



**CLEBER LÁZARO RODAS**

**NITROGÊNIO E POTÁSSIO VIA  
FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DO  
MORANGUEIRO**

**Lavras - MG**

**2011**

**CLEBER LÁZARO RODAS**

**NITROGÊNIO E POTÁSSIO VIA FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO  
DO MORANGUEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora  
Dra. Janice Guedes de Carvalho

**LAVRAS - MG**

**2011**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Rodas, Cleber Lázaro.

Nitrogênio e potássio via fertirrigação na produção do  
morangueiro / Cleber Lázaro Rodas. – Lavras : UFLA, 2011.  
104 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Janice Guedes de Carvalho.

Bibliografia.

1. *Fragaria x ananassa* Duch. 2. Morango. 3. Produtividade. 4.  
Adubação nitrogenada. 5. Adubação potássica. I. Universidade  
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.75893

**CLEBER LÁZARO RODAS**

**NITROGÊNIO E POTÁSSIO VIA FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO  
DO MORANGUEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 30 de Agosto de 2011.

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| Dr. Rovilson José de Souza     | UFLA   |
| Dra. Ana Rosa Ribeiro Bastos   | UFLA   |
| Dr. Rafael Pio                 | UFLA   |
| Dr. Joaquim Gonçalves de Pádua | EPAMIG |

Dra. Janice Guedes de Carvalho  
Orientadora

**LAVRAS - MG**

**2011**

**Ofereço,**

Aos meus pais,

que, muito antes da obtenção do meu título de Doutor em Agronomia, me ensinaram a ser Agricultor

A mi abuelita Brígida Dolores Martins Parras (*in memoriam*) por su bendición y su presencia en mi vida

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida.

Especialmente aos meus pais, Antônio Rodas Martins e Nadir Lázaro Martins, pelo amor, dedicação e por não medirem esforços para que eu pudesse estudar, deixando, muitas vezes suas vontades de lado para que as minhas fossem atendidas.

À minha irmã Cléia e meu cunhado Wagner pela força, carinho e por me proporcionarem a alegria de ser tio.

Ao meu sobrinho Lucas, pela alegria que me proporciona e pelo estímulo de lutar por um futuro melhor.

Aos meus avós, aos meus tios e tias e a toda minha família pelo carinho, apoio e confiança.

À professora Janice Guedes de Carvalho, pela orientação, amizade e confiança e por nunca ter se negado a dividir seu tempo, seu conhecimento e sua atenção, dando todo o apoio que necessitei.

Ao professor Rovilson José de Souza, pela orientação e amizade durante meus anos de UFLA.

À Universidade Federal de Lavras, por proporcionar condições para ampliar meus conhecimentos.

Ao Departamento de Ciência do Solo, pela confiança e credibilidade durante meu mestrado, doutorado e agora, pós-doutorado.

Ao CNPq, pela concessão de minha bolsa de estudos.

Aos membros da banca, pesquisadora Ana Rosa Ribeiro Bastos, professor Rafael Pio e pesquisador Joaquim Gonçalves de Pádua, pelo enriquecimento de meu trabalho.

Aos professores, especialmente ao professor Mozart, aos funcionários e estudantes do Departamento de Ciência do Solo, pelo convívio e amizade.

À Dirce, secretária do programa de pós-graduação em Ciência do Solo, pela amizade e ajuda.

Ao amigo, Dr. Jony Eishi Yuri, pela amizade, orientação e ensinamentos.

Às “moranguetes”, Miryan, Viviane, Inêz, Emi, Livia, Marislaine, Madeleine, Giovana e Ana Paula pela valiosa ajuda durante o período experimental e pela amizade.

Aos demais amigos do laboratório de nutrição mineral de plantas, Adalberto, Paulo, Douglas, Mauro, Guilherme, Núbia, Giuliard, Júlia, Éder e Cibele, pelo auxílio nas pesquisas e pela agradável convivência.

Aos amigos-irmãos, José Rafael, Roberson, Stephania, Lauro, Felipe, Henrique, Fernando, João Paulo, Juliana, Ariana, Júlia, Débora, Edivandro, Dora, Elton, Amélia, Lili, Carlos Eduardo, Vanessa, Edson, Weder e tantos outros que escolhi para fazerem parte de minha vida.

A Diogo, pela amizade, companheirismo e pelos momentos de alegria compartilhados e a seus pais, seu José Alberto e D. Lucinha, pelo carinho e por terem me recebido de braços abertos como membro de sua família.

Às minhas mães mineiras, D. Renata, D. Elza e D. Ilda pelo carinho e pelas orações.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

**A todos, o meu sincero agradecimento!**

“Se enxerguei mais longe,  
foi porque me apoiei em ombros de gigantes”

Isaac Newton



## RESUMO

As pequenas frutas vêm despertando a atenção dos produtores e do mercado consumidor mundial, sendo o morango um dos mais importantes representantes desse grupo. O morangueiro vem ganhando espaço em área e importância econômica no Brasil. Entretanto, são poucos os trabalhos sobre essa cultura no país. Assim, a realização de estudos relacionados à nutrição mineral do morangueiro contribuirá para um melhor entendimento dessa cultura. O objetivo desse trabalho foi avaliar as adubações nitrogenada e potássica na cultura do morangueiro em relação à nutrição mineral da planta, produção e propriedades físico-químicas de infrutescências. O experimento foi conduzido no setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da UFLA, Lavras-MG. O experimento foi iniciado em março de 2009, com a duração de 11 meses. Utilizou-se um DBC, com três blocos e 16 tratamentos, em esquema fatorial 4x4, quatro doses de nitrogênio (100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro doses de potássio (150, 300, 450 e 600 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), utilizando como fontes dos nutrientes, uréia e cloreto de potássio, respectivamente. Utilizaram-se mudas da cultivar de morangueiro Aromas. As características de produção, teores nutricionais e propriedades físico-químicas de frutas de morangueiro são influenciados pelas adubações nitrogenadas e potássicas, via fertirrigação, variando de acordo com a característica estudada.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch. Nutrição mineral. Nitrogênio. Potássio.

## ABSTRACT

Small fruits have attracted the attention of producers and worldwide consumer market and the strawberry is one of the most important representatives of this group. In Brazil, strawberry crop is showing its importance in area and economy. Research works about this plant are few in the country, and thus, it is very important to develop further researches about the mineral nutrition of the strawberry plant. The objective of this work was to evaluate the effect of nitrogen and potassium fertilization on the plant mineral nutrition, yield and fruit physicochemical properties. The experiment was carried out in Horticulture sector of Department of Agriculture at UFLA (Lavras, MG, Brazil), starting in March 2009, during 11 months, using a randomized blocks experimental design, with three blocks and 16 treatments, in 4x4 factorial scheme, four nitrogen doses (100, 200, 300 and 400 kg ha<sup>-1</sup>) and four potassium doses (150, 300, 450 and 600 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O), using as sources of nutrients, urea and potassium chloride, respectively. Strawberry plants cv. Aromas were used. Yield characteristics, nutritional content and physicochemical properties of strawberry fruits are influenced by both, nitrogen and potassium fertigation, varying according the studied characteristic.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch. Mineral nutrition. Nitrogen. Potassium.

## SUMÁRIO

|               |   |           |
|---------------|---|-----------|
| <b>1</b>      | <b>INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>2</b>      | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                                 | <b>14</b> |
| <b>2.1</b>    | <b>A cultura do morangueiro.....</b>                            | <b>14</b> |
| <b>2.2</b>    | <b>Adubação do morangueiro.....</b>                             | <b>17</b> |
| <b>2.2.1</b>  | <b>Nitrogênio.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>2.2.2</b>  | <b>Potássio.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>3</b>      | <b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                  | <b>20</b> |
| <b>3.1</b>    | <b>Localização e período do experimento.....</b>                | <b>20</b> |
| <b>3.2</b>    | <b>Clima e solo.....</b>  | <b>20</b> |
| <b>3.3</b>    | <b>Preparo da área experimental e tratos culturais.....</b>     | <b>22</b> |
| <b>3.4</b>    | <b>Delineamento, tratamentos e parcelas experimentais.....</b>  | <b>23</b> |
| <b>3.5</b>    | <b>Avaliações.....</b>  | <b>26</b> |
| <b>3.5.1</b>  | <b>Emissão de estolões.....</b>                                 | <b>26</b> |
| <b>3.5.2</b>  | <b>Produtividade total de infrutescências.....</b>              | <b>26</b> |
| <b>3.5.3</b>  | <b>Produtividade de infrutescências de mesa.....</b>            | <b>26</b> |
| <b>3.5.4</b>  | <b>Massas médias de infrutescências totais e para mesa.....</b> | <b>26</b> |
| <b>3.5.5</b>  | <b>Infrutescências de mesa.....</b>                             | <b>27</b> |
| <b>3.5.6</b>  | <b>Aptidão para indústria do descarte de mesa.....</b>          | <b>27</b> |
| <b>3.5.7</b>  | <b>Descarte de infrutescências.....</b>                         | <b>27</b> |
| <b>3.5.8</b>  | <b>Incidência de folhas vermelhas.....</b>                      | <b>27</b> |
| <b>3.5.9</b>  | <b>Teores foliares de macro e micronutrientes.....</b>          | <b>27</b> |
| <b>3.5.10</b> | <b>Caracterização físico-química de infrutescências.....</b>    | <b>28</b> |
| <b>3.6</b>    | <b>Análise estatística.....</b>                                 | <b>30</b> |
| <b>4</b>      | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                              | <b>31</b> |
| <b>4.1</b>    | <b>Emissão de estolões.....</b>                                 | <b>32</b> |
| <b>4.2</b>    | <b>Produtividade total de infrutescências.....</b>              | <b>35</b> |

|               |  |           |
|---------------|--|-----------|
| <b>4.3</b>    | <b>Produtividade de infrutescências de mesa.....</b>           | <b>37</b> |
| <b>4.4</b>    | <b>Massa média de infrutescências.....</b>                     | <b>39</b> |
| <b>4.5</b>    | <b>Massa média de infrutescências de mesa.....</b>             | <b>41</b> |
| <b>4.6</b>    | <b>Infrutescências de mesa.....</b>                            | <b>44</b> |
| <b>4.7</b>    | <b>Aptidão para indústria do descarte de mesa.....</b>         | <b>47</b> |
| <b>4.8</b>    | <b>Descarte de infrutescências.....</b>                        | <b>49</b> |
| <b>4.9</b>    | <b>Incidência de folhas vermelhas.....</b>                     | <b>51</b> |
| <b>4.10</b>   | <b>Teores foliares de macronutrientes.....</b>                 | <b>54</b> |
| <b>4.10.1</b> | <b>Teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio.....</b>  | <b>56</b> |
| <b>4.10.2</b> | <b>Teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre.....</b>      | <b>62</b> |
| <b>4.11</b>   | <b>Teores foliares de micronutrientes.....</b>                 | <b>68</b> |
| <b>4.11.1</b> | <b>Teores foliares de boro, cobre e ferro.....</b>             | <b>70</b> |
| <b>4.11.2</b> | <b>Teores foliares de manganês e zinco.....</b>                | <b>75</b> |
| <b>4.12</b>   | <b>Caracterização físico-química de infrutescências.....</b>   | <b>79</b> |
| <b>4.12.1</b> | <b>pH.....</b>   | <b>80</b> |
| <b>4.12.2</b> | <b>Sólidos solúveis totais.....</b>                            | <b>83</b> |
| <b>4.12.3</b> | <b>Acidez titulável.....</b>                                   | <b>85</b> |
| <b>4.12.4</b> | <b>Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável.....</b> | <b>87</b> |
| <b>4.12.5</b> | <b>Coloração externa.....</b>                                  | <b>89</b> |
| <b>5</b>      | <b>CONCLUSÃO.....</b>  | <b>95</b> |
|               | <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>96</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

As pequenas frutas vêm despertando a atenção dos produtores e do mercado consumidor mundial (ANTUNES; HOFFMANN; DUARTE FILHO, 2001), sendo o morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) um dos mais importantes representantes desse grupo (DUARTE FILHO; ANTUNES; ROUDEILLAC, 2001).

