtividade de  $42 \text{ t ha}^{-1}$ ).

Sabe-se que a absorção de K pelo morangueiro tem 60% de suas necessidades cumpridas em um período de cinco semanas após a floração (TAGLIAVIANI et al., 2004). Entretanto, a absorção desse nutriente não depende somente da sua disponibilidade em torno das raízes, mas também da sua concentração, porque há um limite para o somatório dos cátions que podem ser absorvidos simultaneamente pela planta (GREENWOOD e STONE, 1998). Os nutrientes em concentração mais elevada tendem a reduzir ou inibir a absorção daqueles em concentração mais baixa.

A recomendação de adubação potássica para o morangueiro no Brasil difere de região para região, com grande variação entre as doses mínimas e máximas. Para o estado de Minas Gerais, Ribeiro et al. (1999) recomendam doses de 350, 250, 150 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O nas condições de baixa, média, boa e muito boa disponibilidade de K no solo, respectivamente. Em São Paulo, Raij et al. (1996) recomendam doses de 100 a 400 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O levando em consideração a concentração de K disponível no solo. Ronque (1998) relata que no Paraná, em 1991, a Emater recomendou dose de 165 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicados no plantio e 60 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O em cobertura. Para o Distrito Federal, Lopes et al. (2005) sugerem para a adubação de plantio (em solos com alta fertilidade) 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e, para a adubação de cobertura (via fertirrigação), sugerem que 49,8 kg ha<sup>-1</sup> de K, sejam aplicados a cada 2 dias, em um total de 20 aplicações, dos 30 aos 70 dias após o transplante das mudas. A partir dos 70 dias até o final da colheita, recomendam aplicar 306,3 kg ha<sup>-1</sup> de K a cada dois dias. Mello et al. (2006) recomendam, para os solos com muito boa fertilidade, a adubação do morangueiro com dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de K durante todo o ciclo produtivo da cultura. Marodin et al. (2010) consideraram doses entre 300 e 500 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O como ideais para a qualidade do morangueiro cultivado em Guarapuava-PR.

### **3.3. Qualidade pós-colheita**

#### **3.3.1. Atributos de qualidade**

A qualidade dos produtos agrícolas não é facilmente definida ou medida como se faz para a produção, ela é ao mesmo tempo complexa e relativa (CARDELLO, 1998; SHEWFELT, 1999) porque depende do consumidor e do mercado considerado (HAFFNER, 2002). Atrelado a isso, diversos fatores influenciam as propriedades químicas e físicas de um produto agrícola: a cultivar utilizada, o tipo de solo, clima e o sistema de produção (orgânico ou convencional) (DAROLT, 2003; CAMARGO et al., 2009). Sendo assim, o somatório da influência desses fatores (intrínsecos e extrínsecos), ao longo do processo produtivo é que determina as características de qualidade do fruto.

A qualidade final de determinado produto abrange propriedades sensoriais, como aparência, textura, sabor, aroma; o valor nutricional, constituintes químicos, propriedades mecânicas e funcionais e defeitos (KADER, 1991; MITCHAM et al., 1996; KADER, 2002).

Durante a maturação ocorre uma série de alterações nos frutos. Essas transformações, que são físicas, químicas e bioquímicas, refletem nos atributos de qualidade dos produtos hortícolas. Na sua fase final, há o aprimoramento das características sensoriais do fruto, ou seja, sabores e odores específicos se desenvolvem, com aumento na doçura e a redução na acidez e na adstringência (CHITARRA e CHITARRA 2005).

Melhores características físico-químicas nos frutos garantem a aceitação pelo mercado consumidor e aumentam o rendimento no processo de industrialização (MARODIN et al., 2010).

O teor de sólidos solúveis indica a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa dos frutos. São comumente indicados em °Brix e tendem a aumentar com o avanço da maturação. Correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas em um determinado solvente, no caso dos alimentos, a água. São constituídos principalmente por açúcares, variando conforme a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e clima (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Em morango, o conteúdo em sólidos solúveis aumenta continuamente durante o desenvolvimento do fruto, passando de 5% de sólidos solúveis em frutos verdes e pequenos para 6 a 9% de sólidos solúveis em morangos maduros (KADER, 1991).

A sacarose é o principal açúcar de translocação das folhas para os frutos, no entanto, apenas em alguns frutos, a sua concentração excede à dos açúcares redutores (glicose + frutose), em outros, a concentração é semelhante (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os açúcares predominantes nos sólidos solúveis de morangos são a glicose e a frutose, e em menor proporção o xilitol, o sorbitol e a xilose (KADER, 1991; WANG e CAMP, 2000; BALDWIN, 2002). De acordo com Kader (1991), o teor de açúcares redutores encontrado em morangos pode variar entre 3,7 a 5,2%.

Depois dos açúcares, os ácidos orgânicos não voláteis constituem os componentes mais abundantes do conteúdo total de sólidos solúveis. A acidez titulável é determinada por titulometria e os resultados expressos em porcentagem do ácido predominante (AZEVEDO, 2007). Com o amadurecimento, geralmente os frutos perdem rapidamente a acidez, porém em alguns casos, há um pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Além do papel na qualidade organoléptica dos frutos, os ácidos são de fundamental importância para a regulação do pH celular, influenciando a estabilidade das antocianinas e,

consequentemente, apresentando um papel relevante na cor dos frutos (AZEVEDO, 2007). O ácido de maior concentração no morango maduro é o ácido cítrico, embora também se verifiquem quantidades consideráveis de ácido málico e em menor proporção, de ácido isocítrico, succínico, oxalacético, glicérico e glicólico (AZEVEDO, 2007).

Geralmente, a acidez titulável em morangos maduros apresenta uma variação entre 0,5 a 1,87 g de ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup> polpa (KADER, 1991).

A relação entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) é uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, sendo mais representativa que as medidas isoladas dos teores de açúcares ou de acidez. Essa relação demonstra o equilíbrio entre esses dois componentes. Em morango o teor de sólidos solúveis mínimo é de 7 °Brix e a acidez titulável máxima é de 0,8 g ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup> polpa (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O pH (potencial hidrogeniônico) representa o inverso da concentração de íons hidrogênio em um material (CHITARRA e CHITARRA, 2005). A determinação do pH dos frutos é importante na definição da finalidade de uso das cultivares (CONTI et al., 2002). Frutos com pH baixo são mais indicados para indústria. O pH também tem efeito importante na estabilidade da antocianina e na expressão da coloração de frutos (HOLCROFT e KADER, 1999).

A água é o componente mais abundante em morangos (89 a 94%), tornando o fruto altamente sensível à desidratação (OLÍAS et al., 1998). A umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar características do produto, como estocagem e embalagem. Pois, alimentos estocados com alta umidade irão deteriorar mais rapidamente que os que possuem baixa umidade, e alguns tipos de deterioração podem ocorrer em determinadas embalagens, se o alimento apresentar uma umidade excessiva (IAL, 2005).

### **3.3.2. Valor nutricional – Compostos bioativos**

Os alimentos de origem vegetal apresentam fitoquímicos, ou compostos não nutrientes, com atividades biológicas promotoras da saúde, tais como atividade antioxidante, anti-inflamatória e hipocolesterolêmica. Esses alimentos são atualmente conhecidos como "funcionais", ou alimentos ricos em um ou mais compostos bioativos que apresentam efeitos positivos na saúde, o que tem atraído a atenção tanto da comunidade científica como da

indústria de alimentos (PINTO, 2008).

As substâncias ou compostos bioativos são constituintes extranutricionais, que ocorrem, tipicamente, em pequenas quantidades, especialmente em frutas e hortaliças (KRIS-ETHERTON et al., 2002). Existe uma ampla gama desses compostos que variam em estrutura química e, conseqüentemente, na função biológica. Entretanto eles apresentam algumas características em comum, como por exemplo, pertencem a alimentos de origem vegetal, são substâncias orgânicas e geralmente de baixo peso molecular, não são indispensáveis nem sintetizados pelo organismo humano e apresentam ação protetora na saúde humana quando presentes na dieta em quantidades significativas (HORST e LAJOLO, 2008).

Estudos epidemiológicos, que evidenciam uma dieta rica em alimentos de origem vegetal, apresentam resultados interessantes, sugerindo que esses alimentos são capazes de exercer influência na redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis, como doenças cardiovasculares, cânceres, distúrbios metabólicos, doenças neurodegenerativas e enfermidades inflamatórias (KRIS-ETHERTON et al., 2002; CARRATU e SANZINI, 2005; BATTINO et al., 2009). A proteção que esses alimentos oferecem contra essas enfermidades está associada ao seu alto conteúdo de constituintes químicos com propriedades como as de antioxidantes, dentre os quais se destacam o ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos (HINNEBURG et al., 2006).

Em sua maioria, os compostos bioativos são metabólitos secundários desenvolvidos pelas plantas e estão relacionados com os sistemas de defesa das mesmas contra a radiação ultravioleta, contra agressões de pragas ou patógenos, ou seja, a interação do ambiente com os mecanismos fisiológicos das plantas resulta no estímulo da síntese dos metabólitos secundários (MANACH et al., 2004).

Dentre os vegetais ricos em compostos bioativos, as frutas vermelhas, estão entre as fontes mais importantes para as dietas, contribuindo principalmente com compostos fenólicos (HAKKINEN e TORRONEN, 2000; HAKKINEN et al., 2000). No Brasil, a principal fruta vermelha produzida e consumida é o morango (PINELI, 2009).

### **3.3.2.1. Compostos fenólicos**

Compostos fenólicos são compostos bioativos formados por anéis aromáticos com um grupo hidroxila. Eles são gerados como metabólitos secundários nas plantas e nos fungos,

sendo considerado um dos grupos mais importantes associados ao poder antioxidante (SIMÕES et al., 2000). Nas plantas, os compostos fenólicos atuam como componentes estruturais e pigmentantes, além da atividade antioxidante, antimicrobiana e antiviral (NATELLA et al., 2002; HANNUM, 2004).

Os compostos fenólicos são um dos maiores grupos de componentes dietéticos não essenciais que estão associados à inibição da aterosclerose e do câncer (CHEUNG et al., 2003). Foram identificadas mais de 8000 estruturas fenólicas, as quais variam desde moléculas simples até moléculas com elevado grau de polimerização. As mesmas estão presentes nos vegetais nas formas livres ou conjugadas (ligadas a açúcares e proteínas) (ANGELO e JORGE, 2007).

As propriedades antioxidantes dos fenólicos ocorrem, principalmente, devido ao seu potencial de oxirredução, permitindo que atuem como agentes redutores, doando hidrogênio e neutralizando radicais livres (RICE-EVANS et al., 1997). Uma dieta rica em antioxidantes associada aos mecanismos de defesa endógenos (catalase, peroxidase, metaloproteínas e superóxido dismutase) pode ser eficiente no combate a processos oxidativos naturais do organismo, que ocorrem devido às formas de oxigênio extremamente reativas denominadas “substâncias reativas oxigenadas”, as quais englobam os radicais livres (DEGASPARI e WASZCZYNSKYJ, 2004).

Como principais compostos fenólicos, o morango contém ácido elágico e alguns flavonoides, como as antocianinas, a catequina, a quercetina e o kaempferol (HANNUM, 2004). Os derivados de ácido elágico correspondem a mais de 50% dos compostos fenólicos encontrados no fruto, desta forma o morango representa a principal fonte de derivados de ácido elágico na dieta brasileira (HAKKINEN et al., 2000, PINTO et al., 2008).

Os compostos fenólicos podem ser degradados pela presença de oxigênio, luz, pH e temperatura. As enzimas envolvidas nessa degradação são a polifenol oxidase e a peroxidase, que causam o escurecimento em frutas e vegetais (PINELI, 2009).

### **3.3.2.2. Antocianinas**

As antocianinas são pigmentos vegetais solúveis em água pertencentes à classe dos flavonoides. São responsáveis por conferir coloração laranja, rosa, escarlate, vermelha, violeta e azul nas pétalas de flores e nos frutos de vegetais superiores, podendo também ser

encontrados em outras partes das plantas, como raízes e folhas (WROLSTAD, 2000; AABY et al., 2005; KONCZAK et al., 2005).

Existem aproximadamente 500 diferentes estruturas de antocianinas, que ocorrem em 27 famílias de plantas. Essas estruturas, conhecidas como agliconas, são derivadas dos di-hidroflavonois e são formadas por três anéis que possuem duplas ligações conjugadas, com inserções de hidroxilas ao longo da estrutura. Nas plantas encontram-se ligadas a um açúcar ou glicosídeo (NYMAN e KUMPULAINEN, 2001; PINELI, 2009).

São importantes para a saúde humana, pois apresentam considerável capacidade de sequestrar radicais livres, evitando danos celulares e prevenindo doenças degenerativas (MEYERS et al., 2003; HEO e LEE, 2005).

Nas plantas, as antocianinas são responsáveis pela atração de insetos e de pássaros, com objetivo de polinizar e dispersar as sementes, e também pelas propriedades inibidoras do crescimento de larvas de alguns insetos (WROLSTAD, 2000; CALVETE et al., 2005). A coloração dos frutos contribui muito para a avaliação da qualidade, pois os consumidores fazem correlações entre a cor e a qualidade total de produtos específicos (KAYS, 1999).

As antocianinas podem ser encontradas em frutos de várias espécies, podem estar presentes em maçãs, acerolas, pêssegos, abacaxis, limões, laranjas, pêras, pomelos e bananas, entretanto, são nas frutas popularmente conhecidas como frutas vermelhas e, nas uvas, que os teores são bastante superiores aos encontrados nos outros frutos (PAZMIÑO-DURÁN et al., 2001; HONDA et al., 2002; LIMA et al., 2002; SUN et al., 2002; VENDRAMINI e TRUGO, 2004).

Em morangos, as antocianinas são os flavonoides mais abundantes. São as antocianinas que conferem a coloração atraente do morango quando maduro, desta forma, a quantidade de antocianinas é importante para a avaliação da maturidade dos morangos. As principais antocianinas encontradas no morango são a pelargonidina-3-glicosídeo, cianidina-3-glicosídeo e pelargonidina-3-rutinosídeo, sendo a pelargonidina-3-glicosídeo a antocianina presente em maior quantidade (GIL et al., 1997; CORDENUNSI et al., 2005).

Diversos fatores influenciam o teor de compostos antociânicos nas plantas, tais como as diferentes cultivares, níveis de adubação do solo, nutrição da planta, clima e grau de maturação (ANTTONEN et al., 2006; MONTEALEGRE et al., 2006).

### 3.3.2.3. Ácido ascórbico

O ácido ascórbico, um antioxidante hidrossolúvel, também denominado vitamina C, ácido L-ascórbico, deidroascórbico, ascorbato ou vitamina antiescorbútica (CORDENUNSI et al., 2005), é estruturalmente uma das menores parcelas das vitaminas complexas encontradas nas plantas. Para a nutrição humana, a vitamina C é considerada um nutriente essencial, por prevenir o escorbuto, doença causada por sua deficiência. Sua importância cresceu ao longo do tempo, principalmente pela descoberta de seu potencial antioxidante (SILVA e COZZOLINO, 2007).

O ácido ascórbico é uma lactona sintetizada nas plantas, proveniente da glicose ou outros carboidratos simples (KAYS, 1991). Tanto no metabolismo de plantas quanto no de animais, as funções biológicas do ácido ascórbico estão centradas nas propriedades antioxidantes da molécula. Nas plantas, além de ser componente chave do sistema antioxidante, atua também como cofator enzimático (atuando na síntese da hidroxiprolina, etileno, ácido giberélico, antocianina e outros metabólitos secundários) e ainda se sugere o envolvimento do ácido ascórbico na divisão celular (SMIRNOFF et al., 2001).

Nos seres humanos, há evidências de que o ácido ascórbico protege o organismo contra várias doenças crônicas, que têm sua origem no estresse oxidativo, além de funções específicas do ácido ascórbico na síntese de colágeno e, conseqüentemente, na formação e na manutenção da cartilagem, ossos, pele e dentes, assim como aumento da atividade dos leucócitos e outros aspectos da melhora do sistema imune (DAVEY et al., 2000).

A vitamina C é encontrada, principalmente, nas frutas cítricas, tomate, pimentão, morango e batata. A atividade antioxidante do ácido ascórbico é causada pela facilidade de perda de seus elétrons, tornando-o muito efetivo em sistemas biológicos. Por ser um doador de elétrons, a vitamina C serve como um agente redutor para muitas espécies reativas (KAUR e KAPOOR, 2001). A dose recomendada para manutenção de nível de saturação da vitamina C no organismo é de cerca de 100 mg por dia. Em algumas situações especiais, tais como infecções, gravidez e amamentação e em tabagistas, doses mais elevadas são necessárias (MANELA-AZULAY et al., 2003).

O teor de ácido ascórbico no morango varia de 39 a 89 mg 100 g<sup>-1</sup> de polpa (DOMINGUES, 2000) e depende da época do ano, estágio de maturação, cultivar, luz, adubação, condições de cultivo e armazenamento (CHITARRA e CHITARRA, 2005). A

vulnerabilidade de diferentes frutas e hortaliças em relação à perda oxidativa de ácido ascórbico é muito variável. Frutos de pH baixo, como os cítricos, são relativamente estáveis, enquanto frutos menos ácidos sofrem mudanças mais rapidamente (DAVEY et al., 2000).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Local do experimento**

O experimento foi realizado em estufa agrícola tipo capela (276 m<sup>2</sup> com pé direito 3,5 m) com cobertura plástica transparente de 150 micras de espessura, no Setor de Olericultura da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), em Guarapuava, Paraná, sob as coordenadas geográficas 25<sup>o</sup>41'12"S de latitude, 51<sup>o</sup>38'45"W de longitude e altitude de aproximadamente 1.100 m.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico Cfb, com verões frescos e inverno moderado com ocorrência de geadas severas e frequentes, não apresentando estação seca definida. A temperatura média máxima anual é de 23,5°C e a temperatura média mínima anual é de 12,7°C (IAPAR, 2011).

### **4.2. Material experimental**

A cultivar de morangueiro utilizada no experimento foi a Camarosa. Essa cultivar é originária da Universidade da Califórnia e responde ao fotoperíodo curto. É uma planta vigorosa, com folhas grandes, de coloração verde-escura. Os frutos apresentam coloração vermelha-escura e uniforme quando maduros, sua polpa é firme, tem sabor sub-ácido, podendo ser utilizados para o consumo *in natura* ou para a industrialização (BOTTON et al., 2005). A cultivar Camarosa é a mais cultivada no sul do Brasil (ANTUNES e REISSER JR, 2007) e foi introduzida no Brasil por apresentar frutos grandes, uniformes, alta capacidade produtiva e precocidade (SANTOS et al., 2005).

### **4.3. Delineamento experimental e tratamentos**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, em arranjo fatorial 6x3 (seis doses x três fontes de fertilizantes potássicos), totalizando 18 tratamentos. Os tratamentos foram distribuídos em 72 parcelas, sendo que cada parcela foi constituída por dois vasos contendo uma planta cada.

Os tratamentos provenientes do esquema fatorial 6x3, corresponderam a seis doses de

K aplicado via solo: 0; 0,23; 0,46; 0,69; 0,92 e 1,15 g de  $K_2O$  vaso<sup>-1</sup> sendo, o equivalente a 0; 200; 400, 600; 800 e 1000 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$ , e três fontes de fertilizantes potássicos: sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ), cloreto de potássio (KCl) e nitrato de potássio ( $KNO_3$ ). As doses de K foram aplicadas diluídas em água e parceladas igualmente em três épocas: aos 10, 60 e 120 dias após o transplante das mudas. Aos 10 dias, o K foi adicionado para auxiliar no desenvolvimento inicial do morangueiro, aos 60 dias por ocasião do florescimento e, aos 120 dias para reposição e manutenção.

#### 4.4. Condução do experimento

A condução do experimento compreendeu o período entre o plantio das mudas, realizado em 19/06/2010, até o término da colheita dos frutos, em 23/11/2010.

Os vasos plásticos utilizados no experimento, com capacidade de 2 L, foram preenchidos com 2,5 kg de solo de sub-superfície classificado como Latossolo Bruno Álico Distrófico, segundo a Embrapa (2006). O solo foi peneirado em malha de 4 mm.

Com base na análise química de solo (Tabela 1) foi realizada a correção do solo para elevar a saturação por bases para 80%, mediante aplicação de cal hidratada (2,6 g vaso<sup>-1</sup>). Para aumentar o teor e atingir a relação Ca:Mg de 3:1 foi adicionado Ca na forma de gesso agrícola (8 g vaso<sup>-1</sup>) e Mg na forma de carbonato de magnésio ( $MgCO_3$ ) (850 mg vaso<sup>-1</sup>). Como fonte de fósforo (P) foi adicionado superfosfato triplo na dose de 3 g por vaso no plantio e 3 g por vaso em cobertura, 140 dias após o transplante das mudas. A adubação com N foi realizada no plantio e em cobertura, em nove aplicações de uréia diluída em água na dose de 50 mg vaso<sup>-1</sup>. Para complementar a adubação, seis aplicações de Ca e boro (B) foram realizadas via foliar (CaB 105<sup>®</sup> – Ca 10% e B 0,5% – na concentração de 0,15% e a dose aplicada de 2 L ha<sup>-1</sup>). Para a correção e adubação foram seguidas as recomendações para a cultura de acordo com Rajj et al. (1996).

Os vasos foram mantidos no espaçamento de 1,0 m entre linhas e de 0,2 m entre plantas, utilizando duas linhas. Para evitar contato com o solo os vasos foram mantidos suspensos a 20 cm do solo com uso de um tijolo (Figura 1).

Cada vaso recebeu uma muda de morangueiro, as quais foram provenientes do Chile, selecionadas de acordo com o diâmetro de coroa (10 a 12 mm de diâmetro) e tamanho de raiz (aproximadamente 12 cm).

**Tabela 1.** Resultados da análise química do solo utilizado no experimento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

	pH (CaCl <sub>2</sub> )	MO g dm <sup>-3</sup>	P (Mehlich) mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC (pH 7,0)
							cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
0 – 20cm	5,1	34,9	0,7	0,06	0,3	0,3	0,2	3,01	0,73	3,67

MO-Matéria Orgânica; P-Fósforo; K-Potássio; Ca-Cálcio; Mg-Magnésio; Al-Alumínio; H+Al-Acidez Potencial; SB-Soma de Bases; CTC-Capacidade de Troca de Cátions.

A irrigação foi realizada por sistema de gotejamento, com turno de rega de acordo com as condições climáticas e o estágio de crescimento das plantas. Até os 20 dias após o transplante foi irrigado durante 30 minutos ao dia, dos 20 dias até o pré-florescimento durante 20 minutos ao dia e, do pré-florescimento até o final do ciclo durante 40 minutos, dia sim dia não.



**Figura 1.** Vista parcial do experimento. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

Durante o experimento foram realizadas pulverizações com produtos específicos e registrados para a cultura do morangueiro no estado do Paraná, para o controle de pragas e patógenos, conforme a necessidade (tiofanato-metílico 70 g p.c. 100 L<sup>-1</sup> água; tebuconazole 75 mL p.c. 100 L<sup>-1</sup> água; abamectina 75 mL p.c. 100 L<sup>-1</sup> água).

Os frutos foram colhidos a partir do final de agosto até final de novembro. A colheita

foi realizada a cada dois dias, acondicionando-se os frutos em sacos plásticos com identificação da respectiva parcela, sendo o estágio de maturação dos frutos para a colheita de 75% da superfície vermelho-escuro. Os frutos colhidos foram separados em quatro épocas de colheitas. Cada época de colheita compreendeu um período de 20 a 24 dias (1ª colheita: 24/08 a 13/09/2010; 2ª colheita: 14/09 a 06/10/2010; 3ª colheita: 07/10 a 30/10/2010 e; 4ª colheita: 31/10 a 23/11/2010). Imediatamente após cada coleta, os frutos foram levados ao laboratório de Fisiologia Vegetal da UNICENTRO para serem pesados e contados e então armazenados em freezer a -18°C, para posteriores análises. Todos os frutos produzidos no experimento foram colhidos e armazenados para avaliações, sendo utilizados aproximadamente de 20 a 30 frutos por repetição para as análises físico-químicas.

## **4.5. Avaliações**

### **4.5.1. Características agronômicas**

#### **4.5.1.1. Teor de potássio foliar**

Para a determinação do teor de K foliar, seguiu-se o procedimento descrito por Freire e Magnani (2005) para diagnose nutricional, porém a coleta das folhas foi realizada aos 140 dias após o transplante das mudas, ao final do ciclo da cultura. Foram retiradas a 3ª e a 4ª folhas compostas recém-desenvolvidas, sem o pecíolo, de cada vaso, totalizando quatro folhas por parcela. As amostras foram secas até atingirem massa constante, em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C e moídas em moinho tipo “Willey”. A determinação do teor de K foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Silva (2009), com valores expressos em g kg<sup>-1</sup> de massa seca da folha.

#### **4.5.1.2. Teor de potássio nos frutos**

O teor de K nos frutos foi determinado para cada época de colheita. As amostras foram compostas por quatro frutos maduros por parcela, das quatro repetições de cada tratamento, em cada uma das quatro colheitas. Os frutos foram acondicionados em cadinhos e secos até atingirem massa constante, em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de

65°C. Em seguida, foram macerados até atingir aspecto de pó e a determinação do teor de K foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Silva (2009), sendo os valores expressos em  $\text{g kg}^{-1}$  de massa seca do fruto.

Como o teor de K nos frutos foi avaliado por colheitas, o delineamento experimental considerado para a análise estatística foi o delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições, sendo as parcelas constituídas por um arranjo fatorial 6x3 (seis doses de potássio x três fontes de fertilizantes potássicos), totalizando 18 tratamentos e as subparcelas por quatro épocas de colheita.

#### **4.5.1.3. Produção por planta**

Os frutos colhidos das quatro repetições de cada tratamento foram pesados a cada colheita, e quando se encerrou o ciclo da cultura, foram determinados os valores de produção em gramas por planta por época de colheita e produção em gramas por planta total.

#### **4.5.1.4. Número de frutos por planta**

Foi obtido a partir do somatório total do número de frutos por parcela, divididos pelo número de plantas em cada parcela, para as quatro repetições de cada tratamento.

#### **4.5.1.5. Massa média de frutos**

A massa média foi obtida por meio da razão entre a produção em gramas e o número de frutos colhidos por planta.

#### **4.5.1.6. Exportação de potássio pelos frutos**

A exportação de K pelos frutos foi determinada para cada época de colheita com base no teor do nutriente e na produção de frutos. A quantidade de K exportado por hectare foi calculada considerando-se a estimativa de 80 mil plantas por hectare (RAIJ et al., 1996).

Como a exportação de K pela cultura foi avaliada por colheita, o delineamento experimental considerado para a análise estatística foi o inteiramente casualizado em esquema

de parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições, sendo as parcelas constituídas por um arranjo fatorial 6x3 (seis doses de potássio x três fontes de fertilizantes potássicos), totalizando 18 tratamentos e as subparcelas por quatro épocas de colheita.