Originário da América do Norte e do Chile, o morangueiro é cultivado em várias partes do globo, sendo as regiões temperadas as mais propícias à obtenção de sua máxima produtividade.

No Brasil, o início de seu cultivo foi por volta da década de 1950 no Rio Grande do Sul, hoje o terceiro maior produtor do país, ficando atrás somente de São Paulo e Minas Gerais. Em todo o país, seu cultivo se encontra em franca expansão. O sul de Minas Gerais é a principal região produtora de morangos do país.

O morango é um alimento importante, rico em frutose e sacarose e pobre em carboidratos. Quando o morango é consumido numa refeição bem balanceada, há uma reação química que triplica os índices de absorção de ferro presentes nos vegetais, ovos e carnes. É também levemente laxativo e diurético. Supre a carência de minerais e vitaminas do Complexo B e possui quercitina, que é capaz de neutralizar a ação dos radicais livres, responsáveis pelo envelhecimento das células (SANHUEZA et al., 2005).

Quando se trata do aumento da produtividade, qualidade e conservação pós-colheita, a adubação é uma das práticas de maior importância na cultura do morangueiro, porém, no Brasil, pouca ênfase tem sido dada às pesquisas referentes à nutrição mineral nessa cultura, apesar de sua expansão nos últimos anos.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a relação entre nitrogênio e potássio é de fundamental importância para a qualidade dos frutos, pois influencia diretamente as características físico-químicas dos mesmos.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar as adubações nitrogenada e potássica, via fertirrigação, na cultura do morangueiro em relação à nutrição mineral da planta, produção e propriedades físico-químicas de frutas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do morangueiro

Segundo estudos históricos, o cultivo dessa frutífera foi iniciado nas cidades indígenas da América Pré-Colombiana. Tanto a espécie *Fragaria chiloensis*, quanto a *Fragaria virginiana* foram, provavelmente, cultivadas pelos índios (SEELIG, 1975). Após o descobrimento da América, várias espécies de *Fragaria* foram retiradas de seu estado selvagem e cultivadas em jardins europeus com finalidade ornamental e medicinal. Em 1714, o oficial do exército francês Amédée François Frezier levou para a França cinco plantas da espécie *F. chiloensis*, coletadas em sua missão ao Chile. Plantas da espécie silvestre *F. virginiana*, procedentes da América do Norte, também foram levadas à Europa e introduzidas na França em 1624. A hibridação natural ocorrida na Europa, no século XVIII, entre essas duas espécies, ambas do continente americano, originou o morangueiro cultivado (*Fragaria x ananassa* Duch.), modificando a situação da cultura (PASSOS, 1999). Data do século XIX o início de sua exploração em caráter comercial (REBELO; BALARDIN, 1997).

O morangueiro, pertencente à família *Rosaceae*, produz uma pequena planta herbácea, rasteira, perene, porém, cultivada como anual. O sistema radicular é fasciculado e muito superficial, sendo que a maior parte das raízes concentra-se nos primeiros cinco centímetros de solo (FILGUEIRA, 2003).

A parte que sobressai da terra, denominada coroa, origina o eixo caulinar. Durante o crescimento da coroa ocorre a formação de folhas em cujas axilas originam-se gemas, nas quais podem, ainda, originar coroas secundárias, estolhos (formação de novas mudas) e inflorescências, visto que essa sequência é função do fotoperíodo exigido pela cultivar. A folha do morangueiro pode ser constituída de três, quatro ou cinco folíolos. As flores estão agrupadas em

inflorescências do tipo cimeira, com cálice na maioria das vezes, pentâmero. O processo de florescimento é extremamente dependente dos fatores ambientais. A temperatura, o fotoperíodo e a interação entre ambos destacam-se com grande relevância. Normalmente, o processo de polinização ocorre pela intervenção de insetos e pelo vento (SILVA; DIAS; MARO, 2007).

A parte comestível é constituída por um receptáculo carnoso e suculento, de coloração vermelho-viva, constituindo um pseudofruto. Os verdadeiros frutos, os aquênios, são estruturas escuras, diminutas, que contêm as sementes e se prendem ao receptáculo. A utilização dessas sementes botânicas interessa aos programas de melhoramento, para o desenvolvimento de novas cultivares (FILGUEIRA, 2003). Atualmente a indústria cosmética vem utilizando os frutos verdadeiros do morangueiro para a fabricação de produtos de beleza.

O cultivo do morangueiro ocorre em quase todo o mundo, em decorrência do valor de mercado do fruto comercializável e ao desenvolvimento de cultivares com grande poder de adaptabilidade, tanto ao ambiente em que estão inseridas, quanto ao método de cultivo e manejo empregados. Essa característica permite que o cultivo de morangueiros ocorra desde regiões frias, como o sul da Argentina, até em regiões quentes, como o centro oeste brasileiro (PEREIRA, 2009).

Segundo Sanhueza et al. (2005) o morango é uma das frutas mais apreciadas pelos consumidores em diversas regiões do mundo, destacando-se pela sua coloração, aroma, sabor e versatilidade na culinária e gastronomia. Por essa razão, o morango é altamente demandado tanto para consumo in natura, quanto para processamento industrial.

O cultivo do morango se insere no mercado mundial como importante alternativa de diversificação agrícola (TEIXEIRA, 2011). Segundo a Food and Agriculture Organization of The United Nations - FAO (2010), a área planta de



morangueiro no mundo, em 2009, foi de aproximadamente 253.900 ha, com produção anual de 4,1 milhões de toneladas.

A cultura comercial do morangueiro no Brasil é relativamente nova, não existindo registro exato de seu início. As poucas informações existentes na literatura relatam que se deu na década de 1950, na região da encosta da serra do sudeste do Rio Grande do Sul, de onde se expandiu para o restante do país (DUARTE FILHO, 2006).

De acordo com dados do Anuário da Agricultura Brasileira - AGRIANUAL (2011), no ano de 2009 o Brasil importou 2.983 toneladas de morangos, desses, 1.499 toneladas vieram da Argentina, 939 toneladas do Chile e 545 toneladas da China. Até meados de 2010, o país já havia importado 4.696 toneladas dessa infrutescência de países como, Argentina (1.137 t), Chile (2.469 t), China (825 t) e México (265 t).

Antunes et al. (2010) comenta que o Brasil produz, aproximadamente, 105 mil toneladas de morangos, em quatro mil hectares, e que Minas Gerais é o maior produtor nacional dessa infrutescência, com cerca de 40 mil toneladas por ano, seguido por São Paulo, com 29 mil toneladas produzidas anualmente e, depois, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Espírito Santo e Rio de Janeiro, respectivamente.

Atualmente, o morangueiro é cultivado em grande parte do território nacional, com destaque para a região sul mineira, principal região produtora do país (DUARTE FILHO, 2006). A cultura vem se expandindo em função dos bons resultados econômicos obtidos e da localização privilegiada, próxima aos grandes centros, o que estimula o incremento da área plantada e a adesão de novos produtores (DUARTE FILHO; ANTUNES; PÁDUA, 2007).

## 2.2 Adubação do morangueiro

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), entre as práticas de cultivo, a nutrição mineral dos vegetais apresenta importância fundamental, proporcionando aumento da produtividade e influenciando a qualidade dos produtos. O equilíbrio dos nutrientes é um dos fatores de maior influência nas características sensoriais e nutritivas, na resistência ao transporte e ao armazenamento dos produtos hortícolas, porque esses elementos regulam os processos fisiológicos e bioquímicos dos tecidos vegetais.

O morangueiro é especialmente exigente quanto às condições físicas e químicas do solo. Adapta-se melhor a solos de textura média, de alta fertilidade e bom teor de matéria orgânica, mas também produz em solos arenosos e argilosos. A faixa de pH de 5,3 a 6,2 a mais favorável (FILGUEIRA, 2003).

A adubação do morangueiro é uma das principais práticas responsáveis pelo aumento da produtividade, qualidade e conservação pós-colheita. Entretanto, poucos são os trabalhos de pesquisa sobre a nutrição da cultura no Brasil, apesar da expansão da área plantada (PREZOTTI, 2006).

Castellane (1993) observou que existem diferenças na absorção de macronutrientes entre as cultivares de morangueiro, porém, desconsiderando as diferenças entre as cultivares, o nitrogênio e o potássio destacam-se entre os macronutrientes, enquanto, entre os micronutrientes, os mais exportados são o ferro e o zinco.

Segundo Filgueira (2003), aplicações de nitrogênio e de fósforo elevam, significativamente, a produtividade do morangueiro, inclusive em solos considerados férteis, já o potássio é o macronutriente que mais favorece o aprimoramento na qualidade do morango, melhorando o sabor, o aroma, a coloração e a consistência, bem como os teores de vitamina C.

Grassi Filho, Santos e Creste (1999) ressaltam que os efeitos de quantidades de nitrogênio dependem da cultivar plantada. De acordo com os autores, há grandes interesses em se pesquisar os efeitos da adubação em morangueiro, sendo os principais concentrados no nitrogênio, o qual é facilmente lixiviado. Além disso, estudos devem ser realizados com as novas cultivares de morangueiro disponíveis no mercado, que, provavelmente, apresentam demandas nutricionais diferentes das cultivares antigas.