#### **4.5.2. Determinações analíticas**

As determinações analíticas foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Vegetal da UNICENTRO. Para a obtenção das amostras, os morangos armazenados e separados durante as colheitas foram descongelados e a polpa homogeneizada em triturador doméstico.

A partir da polpa homogeneizada foram realizadas as avaliações de qualidade do morango (umidade, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, pH e açúcares redutores) e de compostos bioativos (ácido ascórbico, compostos fenólicos e antocianinas).

As análises foram realizadas em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com três repetições, sendo as parcelas constituídas por um arranjo fatorial 6x3 (seis doses de potássio x três fontes de fertilizantes potássicos), totalizando 18 tratamentos e as subparcelas por quatro épocas de colheita.

As análises de açúcares redutores e compostos fenólicos totais não puderam ser realizadas para as quatro colheitas, somente para as colheitas 1, 3 e 4, pois não houve amostra suficiente da 2ª colheita para estas análises.

##### **4.5.2.1. Umidade**

A umidade foi determinada por diferença de massa, em amostras de aproximadamente 10 a 15 g de fruto, acondicionadas em cadinhos identificados, submetidos à secagem em estufa de circulação de ar forçado, a temperatura de 65°C, até peso constante.

##### **4.5.2.2. Sólidos solúveis**

O teor de sólidos solúveis foi obtido pela leitura direta em refratômetro de bancada (marca Optech modelo RMT), utilizando polpa homogeneizada e filtrada, a temperatura ambiente, obtendo-se os valores em graus Brix (°Brix).

#### **4.5.2.3. Acidez titulável**

A acidez titulável foi determinada por método titulométrico, conforme técnicas padronizadas pelo Instituto Adolfo Lutz (2005). Foram utilizadas alíquotas de 10 g de polpa de morango, 100 mL de água destilada, sendo esta solução titulada com solução padrão de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> até pH 8,2. Os resultados foram expressos em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa.

#### **4.5.2.4. Relação sólidos solúveis/acidez titulável**

A relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável foi obtida por meio da divisão entre as leituras de sólidos solúveis (SS) e os teores em porcentagem de acidez titulável (AT).

#### **4.5.2.5. pH**

Para leitura dos valores de pH foi utilizado um potenciômetro digital marca MS Tecnopon modelo mPA-210, devidamente calibrado com soluções-tampão.

#### **4.5.2.6 Açúcares redutores**

Os açúcares redutores foram determinados conforme método de Lane-Eynon, baseado na redução do cobre pelos grupos redutores de açúcares. Transferiu-se 5 mL de polpa de morango homogeneizada para balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume com água destilada. A solução foi filtrada em papel filtro e, em seguida, utilizada na bureta para titulação. No erlenmeyer, adicionou-se 10 mL de cada solução de Fehling A e B e 20 mL de água destilada e aqueceu-se até ebulição. A titulação foi realizada até que a solução aquecida passasse de azul para incolor, com resíduo de Cu<sub>2</sub>O no fundo do frasco (coloração vermelho-tijolo) (IAL, 2005).

#### 4.5.2.7. Compostos fenólicos

A determinação dos compostos fenólicos foi realizada baseando-se no método espectrofotométrico de Follin-Ciocalteu, de acordo com Bucic-Kojic et al. (2007). Uma amostra de 5 mL da polpa de morango foi homogeneizada com 50 mL de etanol a 50%, em um mixer, durante 2 minutos. Na sequência, realizou-se a centrifugação durante 5 minutos. Em seguida, retirada de 0,2 mL desse extrato em tubo de ensaio, envolto em papel alumínio, adicionando-se 1,8 mL de água destilada, 10 mL de solução de Follin-Ciocalteu a 10%, e, entre 30 segundos a 8 minutos, adição de 8 mL de solução de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) a 7,5%. Por fim, a agitação do tubo e permanência no escuro por duas horas. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 765 nm, usando como branco todos os reagentes sem a alíquota da amostra centrifugada, sendo adicionados 1,8 mL de água destilada. O ácido gálico foi utilizado como padrão. Os resultados foram expressos em mg de equivalente ácido gálico (GAE)  $100 \text{ g}^{-1}$  polpa.

#### 4.5.2.8. Antocianinas

O teor de antocianinas totais foi determinado pelo método diferencial de pH descrito por Giusti e Wrosltad (2001) com adaptações para o morango. O método baseia-se em dois sistemas tampão, o cloreto de potássio 0,025 M, pH 1,0 e o acetato de sódio 0,4 M, pH 4,5.

A diluição consistiu em 20 g de amostra adicionadas a 32 mL de água destilada, sendo esta solução filtrada. Da solução filtrada, alíquotas de 0,3 mL foram retiradas e adicionadas a 2,7 mL das soluções tampão, separadamente. As amostras foram analisadas a 510 e 700 nm em espectrofotômetro SP-2000UV Spectrum.

A diferença de absorbância ( $\Delta A$ ) entre os sistemas de tampões foi calculada por meio da equação:

$$\Delta A = (A_{\lambda \text{ máx. vis.}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 1,0} - (A_{\lambda \text{ máx. vis.}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 4,5}$$

A concentração de pigmentos antociânicos foi feita com base no volume de extrato e na massa da amostra, segundo a equação:

$$At = \frac{(\Delta A \times PM \times f \times 100)}{\varepsilon \times 1}, \text{ em que:}$$

$At$  = antocianinas, mg de cianidina-3-glicosídeo 100g<sup>-1</sup> de massa fresca;

$\Delta A$  = diferença de absorvância ( $A_{pH 1,0} - A_{pH 4,5}$ );

$PM$  = peso molecular da cianidina-3-glicosídeo, 449,2;

$f$  = fator de diluição;

$\varepsilon$  = coeficiente de absorvância molar, 26.900.

#### 4.5.2.9. Ácido ascórbico

A determinação do teor de ácido ascórbico foi realizada por método titulométrico padrão da AOAC (1984) modificado por Benassi e Antunes (1988). Tomou-se uma alíquota de 25 g da polpa de morango, a qual foi adicionada a 50 g de ácido oxálico 2%. Desta solução, foram transferidos 20 g para balão volumétrico de 50 mL e completado com ácido oxálico 2%. Após, a solução foi filtrada em papel filtro e retirou-se uma alíquota de 10 mL para titulação com DCFI (2,6-diclorofenol-indofenol) padronizado. Os resultados foram expressos em mg ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup> polpa.

#### 4.6. Análises estatísticas

Os dados obtidos para todas as características foram submetidos à análise de variância, utilizando o software SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2010) e as características que apresentaram médias com diferença significativa em resposta a fontes de fertilizantes potássicos ou épocas de colheita foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, e a análise de regressão foi realizada em resposta a doses de K, neste caso, quando necessário, as equações foram derivadas para determinação dos pontos de máxima e mínima e os valores de R<sup>2</sup> das equações de regressão tiveram suas significâncias testadas pelo teste F.

Para avaliar o grau de associação entre os caracteres foram estimados coeficientes de correlação de Pearson, para cada par de caracteres, com os níveis de significância obtidos pelo teste t, utilizando o programa estatístico ASSISTAT (SILVA, 2011).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Características agronômicas

O resumo das análises de variância do teor de K nas folhas, produção por planta, número de frutos por planta e massa média de frutos estão apresentados na Tabela 2 e, o relativo à característica teor de K nos frutos e exportação de K, na Tabela 3.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para as características: teor de potássio foliar, produção de frutos por planta, número de frutos por planta e massa média de frutos. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

F.V.	G.L.	Q.M.			
		KFOL	PF	NF	MM
Fonte	2	15,92**	11186,82 <sup>ns</sup>	63,72 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>
Dose	5	188,04**	32860,29**	210,58**	23,16**
Fonte x Dose	10	1,73 <sup>ns</sup>	3952,49 <sup>ns</sup>	50,82 <sup>ns</sup>	2,31 <sup>ns</sup>
Erro	54	0,99	4572,69	33,94	1,91
CV (%)		9,14	25,93	21,11	15,24

KFOL: teor de K foliar; PF: produção de frutos por planta; NF: número de frutos por planta; MM: massa média de fruto.

<sup>ns</sup> Não significativo; \*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para as características teor de potássio nos frutos e exportação de potássio. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

F.V.	G.L.	QM	
		KFRU	EXPK
Fonte	2	1,78**	21,83 <sup>ns</sup>
Dose	5	173,64**	287,45**
Fonte x Dose	10	1,45**	10,52 <sup>ns</sup>
Erro a	51	0,31	10,68
Colheita	3	28,33**	403,48**
Colheita x Fonte	6	2,63**	31,92**
Colheita x Dose	15	6,05**	50,69**
Colheita x Fonte x Dose	30	2,29**	11,42 <sup>ns</sup>
Erro b	165	0,54	12,93
CV a (%)		4,77	55,93
CV b (%)		6,28	61,58

KFRU: teor de K nos frutos; EXPK: exportação de K pelos frutos.

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

### 5.1.1. Teor de potássio nas folhas e frutos

O teor de K nas folhas é consequência da disponibilidade do nutriente no solo, das condições de absorção pelas raízes e de sua translocação para a parte aérea, incluindo frutos e grãos (ERNANI et al., 2007).

As folhas de morangueiro analisadas apresentaram teores de K estatisticamente diferentes em resposta aos tratamentos com doses e fontes de K, a interação entre doses e fontes não foi significativa (Tabela 2).

Os teores de K nas folhas, de acordo com as fontes, estão apresentados na Tabela 4. O nitrato de potássio proporcionou maiores teores de K nas folhas (11,70 g kg<sup>-1</sup>), seguido do cloreto de potássio (10,95 g kg<sup>-1</sup>) e, por último o sulfato de potássio, com 10,07 g kg<sup>-1</sup>, diferindo estatisticamente entre eles.

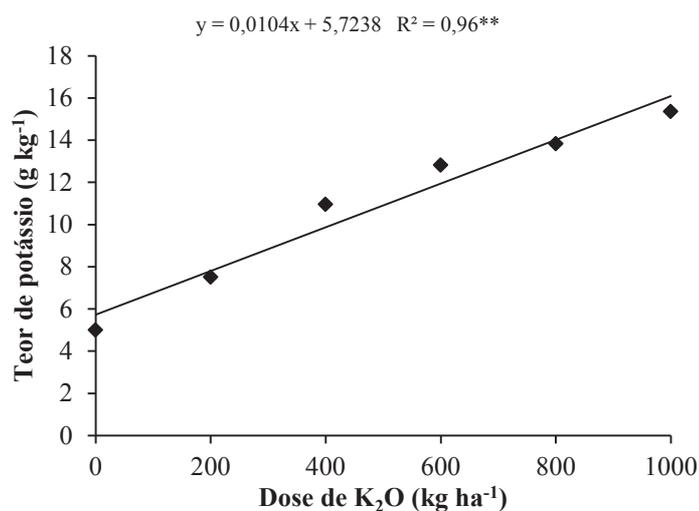
**Tabela 4.** Teor de potássio nas folhas e nos frutos (g kg<sup>-1</sup> de massa seca) de morangueiro cv. Camarosa em função de diferentes fontes de fertilizantes potássicos. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

	Teor de Potássio (g kg <sup>-1</sup> )	
	Folhas	Frutos
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	10,07 c	11,65 ab
<b>KNO<sub>3</sub></b>	11,70 a	11,49 b
<b>KCl</b>	10,95 b	11,81 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em resposta às doses aplicadas, as médias do teor de K foliar se ajustaram a equação de regressão linear, e aumentaram conforme foram aumentadas as doses de K, sendo observado teor de K foliar de 15,35 g kg<sup>-1</sup> na dose de 1000 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e, de 5 g kg<sup>-1</sup> na dose 0 (Figura 2).

Os teores de K foliar verificados estão aquém dos teores encontrados para folhas de morangueiro, que de acordo com Raji et al. (1996), são de 20 a 40 g kg<sup>-1</sup>. Entretanto, é preciso considerar que estes autores verificaram o teor de K nas folhas no início do florescimento e em outras cultivares de morangueiro, enquanto neste trabalho as folhas foram coletadas próximo ao final do ciclo da cultura.



**Figura 2.** Teor de potássio nas folhas de morangueiro cv. Camarosa ( $\text{g kg}^{-1}$ ), em resposta a doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

\*\*Significativo a 1% de probabilidade.

Ernani et al. (2002) observaram a resposta da macieira à aplicação de K ao solo e, apesar de haver K trocável em valores altos nos 20 cm superficiais de solo (até  $600 \text{ mg kg}^{-1}$ ), a concentração de K nas folhas foi inferior ao considerado na literatura. Os autores concluíram que os valores baixos de K nas folhas deveriam-se às altas produtividades de frutos, uma vez que grandes quantidades migram das folhas para os frutos durante o período de crescimento desses.

Em experimento realizado em Gama-DF, Ribeiro (2010) testou diferentes combinações de doses de N e K via fertirrigação em morango das cultivares Diamante e Oso Grande e encontrou teores de K nas folhas do morangueiro dentro do esperado para a cultura, os quais não diferiram em função das doses.

Com relação ao teor de K nos frutos, verificou-se efeito significativo para todas as fontes de variação e suas interações (Tabela 3). O teor de K nos frutos em função das fontes apresentou médias ligeiramente superiores àquelas encontradas nas folhas, confirmando o fato de o K ser um nutriente móvel e capaz de ser translocado na planta (MARSCHNER, 1995). Os maiores teores foram observados para os frutos tratados com as fontes KCl e  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $11,81$  e  $11,65 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente, enquanto que o menor teor foi observado para os frutos tratados com  $\text{KNO}_3$  ( $11,49 \text{ g kg}^{-1}$ ), entretanto  $\text{KNO}_3$  não diferiu estatisticamente de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (Tabela 4). Comparando-se os resultados obtidos para o teor de K nas folhas, verificou-se que, para a fonte em que o teor de K foi maior nas folhas ( $\text{KNO}_3$ ), o teor de K nos frutos foi menor

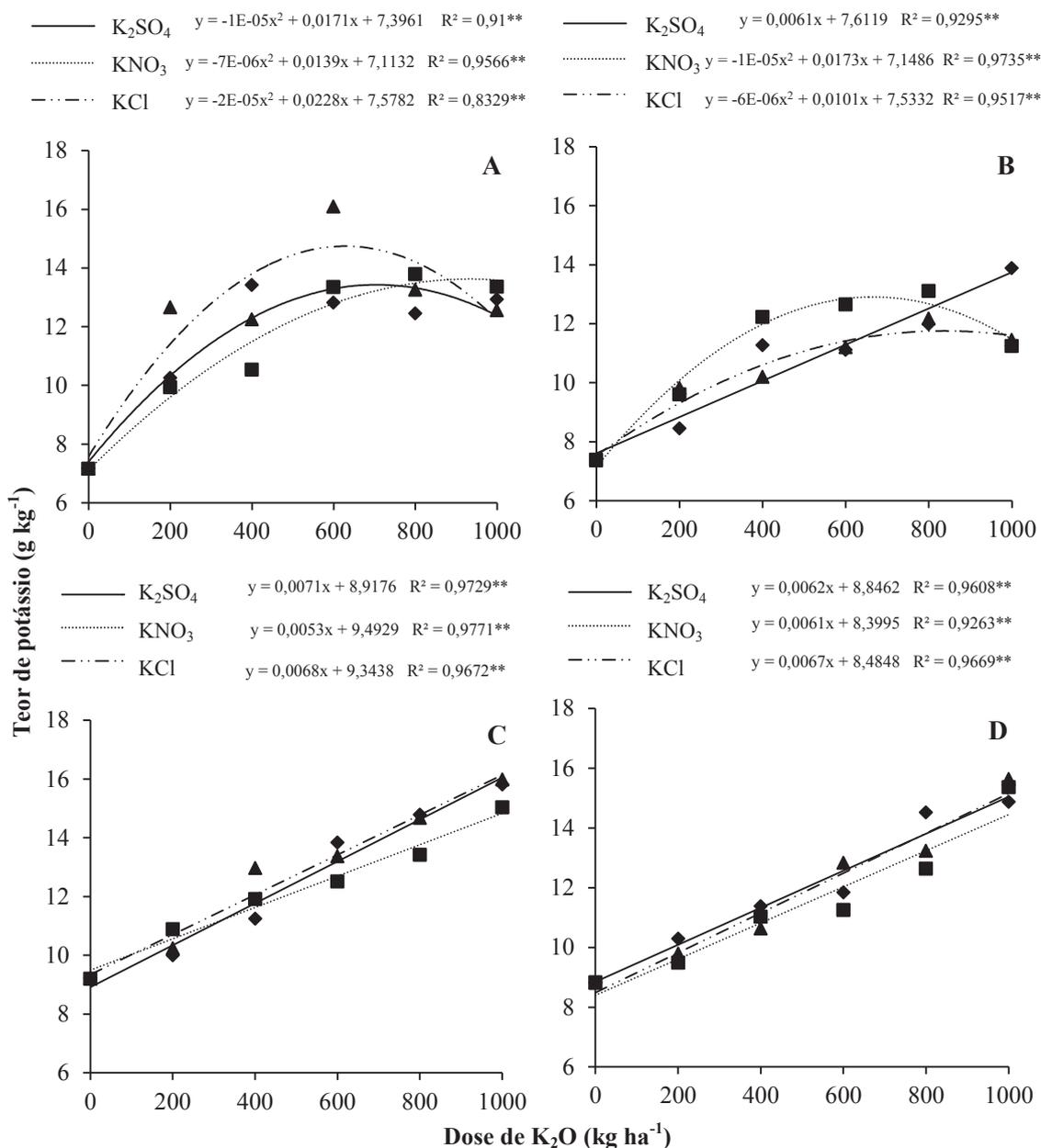
e, para as outras fontes, o contrário também é verdadeiro, indicando que, provavelmente a translocação de K das folhas para o fruto foi menor quando adubadas com  $\text{KNO}_3$ .

A figura 3 mostra a influência das fontes e doses no teor de potássio nos frutos nas quatro colheitas. Na 3ª colheita foram obtidas as maiores médias para os teores de K nos frutos, enquanto para a 2ª colheita foram observados os teores mais baixos, ficando a 1ª e 4ª colheitas com teores intermediários. O maior teor de K nos frutos na 3ª colheita coincide com a última adubação potássica (120 dias após transplante das mudas), realizada em meados de outubro, o que pode explicar os valores mais elevados de K. Uma parte deste K aplicado, ainda ficou disponível para os frutos da 4ª colheita, o que explicaria os valores intermediários de K verificados nos frutos neste período. Mas, na 1ª colheita, os teores de K nos frutos também foram intermediários, isso ocorreu, pois a 1ª colheita teve início alguns dias após a segunda aplicação de K (60 dias após o transplante das mudas).

Na 1ª colheita, os tratamentos com as três fontes de K apresentaram médias que se ajustaram à regressão quadrática. Para o  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , o máximo teor de K nos frutos ( $14,71 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi estimado na dose de  $859 \text{ kg ha}^{-1}$ ; para o  $\text{KNO}_3$ , na dose de  $989 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $14,01 \text{ g kg}^{-1}$ ) e, para o KCl, na dose de  $570 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $14,07 \text{ g kg}^{-1}$ ), sugerindo que o KCl foi mais eficiente, pois em menor dose proporcionou o mesmo teor de K nos frutos que as outras fontes proporcionaram em doses mais elevadas (Figura 3 A).

Na 2ª colheita, as médias de teor de K nos frutos para os tratamentos com  $\text{KNO}_3$  e KCl mantiveram o ajuste quadrático, sendo o máximo teor estimado na dose de  $865 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $14,63 \text{ g kg}^{-1}$ ) para o tratamento com  $\text{KNO}_3$  e na dose de  $842 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $11,78 \text{ g kg}^{-1}$ ) para KCl. O  $\text{K}_2\text{SO}_4$  proporcionou médias que se adequaram ao modelo linear de regressão, apontando que o maior teor de K nos frutos ocorreu na dose de  $1000 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $13,88 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Figura 3 B).

Na 3ª e 4ª colheitas as médias para todas as fontes se ajustaram à regressão linear, demonstrando que o teor de K nos frutos aumentou conforme aumentaram as doses de  $\text{K}_2\text{O}$ . Na 3ª colheita, os teores de K nos frutos tratados com KCl foram ligeiramente superiores aos de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e  $\text{KNO}_3$  em todas as doses (Figura 3 C). Na 4ª colheita os teores de K nos frutos cujos tratamentos foram com as fontes KCl e  $\text{K}_2\text{SO}_4$  se mantiveram muito próximos, sendo superiores aos de  $\text{KNO}_3$  (Figura 3 D).



**Figura 3.** Teores de potássio nos frutos de morangueiro cv. Camarosa ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 2<sup>a</sup> Colheita (B); 3<sup>a</sup> Colheita (C); 4<sup>a</sup> Colheita (D).  $\blacklozenge$   $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\blacksquare$   $\text{KNO}_3$ ,  $\blacktriangle$   $\text{KCl}$ . Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012.

<sup>\*\*</sup>Significativo a 1% de probabilidade.

<sup>\*\*\*</sup>Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

Segundo Andriolo et al. (2009), em experimento realizado com morangueiro em cultivo sem solo, a extração mensal de K pela cultura variou durante os meses do ciclo, sendo

maior no quarto/quinto mês após o plantio das mudas e menos expressiva no segundo e terceiro mês após o plantio. Além disso, os autores observaram que a maior extração de K pela planta, coincidiu com a maior produção, corroborando com os resultados deste estudo.

Rocha et al. (2008) encontraram teores de K nos frutos das cultivares Aromas, Oso Grande e Toyorrinho de 8,7, 8,4 e 7,6 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Entretanto, neste estudo não foram verificadas doses de potássio e os teores encontrados equiparam-se aos observados na testemunha (dose 0).

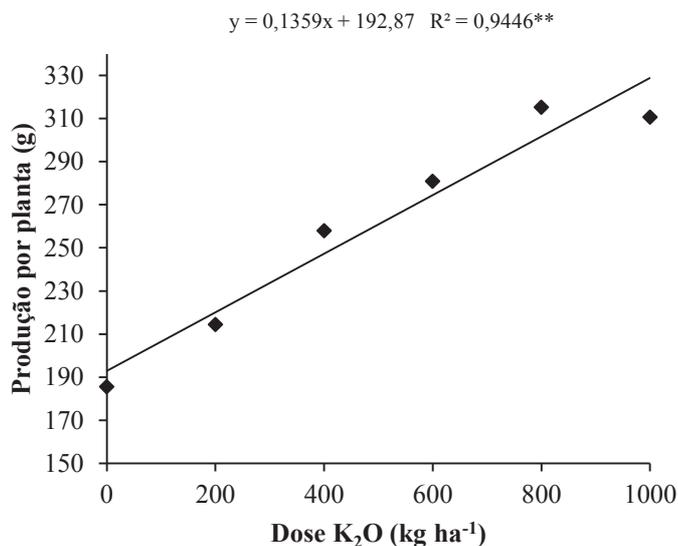
Em frutos de morangueiro, o K é o elemento mineral presente em maior quantidade quando comparado aos demais (cálcio, magnésio, etc.) (HAKALA et al., 2003). Para o ser humano, esse mineral é de fundamental importância para o bom funcionamento do organismo. Desta forma, a ingestão de frutos com significativo teor de K é desejável, principalmente por proporcionar um leve efeito diurético que pode ser benéfico para as pessoas que apresentam retenção de líquidos no corpo ou em casos de hiperuricemia e hipertensão (DE ANGELIS, 2001).

### **5.1.2. Produção por planta**

Houve diferenças significativas para a produção por planta em função das doses. Os efeitos das diferentes fontes e a interação entre fontes e doses não foram significativos (Tabela 2).

As médias de produção por planta foram de 245,14 g para K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 285,45 g para KNO<sub>3</sub> e 251,90 g para KCl. Com relação à produção em função das doses de K, as médias se ajustaram à equação linear, indicando que quanto maior a dose de K<sub>2</sub>O aplicada, maior a produção por planta (Figura 4), independentemente da fonte de fertilizante potássico utilizada. Dessa forma, para as doses de 800 e 1000 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, obtiveram-se produções de 315,33 e 310,72 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente, cerca de 40% superior à obtida com a testemunha, na qual não foi aplicado fertilizante potássico (dose 0). Tais resultados confirmam que as plantas respondem à adubação potássica quando os solos apresentam baixos teores do nutriente (MEURER, 2006), como o solo utilizado nesta pesquisa e também confirma o fato de o K estar relacionado à regulação de diversas enzimas, à fotossíntese e também ao controle de abertura e fechamento dos estômatos, proporcionando aumento da fotossíntese, maior acúmulo de fotoassimilados e, conseqüentemente, maior produção (MARSCHNER, 1995;

MEURER, 2006).



**Figura 4.** Produção média (g planta<sup>-1</sup>) ao final de quatro colheitas de morangueiro cv. Camarosa em função de doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>). Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012.

\*\*Significativo a 1% de probabilidade.

Alguns autores encontraram resultados de produção por planta para a cultivar Camarosa, superiores aos observados no presente estudo, porém sem verificar a influência da adubação potássica. Antunes et al. (2010), encontraram média de produção por planta de 877,51 g, durante 20 semanas de avaliação, em produção no solo e em estufa tipo túnel, em Pelotas, RS. Oliveira e Scivittaro (2009), também em Pelotas, RS, avaliaram a produção por planta em função da vernalização das mudas e observaram variação de produção de 491,7 a 1069,6 g planta<sup>-1</sup>, em um período de 20 semanas. Cansian et al. (2002), em experimento conduzido em Erechim, RS, com morangueiro cultivado sob túnel baixo, verificaram, ao final de 16 semanas, produção de 401 g planta<sup>-1</sup>.

Semelhante aos resultados observados nesse estudo, Costa et al. (2011), avaliando diferentes telas de sombreamento na cultura do morangueiro, encontraram produção de 304,6 g planta<sup>-1</sup> para a cultivar Camarosa em 20 semanas de avaliação, em Passo-Fundo, RS. Radin et al. (2011), em experimento realizado em Eldorado do Sul, RS e Caxias do Sul, RS, com cultivo em sacos contendo substrato e sob casa de vegetação, verificaram produção para a cultivar Camarosa de 225,8 e 195,0 g planta<sup>-1</sup>, para Eldorado e Caxias, respectivamente.

Quando comparada com outros estudos, a média de produção foi considerada não muito elevada. Entretanto, deve-se considerar o fato de a colheita não ter se estendido tanto quanto nos estudos anteriormente citados, já que perdurou por apenas 13 semanas. Além disso, é preciso considerar que, no presente estudo, não foi utilizada adubação orgânica, prática frequentemente empregada na cultura do morangueiro, algo que talvez, aliado à adubação mineral, poderia ter influenciado de forma positiva a produção, bem como outras características. Ainda, sabe-se que uma produção de 300 g planta<sup>-1</sup> é avaliada como o patamar de viabilidade econômica para a cultura do morangueiro (REBELO e BALARDIN, 1997), sendo assim, uma análise econômica, não efetuada neste trabalho, poderia indicar se pode haver retorno econômico no uso de doses mais elevadas de potássio.

Além disso, é preciso considerar que, no presente estudo, não foi utilizada adubação orgânica, prática frequentemente empregada na cultura do morangueiro, algo que talvez, aliado à adubação mineral, poderia ter influenciado de forma positiva a produção, bem como outras características agronômicas e de qualidade.

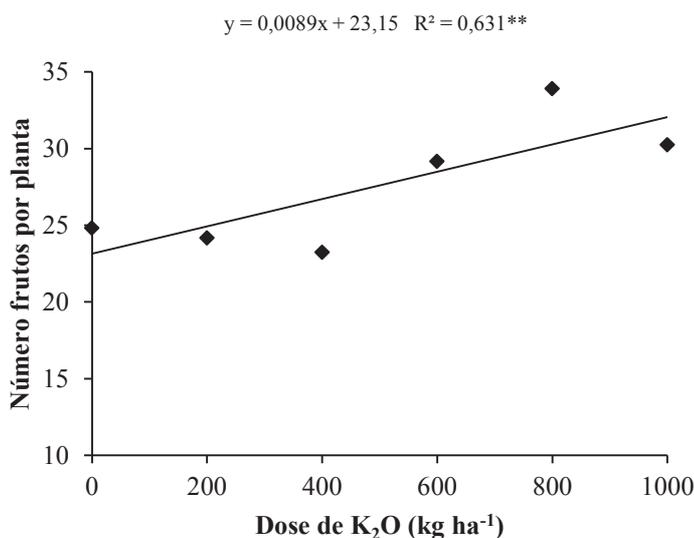
### **5.1.3. Número de frutos por planta**

O número médio de frutos por planta diferiu significativamente em função das doses de K<sub>2</sub>O, e não diferiu para as fontes e para a interação entre fontes e doses (Tabela 2).

Na Figura 5, observa-se que houve aumento linear do número de frutos por planta em resposta às doses de K, mesmo comportamento observado para a massa total de frutos, ou seja, quando se aumentou o K fornecido às plantas, independentemente da fonte, ocorreu aumento do número de frutos por planta e também da produção.

De acordo com Mengel e Viro (1974), um dos efeitos positivos do K é o aumento do número de frutos por planta. Costa et al. (2004) verificaram acréscimo linear na fixação de frutos de meloeiro com aumento na concentração de potássio na solução nutritiva. Na cultura da melancia, Cecílio Filho e Grangeiro (2004) observaram que os fertilizantes KNO<sub>3</sub> e KCl, nas doses mais elevadas, proporcionaram maior número de frutos por planta do que K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Ao contrário, Andriolo et al. (2010) verificaram em cultivo de morangueiro sem solo, menor número de frutos por planta na maior dose de K, utilizando KNO<sub>3</sub> e monofosfato de potássio (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>).

O aumento no número de frutos por planta em função da adubação potássica, pode estar relacionado à diminuição da queda de frutos em formação, em razão de pedúnculos mais resistentes, aumentando, conseqüentemente, o número de frutos, como relatado para a cultura do tomateiro por Filgueira (2008). Além disso, o acréscimo de K na planta ocasiona aumento na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, maior mobilização de N foliar na síntese de macromoléculas, que por sua vez, são utilizadas no crescimento vegetativo e na produção de frutos (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).



**Figura 5.** Número de frutos por planta de morangueiro cv. Camarosa em função de doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>). Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012.

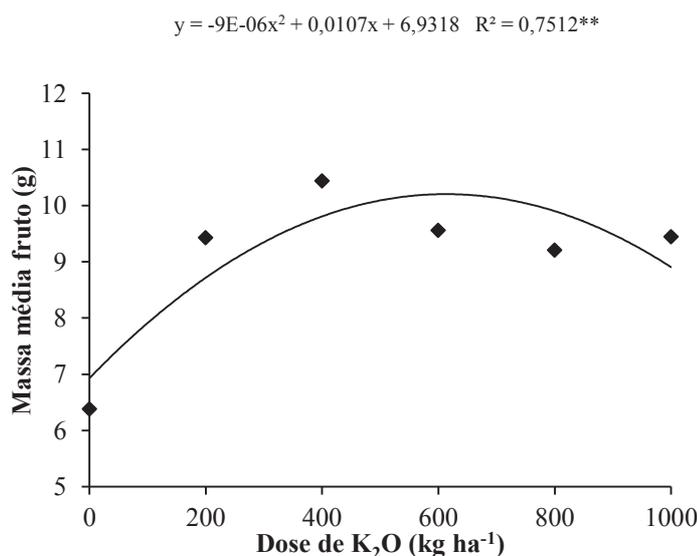
\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

O número de frutos por planta não diferiu estatisticamente frente às diferentes fontes de fertilizantes e foi, em média, de 26 frutos quando utilizado os tratamentos com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 29 frutos com KNO<sub>3</sub> e 28 frutos com KCl. O número e frutos por planta para uma mesma cultivar de morangueiro, varia conforme a região, ambiente de cultivo, vernalização das mudas, dentre outras. Oliveira e Scivittaro (2006), avaliando mudas de morangueiro cultivar Camarosa de diferentes procedências em Pelotas-RS, observaram número médio de frutos por planta de 41,3. Costa et al. (2011) encontraram, para a mesma cultivar, 34,8 frutos por planta, e Radin et al. (2011) observaram número de frutos por planta de 15,5 em Eldorado-RS e, 19,5 em Caxias do Sul-RS.

#### 5.1.4. Massa média de frutos

Houve diferenças significativas para a massa média de frutos em função das doses, enquanto que, entre as diferentes fontes e a interação entre fontes e doses não houve diferenças significativas (Tabela 2).

Em resposta às doses, os valores encontrados para a massa média de frutos adequaram-se ao modelo quadrático, em que a dose estimada de 594 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou massa média de fruto superior (10,11 g), independentemente da fonte de fertilizante potássico utilizada (Figura 6). Para as fontes, as médias não diferiram estatisticamente entre si, sendo, 9,27 g, 9,10 g, e 8,87 g, para K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub> e KCl, respectivamente. Dessa forma, a massa média de frutos, apresentou comportamento linear, como a produção e o número de frutos por planta, indicando que, em doses mais elevadas de K há maior produção de frutos, sendo estes menores, não desejáveis ao comércio *in natura*.



**Figura 6.** Massa média de frutos (g) de morangueiro cv. Camarosa em função de doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>). Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012.

\*\*Significativo a 1% de probabilidade.

O aumento na massa média de frutos, influenciado pela adubação potássica, pode ser atribuído ao papel importante que esse nutriente desempenha na translocação de fotoassimilados das folhas para os frutos e o papel que exerce na extensão celular (MARSHNER, 1995). Entretanto, segundo Kaya et al. (2002), doses de potássio muito mais

altas que o recomendado promovem redução no tamanho dos frutos e no rendimento da produção de morango.

Semelhante ao presente estudo, porém não avaliando a adubação potássica, Radin et al. (2011), em trabalho realizado em dois municípios do RS, sob casa de vegetação e utilizando sacos com substratos, observaram massa média de 11,8 g e 12,6 g, para a cultivar Camarosa. Outros trabalhos realizados com a cultivar Camarosa encontraram valores de massa média que variaram desde 12,79 g até 41,53 g (MALGARIM et al., 2006; OLIVEIRA e SCIVITTARO, 2006; OLIVEIRA e SCIVITTARO, 2009; ANTUNES et al., 2010; RESENDE et al., 2010).

Os resultados encontrados indicam que incrementando a dose de K eleva-se a produção e o número de frutos por planta, sendo estes grandes e com potencial para comércio *in natura*. Entretanto, a partir de 594 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O há diminuição da massa média, não sendo justificável a aplicação de doses mais elevadas.

#### **5.1.5. Exportação de K pelos frutos**

A exportação de nutrientes, refere-se às quantidades de nutrientes presentes no produto colhido, que são retiradas da área de cultivo, representando importante componente de perdas de nutriente do solo. O conhecimento das extrações e exportações de nutrientes pelas culturas permitem preparar balanços nutricionais e redirecionar as recomendações de adubação, de modo a desenvolver estratégias de manejo que otimizem a eficiência do uso de fertilizantes e evitem a aplicação em doses acima da necessária, visando obter altas produções, diminuir as perdas de nutrientes e a contaminação ambiental (MAIER, 1986; REIS JUNIOR e MONNERAT, 2001; FAQUIN e ANDRADE, 2004).

As épocas de colheita, as doses de K e a interação entre colheitas x fontes e colheitas x doses, influenciaram a exportação de K pelos frutos (Tabela 3).

Para os tratamentos com as três fontes de fertilizantes potássicos, as maiores exportações de K pelos frutos foram observadas na 4ª colheita (Tabela 5), sendo os frutos adubados com KNO<sub>3</sub> os que exportaram a maior quantidade de K, diferindo estatisticamente das demais. Talvez isso tenha ocorrido, pois apesar de não significativa a diferença entre as fontes, a tendência de maior produção foi verificada quando os frutos foram adubados com KNO<sub>3</sub>. Nas colheitas 1, 2 e 3 a exportação de K não foi significativamente diferente entre as

fontes (Tabela 5). Observa-se ainda, que a exportação de K ocorreu em menor quantidade na 2ª colheita para os tratamentos com as três fontes de fertilizantes potássicos, provavelmente porque houve menor produção de frutos neste período.

Considerando-se a fonte  $K_2SO_4$ , as médias de exportação de K não diferiram estatisticamente entre si para a 1ª, 3ª e 4ª colheitas e, apesar de a média de exportação para a 2ª colheita diferir estatisticamente da 1ª e da 4ª, esta não diferiu estatisticamente da 3ª colheita. Para  $KNO_3$ , a média de exportação de K da 4ª colheita diferiu estatisticamente das demais, sendo a mais alta. Já as médias de exportação de K verificadas para os tratamentos com KCl, foram mais elevadas para a 1ª, 3ª e 4ª colheitas, as quais diferiram estatisticamente da 2ª colheita (Tabela 5).

**Tabela 5.** Exportação de potássio ( $kg\ ha^{-1}$ ) para a produção de morangueiro cv. Camarosa em função de diferentes fontes de fertilizantes potássicos e épocas de colheita\*. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

	Fonte			Média
	$K_2SO_4$	$KNO_3$	KCl	
	$kg\ ha^{-1}$			
<b>1ª Colheita</b>	6,00 aA	5,02 bcA	6,67 aA	5,90
<b>2ª Colheita</b>	3,17 bA	2,80 cA	2,54 bA	2,84
<b>3ª Colheita</b>	5,30 abA	6,86 bA	5,85 aA	6,00
<b>4ª Colheita</b>	7,17 aB	10,73 aA	7,98 aB	8,63
<b>Média</b>	5,41	6,35	5,76	

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

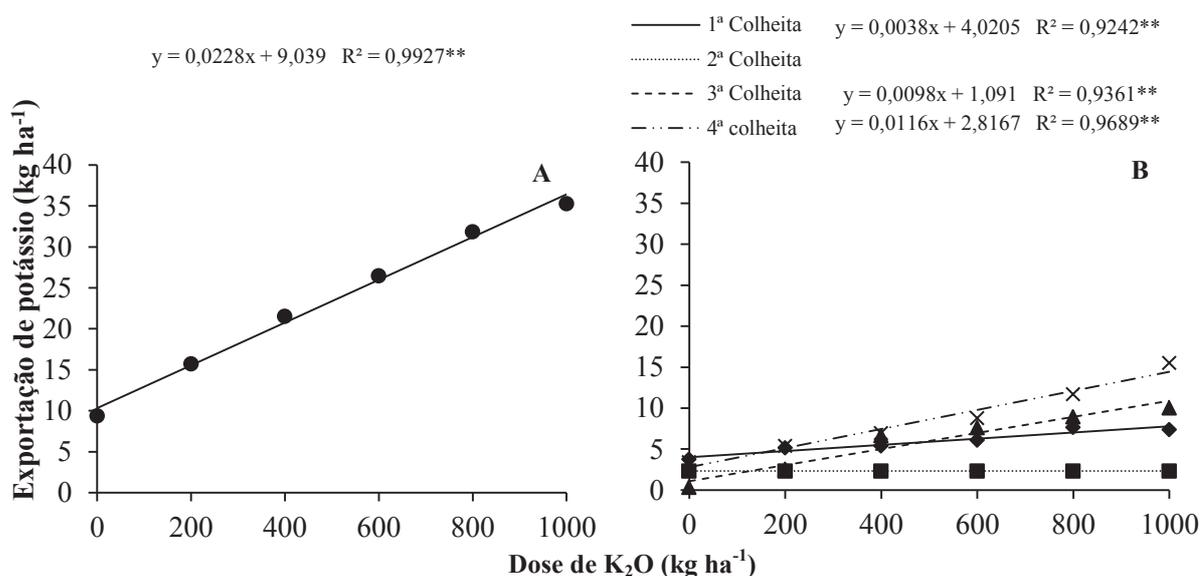
\* Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

No que diz respeito à interação entre colheitas e doses, verificou-se que a exportação de K aumenta linearmente conforme aumentam as doses de  $K_2O$  quando considerada a exportação geral da cultura (Figura 7 A) e, também quando consideradas as colheitas 1, 3 e 4. Para a 2ª colheita não houve ajuste a modelos de regressão significativos (Figura 7 B).

A exportação de K pelos frutos de morangueiro é maior em relação à outros nutrientes, indicando que este deve ser repostado de forma adequada ao solo, para que as culturas subsequentes não sejam prejudicadas, pois quanto maior a exportação do nutriente pelo produto, mais rápido será o empobrecimento do solo (FAQUIN, 2005).

Para morangueiro das cultivares Monte Alegre e Campinas, ao final da cultura e considerando uma produtividade de  $35\ t\ ha^{-1}$ , a exportação de K é próxima a  $49,3\ kg\ ha^{-1}$

(FAQUIN e ANDRADE, 2004). Esta exportação é bastante superior àquela observada no presente trabalho, já que a maior exportação, observada na dose de 1000 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O ao final das quatro colheitas, foi de aproximadamente 35 kg ha<sup>-1</sup> de K. Essa diferença na quantidade de K exportada pode ser atribuída à diferença de produtividade (produtividades menores foram encontradas no presente estudo), cultivar empregada, práticas culturais e interação entre nutrientes no solo e na planta (MARSCHNER, 1995; REIS JUNIOR e MONNERAT, 2001).



**Figura 7.** Exportação média de K (kg ha<sup>-1</sup>) ao final do ciclo da cultura de morangueiro cv. Camarosa em função de doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) (A) e exportação de K (kg ha<sup>-1</sup>) em função de doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) e épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> (B) – ◆ 1ª Colheita; ■ 2ª Colheita; ▲ 3ª Colheita; × 4ª colheita. Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012.

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

\*\*\* Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

## 5.2. Qualidade pós-colheita

O resumo das análises de variância para as características pós-colheita avaliadas estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância para as características: umidade, sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, pH, açúcares redutores, compostos fenólicos, antocianinas e ácido ascórbico. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

F.V.	G.L.	Q.M.								
		U	SS	AT	SS/AT	pH	AR	FEN	ANT	AA
Fonte	2	0,90**	1,09**	0,03**	3,68**	0,01**	0,07**	310,63**	12,70**	241,60**
Dose	5	18,22**	9,39**	0,95**	14,70**	0,07**	5,59**	604,80**	17,20**	673,21**
Fonte x Dose	10	0,31*	0,51**	0,01**	0,67**	0,002**	0,05**	105,99**	1,30 <sup>ns</sup>	26,47**
Erro a	34	0,12	0,04	0,001	0,08	0,000	0,003	4,33	0,84	0,24
Colheita	3	22,03**	14,15**	0,08**	12,42**	0,20**	1,72**	55300,70**	153,09**	2589,94**
Colheita x Fonte	6	0,57**	0,40**	0,02**	1,50**	0,01**	0,09**	165,82**	4,63**	101,95**
Colheita x Dose	15	0,72**	0,65**	0,02**	0,90**	0,01**	0,35**	749,38**	5,10**	131,55**
Colheita x Fonte x Dose	30	0,33**	0,26**	0,01**	0,44**	0,002**	0,04**	45,28**	1,38*	15,88**
Erro b	110	0,09	0,04	0,001	0,08	0,000	0,01	5,06	0,85	0,25
CV a (%)		0,39	2,85	2,21	4,27	0,41	1,32	3,40	10,75	2,04
CV b (%)		0,34	2,84	2,90	4,22	0,43	1,81	3,68	10,84	2,08

U: umidade; SS: sólidos solúveis; AT: acidez titulável; SS/AT: relação entre sólidos solúveis e acidez titulável; AR: açúcares redutores; FEN: compostos fenólicos; ANT: antocianinas; AA: ácido ascórbico.

<sup>ns</sup> Não significativo; \*\*, \* Significativo a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

## 5.2.1. Atributos de qualidade

### 5.2.1.1. Umidade

O teor de umidade determina a porcentagem de água presente na polpa do fruto e tem relação direta com a textura do produto, sendo um dos fatores responsáveis pelo turgor e pela firmeza do tecido (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Os frutos de morangueiro apresentaram teores de umidade diferentes estatisticamente em resposta aos tratamentos com doses e fontes de K e nas diferentes épocas de colheita, sendo também significativas as interações duplas e triplas formadas entre esses fatores (Tabela 6).

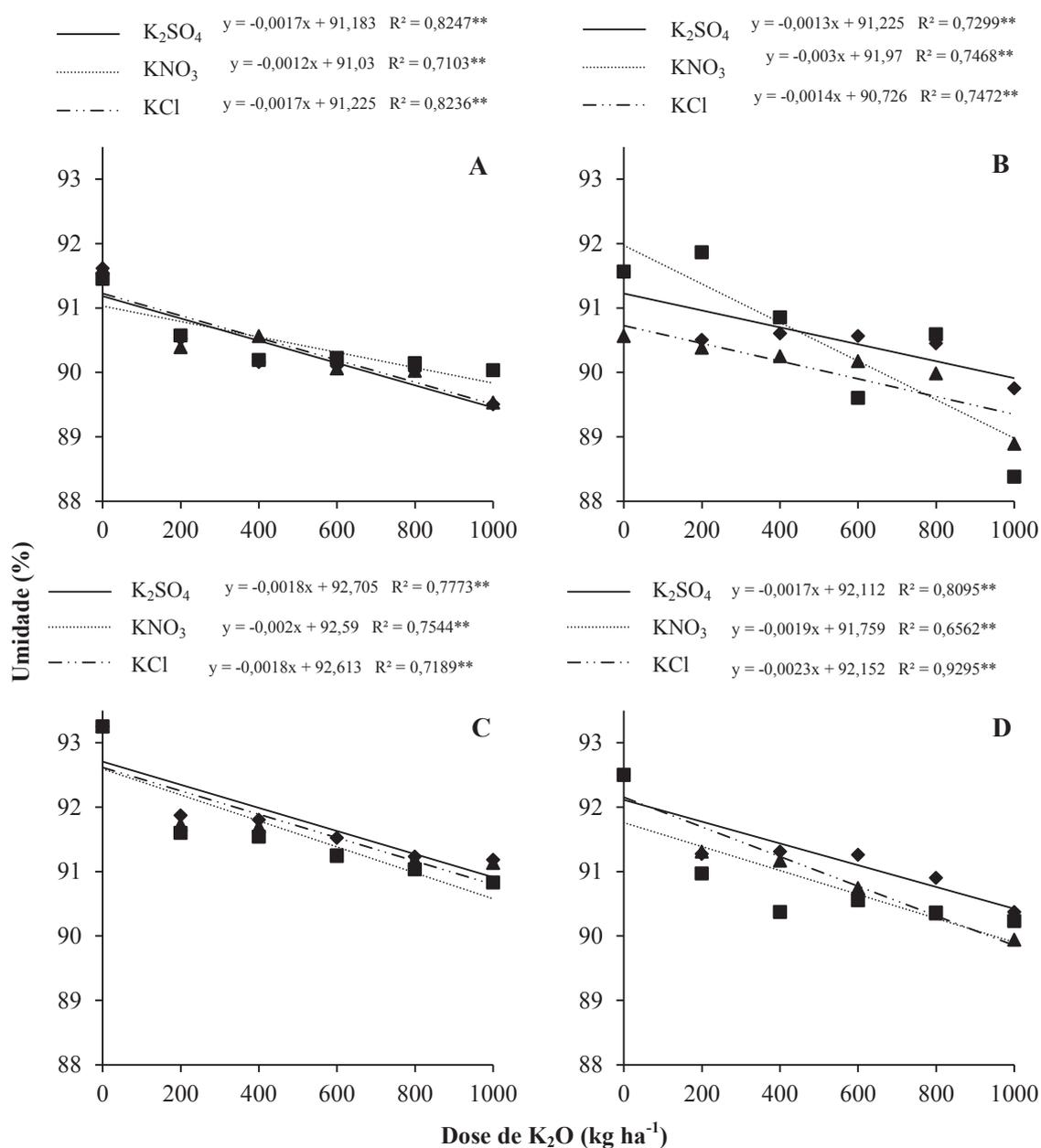
O desdobramento da interação doses de potássio dentro de cada fonte para o teor de umidade revelou efeito linear para KCl, KNO<sub>3</sub> e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nas quatro colheitas (Figura 8), demonstrando que quanto maior a dose de K<sub>2</sub>O, menor a umidade nos frutos, ou seja, maior o teor sólidos, de massa seca, o que é desejável, principalmente em relação à rendimento de polpa para a industrialização. Além disso, teores de umidade mais baixos podem diminuir a deterioração do fruto e concentrar os nutrientes presentes no mesmo (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Os menores teores de umidade, para as três fontes, foram observados na 1ª e 2ª colheitas (Figuras 8 A e 8 B).

Na 1ª e 3ª colheitas as médias de umidade não diferiram estatisticamente para as diferentes fontes. Na 2ª colheita a fonte KCl proporcionou menor teor de umidade em relação à K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e KNO<sub>3</sub> e, na 4ª colheita, KNO<sub>3</sub> proporcionou menor umidade nos frutos, diferindo estatisticamente das demais (Tabela 7). Para os frutos adubados com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e KNO<sub>3</sub> as médias de umidade da 1ª e 2ª colheitas foram as mais baixas e não diferiram estatisticamente entre si. Da mesma forma, para ambos os fertilizantes, os teores de umidade verificados na 4ª colheita apresentaram valores intermediários e, os da 3ª colheita os mais elevados. Já para os tratamentos com KCl, o menor teor de umidade nos frutos foi verificado na 2ª colheita e , seguido da 1ª colheita, da 4ª e por último da 3ª colheita (Tabela 7).

Corroborando com os teores de umidade verificados neste trabalho, Camargo et al. (2009) encontraram teor de umidade de 89,14% para a cultivar Camarosa cultivada em vasos e em casa de vegetação, em Guarapuava-PR e Pinto et al. (2008) observaram, para a mesma cultivar, umidade de 91% em Atibaia-SP.

Em estudo realizado em Guarapuava-PR por Marodin et al. (2010), foi verificado que

a massa seca do morangueiro cultivar Camarosa respondeu ao aumento da dose de fertilizante potássico até um ponto, ajustando-se ao modelo de regressão quadrática e atingindo pico máximo de acúmulo de massa seca, ou seja, menor teor de umidade na dose de 332,5 kg ha<sup>-1</sup> (13,3 g de massa seca). Os autores concluíram que as plantas não responderam em produtividade indefinidamente com a aplicação de doses crescentes de potássio, pois pode ter havido um “consumo de luxo” do potássio pela planta nas doses mais elevadas, ocasionando desbalanço nutricional, interferindo na absorção de outros nutrientes (MARSCHNER, 1995; KERBAUY, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2004). Entretanto, este estudo foi realizado em um solo em que o teor de potássio não era limitante, o que pode explicar a diferença de comportamento para o teor de umidade, já que há uma tendência de as plantas responderem à adubação potássica quando os solos apresentam baixos teores do nutriente (MEURER, 2006).



**Figura 8.** Teor de umidade de frutos de morangueiro cv. Camarosa (%) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de  $K_2O$  ( $kg\ ha^{-1}$ ) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1ª Colheita (A); 2ª Colheita (B); 3ª Colheita (C); 4ª Colheita (D). ♦  $K_2SO_4$ , ■  $KNO_3$ , ▲  $KCl$ . Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

<sup>\*\*</sup> Significativo a 1% de probabilidade.

<sup>\*\*\*</sup> Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

**Tabela 7.** Teor de umidade, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, relação entre sólidos solúveis e acidez titulável, pH e açúcares redutores em frutos de morangueiro cv. Camarosa em função de épocas de colheita e fontes de fertilizantes potássicos. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

Colheita	U (%)				SS (°Brix)			
	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	KCl	Média	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	KCl	Média
1	90,32 aA	90,43 aA	90,36 bA	90,37	7,66 aB	7,46 aC	7,88 aA	7,66
2	90,57 aB	90,47 aB	90,04 aA	90,36	7,15 bB	7,04 bB	7,57 bA	7,26
3	91,81 cA	91,58 cA	91,71 dA	91,70	6,89 cA	6,87 cA	6,79 cA	6,85
4	91,27 bB	90,83 bA	91,00 cB	91,03	6,42 dA	6,46 dA	6,55 dA	6,48
<b>Média</b>	90,99	90,83	90,78		7,03	6,96	7,20	

	AT (g ácido cítrico 100 g <sup>-1</sup> polpa)				SS/AT			
	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	KCl	Média	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	KCl	Média
1	1,04 aA	1,10 cC	1,07 bB	1,070	7,40 aA	6,90 aB	7,43 bA	7,24
2	1,04 abB	1,07 bC	0,99 aA	1,034	6,96 bB	6,69 abC	7,73 aA	7,13
3	1,12 cB	1,12 cB	1,09 bA	1,109	6,27 cA	6,27 cA	6,35 dA	6,30
4	1,07 bB	0,99 aA	1,00 aA	1,023	6,12 cB	6,55 bA	6,61 cA	6,42
<b>Média</b>	1,069	1,071	1,037		6,69	6,60	7,03	

	pH				AR (%)*			
	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	KCl	Média	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	KCl	Média
1	3,31 aB	3,34 aA	3,34 aA	3,33	4,74 aA	4,62 aB	4,72 aA	4,70
2	3,28 bB	3,29 cB	3,33 aA	3,30	-	-	-	-
3	3,26 cC	3,31 bA	3,27 bB	3,28	4,68 aA	4,52 bC	4,62 bB	4,61
4	3,18 dA	3,18 dA	3,19 cA	3,19	4,34 bB	4,41 cA	4,29 cB	4,35
<b>Média</b>	3,26	3,28	3,28		4,69	4,52	4,55	

U: umidade; SS: sólidos solúveis; AT: acidez titulável; SS/AT: relação entre sólidos solúveis e acidez titulável; AR: açúcares redutores.

Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

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

\*Análises de açúcares redutores não realizadas para a 2ª colheita.