### **2.2.1 Nitrogênio**

O nitrogênio é o nutriente absorvido em quantidades mais elevadas pela maior parte das culturas. Entre as deficiências nutricionais que ocorrem nas culturas, a de nitrogênio é a mais frequente. Além disso, em condições adversas, principalmente as relacionadas ao teor de matéria orgânica, umidade e textura do solo, época e método de aplicação do fertilizante, o nitrogênio é um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo. Em decorrência disso, a eficiência de sua utilização pelas plantas é baixa, de 50 a 60%. O nitrogênio, que pode ser disponibilizado às plantas e que define o potencial produtivo das culturas, provém do ar atmosférico, no caso da maioria das leguminosas, da matéria orgânica do solo, da reciclagem dos resíduos de culturas anteriores e dos fertilizantes nitrogenados de origem mineral ou orgânica (KLUTHCOUSKI et al., 2005).

Segundo Floss (2008), as plantas superiores são capazes de absorver o nitrogênio sob diferentes formas, sendo elas, aminoácidos, uréia, amônio e, predominantemente, nitrato.

Na planta, é reduzido à forma amoniacal e combinado nas cadeias orgânicas, formando ácido glutâmico, esse, por sua vez, incluído em mais de uma centena de diferentes aminoácidos. Desses, cerca de 20 são usados na

formação de proteínas. As proteínas participam, como enzimas, nos processos metabólicos da planta, tendo, assim, uma função mais estrutural. Além disso, o nitrogênio participa da composição da molécula de clorofila (RAIJ, 1991). A quantidade relativa de nitrogênio nas plantas está relacionada com a quantidade de proteínas e carboidratos estocados e também com o tipo e a qualidade de crescimento e de florescimento (MARSCHNER, 1995).

Chitarra e Chitarra (2005) comentam que o adequado fornecimento de nitrogênio está associado a um crescimento vigoroso, promovendo, também, melhoras nas propriedades físico-químicas de frutas e hortaliças.

### **2.2.2 Potássio**

O teor de potássio nas plantas só é inferior, em geral, ao de nitrogênio. A maior parte do potássio é absorvida pelas plantas durante a fase de crescimento vegetativo. As altas taxas de absorção implicam em uma forte competição com a absorção de outros cátions. O potássio é absorvido como  $K^+$  pelas plantas e o nutriente mantém-se nessa forma, sendo o mais importante cátion na fisiologia vegetal. Não fazendo parte de compostos específicos, a função do potássio não é estrutural. Destaca-se o papel de ativador de funções enzimáticas e de manutenção da turgidez das células (RAIJ, 1991).

As plantas deficientes em potássio, por não utilizarem a água e outros nutrientes do solo ou fertilizantes, eficientemente, são menos tolerantes a estresses ambientais, tais como, secas, excesso de água, vento e extremos de temperatura. Além disso, são menos resistentes ao ataque de pragas e doenças. A qualidade das plantas deficientes também é inferior, sendo o potássio conhecido como nutriente da qualidade, por causa de seu importante efeito sobre o tamanho, forma, cor, sabor e resistência dos produtos hortícolas ao armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização e período do experimento**

O experimento foi conduzido no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período compreendido entre os meses de março de 2009 e fevereiro de 2010. A UFLA situa-se no município de Lavras, sul de Minas Gerais, a uma altitude média de 910 m, a latitude de 21° 14' S e longitude de 45° 00' W Gr.

#### **3.2 Clima e solo**

Segundo Dantas, Carvalho e Ferreira (2007), o clima da região, pela Classificação de Köppen, é do tipo Cwb, caracterizado por um clima temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso, subtropical. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e superior a 3°C e o verão apresenta temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. Lavras apresenta temperatura do ar média anual de 19,4°C, umidade relativa do ar média de 76,2% e tem precipitação média anual de 1.529,7 mm, bem como evaporação média anual de 1.034,3 mm (BRASIL, 1992).

O experimento foi implantado em um solo denominado de Latossolo Vermelho distroférico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999). Amostra de solo da camada de 0 a 20 cm foi coletada para a realização de análises química e física e os resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 Análises química e física da camada de 0 - 20 cm do solo da área experimental\*

| Características                          | Resultados | Classificação<br>(ALVAREZ et al., 1999) |
|--|------------|---|
| pH em água                               | 6,9        | Acidez Fraca                            |
| P (mg dm <sup>-3</sup> )                 | 36,8       | Muito Bom                               |
| K (mg dm <sup>-3</sup> )                 | 162,0      | Muito Bom                               |
| Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 39,0       | Bom                                     |
| Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 4,0        | Baixo                                   |
| T (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )  | 73,0       | Médio                                   |
| V (%)                                    | 64,4       | Bom                                     |
| M. O. (g kg <sup>-1</sup> )              | 22,0       | Médio                                   |
| S (mg dm <sup>-3</sup> )                 | 6,2        | Médio                                   |
| Zn (mg dm <sup>-3</sup> )                | 5,7        | Alto                                    |
| Fe (mg dm <sup>-3</sup> )                | 36,3       | Bom                                     |
| Mn (mg dm <sup>-3</sup> )                | 17,8       | Alto                                    |
| Cu (mg dm <sup>-3</sup> )                | 6,6        | Alto                                    |
| B (mg dm <sup>-3</sup> )                 | 0,5        | Médio                                   |
| Areia (g kg <sup>-1</sup> )              | 150,0      | -                                       |
| Silte (g kg <sup>-1</sup> )              | 370,0      | -                                       |
| Argila (g kg <sup>-1</sup> )             | 480,0      | -                                       |

\*Análises realizadas nos Laboratórios de Análise de Solos e Física do Solo/ DCS/ UFLA

### 3.3 Preparo da área experimental e tratos culturais

A primeira aração foi realizada com antecedência de três meses do transplântio das mudas. Nesse período procurou-se elevar a saturação por bases do solo para 80%, de acordo com recomendação de Nannetti e Souza (1999), sendo a necessidade de calagem calculada pelo Método de Saturação por Bases.

O preparo do solo foi realizado utilizando-se enxada rotativa, sendo, posteriormente, efetuado o levantamento dos canteiros de forma manual.

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, sendo os emissores autocompensantes do tipo in line, ou seja, emissores inseridos no tubo, durante o processo de extrusão, modelo NAAN PC, com vazão de  $1,86 \text{ L hora}^{-1}$  e distanciados 0,30 m entre si, sendo dispostas duas linhas de irrigação em cada parcela. Utilizou-se uma válvula de comando elétrico (solenóide) para cada tratamento, essas eram acionadas por um controlador lógico programável (RAIN BIRD), previamente programado, em cada irrigação, para funcionar o tempo necessário, de acordo com o monitoramento da umidade do solo realizado através de tensiômetros instalados a 0,15 e 0,30 m de profundidade.

Na adubação de pré-plantio (15 dias antes do transplântio das mudas), foram aplicados  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de potássio, utilizando-se como fontes desses nutrientes, a uréia e o cloreto de potássio, respectivamente. Para as aplicações de fósforo, na forma de super fosfato simples, e micronutrientes observou-se o resultado da análise de solo e as recomendações de Nannetti e Souza (1999).

Os canteiros foram cobertos com mulching de polietileno de dupla face, sendo a parte superior branca e a inferior preta, com  $25 \mu\text{m}$  de espessura, aditivado com tratamento anti UV.

Durante a condução do experimento foram realizadas capinas manuais dentro do canteiro e com o auxílio de enxadas nos corredores entre os canteiros e ao redor da área experimental para conter o crescimento de plantas invasoras.

O controle fitossanitário por meio de defensivos agrícolas foi realizado, quando necessário, conforme o aparecimento de pragas e doenças, utilizando-se produtos recomendados para a cultura do morangueiro, registrados e específicos.

De outubro de 2009 a fevereiro de 2010 os canteiros foram cobertos por túneis altos, revestidos por polietileno aditivado de 100  $\mu\text{m}$  de espessura, para garantir a proteção das plantas e infrutescências contra os danos causados pelas chuvas abundantes desse período.

### **3.4 Delineamento, tratamentos e parcelas experimentais**

Foram avaliadas quatro doses de N (100, 200, 300 e 400  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e quatro doses de  $\text{K}_2\text{O}$  (150, 300, 450 e 600  $\text{kg ha}^{-1}$ ), aplicadas via fertirrigação. As fontes de nitrogênio e  $\text{K}_2\text{O}$  utilizadas foram uréia (45% N) e cloreto de potássio (60%  $\text{K}_2\text{O}$ ), respectivamente. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 4x4 e o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com três blocos. As parcelas, com 1,88  $\text{m}^2$ , foram compostas por quatro linhas de plantio com cinco plantas cada. O espaçamento adotado foi de 0,30 x 0,30 m. As plantas das extremidades das linhas foram utilizadas como bordadura, sendo a área útil composta pelas 12 plantas centrais da parcela.

Utilizaram-se mudas de raízes nuas da cultivar Aromas, importadas do Chile. Essa cultivar foi obtida pela Universidade da Califórnia e é caracterizada como cultivar de dia neutro, ou seja, a diferenciação de suas gemas ocorre independente do comprimento de horas do dia. As infrutescências são de tamanho grande, coloração vermelho-escura, sabor agradável e qualidade excelente para o consumo in natura, bem como para a indústria (DUARTE



FILHO, 2006). O transplântio dessas mudas foi realizado no dia 24 de junho de 2009.

As fertirrigaões foram realizadas com o auxílio de uma bomba de injeção de fertilizantes, modelo TMB WP-10, com capacidade máxima de injeção de solução de 60 L hora<sup>-1</sup>. Considerando um ciclo médio da cultura de 240 dias após o transplântio das mudas, a fertirrigação foi realizada semanalmente e de forma que nas primeiras nove semanas após o transplântio foram aplicados 35% da dose de nitrogênio e 25% da dose de potássio. Entre a 10<sup>a</sup> e 34<sup>a</sup> semanas após o transplântio, foram aplicados os restantes das dosagens (Tabela 2).