### 5.2.1.2. Sólidos solúveis

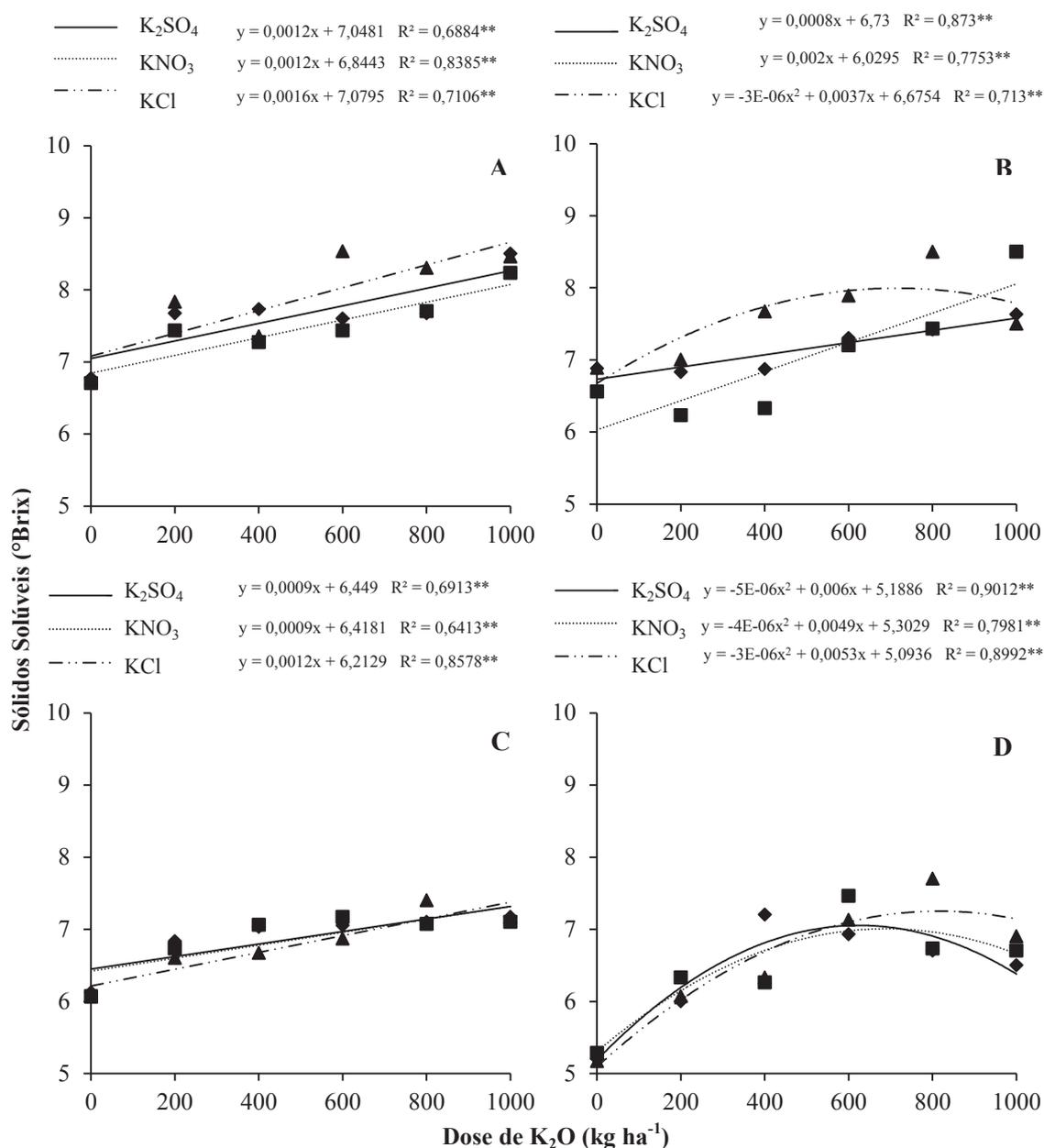
Os sólidos solúveis estão relacionados com o sabor “doce” do morango, pois os açúcares são os componentes mais abundantes encontrados nos sólidos solúveis (KADER, 1991). De acordo com Kader et al. (1991), o teor de sólidos solúveis em morango pode variar entre 4,6 e 11,9%, conforme a cultivar e os fatores pré-colheita a que essa cultivar foi sujeita, mas, para que um fruto seja sensorialmente aceitável, este deve possuir um teor mínimo em

sólidos solúveis de 7% (KADER, 1991).

Houve diferenças significativas para o teor de sólidos solúveis nos frutos de morangueiro avaliados em função das fontes, doses e colheitas e também das interações entre essas fontes de variação (Tabela 6).

Com relação às diferentes fontes de fertilizantes potássicos nas quatro épocas de colheita, observa-se que o KCl proporcionou o maior teor de sólidos solúveis nos frutos nas duas primeiras colheitas diferindo estatisticamente de  $K_2SO_4$  e  $KNO_3$ , enquanto nas colheitas 3 e 4 o teor de sólidos solúveis dos frutos não diferiu estatisticamente entre as fontes (Tabela 7). Para os frutos adubados com as três fontes de fertilizantes potássicos os teores de sólidos solúveis foram semelhantes no decorrer das colheitas. Os maiores teores foram observados nos frutos da 1ª colheita, diferindo estatisticamente das demais colheitas, com decréscimo até a última colheita (Tabela 7). O fato de o teor de sólidos solúveis dos frutos diminuir com o decorrer das colheitas pode ser explicado pelo aumento do comprimento dos dias, fazendo com que aumente a fotossíntese das plantas e reduza o período entre a floração e a colheita dos frutos, os quais, no inverno são entre 30 e 45 dias e na primavera entre 25 e 30 dias. Essa redução na permanência do fruto na planta diminui o acúmulo de açúcares (DARNELL, 2003). Este comportamento de decréscimo no teor de sólidos solúveis relacionado às colheitas na cultura do morangueiro, também foi observado por Antunes et al. (2010).

Na 1ª colheita, o teor de sólidos solúveis dos frutos aumentou linearmente conforme se aumentaram as doses para as três fontes de fertilizantes potássicos utilizadas (Figura 9 A). Na 2ª colheita as médias para os tratamentos com as fontes  $K_2SO_4$  e  $KNO_3$  apresentaram efeito linear, enquanto que para KCl houve ajuste à regressão quadrática, apresentando teor máximo de sólidos solúveis (7,42 °Brix) na dose estimada de 500 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$  (Figura 9 B). Na 3ª colheita, as médias para o teor de sólidos solúveis nos frutos tratados com  $K_2SO_4$ ,  $KNO_3$  e KCl apresentaram adequação ao modelo linear (Figura 9 C). Para a 4ª colheita, as médias ajustaram-se ao modelo quadrático para as três fontes de fertilizantes, sendo o máximo teor de sólidos solúveis de 6,98 °Brix na dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> para  $K_2SO_4$ , de 6,30 °Brix na dose estimada de 500 kg ha<sup>-1</sup> para  $KNO_3$  e, de 7,18 °Brix na dose estimada de 833 kg ha<sup>-1</sup> para KCl (Figura 9 D).



**Figura 9.** Teor de sólidos solúveis de frutos de morangueiro cv. Camarosa (°Brix) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de  $K_2O$  ( $kg\ ha^{-1}$ ) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1ª Colheita (A); 2ª Colheita (B); 3ª Colheita (C); 4ª Colheita (D).

◆  $K_2SO_4$ , ■  $KNO_3$ , ▲  $KCl$ . Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

\*\*Significativo a 1% de probabilidade.

\*\*\* Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

Os resultados obtidos sugerem que a adubação potássica exerce influência sobre o teor de sólidos solúveis nos frutos. Isso porque uma das funções do potássio na planta é intensificar o armazenamento de solutos do floema em órgãos como sementes, tubérculos e frutos, sendo que a velocidade de transporte aumenta com o aumento no suprimento de potássio (POTAFOS, 1990).

Semelhante ao encontrado no presente estudo, Marodin et al. (2010) observaram que para a cultivar Camarosa houve aumento linear no teor de sólidos solúveis quando observaram os resultados até a dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Em tomate (MACEDO e ALVARENGA, 2005), melão (VASQUEZ et al., 2005) e maracujá (CAMPOS et al., 2007) também se verificou o efeito da adubação potássica no aumento do teor de sólidos solúveis. Por outro lado, alguns estudos demonstraram ausência de efeito da adubação potássica sobre o teor de sólidos solúveis, como por exemplo, em morango em cultivo sem solo (ANDRIOLO et al., 2010), em melancia (GRANGEIRO e CECILIO FILHO, 2004) e em tomate (FONTES et al., 2000).

### **5.2.1.3. Acidez titulável**

A acidez devida a ácidos orgânicos é uma característica importante no que se refere ao sabor e aroma de muitos frutos. Geralmente diminui com a maturação, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares (KADER, 2002; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A acidez titulável foi influenciada significativamente pelas fontes, doses, épocas de colheita e pela interação entre essas fontes de variação (Tabela 6).

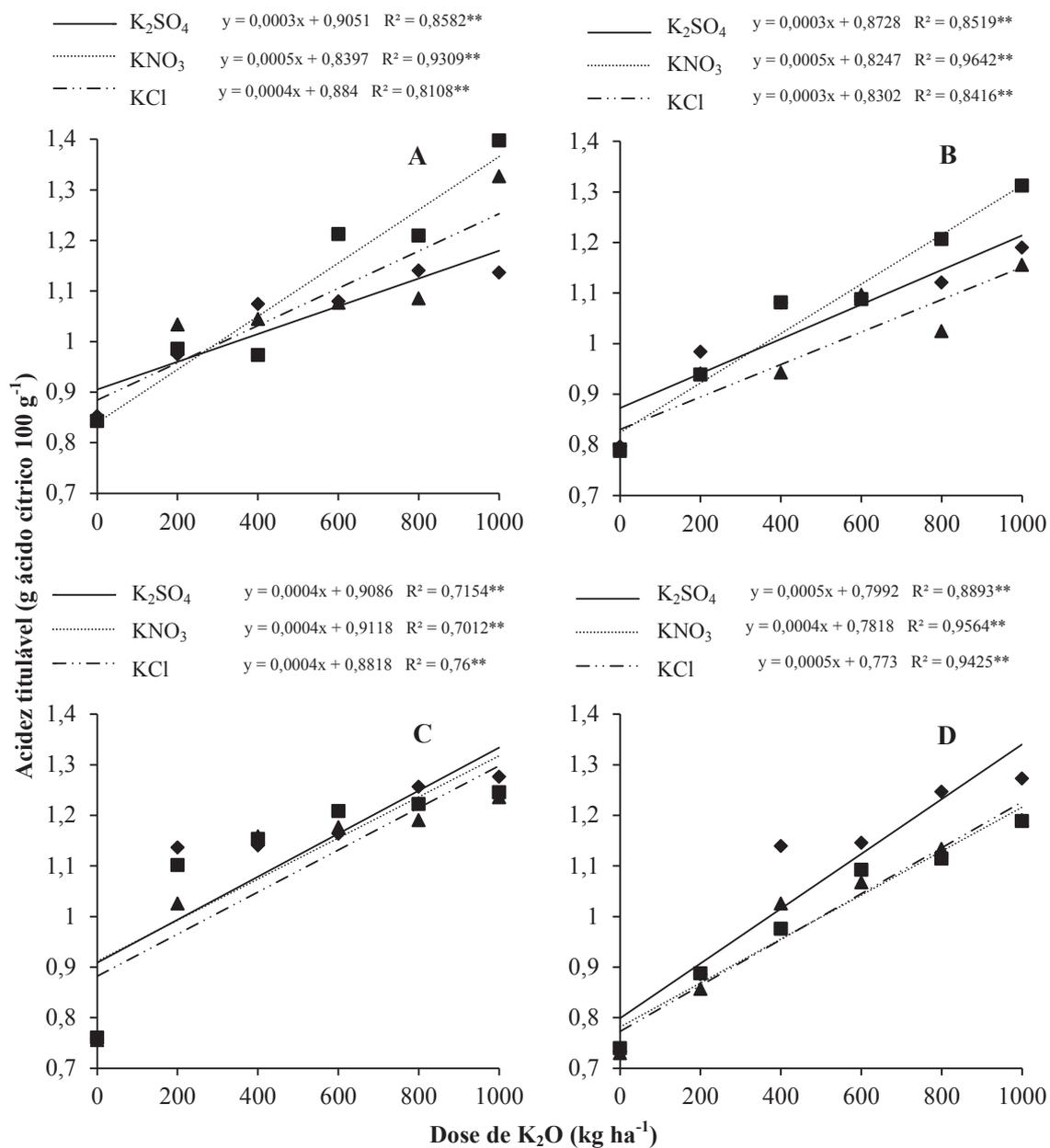
Quanto à fonte de fertilizante potássico em relação às colheitas, a acidez titulável foi menor para os frutos adubados com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1,04 g ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup> polpa) na 1ª colheita, diferindo estatisticamente das demais. Na 2ª e 3ª colheita a menor acidez titulável foi observada para os frutos adubados com KCl (0,99 g ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup> polpa) que diferiram estatisticamente dos frutos adubados com KNO<sub>3</sub> e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> enquanto que, na 4ª colheita os tratamentos com KCl e KNO<sub>3</sub> não diferiram entre si e proporcionaram os valores de acidez titulável mais baixos (1,00 e 0,99 g ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup> polpa, respectivamente) (Tabela 7).

No que se refere ao K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em relação às colheitas, a menor acidez titulável nos frutos foi observada na 1ª colheita, que não diferiu estatisticamente da 2ª, mas diferiu das demais,

enquanto que o maior teor de acidez titulável foi verificado par aos frutos colhidos na 3ª época. Já para os frutos em que foi aplicado  $\text{KNO}_3$ , a menor acidez titulável foi verificada na 4ª, seguida da 2ª e da 1ª e 3ª, sendo que entre estas duas últimas não houve diferença estatística. Para os frutos tratados com  $\text{KCl}$ , a menor acidez titulável foi observada na 2ª e 4ª colheitas, as quais não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 7).

Para a interação fontes e doses de K, em todas as épocas de colheita a acidez titulável aumentou linearmente conforme foram aumentadas as doses de K (Figura 10). Para a testemunha (dose 0) os resultados variaram de 0,729 a 0,852 g ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup> polpa e, para a dose 1000 kg ha<sup>-1</sup>, oscilaram entre 1,136 a 1,397 g ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup> polpa, os quais foram bastante elevados quando comparados com alguns estudos com a cultivar Camarosa que verificaram acidez titulável de 0,76 (ANTUNES et al., 2010), 0,60 (MALGARIM et al., 2006) e 0,90 g ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup> polpa (CAMARGO et al., 2009) (não considerando o fator adubação). Entretanto, os valores encontrados no presente estudo, estão dentro da variação esperada para o morango, que é de 0,50 a 1,87 g ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup> polpa, de acordo com Kader (1991).

Os resultados encontrados nesta pesquisa também estão de acordo com a literatura, que indica que a adubação potássica proporciona maior acidez aos frutos, como já verificado em morango (ANDRIOLO et al., 2010; MARODIN et al., 2010), em melancia (GRANGEIRO e CECÍLIO FILHO, 2004), em maçã (HUNSHE et al., 2003) e em tomate (MACEDO e ALVARENGA, 2005). A explicação para este fato, de acordo com os autores, está relacionada ao acúmulo de substâncias promotoras da acidez causadas pelo aumento da dose de K, o que pode estar associado ao incremento no teor de ácidos orgânicos presentes nos frutos, os quais são dependentes do equilíbrio nutricional da planta.



**Figura 10.** Acidez titulável de frutos de morangueiro cv. Camarosa (g ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup> polpa) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 2<sup>a</sup> Colheita (B); 3<sup>a</sup> Colheita (C); 4<sup>a</sup> Colheita (D). ♦ K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ■ KNO<sub>3</sub>, ▲ KCl. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

<sup>\*\*</sup>Significativo a 1% de probabilidade.

<sup>\*\*\*</sup>Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

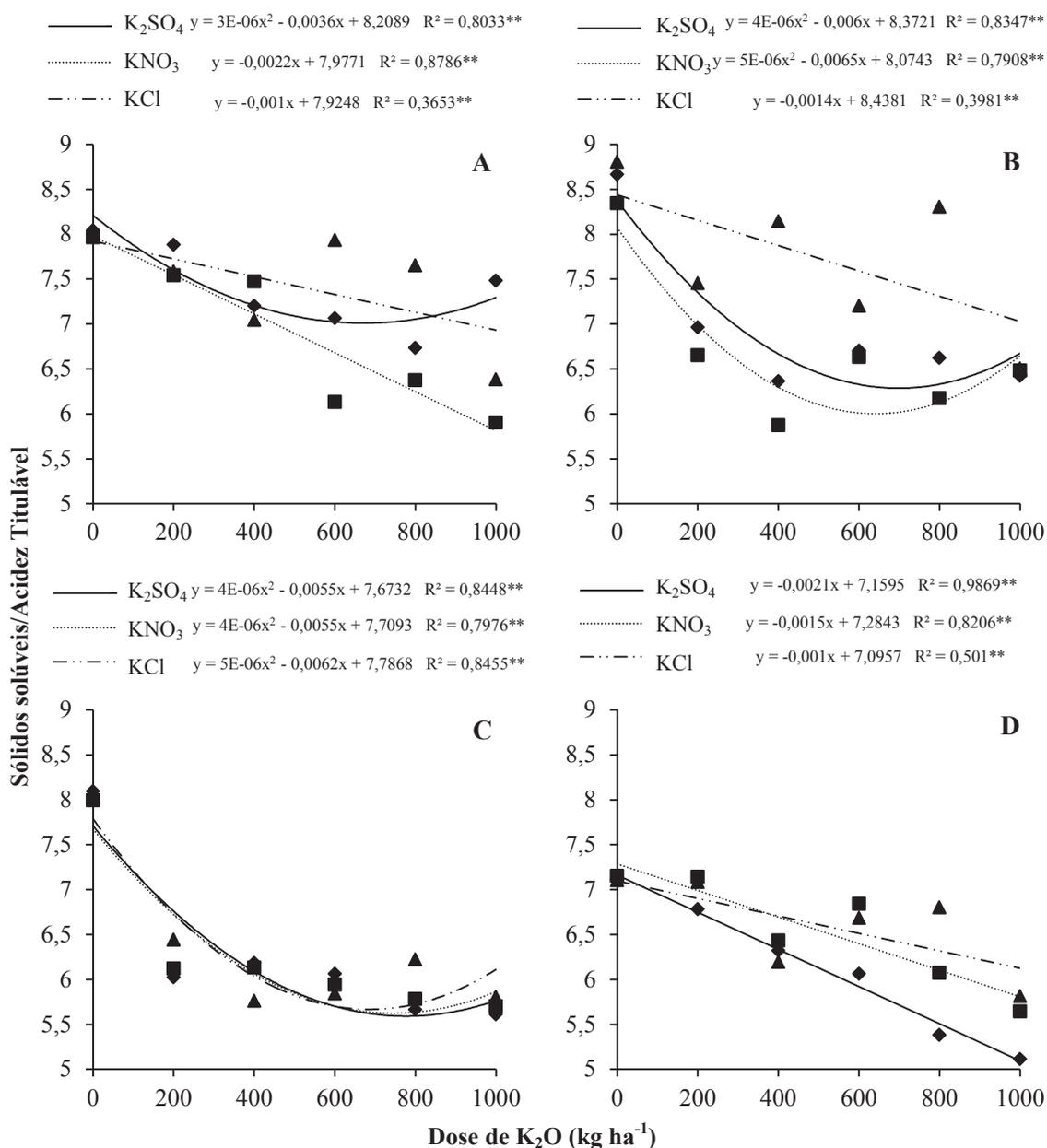
#### 5.2.1.4. Relação entre sólidos solúveis e acidez titulável

A relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT) indica o equilíbrio entre esses dois componentes, especificando o teor mínimo de sólidos e o máximo de acidez, para determinar mais precisamente o sabor (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os frutos de morangueiro avaliados apresentaram diferenças estatísticas nas médias da relação SS/AT em função das fontes e doses de K, épocas de colheita e para as interações entre essas fontes de variação (Tabela 6).

Na 1ª colheita as fontes KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> foram superiores à KNO<sub>3</sub> pois proporcionaram maior relação SS/AT. Na 2ª colheita os frutos adubados com KCl apresentaram maior relação SS/AT, diferindo estatisticamente dos demais. Na 3ª colheita não houve diferença estatística para a relação SS/AT entre as fontes de K avaliadas. Na última colheita KCl e KNO<sub>3</sub> proporcionaram a relação SS/AT mais elevada, diferindo estatisticamente de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Tabela 7). Embora tenha havido semelhanças entre as fontes em algumas colheitas, nota-se que o KCl proporcionou maiores médias em todas as colheitas, isso ocorreu porque o KCl proporcionou o maior teor de sólidos solúveis e a acidez titulável mais baixa nos frutos, indicando que as plantas adubadas com esta fonte de K, apresentaram frutos mais adocicados ao paladar, embora a relação tenha sido mais baixa do que a ideal para frutos de morangueiro que é de 8,75, relação esta proveniente de teor de sólidos solúveis ideal de 7 °Brix e de acidez titulável ideal de 0,8 g ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup> polpa (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Essa baixa relação SS/AT foi verificada em grande parte dos resultados deste experimento, estando relacionada, principalmente aos altos teores de acidez titulável que os frutos apresentaram.

Tanto para K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> quanto para KCl a relação SS/AT foi maior para os frutos da 1ª e da 2ª colheitas, e menores para os frutos da 3ª e da 4ª (Tabela 7), correlacionando com os resultados verificados para o teor de sólidos solúveis, os quais foram maiores nas primeiras colheitas e então diminuíram. Já para os tratamentos com KNO<sub>3</sub>, além da 1ª e 2ª colheitas, na 4ª colheita os frutos também apresentaram relação SS/AT intermediária.



**Figura 11.** Relação entre sólidos solúveis e acidez titulável de frutos de morangueiro cv. Camarosa em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 2<sup>a</sup> Colheita (B); 3<sup>a</sup> Colheita (C); 4<sup>a</sup> Colheita (D). ♦ K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ■ KNO<sub>3</sub>, ▲ KCl. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

\*\*\* Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

Na 1<sup>a</sup> colheita, as médias para a relação SS/AT apresentaram ajuste linear para os frutos adubados com KNO<sub>3</sub> e KCl, indicando que com o aumento da dose de K<sub>2</sub>O diminui a

relação SS/AT, o  $K_2SO_4$  proporcionou decréscimo máximo na relação SS/AT nos frutos na dose estimada de  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  (relação 7,46), demonstrando o ajuste quadrático para a equação de regressão (Figura 11 A). Para a 2ª colheita as médias da relação SS/AT para os frutos adubados com a fonte KCl mantiveram-se diminuindo linearmente conforme aumentaram-se as doses de K. Já para as fontes  $K_2SO_4$  e  $KNO_3$  as médias apresentaram ajuste ao modelo quadrático, sendo as doses estimadas nas quais ocorreu a menor relação SS/AT de  $750 \text{ kg ha}^{-1}$  (relação 6,12) e  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  (relação 6,27), respectivamente (Figura 11 B). Na 3ª colheita, a relação SS/AT apresentou adequação ao modelo quadrático para as três fontes. Para  $K_2SO_4$  a dose que representou a menor relação SS/AT (relação 6,14) foi  $625 \text{ kg ha}^{-1}$ , para  $KNO_3$  foi  $625 \text{ kg ha}^{-1}$  (relação 6,11) e, para KCl foi  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  (relação 5,98) (Figura 11 C). Na 4ª colheita, as médias da relação SS/AT demonstraram comportamento linear para as três fontes de K avaliadas, diminuindo a relação SS/AT conforme aumentaram as dose de K (Figura 11 D).

De acordo com Grangeiro e Cecílio Filho (2004), com o aumento no fornecimento de K à planta, o conteúdo desse nutriente aumenta nos frutos, melhorando sua distribuição, dessa forma, espera-se que ocorra maior neutralização de ácidos e os frutos se tornem mais doces. Ao contrário do que afirmam esses autores, neste estudo, o aumento no fornecimento de potássio ao morangueiro não tornou os frutos mais doces, pois tendeu a diminuir a relação SS/AT.

Considerando a relação SS/AT como um determinante da qualidade comercial de frutos, a adubação potássica em doses elevadas proporciona frutos mais azedos ao paladar, o que não é desejável, pensando em grande parte dos consumidores, que apreciam a doçura no morango (BITTENCOURT, 2006). Fortaleza et al. (2005) também verificaram a menor relação SS/AT em função do aumento das doses de K em maracujazeiro, já Andriolo et al. (2010) não observaram diferença significativa entre as doses de K e a relação SS/AT em morango.

#### **5.2.1.5. pH**

O pH (potencial hidrogeniônico) representa o inverso da concentração de íons hidrogênio em um determinado material. É um índice importante na avaliação da qualidade e conservação dos alimentos (CHITARRA e CHITARRA, 2005; GOMES e OLIVEIRA, 2011),

pois está relacionado ao desenvolvimento de micro-organismos, emprego de esterilização, escolha de embalagem utilizada e na palatabilidade.

Para a característica pH, os frutos de morangueiro apresentaram diferença significativa em função das fontes, doses e épocas de colheita e, da interação entre elas (Tabela 6).

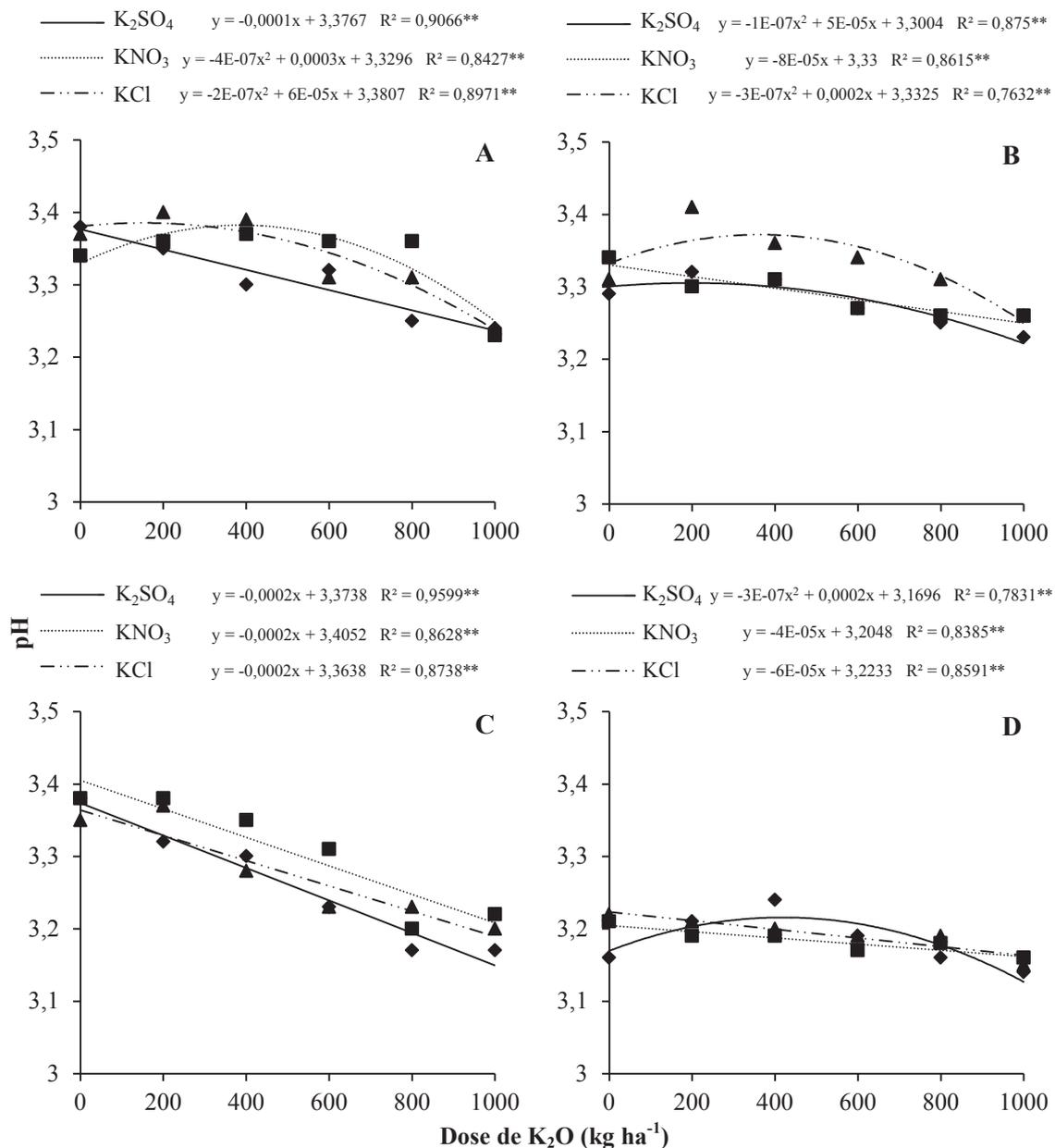
Na 1ª colheita KCl e KNO<sub>3</sub> proporcionaram valores de pH mais elevados nos frutos (3,34 para ambos) e estatisticamente diferentes do K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (3,31). Na 2ª colheita KCl proporcionou pH mais elevado aos frutos (3,33), na 3ª colheita KNO<sub>3</sub> (3,31) e, na 4ª colheita não houve diferença estatística entre as fontes (Tabela 7), corroborando com os resultados verificados para a acidez titulável e evidenciando que quanto maior a concentração de ácido cítrico, menor o pH, assim como no trabalho de Campos et al. (2007).

Para os tratamentos com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> o pH dos frutos decresceu da 1ª para a última colheita, diferindo estatisticamente entre as quatro colheitas (Tabela 7). O pH dos frutos adubados com KNO<sub>3</sub> foi maior para a 1ª colheita, seguido da 3ª, da 2ª e por último da 4ª colheita (Tabela 7). Já para os frutos adubados com KCl, o pH dos frutos foi maior para a 1ª e 2ª colheitas que não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram das demais, sendo que os frutos da 3ª colheita apresentaram valores de pH intermediários e os da 4ª colheita as médias mais baixas (Tabela 7). De maneira geral, pode-se perceber que o pH dos frutos decresceu da 1ª para a 4ª colheita para as três fontes avaliadas, ou seja, os frutos ficaram mais ácidos à medida em que se aproximava o final do ciclo da cultura.

Para os frutos adubados com KCl e KNO<sub>3</sub> na 1ª colheita, as médias de pH se ajustaram a equação de regressão quadrática, com valor máximo estimado de pH na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> (pH = 3,38) para KCl e de 375 kg ha<sup>-1</sup> (pH = 3,38) para KNO<sub>3</sub>. As médias para os frutos tratados com a fonte K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se adequaram ao modelo linear e decresceram conforme o incremento das doses de K (Figura 12 A).

Na 2ª colheita, o pH dos frutos adubados com as fontes KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> demonstraram efeito quadrático com pontos de máxima estimados nas doses de 333 kg ha<sup>-1</sup> (3,37) e 257 kg ha<sup>-1</sup> (3,31), respectivamente (Figura 12 B). Na 3ª colheita, as médias apresentaram comportamento linear para todas as fontes, indicando que o pH decresceu conforme aumentaram as doses de K (Figura 12 C). Na 4ª colheita houve ajuste linear para as médias dos tratamentos com KCl e KNO<sub>3</sub>, sendo que quando as doses de K foram aumentadas o pH diminuiu. As médias de pH para os frutos adubados com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ajustaram-se ao modelo quadrático com máximo valor de pH na dose estimada de 333 kg ha<sup>-1</sup> (3,20) (Figura 12 D).

Ressalta-se que os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com a faixa de pH geralmente encontrada em morangos, de 3,18 a 4,10 (KADER, 1991).



**Figura 12.** pH de frutos de morangueiro cv. Camarosa em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de  $K_2O$  ( $kg\ ha^{-1}$ ) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1ª Colheita (A); 2ª Colheita (B); 3ª Colheita (C); 4ª Colheita (D).  $\blacklozenge$   $K_2SO_4$ ,  $\blacksquare$   $KNO_3$ ,  $\blacktriangle$   $KCl$ . Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

<sup>\*\*</sup>Significativo a 1% de probabilidade.

<sup>\*\*\*</sup>Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

Do ponto de vista industrial, o pH mais baixo é preferível em face da inibição do crescimento de bactérias (MACEDO e ALVARENGA, 2005), entretanto, para o consumo *in natura* são desejáveis frutos que não sejam tão ácidos (BITTENCOURT, 2006), porém isso depende mais do equilíbrio entre SS/AT do que propriamente do pH.

Dessa forma, para a comercialização de frutos *in natura*, seriam preferíveis os frutos da 1ª e 2ª colheitas, enquanto que para a indústria os frutos das últimas colheitas e cultivados com as maiores doses de K seriam interessantes.

Semelhante ao encontrado neste estudo, Campos et al. (2007) verificaram que o pH diminuiu quando foram aumentadas as doses de K<sub>2</sub>O em maracujá e Fontes et al. (2000) observaram o mesmo comportamento em tomate. Por outro lado, em estudo de Macedo e Alvarenga (2005) em tomateiro e de Vasquez et al. (2005) em meloeiro, o aumento nas doses de K significou aumento no pH. Já Fortaleza et al. (2005) e Marodin et al. (2010) observaram que o pH não sofreu alterações em função das doses de K para maracujá e morango, respectivamente.

#### **5.2.1.6. Açúcares redutores**

Os açúcares redutores são monossacarídeos que apresentam uma função aldeídica ou cetônica livre, tornando-os capazes de reduzir cátions como cobre e prata em soluções alcalinas. Este é o caso da glicose e da frutose, açúcares redutores comumente encontrados em frutos, juntamente com a sacarose (não redutor) (DEMIATE et al., 2002; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

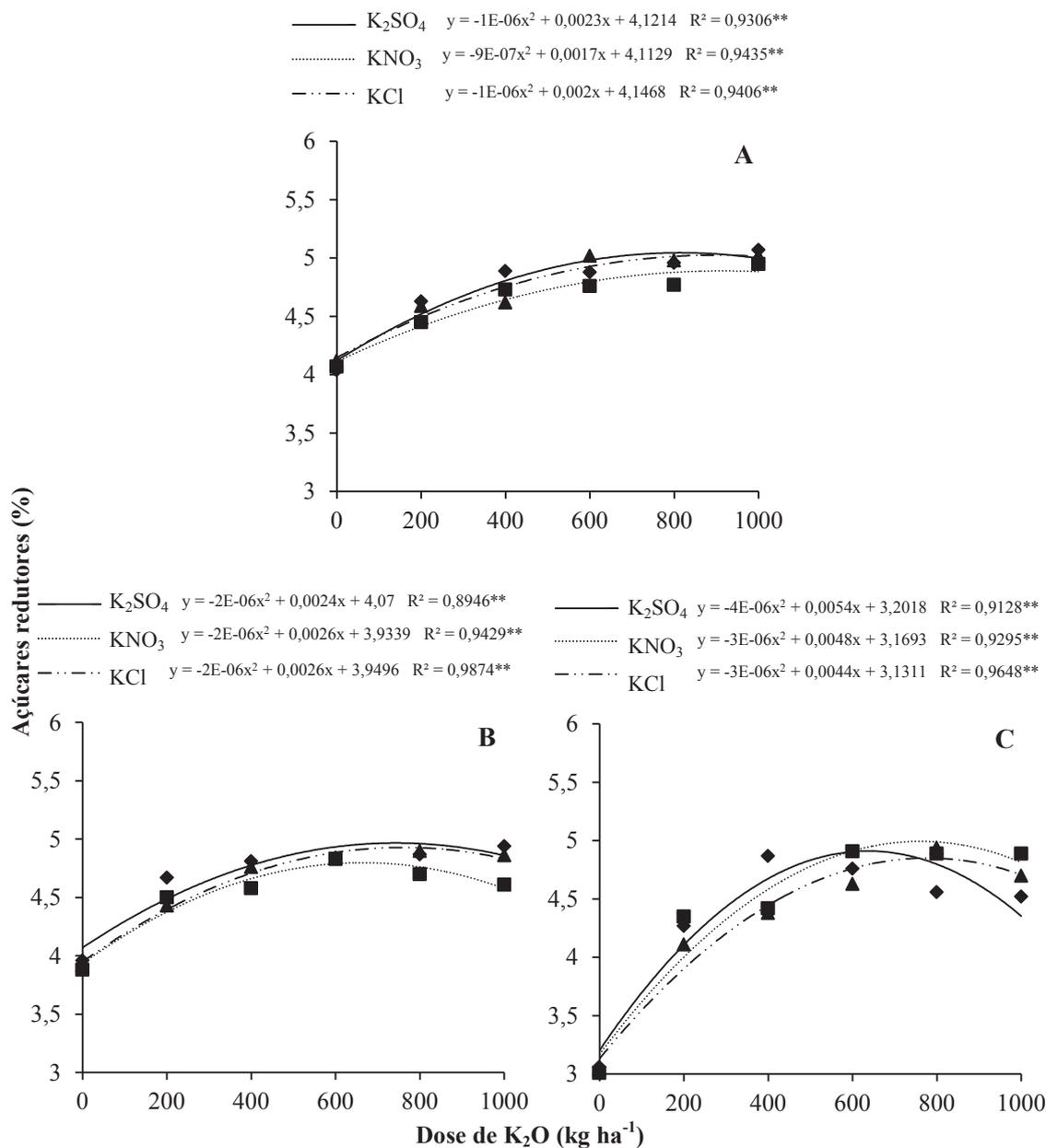
O teor de açúcares redutores nos frutos foi influenciado significativamente pelas fontes, doses, épocas de colheita e pela interação entre essas fontes de variação (Tabela 6). Em relação à 1ª colheita, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e KNO<sub>3</sub> proporcionaram maior concentração de açúcares redutores nos frutos (4,74 e 4,72%, respectivamente) não diferindo estatisticamente entre si, mas diferindo das médias proporcionadas por KCl (4,62%) (Tabela 7). Na 3ª colheita, a concentração de açúcares redutores foi maior para os frutos cujas plantas foram adubadas com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (4,68%), diferindo estatisticamente das demais (Tabela 7). Para a 4ª colheita, a maior concentração de açúcares redutores nos frutos foi observada para os tratamentos com KNO<sub>3</sub> (4,41%). As médias de açúcares redutores para os tratamentos com KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> não diferiram estatisticamente entre si (4,29 e 4,34%, respectivamente) (Tabela 7).

Para os tratamentos com  $K_2SO_4$ , não houve diferença significativa para a concentração de açúcares redutores nos frutos entre a 1ª e a 3ª colheita, os quais foram superiores às médias de açúcares redutores da 4ª colheita. Tanto para os tratamentos com  $KNO_3$  quanto para os tratamentos com  $KCl$ , a concentração de açúcares redutores foi maior para os frutos da 1ª colheita, seguido da 3ª colheita e por último a 4ª colheita. Assim, observa-se que os teores de açúcares redutores foram maiores nos frutos provenientes das primeiras colheitas e decresceram até a última colheita (Tabela 7), mesmo comportamento observado para o teor de sólidos solúveis, cujos valores correspondem, em sua maioria, aos açúcares presentes nos frutos (sacarose, glicose e frutose). Como já afirmado anteriormente, este fato pode ser explicado pela redução da permanência do fruto na planta, o que diminui o acúmulo de açúcares (DARNELL, 2003). Além disso, a concentração desses compostos muda progressivamente nas células vegetais e representa um parâmetro que pode ser utilizado para o acompanhamento das condições pós-colheita dos produtos hortícolas, além de permitir o conhecimento sobre a contribuição de cada açúcar para o sabor do produto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

No que diz respeito à interação fontes e doses de K, em todas as épocas de colheita o teor de açúcares redutores nos frutos apresentou comportamento quadrático (Figura 13). Na 1ª colheita, a dose de  $1000 \text{ kg ha}^{-1}$  proporcionou o maior teor de açúcares redutores quando utilizadas as fontes  $KCl$  e  $K_2SO_4$ , 5,15 e 5,12%, respectivamente. Para os frutos adubados com  $KNO_3$ , a dose estimada de  $555 \text{ kg ha}^{-1}$  proporcionou o maior teor (4,39%) (Figura 13 A). Na 3ª colheita, de acordo com as equações de regressão, a dose estimada para o máximo teor de açúcares redutores nos frutos, coincidiu para as três fontes:  $500 \text{ kg ha}^{-1}$ , representando os teores de 4,57, 4,43 e 4,45% para os tratamentos com  $K_2SO_4$ ,  $KNO_3$  e  $KCl$ , respectivamente (Figura 13 B). Já na 4ª colheita, as doses para o máximo teor de açúcares redutores, coincidiram para os tratamentos com  $KNO_3$  e  $KCl$ , sendo a dose estimada de  $667 \text{ kg ha}^{-1}$  para se obter 4,50 e 4,46% de açúcares, respectivamente (Figura 13 C). O tratamento com  $K_2SO_4$  demonstrou maior eficiência em relação às outras fontes, pois o ponto de máxima ocorreu em uma dose menor ( $625 \text{ kg ha}^{-1}$ ) com um maior teor de açúcares redutores (4,76%).

Semelhante ao observado neste trabalho, Quadros et al. (2010), encontraram que as maiores concentrações de K fornecido a tubérculos de batata proporcionaram diminuição dos açúcares redutores, que no caso de batata destinada ao processamento é desejável. Ainda, dentre os fertilizantes utilizados por eles, o  $KCl$  propiciou os menores teores médios de

açúcares redutores, enquanto o  $K_2SO_4$  mostrou os maiores. Isso evidencia que, nem sempre a maior disponibilidade de K no solo irá promover maior acúmulo de determinados açúcares, assim como de sólidos solúveis.



**Figura 13.** Açúcares redutores em frutos de morangueiro cv. Camarosa (%) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de  $K_2O$  ( $kg\ ha^{-1}$ ) em três épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1ª Colheita (A); 3ª Colheita (B); 4ª Colheita (C). ♦  $K_2SO_4$ , ■  $KNO_3$ , ▲ KCl. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

<sup>\*\*</sup> Significativo a 1% de probabilidade.

<sup>\*\*\*</sup> Análises de açúcares redutores não realizadas para a 2ª colheita. Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

Outros resultados também corroboram com os encontrados no presente estudo. Camargo (2008) avaliou oito cultivares de morangueiro sob cultivo orgânico e convencional em Guarapuava-PR e obteve teores de açúcares redutores para o cultivo convencional que variaram de 4,74 a 5,17%. Em outro estudo realizado em Guarapuava-PR, Camargo et al. (2009) verificaram concentração de açúcares redutores de 4,93% para a cultivar Camarosa em cultivo convencional. Krivorot e Dris (2002) determinaram o teor de açúcares redutores em frutos de morango frescos e congelados de quatro cultivares, e observaram que nos frutos frescos, o teor de açúcares foi inferior ao dos frutos congelados. Nos frutos frescos variou de 2,97 até 4,62% e nos congelados de 5,97 até 6,94%.

## **5.2.2. Valor nutricional – Compostos bioativos**

### **5.2.2.1. Compostos fenólicos**

As fontes de fertilizantes potássicos, as doses, épocas de colheita e a interação entre elas apresentaram diferença estatística em relação aos compostos fenólicos (Tabela 6).

Na 1ª colheita o teor de compostos fenólicos nos frutos não diferiu estatisticamente entre as fontes de fertilizantes potássicos, os quais foram 25,23, 24,83 e 26,51 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa para K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub> e KCl, respectivamente (Tabela 8). Para a 3ª e a 4ª colheitas, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e KNO<sub>3</sub> proporcionaram maiores teores de fenólicos, diferindo estatisticamente de KCl (Tabela 8).

Para as três fontes de fertilizantes potássicos, o teor de compostos fenólicos foi maior para a 4ª colheita, seguido da 3ª e, por último a 1ª colheita (25,52 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) (não houve análise de fenólicos para a 2ª colheita) (Tabela 8), indicando que houve aumento no teor de fenólicos conforme a aproximação do verão, já que a 4ª colheita ocorreu em novembro. Comportamento semelhante foi observado por Bordignon Junior (2008) em morangueiro cultivar Oso Grande, por Wang e Zheng (2001) em morangueiro cultivar Earliglow e Kent, por Tsai et al. (2008) em capim elefante e Witzell et al. (2003) em mirtilo. Todos observaram que ocorrem variações no teor de compostos fenólicos conforme a época do ano, demonstrando que próximo ao verão ou no verão, os teores são maiores. Isso ocorre, pois os compostos fenólicos são metabólitos secundários, produzidos pela planta em resposta a estresses, que podem ser devido a existência de predadores ou a fatores edafoclimáticos,

como a maior incidência de radiação ultravioleta que está relacionada a produção de compostos fenólicos (SHARMA et al., 1998; REAY e LANCASTER, 2001; ANDERSEN e JORDHEIM, 2006). A partir do final da primavera, há um aumento da radiação ultravioleta pela aproximação do solstício de verão (BORDIGNON JUNIOR, 2008), essa radiação, principalmente a ultravioleta B (UV-B), afeta de maneira significativa as células vegetais, podendo causar dano oxidativo ao DNA celular, acarretando em defeitos e tornando as células inviáveis (MEYERS et al., 2003; ATKINSON et al., 2006). Desta forma, quanto maior as radiações que incidem sobre a planta, maior será a produção de compostos fenólicos, como observado no presente estudo.

**Tabela 8.** Compostos fenólicos, antocianinas e ácido ascórbico em frutos de morangueiro cv. Camarosa em função de épocas de colheita e fontes de fertilizantes potássicos. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

Colheita	FEN (mg equivalente GAE 100 g <sup>-1</sup> polpa)*				ANT (mg cianidina 3-glicosídeo 100 g <sup>-1</sup> polpa)			
	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	KCl	Média	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	KCl	Média
1	25,23 cA	24,83 cA	26,51 cA	25,52	6,85 cA	6,33 cA	6,47 cA	6,55
2	-	-	-	-	8,49 bA	7,85 bB	8,11 bAB	8,26
3	73,94 bA	72,86 bA	64,47 bB	70,42	8,83 bA	8,20 bA	8,89 bA	8,53
4	89,58 aA	88,59 aA	84,26 aB	87,48	10,57 aB	9,68 aC	10,71 aA	10,65
<b>Média</b>	62,92	62,09	58,41		8,68	8,02	8,79	

	AA (mg 100 g <sup>-1</sup> polpa)			
	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	KCl	Média
1	21,90 cA	18,11 cB	16,68 dC	18,90
2	21,04 dA	18,13 cB	17,24 cC	18,80
3	32,28 aC	34,94 aA	32,87 aB	33,37
4	30,11 bA	21,82 bC	25,52 bB	25,82
<b>Média</b>	26,33	23,25	23,08	

FEN: compostos fenólicos; ANT: antocianinas; AA: ácido ascórbico. Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

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

\*Análises de compostos fenólicos não realizadas para a 2ª colheita.

Outro fator que, possivelmente, influenciou o teor de compostos fenólicos foi a temperatura. Sabe-se que a síntese de substâncias fenólicas é favorecida pelas temperaturas mais amenas, principalmente as noturnas e também a variação de temperatura do dia para a noite afeta a deposição de pigmentos (ROSIER, 2003). Confirmando este fato, Wang e Zheng

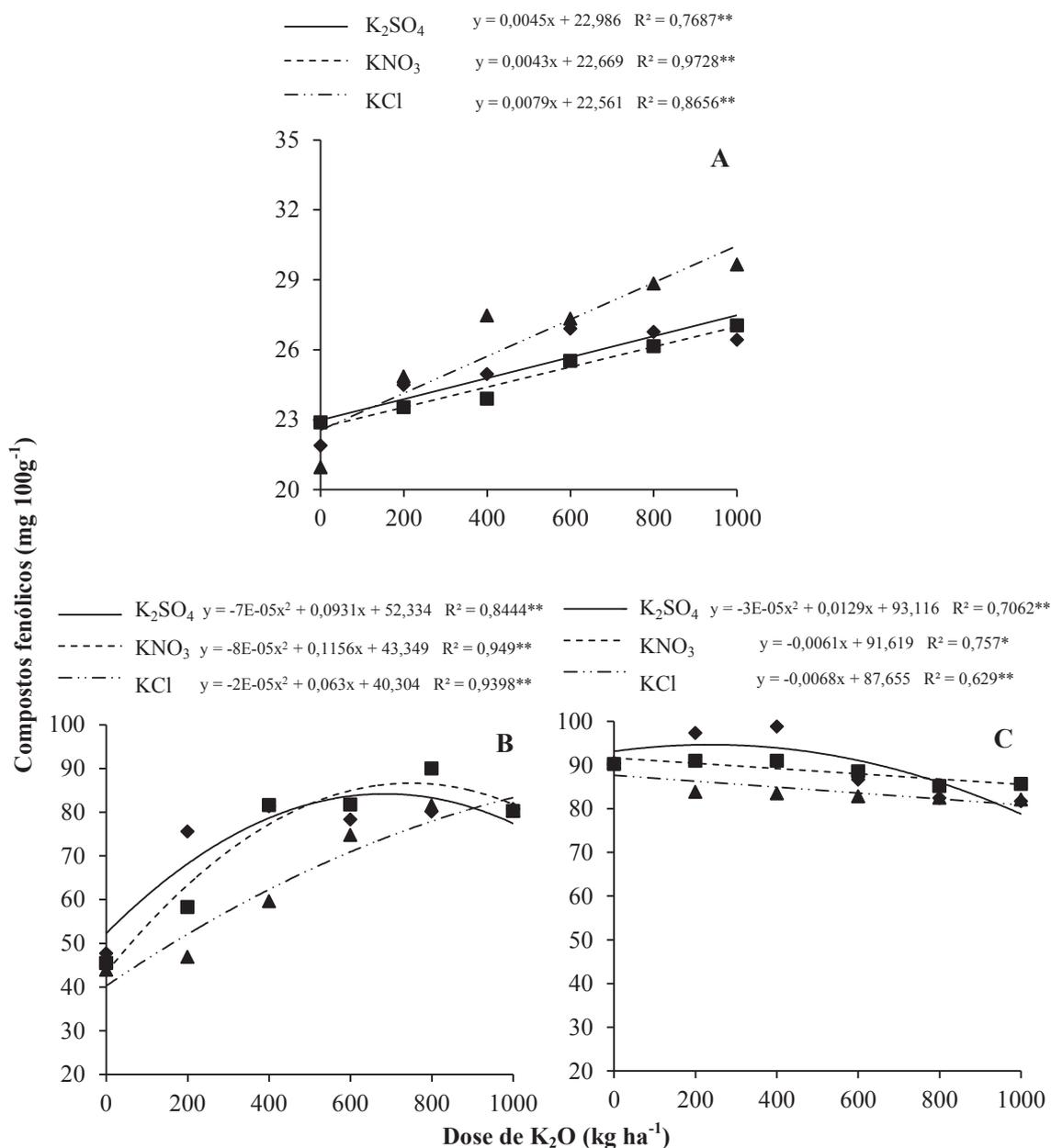
(2001) observaram que o conteúdo de antocianinas em morangos das cultivares Earliglow e Kent aumenta à medida que a relação entre a temperatura máxima e a mínima fica maior. Embora não dispondo de dados do ambiente interno da estufa onde foram cultivados os morangueiros do presente experimento, as temperaturas externas observadas no período e o clima característico de Guarapuava favoreceram a deposição de compostos fenólicos nos frutos.

Ainda, os teores de fenólicos encontrados neste estudo, são inferiores aos verificados por Pinto et al. (2008) em morangos cultivar Camarosa (262 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa), Zheng et al. (2007) em morangos cultivar Allstar (102 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa), Pinelli et al. (2011) em morangos cultivar Oso Grande e Camino Real (223,4 e 174,3 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) e Pelayo et al. (2003) em morango cultivar Aromas, Selva e Diamante (144, 136 e 136 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa). Isso por que os compostos fenólicos são significativamente influenciados pelos fatores genéticos da cultivar e pelos fatores edafoclimáticos (SCALZO et al., 2005; ATKINSON et al., 2006). Além disso, o sistema de cultivo em ambiente “aberto” proporciona maior teor de compostos fenólicos do que o sistema em ambiente protegido (HERNANZ et al., 2007).

Em relação à interação entre fontes e doses, na 1<sup>a</sup> colheita as três fontes apresentaram comportamento linear, houve acréscimo no teor de fenólicos totais conforme foi aumentada a dose de K (Figura 14 A). Na 3<sup>a</sup> colheita, as médias dos frutos tratados com as três fontes adequaram-se ao modelo quadrático, com estimativa de máximo teor de fenólicos nas doses de 664 kg ha<sup>-1</sup> (83,22 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) para K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 719 kg ha<sup>-1</sup> (84,67 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) para KNO<sub>3</sub> e, 1575 kg ha<sup>-1</sup> (89,91 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) para KCl, sugerindo que a influência de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na produção de compostos fenólicos foi mais eficiente (Figura 14 B). Na 4<sup>a</sup> colheita, houve maior tendência de diminuição dos compostos fenólicos com o maior fornecimento de K. As médias dos frutos adubados com KNO<sub>3</sub> e KCl apresentaram comportamento linear, com o menor teor de sólidos solúveis verificado na dose de 1000 kg ha<sup>-1</sup>. K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> apresentou ajuste quadrático para a equação de regressão, com ponto de máxima na dose estimada de 200 kg ha<sup>-1</sup>, onde se observou teor de compostos fenólicos de 94,31 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa (Figura 14 C). Constatando-se que a planta responde ao teor de K até as maiores doses na 1<sup>a</sup> colheita, na 3<sup>a</sup> colheita continua respondendo a doses elevadas, mas em certo ponto decresce e, na última colheita apresenta tendência ao decréscimo nas doses mais elevadas.