Tabela 2 Distribuição percentual das doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação em função do estágio de desenvolvimento do morangueiro

| Fase da cultura   | Semanas                 | Mês/Ano        | Nitrogênio (%) | Potássio (%) |
|---|-------------------------|----------------|----------------|--------------|
| <b>1ª Fase:</b><br>Período de crescimento vegetativo, florescimento e de desenvolvimento de infrutescências | 1ª                      | Junho/2009     | 3              | 2            |
|   | 2ª                      | Julho/2009     | 4              | 2            |
|   | 3ª                      | Julho/2009     | 4              | 3            |
|   | 4ª                      | Julho/2009     | 4              | 3            |
|   | 5ª                      | Julho/2009     | 4              | 3            |
|   | 6ª                      | Agosto/2009    | 4              | 3            |
|   | 7ª                      | Agosto/2009    | 4              | 3            |
|   | 8ª                      | Agosto/2009    | 4              | 3            |
|   | 9ª                      | Agosto/2009    | 4              | 3            |
| <b>Total da 1ª Fase</b>   |                         |                | <b>35</b>      | <b>25</b>    |
| <b>2ª Fase:</b><br>Período de colheita das infrutescências  | 10ª                     | Setembro/2009  | 2              | 3            |
|   | 11ª                     | Setembro/2009  | 2              | 3            |
|   | 12ª                     | Setembro/2009  | 2              | 3            |
|   | 13ª                     | Setembro/2009  | 2              | 3            |
|   | 14ª                     | Setembro/2009  | 3              | 3            |
|   | 15ª                     | Outubro/2009   | 3              | 3            |
|   | 16ª                     | Outubro/2009   | 3              | 3            |
|   | 17ª                     | Outubro/2009   | 3              | 3            |
|   | 18ª                     | Outubro/2009   | 3              | 3            |
|   | 19ª                     | Novembro/2009  | 3              | 3            |
|   | 20ª                     | Novembro/2009  | 3              | 3            |
|   | 21ª                     | Novembro/2009  | 3              | 3            |
|   | 22ª                     | Novembro/2009  | 3              | 3            |
|   | 23ª                     | Dezembro/2009  | 3              | 3            |
|   | 24ª                     | Dezembro/2009  | 3              | 3            |
|   | 25ª                     | Dezembro/2009  | 3              | 3            |
|   | 26ª                     | Dezembro/2009  | 3              | 3            |
|   | 27ª                     | Dezembro/2009  | 3              | 3            |
|   | 28ª                     | Janeiro/2010   | 3              | 3            |
|   | 29ª                     | Janeiro/2010   | 2              | 3            |
|   | 30ª                     | Janeiro/2010   | 2              | 3            |
|   | 31ª                     | Janeiro/2010   | 2              | 3            |
|   | 32ª                     | Fevereiro/2010 | 2              | 3            |
|   | 33ª                     | Fevereiro/2010 | 2              | 3            |
|   | 34ª                     | Fevereiro/2010 | 2              | 3            |
|   | <b>Total da 2ª Fase</b> |                |                | <b>65</b>    |
| <b>Total geral</b>  |                         |                | <b>100</b>     | <b>100</b>   |

### **3.5 Avaliações**

#### **3.5.1 Emissão de estolões**

Durante o período experimental, todos os estolões foram retirados das plantas manualmente, seguindo a prática realizada, a campo, por fragaricultores. Os mesmos eram contados e seu número anotado para posterior soma, obtendo, assim, a emissão total de estolões por planta.

#### **3.5.2 Produtividade total de infrutescências**

As colheitas foram realizadas duas vezes por semana, sendo colhidas as infrutescências com pelo menos 75% da superfície apresentando coloração vermelha, que é o ponto ideal de colheita para o mercado in natura (DIAS et al., 2007).

#### **3.5.3 Produtividade de infrutescências de mesa**

Foram consideradas infrutescências de mesa aquelas com características desejáveis para o consumo in natura, ou seja, infrutescências desprovidas de injúrias e doenças, sem deformação e com massa unitária superior a seis gramas.

#### **3.5.4 Massas médias de infrutescências totais e para mesa**

Para a aquisição dos dados dessas características, dividiu-se a massa total pelo número total de infrutescências produzidas em cada classificação.

### **3.5.5 Infrutescências de mesa**

Essa característica avalia a relação entre o total de infrutescências produzidas e aquelas destinadas ao consumo in natura.

### **3.5.6 Aptidão para indústria do descarte de mesa**

Quanto do descarte de mesa pode ser direcionado à indústria (infrutescências pequenas, mal formadas, sem podridão ou partes lesionadas).

### **3.5.7 Descarte de infrutescências**

Para essa característica foram contabilizadas as infrutescências que não serviam para o consumo in natura ou para a indústria, ou seja, aquelas que apresentavam podridão ou partes lesionadas.

### **3.5.8 Incidência de folhas vermelhas**

Como na maioria dos campos comerciais de produção de morangos, houve a incidência de vermelhidão das folhas das plantas na área experimental, sendo realizada a contagem das folhas que apresentavam esse sintoma na época de maior incidência, aos 100 dias de cultivo.

### **3.5.9 Teores foliares de macro e micronutrientes**

Após a aplicação total das doses de nitrogênio e potássio, coletou-se as terceiras e quartas folhas recém desenvolvidas de cada planta da parcela útil, sem pecíolo, de acordo com o recomendado por Boaretto et al. (2009).

Segundo a metodologia descrita por Miyazawa et al. (2009), as folhas verdes, recém coletadas no campo, foram lavadas rapidamente em água corrente e enxaguadas com água destilada, colocadas em sacos de papel e, então, secas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 60°C até massa constante. Após a secagem, o material foi moído em moinho tipo Wiley, passado em peneiras de malha 1,0 mm (20 mesh) e finalmente armazenado em frascos de vidro para posterior determinação dos teores de macro e micronutrientes.

Segundo metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), os teores de nitrogênio foram determinados pelo método Micro Kjeldahl. No extrato, obtido por digestão nitroperclórica, foram dosados o fósforo por colorimetria, o potássio por fotometria de chama, os teores de cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica e os de enxofre total por turbidimetria. Os teores de boro foram determinados pelo método colorimétrico da curcumina com digestão por via seca.

### **3.5.10 Caracterização físico-química de infrutescências**

As análises foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, no Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA.

Inicialmente, as amostras foram lavadas e sanificadas. Em seguida, realizaram-se as determinações de cor em pontos distintos das superfícies dos morangos. Após a realização dessa análise, foram retirados cinco gramas de cada amostra, homogeneizando-se com 45 ml de água destilada, utilizando-se politron. O homogenato foi filtrado em tecido de organza, sendo utilizado o filtrado para a determinação de pH, sólidos solúveis e acidez total titulável.

a) pH

Os valores de pH foram determinados, no filtrado, com o auxílio do pHmetro Tecnal (Tec 3 MP), segundo a Association of Official Analytical Chemistry - AOAC (1992);

b) Sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado diretamente por refratometria, com o auxílio de um refratômetro digital da marca ATAGO PR-100 Palette, com ajuste automático de temperatura e os resultados foram expressos em °Brix, conforme a metodologia da AOAC (1992);

c) Acidez titulável

A análise da acidez titulável foi realizada conforme normas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (1985) e os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico;

d) Relação sólidos solúveis/ acidez titulável

A relação sólidos solúveis/ acidez titulável foi determinada dividindo-se os valores encontrados para cada uma dessas propriedades;

e) Coloração externa

A coloração foi medida em dez pontos distintos da superfície dos morangos, utilizando-se um colorímetro Minolta modelo CR-400, com a determinação no modo CIE L\* a\* b\*, avaliando-se os índices L\* e a\*. A coordenada L\* representa quão clara ou escura é a amostra, com valores

variando de zero (totalmente preta) a 100 (totalmente branca) e a coordenada a\* pode assumir valores de -100 a +100, em que os extremos correspondem ao verde e ao vermelho, respectivamente.

### **3.6 Análise estatística**

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2003), por meio do qual foram ajustadas as equações de regressão. Para a confecção dos gráficos utilizou-se o programa SigmaPlot 11.0.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância dos valores relativos à emissão de estolões, produtividade de infrutescências de mesa, massa média de infrutescências e massa média de infrutescências de mesa revelaram que essas características foram influenciadas significativamente pela aplicação de nitrogênio, de potássio, bem como pela interação entre esses fatores. Esses resultados são observados na Tabela 3, onde se observa, também, a influência da interação entre as adubações nitrogenadas e potássicas sobre a produtividade total de infrutescências de morangueiro, não sendo essa característica afetada pelos fatores, isoladamente.

Tabela 3 Resumo da análise de variância para emissão de estolões (EE), produtividade total de infrutescências (PTI), produtividade de infrutescências de mesa (PIM), massa média de infrutescências (MMI) e massa média de infrutescências de mesa (MMIM) em morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de                 | GL | EE <sup>1</sup>              | PTI <sup>2</sup> | PIM <sup>2</sup> | MMI <sup>3</sup> | MMIM <sup>3</sup> |
|---------------------------|----|------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Variação                  |    | ----- Quadrados médios ----- |                  |                  |                  |                   |
| Doses de N                | 3  | 5,2465***                    | 3,3647           | 4,0624***        | 1,0842*          | 1,8131**          |
| Doses de K <sub>2</sub> O | 3  | 1,1470**                     | 2,9570           | 4,3253***        | 2,3880***        | 5,2575***         |
| N x K <sub>2</sub> O      | 9  | 1,6875***                    | 18,4640***       | 9,3845***        | 2,0686***        | 1,2414**          |
| Bloco                     | 2  | 0,4016                       | 2,0440           | 0,6654           | 0,3102           | 0,6468            |
| Resíduo                   | 30 | 0,2311                       | 1,2183           | 0,4353           | 0,2736           | 0,3501            |
| CV (%)                    |    | 6,53                         | 8,60             | 10,07            | 3,92             | 4,21              |
| Médias Gerais             |    | 7,3589                       | 12,8285          | 6,5527           | 13,3427          | 14,0654           |

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (P<0,05)

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (P<0,01)

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

<sup>1</sup> Estolões planta<sup>-1</sup>; <sup>2</sup> Mg ha<sup>-1</sup>; <sup>3</sup> g infrutescência<sup>-1</sup>



#### 4.1 Emissão de estolões

Na avaliação da emissão de estolões, a análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio demonstrou efeito significativo para as doses de potássio dentro de todas as doses de nitrogênio, com exceção da aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (Tabela 4).