O efeito do K nos compostos fenólicos também foi observado na cultura do manjeriço, Nguyen et al. (2010) verificaram que as doses crescentes de K fornecidas às

plantas propiciaram aumento nas concentrações de fenólicos totais nas três cultivares por eles avaliadas.



**Figura 14.** Compostos fenólicos em frutos de morangueiro cv. Camarosa (mg GAE 100 g<sup>-1</sup> polpa) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) em três épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 3<sup>a</sup> Colheita (B); 4<sup>a</sup> Colheita (C).  
 ◆ K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ■ KNO<sub>3</sub>, ▲ KCl. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup> Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

<sup>\*\*\*</sup> Análises de compostos fenólicos não realizadas para a 2<sup>a</sup> colheita. Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

O K exerce influência no teor de fenólicos, pois está relacionado com a fotossíntese e com a biossíntese de amido e proteínas. Com o aumento das doses de K na planta, aumenta a produção de fotossintatos, o que pode aumentar o direcionamento do excesso de carbono fixado para a via do ácido chiquímico, a qual é via para a formação de compostos fenólicos, podendo com isso, aumentar a concentração de fenólicos na planta (MARSCHNER, 1995; SHAW et al., 1998; CROZIER et al., 2006).

#### **5.2.2.2. Antocianinas**

As antocianinas são flavonóides pertencentes ao grupo dos compostos fenólicos. São responsáveis pela pigmentação rósea até vermelho e azul das flores e frutos dos vegetais e são responsáveis pela atração de insetos e de pássaros, com o objetivo de polinizar e dispersar as sementes (WROLSTAD, 2000; AABY et al., 2005; CALVETE et al., 2005).

Para a característica antocianinas, os frutos de morangueiro avaliados apresentaram efeito significativo para fontes, doses, colheitas e para as interações fontes e colheitas, colheitas e doses e colheitas x doses x fontes (Tabela 6).

Na 1ª colheita a concentração de antocianinas não diferiu estatisticamente entre as fontes, as quais foram 6,85, 6,33 e 6,47 mg cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup> polpa para K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub> e KCl, respectivamente. (Tabela 8). Para a 2ª colheita, o teor de antocianinas nos frutos foi maior para os tratamentos com as fontes K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e KCl (8,49 e 8,11 mg cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup> polpa, respectivamente), entretanto KCl não diferiu estatisticamente de KNO<sub>3</sub> (7,85 mg cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup> polpa ) (Tabela 8). Na 3ª colheita não houve diferença estatística para o teor de antocianinas entre as fontes, sendo observados teores de 8,83, 8,20 e 8,89 mg cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup> polpa para K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub> e KCl, respectivamente (Tabela 8). Já na 4ª colheita, KCl proporcionou aos frutos maior concentração de antocianinas (10,71 mg cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup> polpa), diferindo estatisticamente de KNO<sub>3</sub> e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Tabela 8). Em todas as épocas de colheita, o teor de antocianinas nos frutos apresentou teores crescentes da 1ª para a 4ª colheita para os tratamentos com as três fontes de K, sendo que na 2ª e 3ª colheitas as médias de antocianinas observadas não diferiram estatisticamente entre si para as três fontes utilizadas (Tabela 8). Da mesma forma como ocorreu para os compostos fenólicos totais, o teor de antocianinas aumentou com a proximidade do verão, pelo fato de o aumento da radiação ultravioleta

desencadear uma situação de estresse para a planta e ela responder com a formação de compostos fenólicos (metabólitos secundários) para sua proteção (SHARMA et al., 1998; REAY e LANCASTER, 2001; MEYERS et al., 2003; ATKINSON et al., 2006; ANDERSEN e JORDEHEIM, 2006). Além de mudanças de temperatura ou exposição à radiação ultravioleta, o acúmulo destas substâncias está relacionado a deficiências nutricionais, danos ou defesa contra herbívoros ou fungos patogênicos (ANDERSEN e JORDHEIM, 2006).

Os teores de antocianinas observados no presente estudo diferem de alguns estudos que encontraram valores superiores, tais como Pinto et al. (2008) que observaram teor de 44,2 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa (43 mg pelagornidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup> + 1,2 mg cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup>) em morangos da cv. Camarosa, Antunes et al. (2010) que encontraram 38,01 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa em morangos da cv. Camarosa e que verificaram teor de 22,6 e 29,2 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa para as cultivares Oso Grande e Camino Real, respectivamente. Já Pestana-Bauer et al. (2010), encontraram teores médios muito próximos aos encontrados no presente estudo, sendo 5,02 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa para morangos coletados no mercado local de Pelotas, RS. Cordenunsi et al. (2002), estudaram seis cultivares de morangueiro e também encontraram baixos teores de antocianinas para a cultivar Campineiro (13 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa). Kosar et al. (2004), verificaram teores semelhantes aos do presente estudo para a cultivar Camarosa (12,44 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa). Essa variação indica que os teores de antocianinas são também influenciados pelos fatores genéticos, além dos fatores, ambiente e sistema de cultivo (ATKINSON et al., 2006; BORDIGNON JUNIOR, 2008).

Para o ser humano, a ingestão de alimentos ricos em antocianinas, como as frutas vermelhas, está relacionada a benefícios à saúde, pois estes componentes apresentam elevada atividade antioxidante e antitumoral, além de agir como anti-inflamatório e prevenir a formação de edemas (BAGCHI et al., 2004; SHIH et al., 2005; AABY et al., 2007).

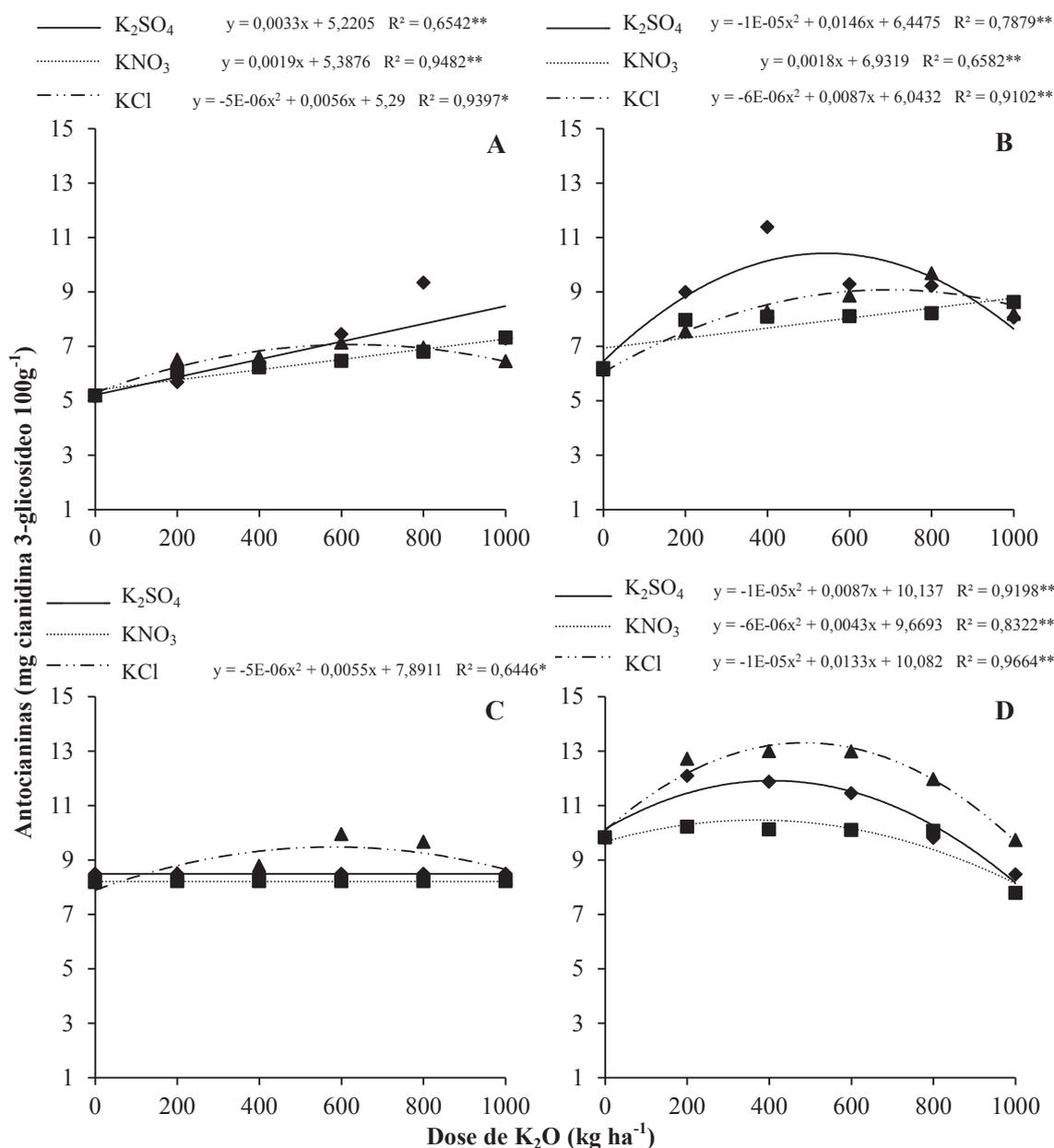
A interação fonte e dose em cada colheita, para a característica antocianinas, está apresentada na Figura 15. Pode-se perceber que na 1ª colheita os tratamentos com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e KNO<sub>3</sub> adequaram-se ao modelo linear, ou seja, a concentração de antocianinas nos frutos aumentou conforme aumentaram as doses de K. Já o KCl respondeu as doses de potássio aumentando o teor de antocianinas nos frutos até a dose de 560 kg ha<sup>-1</sup> (6,86 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa), depois houve um decréscimo (Figura 15 A). Na 2ª colheita o tratamento com KNO<sub>3</sub> apresentou efeito linear, aumentando o teor de antocianinas até a dose 1000 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto os tratamentos com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e KCl adequaram-se ao modelo quadrático, com pontos de

máxima estimados nas doses de 730 kg ha<sup>-1</sup> (11,77 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) e 725 kg ha<sup>-1</sup> (9,20 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa), respectivamente (Figura 15 B). Para a 3ª colheita, os frutos de morangueiro tratados com KNO<sub>3</sub> e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> apresentaram teores de antocianinas muito similares para as diferentes doses, sendo assim, os modelos de regressão não foram significativos. Já o tratamento com KCl apresentou adequação à regressão quadrática, com maior concentração de antocianinas (9,40 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) na dose estimada de 550 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 15 C)

Na 4ª colheita os tratamentos com as três fontes apresentaram comportamento quadrático (Figura 15 D). Para a fonte K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a maior concentração de antocianinas (12,03 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) foi obtida na dose estimada de 435 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, enquanto que, para KNO<sub>3</sub> foi na dose de 358 kg ha<sup>-1</sup> (10,44 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) e para KCl na dose de 665 kg ha<sup>-1</sup> (14,50 mg 100g<sup>-1</sup> polpa).

Nguyen et al. (2010) que estudaram a influência da adubação potássica em manjerição para avaliar fenólicos totais, também verificaram a influência no teor de antocianinas, e constataram que esta não foi afetada pelas doses de K, apenas variou conforme a cultivar, diferindo do estudo em questão que mostrou a influência das doses de K no teor de antocianinas dos frutos.

Como o teor de antocianinas pode ser um critério de escolha no momento da alimentação, em razão dos benefícios à saúde (CALVETE et al., 2008), o consumidor estará ingerindo maior teor de antocianinas quando consumir morangos, neste caso da cultivar Camarosa, colhidos em épocas mais próximas ao verão e quando estes forem adubados com KCl ou K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em doses não muito elevadas.



**Figura 15.** Antocianinas em frutos de morangueiro cv. Camarosa (mg cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup> polpa) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>) em quatro épocas de colheita<sup>\*\*\*</sup> - 1<sup>a</sup> Colheita (A); 2<sup>a</sup> Colheita (B); 3<sup>a</sup> Colheita (C); 4<sup>a</sup> Colheita (D). ◆ K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ■ KNO<sub>3</sub>, ▲ KCl. Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

\*\* \* Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

\*\*\* Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

### 5.2.2.3. Ácido ascórbico

O ácido ascórbico (vitamina C) em morango pode variar de acordo com a cultivar, estágio de amadurecimento, sistema e ambiente de cultivo (CHITARRA e CHITARRA, 2005; CORDENUNSI et al., 2005). É um dos componentes nutricionais mais importantes nos frutos e na alimentação humana e o seu teor pode ser utilizado como um índice de qualidade dos alimentos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Para os frutos de morangueiro analisados neste experimento, os teores de ácido ascórbico apresentaram efeito significativo para as fontes, doses, colheitas e para as interações entre elas (Tabela 6).

Na 1ª colheita a fonte que proporcionou maior teor de ácido ascórbico nos frutos de morangueiro foi  $K_2SO_4$  (21,90 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa). As outras duas fontes diferiram estatisticamente entre si, e proporcionaram aos frutos teores de 18,11 e 16,68 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa para os tratamentos com  $KNO_3$  e KCl, respectivamente (Tabela 8). Na 2ª colheita, novamente o teor de ácido ascórbico foi maior para  $K_2SO_4$  (21,04 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) e as outras fontes diferiram estatisticamente entre si, com médias de 18,13 e 17,24 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa para  $KNO_3$  e KCl, respectivamente (Tabela 8). Para a 3ª colheita, o teor de ácido ascórbico foi maior para os tratamentos com  $KNO_3$  (34,94 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa), seguido pelos tratamentos com KCl (32,87 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) e, por último, pelos tratamentos com  $K_2SO_4$  (32,28 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) (Tabela 8). Na 4ª colheita, o  $K_2SO_4$  proporcionou aos frutos maior concentração de antocianinas (30,11 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa). KCl e  $KNO_3$  proporcionaram teores de 25,52 e 21,82 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa e diferiram estatisticamente entre si (Tabela 8).

Em relação às épocas de colheita e, para as três fontes de fertilizantes potássicos utilizadas, o teor de ácido ascórbico foi maior para os frutos da 3ª colheita, seguido dos frutos da 4ª colheita. Os teores verificados na 1ª e 2ª colheitas foram menores e, para  $KNO_3$  não diferiram estatisticamente entre si. Já para  $K_2SO_4$  e KCl, o teor de ácido ascórbico diferiu estatisticamente entre a 1ª colheita e a 2ª colheita. Para  $K_2SO_4$  o teor de ácido ascórbico mais baixo foi observado nos frutos da 2ª colheita, enquanto para KCl foi observado nos frutos da 1ª colheita (Tabela 8). Neste caso, como para fenólicos e antocianinas, a explicação para o aumento no teor de ácido ascórbico reside sobre a proximidade com o verão e a radiação ultravioleta. De acordo com Abu-Zahra et al. (2007) a intensidade e a duração da exposição dos frutos aos raios solares durante o crescimento têm influência na quantidade de ácido

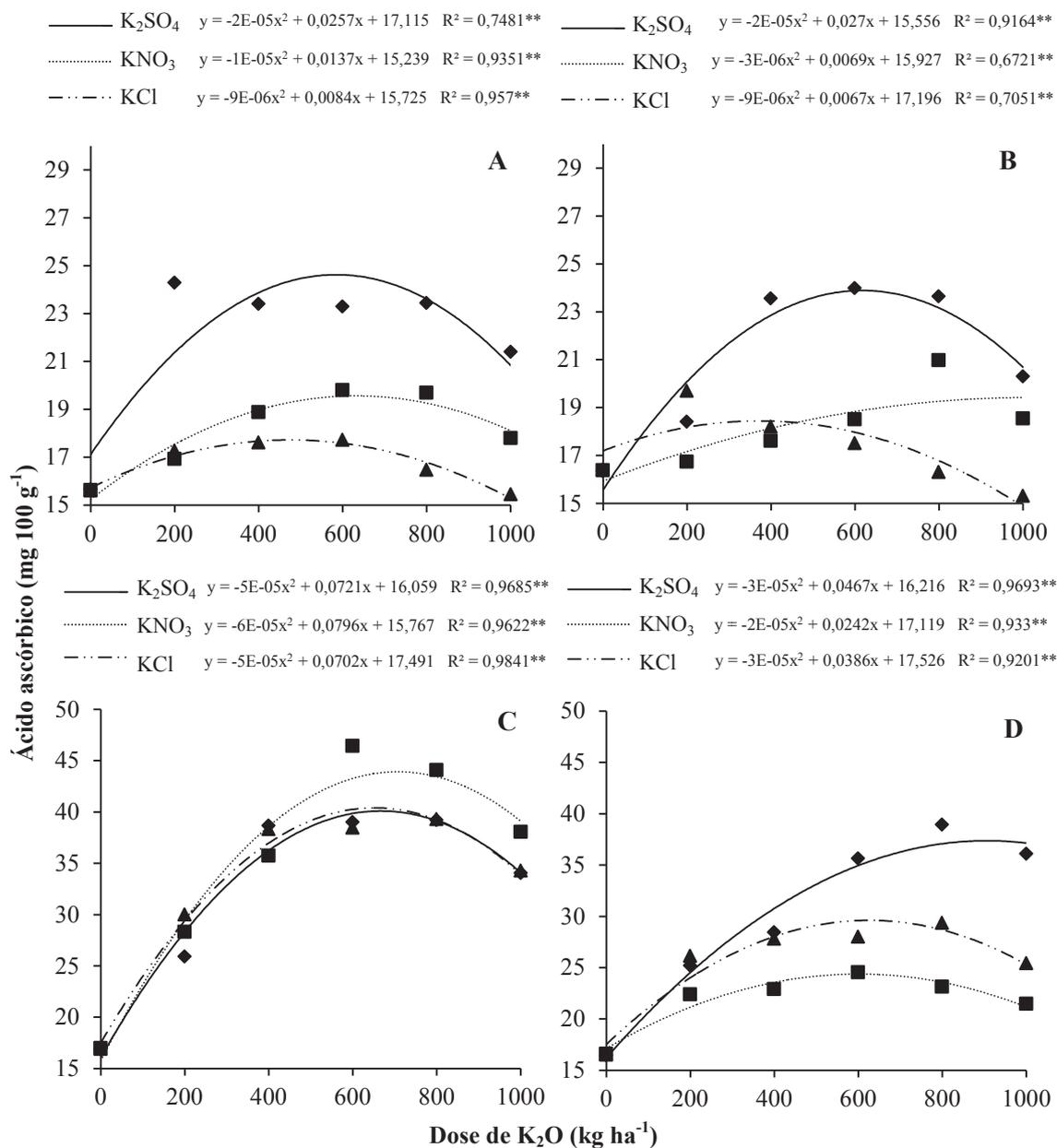
ascórbico formado, já que ele é sintetizado a partir de açúcares supridos por meio da fotossíntese, a qual está aumentada com a maior incidência de radiação.

A relação entre a radiação e o conteúdo de ácido ascórbico foi demonstrada por vários autores (HAAG et al., 1995; ESKLING e AKERLUND, 1998; SMIRNOFF et al., 2001) os quais evidenciaram que altas quantidades de luz aumentaram a concentração de ácido ascórbico. Haag et al. (1995) também citam a influência ocasionada pela chuva, ponto de maturação e cultivar sobre a quantidade de ácido ascórbico. Hakala et al. (2003) relataram diferença significativa entre o conteúdo de ácido ascórbico de morangos cultivados em dois anos distintos, sendo que, o maior conteúdo da vitamina foi observado no ano em que as condições climáticas foram mais quentes e secas. Amaro (2005), avaliando o conteúdo de ácido ascórbico de morangos em diferentes colheitas, verificou que os maiores teores médios, independente do sistema de cultivo (orgânico ou convencional) foram para as colheitas realizadas mais próximas ao verão.

Quanto à interação entre fontes e doses em cada colheita, as médias das três fontes apresentaram comportamento quadrático para todas as colheitas (Figura 16). Na 1ª colheita, a dose de 625 kg ha<sup>-1</sup> (24,92 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) representou o maior teor de ácido ascórbico para os frutos tratados com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Para KNO<sub>3</sub> foi a dose de 650 kg ha<sup>-1</sup> (19,45 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) e, para KCl 444 kg ha<sup>-1</sup> (17,50 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) (Figura 16 A). Na 2ª colheita, as doses estimadas que proporcionaram maior teor foram de 675 (24,66 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa), 1000 (18,92 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) e 333 kg ha<sup>-1</sup> (18,19 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa), para K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub> e KCl, respectivamente (Figura 16 B). Para a 3ª colheita, o K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> proporcionou maior teor de ácido ascórbico na dose estimada de 720 kg ha<sup>-1</sup> (41,97 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa), KNO<sub>3</sub> na dose de 658 kg ha<sup>-1</sup> (41,74 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) e KCl na dose de 700 kg ha<sup>-1</sup> (41,49 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) (Figura 16 C). Já na 4ª colheita, os teores de vitamina C foram maiores na dose estimada de 767 kg ha<sup>-1</sup> (38,84 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) para K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, de 600 kg ha<sup>-1</sup> (24,31 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) para KNO<sub>3</sub> e de 633 kg ha<sup>-1</sup> (29,55 mg 100 g<sup>-1</sup> polpa) para KCl (Figura 16 D).

Na literatura está relatado que a adubação potássica exerce efeito benéfico sobre os níveis de vitamina C (BREGAGNOLI, 2006; IMAS e BANSAL, 1999; LEE e KADER, 2000), entretanto, Quadros et al. (2009) verificaram que, em batata, o teor de ácido ascórbico tendeu a diminuir linearmente com o aumento da dose de potássio e, em tomate, Fontes et al. (2000) encontraram que as doses de K não influenciaram o teor de ácido ascórbico. Já no presente estudo, verificou-se uma tendência de aumento no teor de ácido ascórbico com o

aumento das doses de K até certo ponto, depois houve tendência à diminuição ou à manutenção de teores constantes.



**Figura 16.** Teor de ácido ascórbico em frutos de morangueiro cv. Camarosa ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$  polpa) em função de fontes de fertilizantes potássicos e doses de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em quatro épocas de colheita <sup>\*\*\*</sup> - 1ª Colheita (A); 2ª Colheita (B); 3ª Colheita (C); 4ª Colheita (D).  $\blacklozenge$   $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\blacksquare$   $\text{KNO}_3$ ,  $\blacktriangle$   $\text{KCl}$ . Guarapuava-PR, UNICENTRO, 2012.

<sup>\*\*</sup>Significativo a 1% de probabilidade.

<sup>\*\*\*</sup>Colheitas: 1 – 24/08/10 a 13/09/10, 2 – 14/09/10 a 06/10/10, 3 – 07/10/10 a 30/10/10, 4 – 31/10/10 a 23/11/10.

Ainda, é preciso considerar que os teores de vitamina C para os frutos da cultivar Camarosa encontrados neste trabalho, estão abaixo da média dos teores comumente atribuídos a morangos, que são  $60 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $64 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  (DOMINGUES, 2000; NEPA/UNICAMP, 2006) e também de alguns autores (AMARO, 2005; MALGARIM et al., 2006; PINTO et al., 2008). Entretanto, se levarmos em consideração a 3ª colheita do presente estudo que demonstrou teores de ácido ascórbico mais elevados, os resultados assemelham-se aos encontrados por Cordenunsi et al (2002) para a cultivar Dover, Hakala et al. (2003) para algumas das 13 cultivares avaliadas e Pinelli et al. (2011) para as cultivares Camino Real e Oso Grande. Aos valores mais baixos encontrados nestes últimos trabalhos e no presente, pode-se atribuir o uso de outros fertilizantes, como o N e o P, que em determinadas quantidades tendem a reduzir o conteúdo de ácido ascórbico nos frutos, pois há uma excessiva disponibilização de nutrientes no solo, podendo causar alta concentração de sais solúveis, diminuindo o acúmulo de vitamina C nos frutos (NAGY e WARDOWSKI 1988; WALL, 2006). Em frutos de graviola submetidos à adubação mineral e orgânica, Araújo et al. (2008) observaram que quanto menor a dose de fertilizante mineral maior é o teor de vitamina C.

### **5.3. Correlações entre as características avaliadas**

As correlações entre as características avaliadas referentes a cada fonte de fertilizante potássico utilizado estão apresentadas nas Tabelas 9, 10 e 11.

O teor de K nos frutos apresentou correlação positiva e significativa com o teor de K nas folhas para as três fontes utilizadas,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0,91) (Tabela 9),  $\text{KNO}_3$  (0,99) (Tabela 10) e KCl (0,98) (Tabela 11). Isso ocorreu, como pode ser observado na Tabela 4, pois o aumento no teor de K nas folhas acompanhou o aumento no teor de K nos frutos.

Entre a produção e o teor de K nos frutos, houve correlação positiva e significativa para a fonte  $\text{KNO}_3$  (0,96) (Tabela 10), provavelmente porque o fornecimento de K via  $\text{KNO}_3$  também adiciona ao solo o nitrogênio ( $\text{NO}_3^-$ ), um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas e, geralmente o segundo mais exigido pela cultura do morangueiro (GRASSI FILHO et al., 1999). O N é componente estrutural de macromoléculas e constituinte de proteínas e enzimas, essenciais ao metabolismo da planta, tais como a clorofila (MARSCHNER, 1995; MEURER, 2006), podendo ter induzido a maior produção, juntamente com o K.

**Tabela 9.** Resumo das correlações entre as características avaliadas para a fonte K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
(1) Teor de potássio foliar		0,91*	0,82*	0,46 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,83*	0,84*	-0,78 <sup>ns</sup>	-0,88*	-0,89*	0,68 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>
(2) Teor potássio frutos			0,52 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,95**	0,98**	-0,94**	-0,93**	-0,90*	0,86*	0,51 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,88*
(3) Produção por planta				0,84*	-0,17 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	-0,37 <sup>ns</sup>	-0,60 <sup>ns</sup>	-0,55 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
(4) Número de frutos por planta					-0,67 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,24 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	-0,39 <sup>ns</sup>	-0,74 <sup>ns</sup>	-0,39 <sup>ns</sup>
(5) Massa média de frutos						0,69 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	-0,77 <sup>ns</sup>	-0,64 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>	0,84*	0,83*	0,95**	0,86*
(6) Sólidos solúveis (SS)							0,99**	-0,97**	-0,96**	-0,74 <sup>ns</sup>	0,97**	0,74 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	0,92**
(7) Acidez titulável (AT)								-0,99**	-0,97**	-0,81 <sup>ns</sup>	0,95**	0,67 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,94**
(8) Relação SS/AT									0,96**	0,77 <sup>ns</sup>	-0,96**	-0,73 <sup>ns</sup>	-0,72 <sup>ns</sup>	-0,95**
(9) Umidade										0,78 <sup>ns</sup>	-0,92*	-0,70 <sup>ns</sup>	-0,55 <sup>ns</sup>	-0,85*
(10) pH											-0,58 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,66 <sup>ns</sup>
(11) Açúcares redutores												0,87*	0,82*	0,95**
(12) Compostos fenólicos													0,87*	0,73 <sup>ns</sup>
(13) Antocianinas														0,83*
(14) Ácido ascórbico														

\*\* , \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo.

**Tabela 10.** Resumo das correlações entre as características avaliadas para a fonte KNO<sub>3</sub>. Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
(1) Teor de potássio foliar		0,99**	0,98**	0,79 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,94**	0,98**	-0,97**	-0,96**	-0,84*	0,91*	0,93**	0,58 <sup>ns</sup>	0,87*
(2) Teor potássio frutos			0,96**	0,82*	0,56 <sup>ns</sup>	0,92**	0,99**	-0,97**	-0,95**	-0,88*	0,93**	0,91*	0,58 <sup>ns</sup>	0,88*
(3) Produção por planta				0,84*	0,54 <sup>ns</sup>	0,97**	0,96**	-0,91*	-0,96**	-0,84*	0,89*	0,86*	0,49 <sup>ns</sup>	0,85*
(4) Número de frutos por planta					0,07 <sup>ns</sup>	0,83*	0,79 <sup>ns</sup>	-0,67 <sup>ns</sup>	-0,68 <sup>ns</sup>	-0,85*	0,62 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>
(5) Massa média de frutos						0,57 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	-0,71 <sup>ns</sup>	-0,75 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	0,81*	0,64 <sup>ns</sup>	0,88*	0,67 <sup>ns</sup>
(6) Sólidos solúveis (SS)							0,98**	-0,92**	-0,93**	-0,90*	0,91*	0,79 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,82*
(7) Acidez titulável (AT)								-0,98**	-0,96**	-0,89*	0,94**	0,86*	0,57 <sup>ns</sup>	0,85*
(8) Relação SS/AT									0,97**	0,79 <sup>ns</sup>	-0,97**	-0,92**	-0,71 <sup>ns</sup>	-0,88*
(9) Umidade										0,90*	-0,96**	-0,91*	-0,69 <sup>ns</sup>	-0,88*
(10) pH											-0,68 <sup>ns</sup>	-0,60 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	-0,57 <sup>ns</sup>
(11) Açúcares redutores												0,91*	0,81 <sup>ns</sup>	0,94**
(12) Compostos fenólicos													0,78 <sup>ns</sup>	0,95**
(13) Antocianinas														0,81 <sup>ns</sup>
(14) Ácido ascórbico														

\*\* , \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo.

**Tabela 11.** Resumo das correlações entre as características avaliadas para a fonte KCl. Guarapuava, PR – UNICENTRO, 2012.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
(1) Teor de potássio foliar		0,98**	0,79 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,88*	0,93**	0,96**	-0,75 <sup>ns</sup>	-0,94**	-0,85*	0,94**	0,97**	0,57 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>
(2) Teor potássio frutos			0,77 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,92**	0,94**	0,97**	-0,79 <sup>ns</sup>	-0,96**	-0,76 <sup>ns</sup>	0,98**	0,92*	0,66 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>
(3) Produção por planta				0,54 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,85*	0,74 <sup>ns</sup>	-0,49 <sup>ns</sup>	-0,69 <sup>ns</sup>	-0,52 <sup>ns</sup>	0,85*	0,81 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>
(4) Número de frutos por planta					0,24 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-0,34 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>
(5) Massa média de frutos						0,79 <sup>ns</sup>	0,96**	-0,92*	-0,92*	-0,61 <sup>ns</sup>	0,93**	0,77 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,84*
(6) Sólidos solúveis (SS)							0,87*	-0,56 <sup>ns</sup>	-0,87*	-0,67 <sup>ns</sup>	0,96**	0,92**	0,75 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>
(7) Acidez titulável (AT)								-0,90*	-0,99**	-0,77 <sup>ns</sup>	0,95**	0,88*	0,54 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>
(8) Relação SS/AT									0,87*	0,62 <sup>ns</sup>	-0,75 <sup>ns</sup>	-0,62 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>	-0,59 <sup>ns</sup>
(9) Umidade										0,75 <sup>ns</sup>	-0,94**	-0,85*	-0,51 <sup>ns</sup>	-0,70 <sup>ns</sup>
(10) pH											-0,63 <sup>ns</sup>	-0,90*	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>
(11) Açúcares redutores												0,87*	0,77 <sup>ns</sup>	0,88*
(12) Compostos fenólicos													0,50 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>
(13) Antocianinas														0,93**
(14) Ácido ascórbico														

\*\* , \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo.

Também houve correlação positiva e significativa entre o teor de K foliar e a produção para as fontes  $\text{KNO}_3$  (0,98) e  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0,82), ou seja, o aumento do K nas folhas fornecido pelas fontes  $\text{KNO}_3$  e  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , que adicionaram à planta, além do K, o S e o N (macronutrientes essenciais) aumentou, provavelmente a fotossíntese, a translocação de fotoassimilados e outros sistemas relacionados à produção, que resultaram em maior incremento na produção de frutos. Já para a fonte KCl, provavelmente não houve correlação significativa entre o teor de K foliar e a produção e entre o teor de K nos frutos e a produção, pois dentre os fertilizantes utilizados, o KCl é o que apresenta o maior índice salino (116,3) (Rosa, 1997) e, é sabido que o aumento na salinidade, mesmo que moderado, reduz a produção e o número de frutos em morangueiro apesar de melhorar a qualidade (KAYYAT et al., 2007).

Entre o teor de K nos frutos e o número de frutos por planta houve correlação positiva e significativa quando foi aplicado  $\text{KNO}_3$  (0,82) indicando que quanto maior o teor de K fornecido via nitrato de potássio, maior o número de frutos por planta (Tabela 10). Provavelmente devido à interação entre K e N aumentar a produção de frutos, como citado anteriormente. A correlação entre o número de frutos por planta e a produção ocorreu para as fontes  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0,84) e  $\text{KNO}_3$  (0,84) (Tabelas 9 e 10), possivelmente porque os íons  $\text{SO}_4^{2+}$  e  $\text{NO}_3^-$  são macronutrientes essenciais e estão relacionados a resposta produtiva da planta, enquanto que o íon  $\text{Cl}^-$  é um micronutriente essencial também relacionado à resposta produtiva, mas que em doses elevadas, como discutido no parágrafo anterior, apresenta efeito salino e diminui o número de frutos por planta, como já verificado em morangueiro (KAYYAT et al., 2007).

A correlação entre a massa média de frutos e o teor de K nas folhas (0,88) e a correlação entre massa média e o teor de K nos frutos (0,92), foram significativas e positivas e ocorreram somente para a fonte KCl (Tabela 11). Assim, percebe-se que quando os frutos foram adubados com KCl o teor de K aumentou nas folhas e frutos e também houve incremento da massa média de frutos, enquanto que para as outras fontes ( $\text{K}_2\text{SO}_4$  e  $\text{KNO}_3$ ), provavelmente houve incremento na massa média até certo ponto, embora os teores de K nas folhas e frutos tenham aumentado, não havendo, dessa forma, correlação significativa.

Houve correlação negativa e significativa entre o teor de K nas folhas e a umidade e entre o teor de K nos frutos e a umidade para as três fontes de fertilizantes potássicos (Tabelas 9, 10 e 11), evidenciando que quanto maior o teor de potássio na planta, menor o teor de umidade nos frutos, independente do fertilizante utilizado. Isso está relacionado ao aumento

dos sólidos solúveis proporcionado pelos altos teores de K, que incrementam a massa seca e diminuem a umidade.

O teor de sólidos solúveis apresentou correlação positiva e significativa com o teor de K nas folhas e nos frutos e negativa com a umidade para as três fontes de fertilizantes avaliadas (Tabelas 9, 10 e 11). Como o K está relacionado à ativação de diversas enzimas e síntese de proteínas, bem como à fotossíntese e à abertura e fechamento de estômatos (MARSCHNER, 1995), pode-se inferir que o aumento do K fornecido às plantas, aumentou a fotossíntese, fazendo com que houvesse maior acúmulo de fotoassimilados e consequentemente de sólidos solúveis, aumentando a massa seca dos frutos e diminuindo a umidade.

Para o KCl houve também correlação significativa e positiva entre o teor de sólidos solúveis e a produção e, para o  $\text{KNO}_3$  correlação significativa e positiva entre o teor de sólidos solúveis, produção e número de frutos por planta (Tabelas 10 e 11). Com isso, percebe-se que quando o teor de K aumentou nas folhas e frutos, fazendo com que aumentassem os sólidos solúveis acumulados, também houve incremento da produção quando os frutos foram adubados com as fontes KCl e  $\text{KNO}_3$ .

A acidez titulável apresentou correlação positiva e significativa com o teor de K nas folhas, com o teor de K nos frutos e com o teor de sólidos solúveis para todas as fontes utilizadas, também apresentou correlação negativa e significativa com a umidade para as três fontes de K (Tabelas 9, 10 e 11). O aumento do K fornecido às plantas proporciona aumento na taxa fotossintética, com isso há maior formação de fotoassimilados e consequentemente de sólidos solúveis. Quando há a formação de maior quantidade de fotoassimilados, há também maior formação de intermediários metabólicos (ciclo dos ácidos tricarbóxicos, ciclo do glioxilato e rota do ácido chiquímico), dentre os quais estão os ácidos orgânicos (DAMODARAN et al., 2010), por isso há aumento no teor de acidez titulável quando aumentam os teores de K nas folhas e frutos e sólidos solúveis.

Houve correlação significativa e negativa entre a relação SS/AT e a acidez titulável e correlação significativa e negativa entre a relação SS/AT e a umidade para as três fontes de K utilizadas (Tabelas 9, 10 e 11). Além disso, a acidez titulável apresentou correlação significativa e negativa com teor de sólidos solúveis e teor de K nos frutos para a fonte  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , correlação significativa e negativa com teor de sólidos solúveis, teor de K nas folhas,

teor de K nos frutos e produção por planta para a fonte  $\text{KNO}_3$  e, correlação significativa e negativa com a massa média de frutos para o KCl.

O pH se correlacionou negativa e significativamente com o teor de K nas folhas nas três fontes de fertilizantes potássicos utilizadas (Tabelas 9, 10 e 11). Para  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e  $\text{KNO}_3$ , houve correlação negativa e significativa também entre o pH e o teor de K nos frutos.

A correspondência entre o teor de sólidos solúveis e a concentração de açúcares redutores também foi observada na correlação de Pearson, houve correlação significativa e positiva para as três fontes (Tabelas 9, 10 e 11). Além dessa correlação, as características teor de potássio nos frutos, acidez titulável e umidade apresentaram correlação significativa e positiva com o teor de açúcares redutores para as três fontes. Isoladamente, para o KCl, houve correlação significativa e positiva entre o teor de açúcares redutores e o teor de K nas folhas, a produção por planta e a massa média de frutos. Para o  $\text{KNO}_3$ , a correlação significativa e positiva também ocorreu entre açúcares redutores e teor de K nas folhas, produção por planta e correlação significativa e negativa com a relação SS/AT. Quando as plantas foram adubadas com  $\text{K}_2\text{SO}_4$  houve correlação significativa e positiva entre o teor de açúcares redutores e a massa média de fruto e correlação significativa e negativa com a relação SS/AT (Tabelas 9, 10 e 11).

O teor de açúcares redutores se correlacionou positiva e significativamente com o teor de compostos fenólicos para as três fontes de K utilizadas (Tabelas 9, 10 e 11). Isso porque com o aumento das doses de K na planta há aumento na produção de fotossintatos, o que pode ampliar o direcionamento do excesso de carbono fixado para a via do ácido chiquímico, a qual é via para a formação de compostos fenólicos, podendo com isso, aumentar a concentração de fenólicos na planta (MARSCHNER, 1995; SHAW et al., 1998; CROZIER et al., 2006).

Além desta correlação comum, para cada fonte de K houve correlações variadas. Com a fonte KCl a correlação para fenólicos ocorreu de forma significativa e positiva com o teor de K foliar, teor de K nos frutos, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e correlação significativa e negativa com a umidade e o pH. Para  $\text{KNO}_3$  houve correlação significativa e positiva com o teor de K foliar, teor de K nos frutos, produção por planta e acidez titulável, e correlação significativa e negativa com a relação SS/AT e a umidade (Tabelas 9, 10 e 11).

A concentração de antocianinas se correlacionou significativa e positivamente com o teor de açúcares redutores e fenólicos para a fonte  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (Tabela 9). Sabe-se que a produção

de açúcares, na forma de NADPH, possibilita maior produção de núcleos antocianidínicos (HRAZDINA, 1982), talvez por isso tenha havido correlação entre o teor de antocianinas e açúcares redutores com o uso da fonte  $K_2SO_4$ .

O teor de ácido ascórbico apresentou correlação significativa e positiva com o teor de K nos frutos, massa média de frutos, sólidos solúveis, acidez titulável e fenólicos e coirrelação significativa e negativa com a relação SS/AT e umidade para a fonte  $K_2SO_4$ . Para  $KNO_3$  houve correlação significativa e positiva com a massa média de frutos e antocianinas. Já a fonte KCl apresentou correlação significativa e positiva do teor de ácido ascórbico com o teor de K nas folhas, teor de K nos frutos, sólidos solúveis, acidez titulável e fenólicos e correlação significativa e negativa com a relação SS/AT e umidade. Além disso, houve uma correlação significativa positiva comum às três fontes utilizadas, entre o teor de ácido ascórbico e o teor de açúcares redutores (Tabelas 9, 10 e 11). Essa correlação provavelmente ocorreu, pois o ácido ascórbico é uma lactona, sintetizada nas plantas por meio da glicose ou outros carboidratos simples (KAYS, 1991).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maior disponibilidade de K no solo, na forma de KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e KNO<sub>3</sub>, proporcionou ao morangueiro cultivar Camarosa maior teor de K nas folhas e frutos. Observou-se que o maior teor de K ocorre nos frutos e, no geral, este teor aumenta linearmente conforme se aumentam as doses de K, sendo influenciado pelo parcelamento das doses e pela fonte de K (maiores teores para os tratamentos com as fontes KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e na 3<sup>a</sup> época de colheita, quando foi aplicada a última dose de K). Nas folhas, há incremento linear no teor de K com o aumento das doses, e o maior teor de K foliar foi verificado para os tratamentos com KNO<sub>3</sub>.

As diversas funções que o K desempenha na planta influenciaram as características agronômicas no morangueiro cultivar Camarosa, pois foi observado efeito positivo na produção e número de frutos por planta com o aumento das doses de K<sub>2</sub>O e, embora não significativa a diferença entre as fontes, houve tendência de maior produção e maior número de frutos por planta quando o morangueiro foi adubado com KNO<sub>3</sub>. A massa média de frutos, ao contrário da produção e número de frutos por planta, não respondeu linearmente às doses de K<sub>2</sub>O, sendo a dose estimada para a maior massa média a equivalente a 594 kg ha<sup>-1</sup>, com tendência para frutos maiores as plantas tratadas com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e KNO<sub>3</sub>. Corroborando com os resultados de produção, a exportação de K pelos frutos foi maior conforme aumentaram as doses de K, foi maior para a 4<sup>a</sup> época de colheita e tendeu a ser maior para as plantas adubadas com KNO<sub>3</sub>. Assim, sugere-se que para melhorar as características agronômicas visando alta produtividade e o mercado de morangos *in natura*, o qual exige morangos de tamanho maior, a fonte mais indicada é o KNO<sub>3</sub> na dose de 600 kg ha<sup>-1</sup>.

Da mesma forma, os atributos de qualidade e compostos bioativos foram influenciados pela adubação potássica. O teor de umidade diminuiu linearmente com o aumento das doses de K, sendo menor nas primeiras épocas de colheita e para os tratamentos com KCl. O maior conteúdo de sólidos solúveis nos frutos de morangueiro foi observado nas duas primeiras colheitas e para os tratamentos com KCl, sendo que, em algumas colheitas o teor de sólidos solúveis aumentou linearmente conforme aumentaram-se as doses de K e, em outras aumentou até certo ponto (entre 500 e 800 kg ha<sup>-1</sup>) e então decresceu. A acidez titulável aumentou com o maior fornecimento de K e o pH diminuiu, sendo a menor acidez titulável constatada quando as plantas foram adubadas com KCl e, o maior pH, quando adubadas com KCl e KNO<sub>3</sub>. Nesse sentido, a tendência da relação sólidos solúveis/acidez titulável foi

decrecer ou aproximar-se de valores constantes com o aumento das doses de K, sendo esta relação maior nas primeiras colheitas e para os frutos colhidos dos tratamentos com KCl. A concentração de açúcares redutores nos frutos do morangueiro aumentou até doses estimadas entre 500 e 1000 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e foi maior para os frutos de plantas adubadas com K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e para frutos colhidos na primeira época.

Para os compostos bioativos houve destaque para a fonte K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> que proporcionou aos frutos maiores teores dos três compostos analisados (fenólicos, antocianinas e ácido ascórbico), sendo estes presentes em maiores quantidades nas últimas épocas de colheita e em intervalos de doses distintos para cada composto. No geral, para incremento nos teores de compostos bioativos, as doses de fertilizantes potássicos devem ficar entre 400 e 800 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O.

## 7. CONCLUSÃO

O aumento nas doses de K promoveu incremento no teor de K nas folhas e frutos, na exportação de K pelos frutos, na produção e no número de frutos por planta de morangueiro cultivar Camarosa e, a maior massa média de frutos foi estimada com a dose de 594 kg ha<sup>-1</sup>.

O K promoveu melhorias em alguns atributos de qualidade e nos compostos bioativos dos frutos de morangueiro, pois aumentou o teor de sólidos solúveis, os açúcares redutores, fenólicos, antocianinas e ácido ascórbico até uma determinada dose, e diminuiu o teor de umidade dos frutos. Entretanto, as doses mais elevadas de K tenderam a aumentar a acidez titulável e diminuir o pH, tornando a relação SS/AT mais baixa.

Em termos de benefícios à saúde do consumidor, os frutos de morangueiro cultivar Camarosa contêm maior teor de compostos bioativos na 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> colheitas, porém é nesta mesma época que os frutos foram mais ácidos, pois os atributos de qualidade apresentaram superioridade nas primeiras colheitas.

Para incremento nas características agronômicas, a fonte mais indicada é KNO<sub>3</sub>, para melhores atributos de qualidade a fonte KCl e, para incremento nos compostos bioativos a fonte K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Para estas três fontes, a dose de K<sub>2</sub>O que proporcionaria produção satisfatória aliada a melhor qualidade de frutos está estimada entre 500 e 700 kg ha<sup>-1</sup>.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AABY, K.; SKREDE, G.; WROLSTAD, R.E. Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria x ananassa*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.10, p.4032-4040, 2005.
- AABY, K.; WROLSTAD, R.E; EKEBERG, D.; SKREDE, G. Polyphenol composition and antioxidant activity in strawberry purees: impact of achenes level and storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, n.13, p.5156-5166, 2007.
- ABU-ZAHRA, T.R.; AL-ISMAIL, K.; SHATAT, F. Effect of organic and conventional systems on fruit quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) grown under plastic house conditions in the Jordan Valley. **Acta Horticulturae**, n.741, p.159-171, 2007.
- ALMEIDA, M.E.M.; MARTIN, Z.J.; MAKIYAMA, P.A.A. Industrialização do morango. **Informe Agropecuário**, v.20, n.198, p.84-88, 1999.
- AMARO, F.S. **Teores de licopeno e ácido ascórbico em morangos cv. Vila Nova produzidos em sistemas de cultivo orgânico e convencional**. 2005. 120p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.
- AMARO, M.C.C. **A cadeia produtiva agro-industrial do morango nos municípios de Pelotas, Turuçu e São Lourenço**. 2002. 105p. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.
- ANDERSEN, Ø.M.; JORDHEIM, M. The anthocyanins. In: ANDERSEN, Ø.M.; MARKHAM, K.R. **Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and applications**. Boca Raton: CRC Press, 2006. p.471-551.
- ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; OLIVEIRA, C.S.; COCCO, C.; SCHMITT, O.J.; CARDOSO, F.L. Cultivo sem solo do morangueiro com três métodos de fertirrigação. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.691-695, 2009.
- ANDRIOLO, J.L.; JÄNISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; DAL PICIO, M.; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L. Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. **Ciência Rural**, v.40, n.2, p.267-272, 2010.
- ANGELO, P.M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, p. 1-9, 2007.
- ANTTONEN, M.J.; HOPPULS, K.I.; NESTBY, M.J.; KARJALAINEN, R.O. Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment, and genotype on the contents of selected phenolics in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, p.2614–2620, 2006.
- ANTUNES, L.E.C.; DUARTE FILHO, J.D.; CALEGARIO, F.F.; COSTA, H.; REISSER JUNIOR, C. Produção integrada de morango no Brasil. **Informe Agropecuário**, v.236, p.34-

39, 2007.

ANTUNES, L.E.C.; REISSER JUNIOR, R.C. Produção de morangos. **Jornal da Fruta**, v.191, p.22-24, 2007.

ANTUNES, L.E.C.; RISTOW, N.C.; KROLOW, A.C.R.; CARPENEDO, S.; REISSER JÚNIOR, C. Yield and quality of strawberry cultivars. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.222-226, 2010.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC International**: Gaithersburg, MD, USA, 1984. Official method 43.064.

ARAÚJO, R.C.; SILVA, V.D.M.; COSTA, N.P.; SANTOS, J.G.; OLIVEIRA, L.M.; SILVA, G.C.; MALTA, A.O. Características físico-químicas de frutos de graviola em função da adubação orgânica e mineral. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 20, Vitória, ES, 2008. **Anais...** Vitória, ES, 2008. p.1-4.

ATKINSON, C.J.; DODDS, P.A.A.; FORD, Y.Y.; LE MIÈRE, J.; TAYLOR, J.M.; BLAKE, P.S.; PAUL, N. Effects of cultivar, fruit number and reflected photosynthetically active radiation on *Fragaria x ananassa* productivity and fruit ellagic acid and ascorbic acid concentrations. **Annals of Botany**, v.97, n.3, p.429-441, 2006.

AZEVEDO, S.M.C. **Estudo de taxas de respiração e de factores de qualidade na conservação de morango fresco (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2007. 225p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Consumo Alimentar). Universidade Aberta, Portugal, 2007.

AZODANLOU, R.; DARBELLAY, C.; LUISIER, J.L.; VILLETAZ, J.C.; AMADÒ, R. Changes in flavour and texture during the ripening of strawberries. **European Food Research and Technology**, v.218, p.167-172, 2004.

BAGCHI, D.; SEN, C.K.; BAGCHI, M.; ATALAY, M. Antiangiogenic, antioxidant, and anti-carcinogenic properties of a novel anthocyanin-rich berry extract formula. **Biochemistry**, v.69, n.1, p.75-80, 2004.

BALDWIN, E. Fruit flavour, volatile metabolism and consumer perceptions. In: KNEE, M. (ed). **Fruit Quality and its Biological Basis**. Sheffield, Reino Unido: Sheffield Academic Press, 2002.

BATTINO, M., BEEKWILDER, J., DENOYES-ROTHAN, B., LAIMER, M., MCDOUGALL, G.J., MEZZETTI, B. Bioactive compounds in berries relevant to human health. **Nutrition Reviews**, v.67, p.S145-S150, 2009.

BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J. A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.31, p.507-513, 1988.

BITTENCOURT, K.M.V.A. **O consumidor responde sobre a aparência e o sabor de diferentes cultivares de morango**. APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Pólo Regional do Leste Paulista-UPD, Monte Alegre do Sul, 2006.

BORDIGNON JUNIOR, C.L. **Análise química de cultivares de morango em diferentes sistemas de cultivo e épocas de colheita**. 2008. 144p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2008.

BOTTON, M.; FORTES, J.F.; AMARO, M.; WEIHMANN, C.R.; GEBLER, L.; PAGOT, E. et al. **Sistemas de produção de morango para mesa na região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. (Boletim técnico). Disponível em: < <http://www.cnpuv.embrapa.br>>. Acesso em: 14 set. 2011.

BRANZANTI, E.C. **La fresa**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989. 386p.

BREGAGNOLI, M. **Qualidade e produtividade de cultivares batata para indústria sob diferentes adubações**. 2006. 141p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2006.

BUCIC-KOJIC, A.; PLANINIC, M.; SRECKO, T.; BILIC, M.; VELIC, D. Study of solid-liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. **Journal of Food Engineering**, v.81, p.236-242, 2007.

CALVETE, E.O.; MARIANI, F.; WESP, C.L.; NIENOW, A.A.; CASTILHOS, T.; CECCHETTI, D. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.2, p.396-401, 2008.

CALVETE, E.O.; ROCHA, H.C.; ANTUNES, O.T.; NIENOW, A.A. **Morangueiro polinizado pela abelha jataí em ambiente protegido**. Passo Fundo: UPF, 2005. 52p.

CAMARGO, L.K.P. **Produtividade e qualidade de cultivares de morangueiro em sistemas orgânico e convencional na região de Guarapuava-PR**. 2008. 97p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, 2008.

CAMARGO, L.K.P.; RESENDE, J.T.V.; GALVÃO, A.G.; BAIER, J.E.; FARIA, M.V.; CAMARGO, C.K. Caracterização química de frutos de morangueiro cultivados em vasos sob sistemas de manejo orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, p.993-998, 2009.

CAMPOS, V.B.; CAVALCANTE, L.F.; DANTAS, T.A.G.; MOTA, J.K.M.; RODRIGUES, A.S.; DINIZ, A.A. Caracterização física e química de frutos de maracujazeiro amarelo sob adubação potássica, biofertilizante e cobertura morta. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.9, n.1, p.59-71, 2007.

CANSIAN, R.L.; MOSSI, A.J.; LEONTIEV-ORLOV, O.; BARBIERI, C.; MURTELLE, G.; PAULETTI, G.; ROTA, L. Comportamento de cultivares de morango (*Fragaria x ananassa* Duch) na região do Alto Uruguai do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, n.2, p.103-105, 2002.

CANTILLANO, R.F.F. Fisiologia e manejo na colheita e pós-colheita de morangos. In. CARVALHO, S.P de (Coord.). **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p.97-105.

CARDELLO, A. Perception of food quality. In: TAUB e SINGH (ed). **Food storage stability**. Boca Raton: CRC, 1998.

CARDOSO, A.D.; ALVARENGA, M.A.R.; MELO, T.L.; VIANA, A.E.S. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamentos de nitrogênio e potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.6, p.1729-1736, 2007.

CARRATU, E.; SANZINI, E. Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable. **Annali dell'Istituto Superiori di Sanità**, v.41, n.1, p.7-16, 2005.

CARVALHO, S. P. **Boletim do morango**: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. 160p.

CASTILLO PIZARRO, C.A. **Avaliação de morangos submetidos a resfriamento rápido e armazenamento em diferentes embalagens e temperaturas**. 2009. 74p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2009.

CECÍLIO FILHO, A.B.; GRANGEIRO, L.C. Produtividade da cultura da melancia em função de fontes e doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.3, p.561-569, 2004.