Tabela 4 Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio referente à emissão de estolões (EE), produtividade total de infrutescências (PTI), produtividade de infrutescências de mesa (PIM), massa média de infrutescências (MMI) e massa média de infrutescências de mesa (MMIM) em morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de<br>Variação     | GL | EE <sup>1</sup>              | PTI <sup>2</sup> | PIM <sup>2</sup> | MMI <sup>3</sup> | MMIM <sup>3</sup> |
|---------------------------|----|------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
|                           |    | ----- Quadrados médios ----- |                  |                  |                  |                   |
| K <sub>2</sub> O: (100 N) | 3  | 0,6096                       | 2,6822           | 3,1941***        | 0,5674           | 1,0729*           |
| K <sub>2</sub> O: (200N)  | 3  | 1,4241**                     | 23,2298***       | 10,5816***       | 3,5923***        | 2,4653**          |
| K <sub>2</sub> O: (300 N) | 3  | 1,5038**                     | 5,7776**         | 2,5385**         | 1,1092*          | 0,4481            |
| K <sub>2</sub> O: (400 N) | 3  | 2,6718***                    | 26,6593***       | 16,1646***       | 3,3249***        | 4,9953***         |
| Resíduo                   | 30 | 0,2311                       | 1,2183           | 0,4353           | 0,2736           | 0,3501            |
| CV (%)                    |    | 6,53                         | 8,60             | 10,07            | 3,92             | 4,21              |
| Média                     |    | 7,3589                       | 12,8285          | 6,5527           | 13,3427          | 14,0654           |

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (P<0,05)

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (P<0,01)

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

<sup>1</sup> Estolões planta<sup>-1</sup>; <sup>2</sup> Mg ha<sup>-1</sup>; <sup>3</sup> g infrutescência<sup>-1</sup>

Os dados, quando submetidos à análise de regressão, mostraram que a equação polinomial de segundo grau foi a que apresentou o melhor ajuste para as doses de 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, sendo que o ponto de máxima emissão de estolões variou conforme as doses de potássio aplicadas. Para a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, verifica-se que a equação que melhor se ajustou foi a de primeiro grau, obtendo-se efeitos lineares positivos em função das doses de K<sub>2</sub>O (Figura 1). Com as doses de 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, as maiores emissões de estolões foram obtidas com as doses de 474,46 e 332,35 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente. Com essas doses as máximas emissões foram de 7,65 e 7,23 estolões planta<sup>-1</sup>, respectivamente.

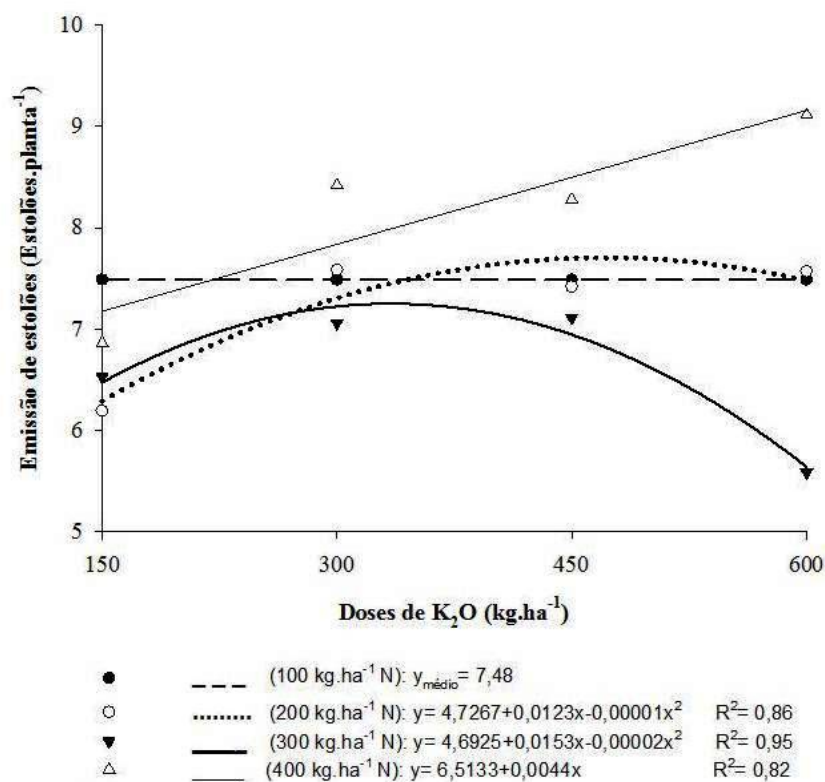


Figura 1 Emissão de estolões em morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

O estolonamento é interessante para a cultura do morangueiro, haja vista sua importância para a multiplicação de mudas (TAKEDA, 1999). Porém, em cultivos onde o objetivo é a produção de frutas, os estolhos são retirados para estimular o florescimento das plantas (SCAGLIA et al., 1995).

No intervalo de doses estudado, verifica-se que, a obtenção do maior número de estolões por planta (9,16 estolões planta<sup>-1</sup>) é verificada com a aplicação das maiores doses de nitrogênio e potássio, 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio 600 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Segundo Tworkoski, Benassi e Takeda (2001), na fase de estolonamento, o nitrogênio, afeta tanto o comprimento como o número de ramificações de estolões. O número de ramificações aumenta, enquanto o comprimento dos estolões diminui sob níveis elevados de nitrogênio. Níveis moderados após o plantio, até meados de outono, quando as temperaturas são ainda elevadas e o fotoperíodo longo, favorecem o aumento no número de rebentos da coroa. Por outro lado, níveis elevados no final do outono reduzem a produtividade e a qualidade das infrutescências na primavera seguinte, favorecendo a emissão precoce de estolões (HENNION; VESCHAMBRE, 1997).

Pacheco et al. (2007) salientam que, submetido a uma elevada disponibilidade de nitrogênio, o morangueiro investe na formação de folhas e de estolhos em detrimento da produção.

Como o objetivo do trabalho foi a produção de frutas e não a multiplicação do morangueiro, observa-se menor emissão de estolões, 6,28 estolões por planta, levando-se em consideração economia na aquisição de fertilizantes, com a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

#### **4.2 Produtividade total de infrutescências**

Como na avaliação do estolonamento, para a produtividade total de infrutescências, a análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio demonstrou efeito significativo para as doses de potássio dentro de todas as doses de nitrogênio, com exceção da aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (Tabela 4).

Pelos dados, quando submetidos à análise de regressão, verifica-se que a equação de primeiro grau foi a que apresentou o melhor ajuste (Figura 2). Pela equação, para a dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, obteve-se efeito linear positivo em função das doses de potássio. Para as doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de

nitrogênio, não foram encontrados ajustes polinomiais adequados, além de significância biológica do modelo.

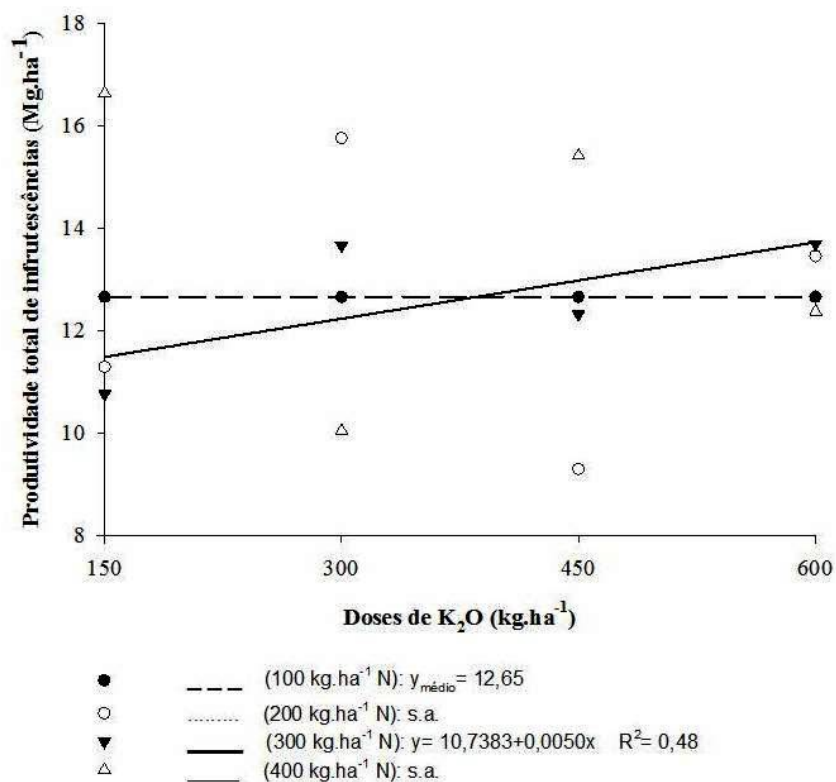


Figura 2 Produtividade total de infrutescências de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Na dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio houve aumento da produtividade em função do aumento nos níveis de potássio aplicados, variando de 11,48 para 13,72 Mg ha<sup>-1</sup>, na maior e menor dose de potássio, respectivamente.

As produtividades alcançadas pela cultivar Aromas no atual trabalho se assemelham às obtidas por Teixeira (2011) em trabalho avaliando a origem das mudas em diferentes cultivares de morango.

Rodas (2008), estudando a influência da omissão nutricional no cultivo do morangueiro em solução nutritiva, observou que, sob as omissões de nitrogênio e potássio, houve quedas de, aproximadamente, 78 e 67% nas produtividades de infrutescências, respectivamente, comprovando a importância do manejo da adubação para esses nutrientes.

#### **4.3 Produtividade de infrutescências de mesa**

Para a produtividade de infrutescências de mesa, a análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio demonstrou efeito significativo para as doses de potássio dentro de todas as doses de nitrogênio (Tabela 4).

Pela análise de regressão, verifica-se que a equação de segundo grau foi a que melhor se ajustou às doses 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, ao passo que para a dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, a equação de primeiro grau apresentou melhor ajuste, obtendo efeito linear positivo em função das doses de potássio aplicadas. Para a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, não foram encontrados ajustes polinomiais adequados, além de significância biológica do modelo (Figura 3).

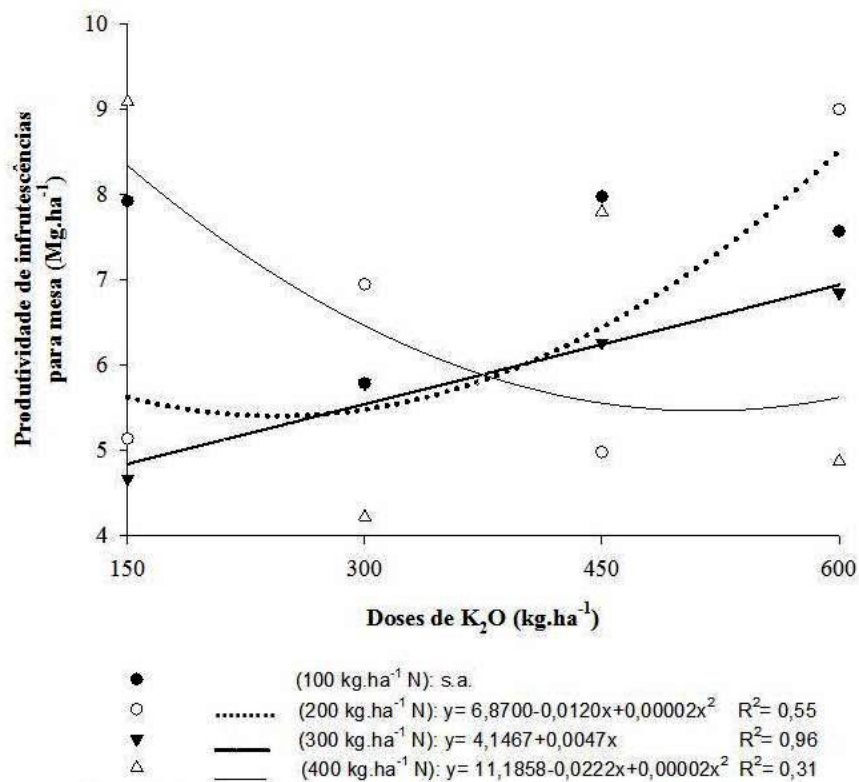


Figura 3 Produtividade de infrutescências de mesa de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Na análise das equações para as doses 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, as produtividades mínimas observadas foram de 5,43 e 5,57 Mg ha<sup>-1</sup> de frutas de mesa, com a aplicação de 239,68 e 505,18 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente.

Com exceção da maior dose de nitrogênio, de acordo com a Figura 3, observa-se aumento na produtividade de frutas de mesa com o aumento das doses de potássio, isso, devido, provavelmente, ao papel que esse nutriente exerce sobre a qualidade dos produtos vegetais. Segundo Pacheco et al. (2007), uma correta nutrição potássica do morangueiro é importante para aumentar a

resistência das infrutescências e a vida pós-colheita das mesmas, além de acentuar o aroma e o sabor dos morangos.

#### **4.4 Massa média de infrutescências**

A análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio para massa média de infrutescências demonstrou efeito significativo para as doses de potássio dentro das doses 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (Tabela 4).

Pelos dados, quando submetidos à análise de regressão, verifica-se que a equação de primeiro grau foi a que apresentou o melhor ajuste (Figura 4). Pela equação, para as doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, obteve-se efeito linear negativo em função das doses de potássio, enquanto para a dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, o efeito foi linear positivo em função da aplicação do potássio.



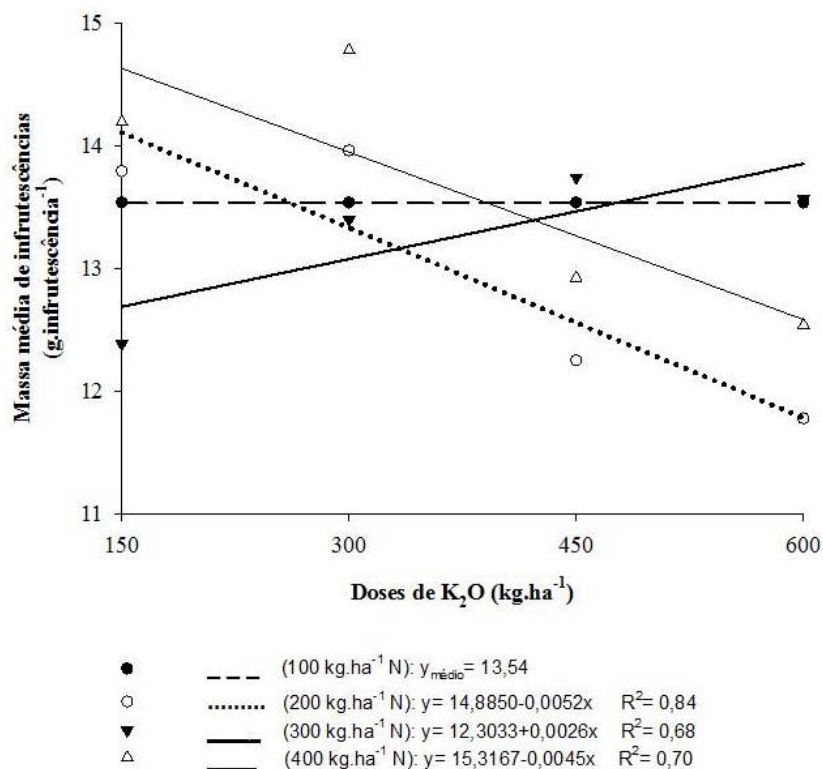


Figura 4 Massa média de infrutescências de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Pelas equações verifica-se que nas doses 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio houve decréscimo na massa média de infrutescências, variando de 14,11 e 14,63 g infrutescência<sup>-1</sup> na dose mais alta de potássio para 11,78 e 12,59 g infrutescência<sup>-1</sup> na dose mais baixa desse nutriente, respectivamente. No caso da aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio houve incremento na massa de infrutescências com o aumento dos níveis de potássio, variando de 12,69 a 13,86 g infrutescência<sup>-1</sup> em 150 e 600 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente.

Independente dos níveis de potássio e nitrogênio utilizados nesse trabalho, verificam-se médias superiores às observadas por Teixeira (2011) que obteve

massas de frutas para a cultivar Aromas de 5,54, 8,88 e 8,22 g infrutescência<sup>-1</sup>, em mudas de origem a campo, importadas do Chile e de cultivo protegido, respectivamente.

#### **4.5 Massa média de infrutescências de mesa**

Desdobrando-se as doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio, observa-se efeito significativo para as doses de potássio dentro das doses 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na avaliação da massa média de infrutescências de mesa (Tabela 4).

Quando submetidos os dados à análise de regressão, verifica-se que a equação de segundo grau foi a que apresentou o melhor ajuste para a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Pelas equações, para as doses de 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, obteve-se efeito linear negativo em função do aumento das doses de potássio (Figura 5).

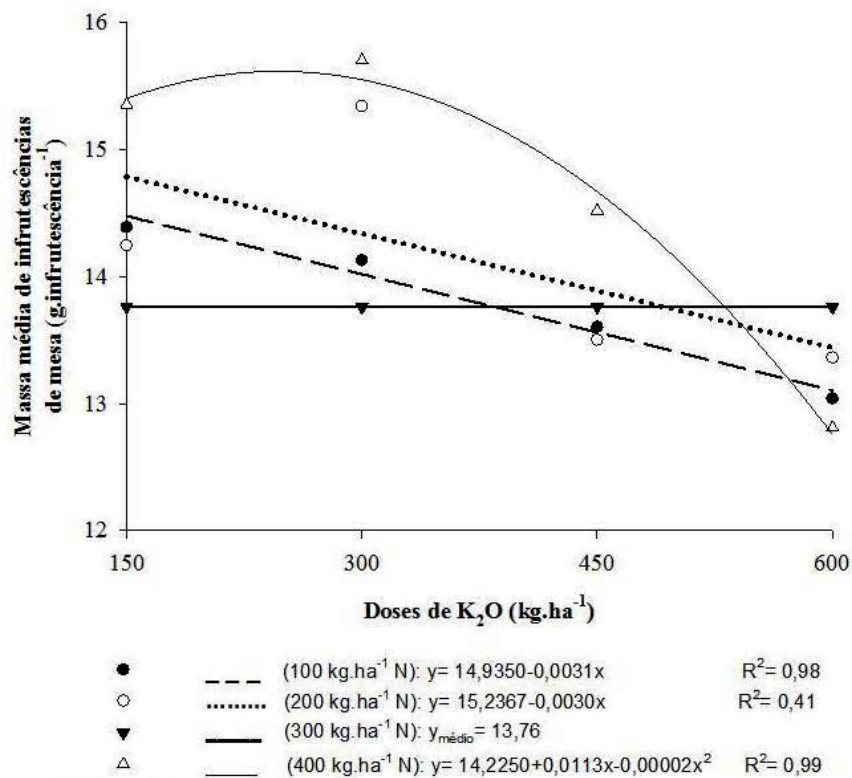


Figura 5 Massa média de infrutescências de mesa de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Pela análise da equação para a dose 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, a maior massa de infrutescência de mesa observada foi de 15,61 g infrutescência<sup>-1</sup> com a aplicação de 245,46 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Com o aumento das doses de potássio, houve diminuição na massa média de infrutescências de mesa nas doses de 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, variando de 14,48 a 13,10 g infrutescência<sup>-1</sup> na aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 14,79 a 13,44 g infrutescência<sup>-1</sup> na dose 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Independente do nível de potássio aplicado, o uso de

300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio resultou em massa média de infrutescências de 13,76 g infrutescência<sup>-1</sup>.

Costa (2011), avaliando tensões de água no solo no cultivo protegido das cultivares de morangueiro Oso Grande e Aromas, com a aplicação de 280 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 332 kg ha<sup>-1</sup> de potássio, verificou que, independente da tensão de água no solo, a cultivar Aromas produziu frutas de mesa com massa média de 11,50 g infrutescência<sup>-1</sup>.

Oliveira, Scivittaro e Finkenauer (2008), em estudo de competição de cultivares, verificou que as infrutescências de mesa da cultivar Aromas obtiveram massa de 17,9 g infrutescência<sup>-1</sup>. Teixeira (2011) encontrou massa média de 12,14 g infrutescência<sup>-1</sup> em mudas de Aromas de origem Chilena.

#### 4.6 Infrutescências de mesa

As análises de variância dos valores relativos a infrutescências de mesa, bem como à aptidão para indústria do descarte de mesa e descarte de infrutescências revelaram que essas características foram influenciadas significativamente pela aplicação de nitrogênio, de potássio, e pela interação entre esses fatores (Tabela 5).

Tabela 5 Resumo da análise de variância para infrutescências de mesa (IM), aptidão para indústria do descarte de mesa (AI) e descarte de infrutescências (DI) (%) de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de<br>Variação     | GL | IM                           | AI         | DI         |
|---------------------------|----|------------------------------|------------|------------|
|                           |    | ----- Quadrados médios ----- |            |            |
| Doses de N                | 3  | 50,6262***                   | 96,2354*** | 43,8422*** |
| Doses de K <sub>2</sub> O | 3  | 40,7580***                   | 77,8117*** | 41,8591*** |
| N x K <sub>2</sub> O      | 9  | 83,3578***                   | 71,8411*** | 10,9239*** |
| Bloco                     | 2  | 9,1317                       | 22,7437    | 3,8986     |
| Resíduo                   | 30 | 5,5264                       | 3,1372     | 0,6380     |
| CV (%)                    |    | 5,07                         | 2,09       | 10,25      |
| Médias Gerais             |    | 46,4073                      | 84,9122    | 7,7894     |

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

Na relação entre as infrutescências de mesa e o total de infrutescências produzidas, verifica-se que no desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio há efeito altamente significativo para as doses de potássio dentro de todas as doses de nitrogênio (Tabela 6).