CHEUNG, L.M.; CHEUNG, P.C.K.; OOI, V.E.C. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushrooms extracts. **Food Chemistry**, v.81, p.249-255, 2003.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: fisiologia e manuseio. 2 ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CONTI, J.H.; MINAMI, K.; TAVARES, F.C.A. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n.1, p. 10-17, 2002.

CORDENUNSI, B.R.; GENOVESE, M.I.; NASCIMENTO, J.R.O.; HASSIMOTTO, N.M.A.; SANTOS, N.M.A.; LAJOLO, F.M. Effects on the temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. **Food Chemistry**, v.91, p.113-121, 2005.

CORDENUNSI, B.R.; NASCIMENTO, J.R.O.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.9, p.2581-2586, 2002.

COSTA, C.C.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CAVARIANNI, R.L.; BARBOSA, J.C. Produção do melão rendilhado em função da concentração de potássio na solução nutritiva e do número de frutos por planta. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.1, p.23-27, 2004.

COSTA, M.E.; CALDAS, A.V.C.; SOUZA, W.C.M.; GURGEL, M.T.; SILVA, R.M. Caracterização nutricional da mangueira 'Tommy Atkins' sob adubação potássica. **Revista Verde**, v.6, n.2, p.125-130, 2010.

COSTA, R.C.; CALVETE, E.O.; REGINATTO, F.H.; CECCHETTI, D.; LOSS, J.T.; RAMBO, A.; TESSARO, F. Telas de sombreamento na produção de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.98-102, 2011.

CROZIER, A.; JAGANATH, I.B.; CLIFFORD, M.N. Phenols, polyphenols and tannins: An overview. In: CROZIER, A.; CLIFFORD, M.N.; ASHIHARA, H. (eds.). **Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. p.1-24.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENEMMA, O.R. **Química de alimentos de Fenemma**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DARNELL, R.L. Strawberry growth and development. In: CHILDERS, N.F. (ed). **The strawberry: a book for growers, others**. Gainesville: University of Florida, 2003. p.3-10.

DAROLT, M.R. Comparação da qualidade do alimento orgânico com o convencional. In: STRIGHETA, P.C.; MUNIZ, J.N. **Alimentos orgânicos: produção, tecnologia e certificação**. Viçosa: UFV, 2003, p.289-312.

DAVEY, M.W.; MONTAGU, M.V.; INZÉ, D.; SANMARTIN, M.; KANELIS, A.; SMIRNOFF, N.; BENZIE, I.J.J.; STRAIN, J.J.; FAVELL, D.; FLETCHER, J. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.825-860, 2000.

DE ANGELIS, R.C. **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas**. São Paulo: Atheneu, 2001. 295p.

DEAK, S.Z.M.; MARK, G.I.; SZABO, T.; FULEKY, G.Y. Spectral properties of strawberry plants. **International Journal of Horticultural Science**, v.13, n.2, p.17-22, 2007.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p.92-132.

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

DEMIATE, I.M.; WOSIACKI, G.; CZELUSNIAK, C.; NOGUEIRA, A. Determinação de açúcares redutores e totais em alimentos: comparação entre método colorimétrico e titulométrico. **Publicatio UEPG - Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v.8, n.1, p.65-78, 2002.

DESWAL, I.S.; PATIL, V.K. Effects of N, P and K on the fruit of watermelon. **Journal of Maharashtra Agricultural Universities**, v.9, n.3, p.308-309, 1984.

DOMINGUES, D.M. **Efeito da radiação gama e embalagem na conservação de morangos Toyonoka armazenados sob refrigeração**. 2000. 60p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2000.

DUARTE FILHO, J.; CUNHA, R.J.P; ALVARENGA, D.A.; PEREIRA, G.E.; ANTUNES, L.E.C. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 30-35, 1999.

EMATER. **Especialista recomenda cautela na expansão do morango no Norte**. 2006. Disponível em: <<http://www.emater.pr.gov.br/modules/noticias/article.php.html>>. Acesso em: 14 out. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 412p.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p.551-594.

ERNANI, P.R.; DIAS, J.; FLORE, J. A. Annual additions of potassium to the soil increased apple yield in Brazil. **Communication in Soil Science and Plant Analyses**, v.33, p.1291-1304, 2002.

ESKLING, M.; AKERLUND, H. E. Changes in the quantities of violaxanthin depoxidase, xanthophylls and ascorbate in spinach upon shift from low to high light. **Photosynthesis Research**, v.57, p.41-50, 1998.

FAOSTAT. **Database Results**. 2009. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 02 jun. 2010.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A.T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças**. Lavras-MG: UFLA/FAEPE, 2004. 88p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/Faepe, 2005. 186p.

FEHÉR, E.F., VARGA, I., FODOR, L., LEFLER, P. Stock fertilization with potassium in vineyard on sandy soil. **Cereal Research Communications**, v.35, p.393-395, 2007.

FERREIRA, D.F. **SISVAR: Sistema de análise de variância**. Lavras: UFLA/DEX, 2010.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2008. 412p.

FONTES, P.C.R.; SAMPAIO, R.A.; FINGER, F.L. Fruit size, mineral composition and quality of trickle-irrigated tomatoes as affected by potassium rates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.21-25, 2000.

FORTALEZA, J.M.; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N.T.V. Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá-azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.1, p.124-127, 2005.

FREIRE, C.J.S.; MAGNANI, M. **Manual de coleta de amostras de folhas, para diagnose nutricional, das principais frutíferas cultivadas no RS e em SC**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 142).

GIL, M.I.; HOLCROFT, D.M.; KADER, A.A. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. **Journal of Agricultural and Food**

**Chemistry**, v.45, n.5, p.1662-1667, 1997.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins: characterization and measurement with uv-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: John Wiley and Sons, 2001. F1.2.1-13.

GOMES, J.C.; OLIVEIRA, G.F. **Análises físico-químicas de alimentos**. Viçosa, MG: UFV, 2011.

GRANGEIRO, L.C.; CECÍLIO FILHO, A.B. Qualidade de frutos de melancia em função de fontes e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.3, p.647-650, 2004.

GRASSI FILHO, H.; SANTOS, C.H.; CRESTE, J.E. Nutrição e adubação do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v.20, n.198, p.36-40, 1999.

GREENWOOD, D.J.; STONE, D. Prediction and measurement of the decline in the critical-K, the maximum-K and total cation plant concentration during growth of field vegetables crops. **Annals of Botany**, v.82, p.871-881, 1998.

HAAG, M.; YLIKOSKI, S.; KUMPULAINEN, J. Vitamin C content in fruits and berries consumed in Finland. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.8, p.12-20, 1995.

HAFFNER, K. Postharvest quality and processing of strawberries. In: International Strawberry Symposium, 4, 2002. **Proceedings...** Leuven, Belgium: ISHS Acta Horticulturae, v.567, 2002.

HAKALA, M.; LAPVETELÄINEN, A.; HUOPALAHTI, R.; KALLIO, H.; TAHVONEN, R. Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.16, p.67-80, 2003.

HAKKINEN, S.H.; KARENLAMPI, S.O.; MYKKANEN, H.M.; HEINONEN, M.I.; TORRONEN, A.R. Ellagic acid content in berries: influence of domestic processing and storage. **European Food Research and Technology**, v.212, p.75-80, 2000.

HAKKINEN, S.H.; TORRONEN, A.R. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. **Food Research International**, v.33, n.6, p.517-524, 2000.

HANNUM, S.M. Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.44, n.1, p.1-17, 2004.

HEO, H.J.; LEE, C.Y. Strawberry and its anthocyanins reduce oxidative stress-induced apoptosis in PC12 cells. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.6, p.1984-1989, 2005.

HERNANZ, D.; RECAMALES, A.F.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.J.; GONZALEZ-MIRET, M.L.; HEREDIA, F.J. Assessment of the differences in the phenolic composition of five strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown in two different soilless systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, n.5, p.1846-1852, 2007.

HINNEBURG, I; DAMIEN,H.J; RAIMO H. Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. **Food Chemistry**, v.97, n.1, p.122-129, 2006.

HOLCROFT, D.M.; KADER, A.A. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.17, p.19-32, 1999.

HONDA, C.; KOTODA, N.; WADA, M.; KONDO, S.; KOBAYASHI, S.; SOEKIMA, J.; ZHANG, Z.; TSUDA, T.; MORIGUCHI, T. Anthocyanin biosynthetic genes are coordinately expressed during red coloration in apple skin. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.40, n.11, p.955-962, 2002.

HORST, M.A.; LAJOLO, F.M. Biodisponibilidade de Compostos Bioativos. In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 3.ed. Barueri: Manole, 2008. p. 772-807.

HRAZDINA, G. Anthocyanins. In: HARBONE, J.B.; MABRY, T.J. **The Flavonoids: Advances in Research**. London/New York: Chapman and Hall, 1982. p.54-98.

HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A.; EMANI, P.R. Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs Fuji. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.489-496, 2003.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Agrometeorologia**. 2011. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597/>>. Acesso em: 02 de nov. 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 mai. 2010.

IMAS, P.; BANSAL, S.K. **Potassium and integrated nutrient management in potato**. In: GLOBAL CONFERENCE ON POTATO, 6-11 dezembro, 1999, New Delhi, Índia. Disponível em: <<http://www.ipipotash.org/presentn/kinmp.html>>. Acesso em: 28 out. 2011.

KADER, A.A. Fruits in the global market. In: KNEE, M. **Fruit quality and its biological Basis**. Sheffield, Reino Unido: Sheffield Academic Press, 2002.

KADER, A.A. Quality and its maintenance in relation to postharvest physiology of strawberry. In LUBY, A. **The strawberry into the 21st century**. Portland, Oregon: Timber Press, 1991. p.145-152.

KAUR, C.; KAPOOR, H.C. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health. **International Journal of Food and Science Technology**, v.36, p.703-725, 2001.

KAYA, C.; KIRNAK, H.; HIGGS, D.; SALT, K. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. **Horticultural Science**, v.26, p.807-820, 2002.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Avi Book, 1991. 532p.

KAYS, S.J. Preharvest factors affecting appearance. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.233-247, 1999.

KAYYAT M; TAFAZOLI E; ESHGHI S; RAHEMI M; RAJAEI S. 2007. Salinity, supplementary calcium and potassium effects on fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 5: 539-544.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2004. 452p.

KONCZAK, I.; TERAHARA, N.; YOSHIMOTO, M.; NAKATANI, M.; YOSHINAGA, M.; YAMAKAWA, O. Regulating the composition of anthocyanins and phenolic acids in a sweet potato cell culture towards production of polyphenolic complex with enhanced physiological activity. **Trends in Food Science and Technology**, v.16, n.9, p.377-388, 2005.

KOSAR, M.; KAFKAS, E.; PAYDAS, S.; BASER, K.H. Phenolic composition of strawberry genotypes at different maturation stages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, n.6, p.1586-1589, 2004.

KRIS-ETHERTON, P.M.; HECKER, K.D.; BONANOME, A.; COVAL, S.M.; BINKOSKI, A.E.; HILPERT, K.F.; GRIEL, A.E.; ETHERTON, T.D. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **American Journal of Medicine**, v.113, n.9B, p.71S-88S, 2002.

KRIVOROT, A.M.; DRIS, R. Shelf life and quality changes of strawberry cultivars. **Acta Horticulturae**, v.567, p.755-758, 2002.

LEE, S. K.; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v.20, n.3, p.207-220, 2000.

LIETEN, P. Effect of K:Ca:Mg ratio on performance of 'Elsanta' strawberries grown on peat. **Acta Horticulturae**, v.708, p.397-400, 2006.

LIMA, V.L.A.G.; MÉLO, E.A.; LIMA, L.S.; LIMA, D.E.S. Polpa congelada de acerola: efeito da temperatura sobre os teores de antocianinas e flavonóis totais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.3, p.669-670, 2002.

LIN, D.; HUANG, D.; WANG, S. Effects of potassium levels on fruit quality of muskmelon in soilless medium culture. **Scientia Horticulturae**, v.102, p.53-60, 2004.

LOPES, A.S. Reservas de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. **Anais do simpósio sobre potássio na agricultura**

**brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p.21-32.

LOPES, H.R.D.; SILVA, B.C.; NASCIMENTO, E.F.; RAMOS, L.X.; PEREIRA, M.; CARNEIRO, R.G. **A cultura do morangueiro no Distrito Federal**. Brasília-DF, EMATER, 2005, 76p.

MACEDO, L.S.; ALVARENGA, M.A.R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciência e agrotecnologia**, v.29, n.2, p.296-304, 2005.

MAIER, N.A. Potassium nutrition of irrigated potatoes in South Australia: effect on chemical composition and the prediction of tuber yield response by plant analysis. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.26, p.727-736, 1986.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E.; USHERWOOD, N.R. **Adubos e adubação potássica**. Boletim Técnico 3. 4.ed. EUA-Suíça: Instituto da Potassa e Fosfato, 1982.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, R.F.F.; COUTINHO, E.F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. Camarosa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.185-189, 2006.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.79, p.727-47, 2004.

MANELA-AZULAY, M.; FILGUEIRA, A.L.; MANDARIM-DE-LACERDA, C.A.; CUZZI, T., PEREZ, M.A. Vitamina C. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v.78, n.3, p.265-274, 2003.

MARODIN, J.C.; RESENDE, J.T.V.; MORALES, R.G.F.; CAMARGO, C.K.; CAMARGO, L.K.P.; PAVINATO, P.S. Qualidade físico-química de frutos de morangueiro em função da adubação potássica. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.9, n.3, p.50-57, 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MELLO, M.S. de; CARVALHO, A.M. de; GUIMARÃES, J.C. Nutrição, irrigação e fertirrigação do morangueiro. **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p.29-54.

MENGEL, K.; VIRO, M. Effect of potassium supply on the transport of photosynthates to the fruits of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). **Physiology Plant**, v.30, p.295-300, 1974.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (editor). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS/UFV, 2006. p.281-298.

MEYERS, K.J.; WATKINS, C.B.; PRITTS, M.P.; LIU, R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.23, p.6887-6892, 2003.

MITCHAM, E.J.; CRISOSTO, C.H.; KADER, A.A. Produce facts. Strawberry. Recommendations for maintaining postharvest quality. **Perishable Handling Newsletter**, v.87, p.21-22, 1996.

MONTEALEGRE, R.R.; PECES, R.R.; VOZMEDIANO, J.L.C.; GASCUEÑA, J.M.; ROMERO, E.G. Phenolic compounds in skins and seeds of ten grape *Vitis vinifera* varieties grown in a warm climate. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.19, n.6-7, p.687-693, 2006.

MOUCO, M.A.C. **Cultivo da mangueira**. Petrolina: EMBRAPA Semi-Árido, 2004. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/index.htm>>. Acesso em: 07 out. 2011.

NAGY, S.; WARDOWSKI, W.F. Effects of agricultural practices, handling, processing and storage on fruits. In: KARMAS, E.; HARRIS, R.S. (eds.). **Nutritional evaluation of food processing**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988. p.73-100.

NANNETTI, D.C. **Nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação na produção, nutrição e pós-colheita do pimentão**. 2001. 184p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2001.

NATELLA, F.; BELELLI, F.; GENTILI, V.; URSINI, F.; SCACCINI, C. Grape seed proanthocyanidins prevent plasma postprandial oxidative stress in humans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.7720-7725, 2002.

NEPA. NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO – UNICAMP. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Campinas: NEPA/UNICAMP, 2006. 113p.

NEVES FILHO, L.C. Congelamento de morango. In: Simpósio sobre cultura do morangueiro. Cabreúva, Casa da Agricultura de Cabreúva, 1986, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade de Olericultura do Brasil, UNESP, 1986. p.65-68.

NGUYEN, P.M.; KWEE, E.M.; NIEMEYER, E.D. Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. **Food Chemistry**, v.123, p.1235-1241, 2010.

NYMAN, N.A.; KUMPULAINEN, J.T. Determination of anthocyanidins in berries and red wine by high-performance liquid chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, n.9, p.4183-4187, 2001.

OLÍAS, J.M.; SANZ, C.; PÉREZ, A.G. **Postcosecha de la fresa de Huelva: principios básicos y tecnología**. Sevilla, Espanha: Instituto de la Grasa CSIC, 1998.

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

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

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

OSZMIANSKI, J.; WOJDYLO, A. Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. **European Food Research and Technology**, v.228, p.623-631, 2009.

PACHECO, D.D.; DIAS, M.S.C.; ANTUNES, P.D.; RIBEIRO, D.P.; SILVA, J.J.C.; PINHO, D.B. Nutrição mineral e adubação do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v.28, n.3, p.40-49, 2007.

PAGOT, E.; HOFFMANN, A. Produção de pequenas frutas no Brasil. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 1, 2003, Vacaria. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p.9-17, 2003.

PAZMIÑO-DURÁN, E.A.; GIUSTI, M.M.; WROLSTAD, R.E.; GLÓRIA, B.A. Anthocyanins from banana bracts (*Musa x paradisiaca*) as potential food colorants. **Food Chemistry**, v.73, n.3, p.327-332, 2001.

PELAYO, C.; EBELER, S.E.; KADER, A.A. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 °C in air or air +20 kPa CO<sub>2</sub>. **Postharvest Biology and Technology**, v.27, p.171-183, 2003.

PESTANA-BAUER, V.R.; GOULARTE-DUTRA, F.L.; ROSA, C.G.; JACQUES, A.C.; ZAMBIAZI, R.C. Compostos fenólicos em morango (*Fragaria x ananassa*) e acerola (*Malpighia emarginata*). In: Simpósio Nacional do Morango e Encontro sobre pequenas frutas nativas do Mercosul, 5, 2010, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. p.172.

PINELI, L.L.O. **Qualidade e potencial antioxidante in vitro de morangos in natura e submetidos a processamentos**. 2009. 222p. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde). Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2009.

PINELI, L.L.O.; MORETTI, C.L.; SANTOS, M.S.; CAMPOS, A.B.; BRASILEIRO, A.V.; CORDOVA, 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, p.11-16, 2011.

PINTO, M.S. **Compostos bioativos de cultivares brasileiras de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.): caracterização e estudo da biodisponibilidade dos derivados de ácido elágico**. 2008. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, SP.

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**, v.107, n.4, p.1629-1635, 2008.

POTAFOS. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna**. Piracicaba: POTAFOS, 1990. 45p.

QUADROS, D.A.; IUNG, M.C.; FERREIRA, S.M.R.; FREITAS, R.J.S. Composição química de tubérculos de batata para processamento, cultivados sob diferentes doses e fontes de potássio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.2, p.316-323, 2009.

QUADROS, D.A.; IUNG, M.C.; FERREIRA, S.M.R.; FREITAS, R.J.S. Qualidade de batata para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e não-redutores, durante o armazenamento à temperatura ambiente. **Acta Scientiarum Technology**, v.32, n.4, p.439-443, 2010.

RADIN, B.; LISBOA, B.B.; WITTER, S.; BARNI, V.; REISSER JUNIOR, C.; MATZENAUER, R.; FERMINO, M.H. Desempenho de quatro cultivares de morangueiro em duas regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.287-291, 2011.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285p.

REAY, P.F.; LANCASTER, J.E. Accumulation of anthocyanins and quercetina glycosides in 'Gala' and 'Royal Gala' apple fruit skin with UV-B-Visible irradiation: modifying effects of fruit maturity, fruit side, and temperature. **Scientia Horticulturae**, v.90, n.1-2, p.57-68, 2001.

REBELO, J.A.; BALARDIN, R.S. **A cultura do morangueiro**. 3.ed. Florianópolis: EPAGRI, 1997. 44p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 46).

REETZ, E.; RIGON, L.; VENCATO, A.; CORREA, S.; ROSA, G.R.; BELING, R.R. Feitas deliciosas. **Anuário Brasileiro da Fruticultura**, Santa Cruz do Sul, v.1, n.1, p.18-19, 2007.

REIS JUNIOR, R.A.; MONNERAT, P.H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.3, p.227-231, 2001.

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, p.185-189, 2010.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, 359p.

RIBEIRO, M.G.P.M. **Adubação química, infestação de *Tetranychus urticae* Kock (Acari: tetranychidae) e produção do morangueiro**. 2010. 67p. Dissertação (mestrado em Agronomia). Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília-DF, 2010.

RICE JUNIOR, R.P. Effects of cultivar and environmental interactions on runner production,

fruit yield, and harvest timing of strawberry (*Fragaria x ananassa*) in Zimbabwe. **Acta Horticulturae**, n.279, p.227-332, 1990.

RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends in Plant Science**, v.2, p.152-159, 1997.

ROBERTS, T.L. World reserves and production of potash. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. **Anais do simpósio sobre potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p.1-20.

ROCHA, D.A.; ABREU, C.M.P.; CORRÊA, A.D.; SANTOS, C.D.; FONSECA, E.W.N. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.4, p.1124-1128, 2008.

RONQUE, E.R.V. **A cultura do morangueiro**. Curitiba: EMATER-PR, 1998. 206p.

ROSA, E.A.S. Salinização em ambiente protegido. In: RUMY, G.; BRANDÃO FILHO, J.U.; TIVELLI, S.W. **Anais do Foro Internacional de Cultivo Protegido**. Botucatu: UNESP/FAPESP, 1997. p.226-262.

ROSIER, J. P. Novas regiões: vinhos de altitude no sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, 10, 2003, Bento Gonçalves-RS. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p.137.

SANTOS, A.M.; CAMPOS, A.D.; MEDEIROS, A.R.M; GOMES, C.B.; VENDRUSCULO, C.T.; COFCEWICZ, E.T.; DUARTE FILHO, J. et al. **Sistemas de produção do morango**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 14 set. 2011.

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

SCALZO, J.; POLITI, A.; PELLEGRINI, N.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic content in fruit. **Nutrition**, v.21, n.2, p.207-213, 2005.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ - SEAB. **Morango: área e produção por região administrativa da SEAB, 2003 a 2007**. Disponível em: <[www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/fru5.pdf](http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/fru5.pdf)>. Acesso em: 18 out. 2011.

SHARMA, P.K.; ANAND, P.; SANKHALKAR, S.; SHETYE, R. Photochemical and biochemical changes in wheat seedlings exposed to supplementary ultraviolet-B radiation. **Plant Science**, v.132, n.1, p.21-30, 1998.

SHAW, T.M., MOORE, J.A.; MARSHALL, J.D. Root chemistry of Douglas-fir seedlings grown under different nitrogen and potassium regimes. **Canadian Journal of Forest Research**, v.28, p.1566-1573, 1998.

SHEWFELT, R.L. What is quality? **Postharvest Biology and Technology**, v.15, n.3, p.197-200, 1999.

SHIBAIRO, S.; UPADAHYAYA, M.K.; TOIVONEN, P.M.A. Potassium nutrition and postharvest moisture loss in carrots (*Daucus carota* L.). **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.73, n.6, p.862-866, 1998.

SHIH, P.; YEH, C.; YEN, G. Effects of anthocyanidin on the inhibition of proliferation and induction of apoptosis in human gastric adenocarcinoma cells. **Food and Chemical Toxicology**, v.43, n.10, p.1557-1566, 2005.

SILVA, A.F.; DIAS, M.S.C.; MARO, L.A.C. Botânica e fisiologia do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v.28, n.236, p.7-13, 2007.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, F.A.S. **Assistat versão 7.6 Beta**. Campina Grande, PB, 2011.

SILVA, V.L.; COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de Micronutrientes - Vitamina C (ácido ascórbico)**. In: COZZOLINO, S.M.F. Biodisponibilidade de nutrientes 2.ed. Barueri: Manole, 2007. p.305-324.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 2.ed. Porto Alegre/Florianópolis: UFRGS e UFSC, 2000.

SMIRNOFF, N.; CONKLIN, P.L.; LOEWUS, F.A. Biosynthesis of ascorbic acid in plants: A renaissance. **Annual Review of Plant Physiology**, v.52, p.437-467, 2001.

SOUZA, A.F.; HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; OLIVEIRA, G.D.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças; XXIX: absorção de macronutrientes por quatro cultivares de morangueiro (*Fragaria* spp.). **Anais da Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'**, Piracicaba, v.33, p.647-683, 1976.

STEWART, J.A. Potassium sources, use and potential. In: MUNSON RD. **Potassium and agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1985. p.83-98.

STRASSBURGER, A.S.; PEIL, R.M.N.; SCHWENGBER, J.E.; MEDEIROS, C.A.B.; MARTINS, D.S.; SILVA, J.B. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de "dia neutro" em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. **Bragantia**, v.69, n.3, p.623-630, 2010.

SUN, J.; CHU, Y.; WU, X.; LIU, R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.25, p.7449-7454, 2002.

TAGLIAVINI, M.; BALDI, E.; NESTBY, R.; RAYNAL-LACROIX, C.; LIETEN, P.; SALO, T.; PIVOT, D.; LUCCHI, P.L.; BARUZZI, G.; FAEDI, W. Uptake and partitioning of major nutrients by strawberry plants. **Acta Horticulturae**, v.649, p.197-200, 2004.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p
- TREVISAN, R.; HERTER, F.G.; COUTINHO, E.F.; GONÇALVES, E.D.; SILVEIRA, C.A.P.; FREIRE, C.J.S. Uso de poda verde, plásticos refletivos, antitranspirante e potássio na produção de pêssegos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.10, p.1485-1490, 2006.
- TSAI, P.; WU, S.; CHENG, Y. Role of polyphenols in antioxidant capacity of napiergrass from different growing seasons. **Food Chemistry**, v.106, n.1, p.27-32, 2008.
- UENO, B. Manejo integrado de doenças do morango. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p.69-77.
- VÁSQUEZ, M.A.N.; FOLEGATTI, M.V.; DIAS, N.S.; SOUSA, V.F. Qualidade pós-colheita de frutos de meloeiro fertirrigado com diferentes doses de potássio e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.199-204, 2005.
- VENDRAMINI, A.L.; TRUGO, L.C. Phenolic compounds in acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.15, n.5, p.664-668, 2004.
- WALL, M.M. Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.19, n.6-7, p.655-663, 2006.
- WANG, S.; CAMP, M. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. **Scientia Horticulturae**, v.85, n.3, p.183-199, 2000.
- WANG, S.Y.; ZHENG, W. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.49, p.4977-4982, 2001.
- WILLS, R.B.H., Enhancement of senescence in nonclimacteric fruit and vegetables by low ethylene levels. **Acta Horticulturae**, v.464, 159-162, 1998.
- WITZELL, J.; GREF, R.; NÄSHOLM, T. Plant-part specific and temporal variation in phenolic compounds of boreal bilberry (*Vaccinium myrtillus*) plants. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.31, n.2, p.115-127, 2003.
- WROLSTAD, R.E. Anthocyanins. In: FRANCIS, F.J.; LAURO, G.J. **Natural Food Colorants**. New York: Marcel Dekker Inc., 2000, p.237-252.
- ZHENG, Y.; WANG, S.Y.; WANG, C.Y.; ZHENG, W. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. **Food Science and Technology**, v.40, p.49-57, 2007.