Tabela 6 Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio referente a infrutescências de mesa (IM), aptidão para indústria do descarte de mesa (AI) e descarte de infrutescências (DI) (%) de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de<br>Variação     | GL | IM                           | AI          | DI         |
|---------------------------|----|------------------------------|-------------|------------|
|                           |    | ----- Quadrados médios ----- |             |            |
| K <sub>2</sub> O: (100 N) | 3  | 49,1269***                   | 155,5683*** | 47,3821*** |
| K <sub>2</sub> O: (200N)  | 3  | 50,3033***                   | 94,0709***  | 4,9442***  |
| K <sub>2</sub> O: (300 N) | 3  | 116,8921***                  | 2,6613      | 5,5562***  |
| K <sub>2</sub> O: (400 N) | 3  | 74,5091***                   | 41,0345***  | 16,7484*** |
| Resíduo                   | 30 | 5,5264                       | 3,1372      | 0,6380     |
| CV (%)                    |    | 5,07                         | 2,09        | 10,25      |
| Média                     |    | 46,4073                      | 84,9122     | 7,7894     |

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

Ao submeter os dados à análise de regressão, verifica-se que, tanto a equação de primeiro, quanto a de segundo grau apresentaram bons ajustes para a aplicação de nitrogênio. Pelas equações, obteve-se efeito linear positivo para as doses 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e efeito linear negativo na aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em função das doses de potássio. Já na dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, observa-se que a equação de segundo grau apresentou o melhor ajuste (Figura 6).

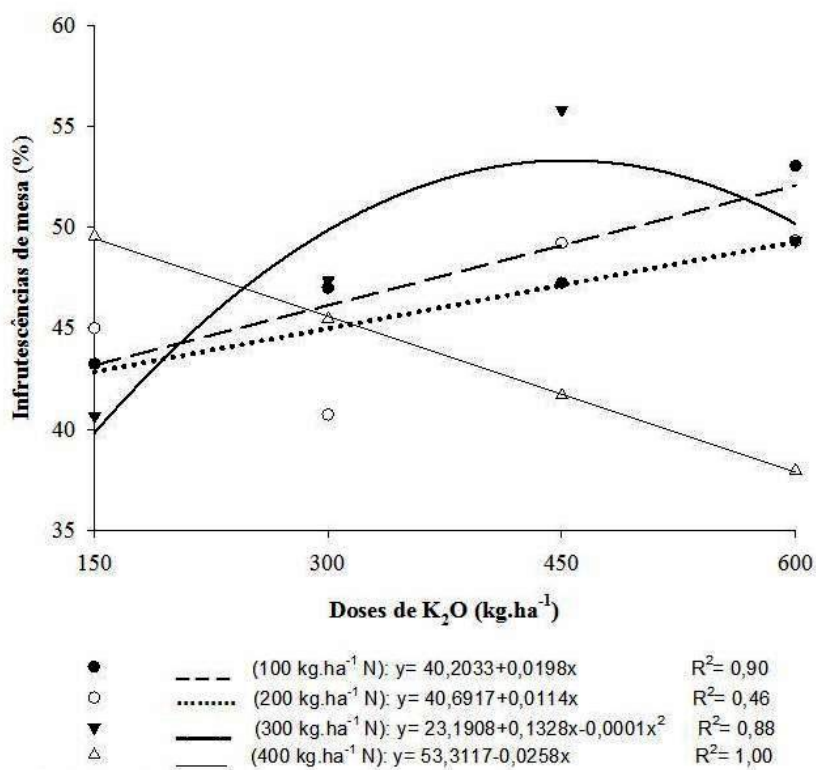


Figura 6 Infrutescências de mesa de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

A maior relação entre as infrutescências de mesa e todas as infrutescências produzidas (53,39%) foi obtida com a aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em conjunto com a aplicação de 454,83 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Essa relação é semelhante à encontrada por Teixeira (2011) em plantas da cultivar Aromas, também importadas do Chile, essas plantas produziram, em média, 53,90% de infrutescências de mesa em relação ao total de infrutescências produzidas em condições de túnel baixo. Nessa característica, o mesmo autor

verificou que mudas dessa mesma cultivar, porém oriundas de cultivo protegido e mudas produzidas a campo produziram, em média, 56,77% e 41,61% de infrutescências de mesa, respectivamente,

Costa (2011) verificou que 58,20% da produção total era formada por infrutescências comerciais na cultivar Aromas.

#### **4.7 Aptidão para indústria do descarte de mesa**

Na avaliação das infrutescências descartadas da classificação para consumo in natura, porém aptas a utilização na indústria, a análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio demonstrou efeito significativo para as doses de potássio dentro de 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (Tabela 6).

Pela equação, para as doses de 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, a equação de segundo grau apresentou o melhor ajuste e na aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, obteve-se efeito linear positivo em função das doses de potássio (Figura 7).



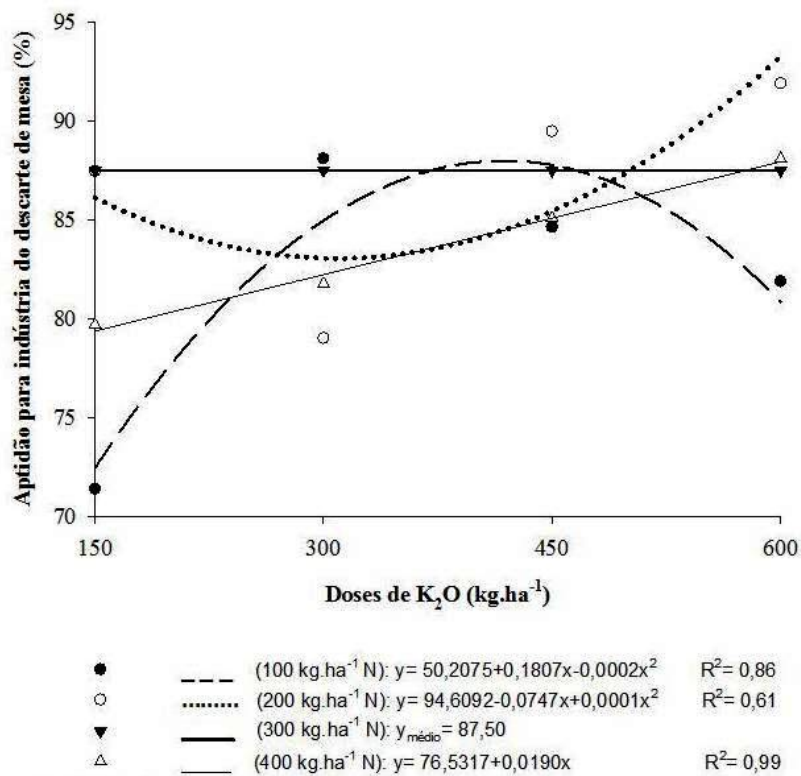


Figura 7 Aptidão para indústria das infrutescências de morangueiro descartadas da classificação de mesa em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

A aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio resultou no maior número de infrutescências aproveitadas para o processamento em indústria (87,98%) com a aplicação de 418,20 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Já a utilização de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 308,62 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O obteve-se aproveitamento mínimo de 83,08% de infrutescências.

Indiferente do nível de potássio manejado, com a aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, o aproveitamento pela indústria das infrutescências descartadas na seleção para consumo in natura foi de 87,50%. No manuseio da dose mais

elevada de nitrogênio, observa-se que há incremento na aptidão para indústria do descarte de mesa da ordem de 79,38% para 87,93%.

#### **4.8 Descarte de infrutescências**

Na avaliação das infrutescências que não foram classificadas para o consumo in natura e não atenderam os requisitos mínimos para o processamento na indústria, a análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio demonstrou efeito significativo para as doses de potássio dentro de todas as doses de nitrogênio (Tabela 6).

Pela equação, para as doses de 100, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, a equação de segundo grau apresentou o melhor ajuste, enquanto na aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, obteve-se efeito linear negativo em função das doses de potássio (Figura 8).

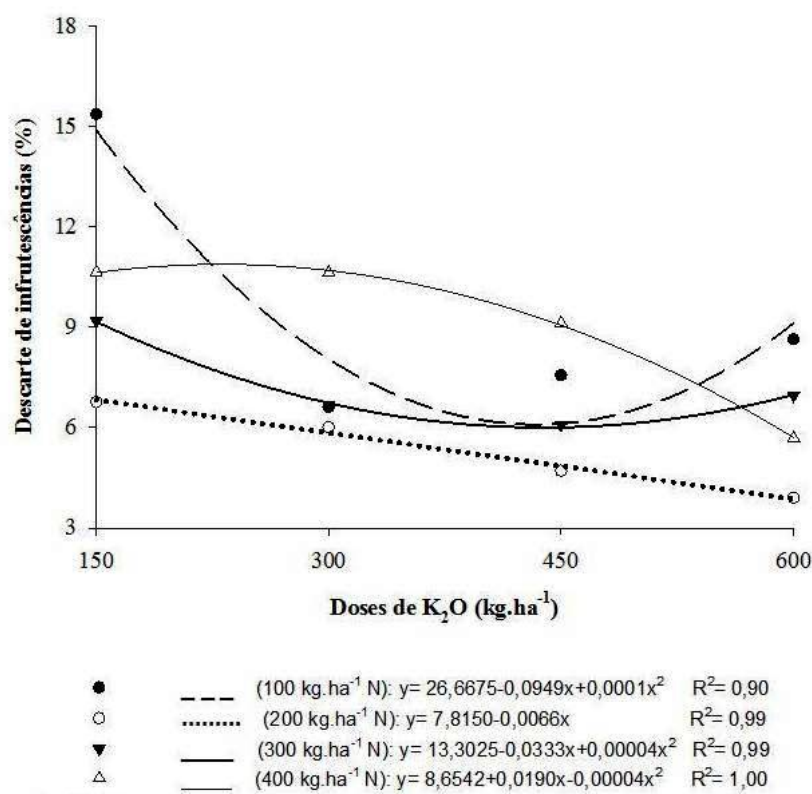


Figura 8 Descarte de infrutescências de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Com a aplicação de 100 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, o descarte mínimo de infrutescências conseguido foi de 6%, com a adição ao solo de 435,38 e 437,62 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente.

Na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, o maior índice de descarte de infrutescências foi observado quando da aplicação de 237,85 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, atingindo o valor de 10,92% de descarte de infrutescências.

Com a utilização de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, o descarte de morangos diminuiu de acordo com o aumento dos níveis de K<sub>2</sub>O, variando entre 6,83% na menor dose de potássio a 3,86% na maior dose desse nutriente.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o potássio é considerado o nutriente da qualidade, por causa de seus efeitos, diretos e indiretos, sobre as características dos produtos hortícolas, tais como, tamanho, cor, forma, amadurecimento, danos por ataque de pragas ou incidência de doenças ou ainda pelo manuseio na colheita e tratos culturais.

#### 4.9 Incidência de folhas vermelhas

A análise de variância dos valores relativos à incidência de folhas vermelhas revelou que essa característica foi influenciada significativamente pela aplicação de nitrogênio, de potássio, bem como pela interação entre esses fatores (Tabela 7).

Tabela 7 Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio referente à incidência de folhas vermelhas (Folhas planta<sup>-1</sup>) em morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de Variação        | GL | Incidência de folhas vermelhas |
|---------------------------|----|--------------------------------|
|                           |    | Quadrados médios               |
| Doses de N                | 3  | 0,3221***                      |
| Doses de K <sub>2</sub> O | 3  | 0,4045***                      |
| N x K <sub>2</sub> O      | 9  | 0,2736***                      |
| Bloco                     | 2  | 0,0680                         |
| Resíduo                   | 30 | 0,0293                         |
| CV (%)                    |    | 10,72                          |
| Média                     |    | 1,5958                         |

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

A análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio demonstrou efeito significativo para as doses de potássio dentro de todas as doses de nitrogênio (Tabela 8).

Tabela 8 Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio referente à incidência de folhas vermelhas (Folhas planta<sup>-1</sup>) em morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de Variação        | GL | Incidência de folhas vermelhas |
|---------------------------|----|--------------------------------|
|                           |    | Quadrados médios               |
| K <sub>2</sub> O: (100 N) | 3  | 0,7822***                      |
| K <sub>2</sub> O: (200 N) | 3  | 0,1468**                       |
| K <sub>2</sub> O: (300 N) | 3  | 0,2020**                       |
| K <sub>2</sub> O: (400 N) | 3  | 0,0945*                        |
| Resíduo                   | 30 | 0,0293                         |
| CV (%)                    |    | 10,72                          |
| Média                     |    | 1,5958                         |

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (P<0,05)

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (P<0,01)

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

Por meio dos dados, quando submetidos à análise de regressão, verifica-se que a equação polinomial de segundo grau foi a que apresentou o melhor ajuste nas doses 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e para a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, o melhor ajuste foi obtido pela equação de primeiro grau (Figura 9).

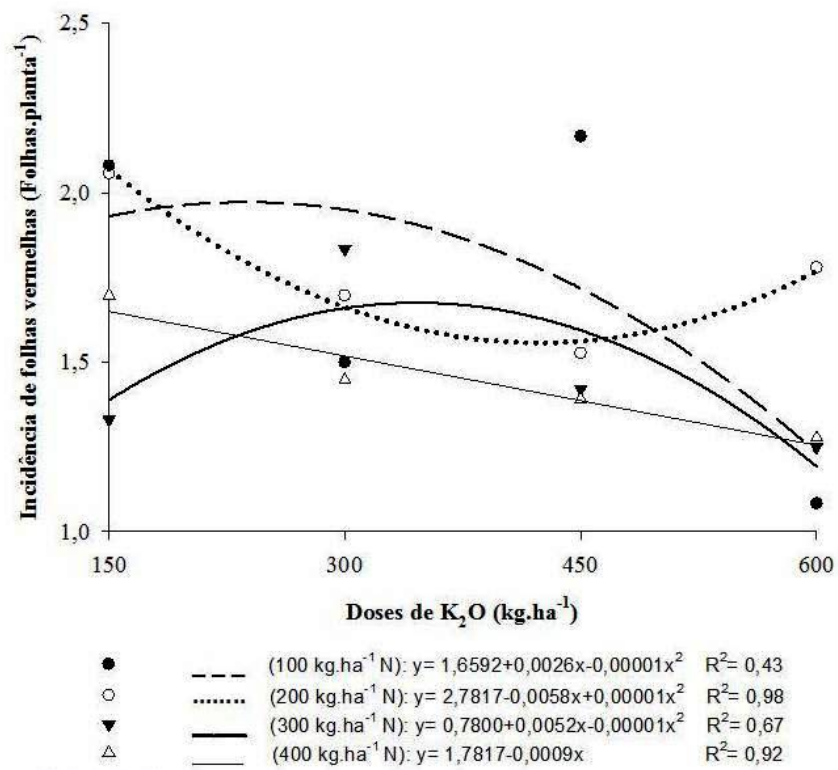


Figura 9 Incidência de folhas vermelhas em morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Pela equação, na aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, obteve-se o maior índice de folhas vermelhas, que foi de 1,95 folhas planta<sup>-1</sup>, na dose de 220,50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para a dose 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, o menor número de folhas avermelhadas foi de 1,59 folhas planta<sup>-1</sup>, com a aplicação de 412,71 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. O maior número de folhas com esse sintoma (1,74 folhas planta<sup>-1</sup>) na aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio foi obtido quando do fornecimento de 369,71 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Na aplicação da maior dose de nitrogênio, houve decréscimo na incidência de folhas vermelhas de acordo com o aumento dos níveis de potássio aplicados.

Pela interação entre as doses de potássio compreendidas entre a menor dose até a aplicação de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e os níveis  $100$  e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio verifica-se a maior incidência de vermelhidão nas folhas do morangueiro. A maior incidência desse sintoma é reflexo, provavelmente, dos menores teores foliares de nitrogênio verificados nessa mesma faixa de aplicação (Figura 10).

Johanson e Walker (1963) e Rodas (2008) descreveram que na deficiência de nitrogênio há o desenvolvimento de uma coloração avermelhada, seguida de necrose das bordas em direção ao centro dos folíolos.

Taiz e Zeiger (2004) mencionam que a coloração arroxeadada ou avermelhada apresentada por algumas espécies sob deficiência de nitrogênio é devida a um acúmulo de carboidratos, que, por não poderem ser utilizados na síntese de aminoácidos ou de outros compostos nitrogenados, podem ser usados na síntese de antocianina, levando ao acúmulo desse pigmento na planta.

As antocianinas são o maior grupo de pigmentos solúveis em água responsáveis por grande parte das cores vermelho, violeta ou rosa e azul das frutas (HÖHN; SUN; NOLLE, 2004).

#### **4.10 Teores foliares de macronutrientes**

As folhas diagnóstico utilizadas para a obtenção dos teores nutricionais desse trabalho foram coletadas após o período de colheita, haja vista que, a prática de fertirrigação ocorreu até o final do ciclo da cultura.

As análises de variância dos valores relativos aos teores de macronutrientes nas folhas diagnóstico revelaram que essa característica foi influenciada significativamente tanto pela aplicação de nitrogênio, como de potássio e também pela interação entre os dois fatores (Tabela 9).

Tabela 9 Resumo da análise de variância dos teores foliares de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de Variação            | GL | ----- Quadrados médios ----- |           |            |
|-------------------------------|----|------------------------------|-----------|------------|
|                               |    | Nitrogênio                   | Fósforo   | Potássio   |
| Doses de N                    | 3  | 7,7639***                    | 0,1350*** | 25,4569*** |
| Doses de $\text{K}_2\text{O}$ | 3  | 4,8017***                    | 0,1776*** | 12,8419*** |
| N x $\text{K}_2\text{O}$      | 9  | 3,4054***                    | 0,3087*** | 7,3719***  |
| Bloco                         | 2  | 0,2991                       | 0,0044    | 0,0469     |
| Resíduo                       | 30 | 0,3931                       | 0,0121    | 0,2629     |
| CV (%)                        |    | 2,90                         | 3,99      | 5,04       |
| Médias Gerais                 |    | 21,6489                      | 2,7589    | 10,1687    |
| Fontes de Variação            | GL | ----- Quadrados médios ----- |           |            |
|                               |    | Cálcio                       | Magnésio  | Enxofre    |
| Doses de N                    | 3  | 0,2496***                    | 0,0178*** | 0,0173***  |
| Doses de $\text{K}_2\text{O}$ | 3  | 5,8098***                    | 0,1629*** | 0,0086***  |
| N x $\text{K}_2\text{O}$      | 9  | 1,3602***                    | 0,0339*** | 0,0504***  |
| Bloco                         | 2  | 0,0112                       | 0,0015    | 0,0065     |
| Resíduo                       | 30 | 0,0280                       | 0,0008    | 0,0014     |
| CV (%)                        |    | 1,58                         | 1,08      | 2,48       |
| Médias Gerais                 |    | 10,5739                      | 2,5708    | 1,5139     |

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F ( $P < 0,001$ )



#### 4.10.1 Teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio

Pelo desdobramento, na avaliação do teor de nitrogênio na folha, verifica-se efeito significativo para os níveis de potássio dentro das doses 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, enquanto para os teores de fósforo e potássio observam-se efeitos significativos para a aplicação de potássio dentro de todas as doses de nitrogênio (Tabela 10).

Tabela 10 Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio referente aos teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio (g kg<sup>-1</sup>) em morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de Variação        | GL | N                            | P         | K          |
|---------------------------|----|------------------------------|-----------|------------|
|                           |    | ----- Quadrados médios ----- |           |            |
| K <sub>2</sub> O: (100 N) | 3  | 1,7742**                     | 0,3169*** | 2,4300***  |
| K <sub>2</sub> O: (200 N) | 3  | 4,7133***                    | 0,1705*** | 10,8900*** |
| K <sub>2</sub> O: (300 N) | 3  | 0,9630                       | 0,0912*** | 7,4475***  |
| K <sub>2</sub> O: (400 N) | 3  | 7,5675***                    | 0,5253*** | 14,1900*** |
| Resíduo                   | 30 | 0,3931                       | 0,0121    | 0,2629     |
| CV (%)                    |    | 2,90                         | 3,99      | 5,04       |
| Média                     |    | 21,6489                      | 2,7589    | 10,1687    |

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (P<0,01)

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

Por meio dos dados de teores foliares de nitrogênio, quando submetidos à análise de regressão, verifica-se que a equação polinomial quadrática foi a que apresentou o melhor ajuste nas doses 100 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e para a

dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, o melhor ajuste foi obtido pela equação de primeiro grau (Figura 10).

Pela equação, na aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, obteve-se o menor teor foliar de nitrogênio, que foi de 19,92 g kg<sup>-1</sup>, na dose de 301 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para a dose 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, o menor teor de nitrogênio na folha, 20,68 g kg<sup>-1</sup>, foi obtido com a aplicação de 385,02 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Houve incremento no teor foliar de nitrogênio de acordo com o aumento nas doses de potássio com a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, variando de 20,14 a 22,92 g kg<sup>-1</sup>, na menor e maior dose de K<sub>2</sub>O, respectivamente.

Os teores de nitrogênio encontrados nesse trabalho estão inseridos nos limites considerados adequados para a cultura do morangueiro, que vão de 15 a 25 g kg<sup>-1</sup> (BOARETTO et al., 2009).

Mesmo apresentando-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura do morangueiro, os ótimos teores foliares de nitrogênio não impediram o aparecimento do sintoma típico de deficiência de nitrogênio na cultura, sendo essa incidência, também verificada pelos fragaricultores, em seus campos de cultivo. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de a análise realizada não ter discriminado as formas de nitrogênio na planta, apresentando o teor de nitrogênio total da mesma, podendo, grande parte desse nutriente estar na forma de nitrato, a qual não é assimilável pela planta.

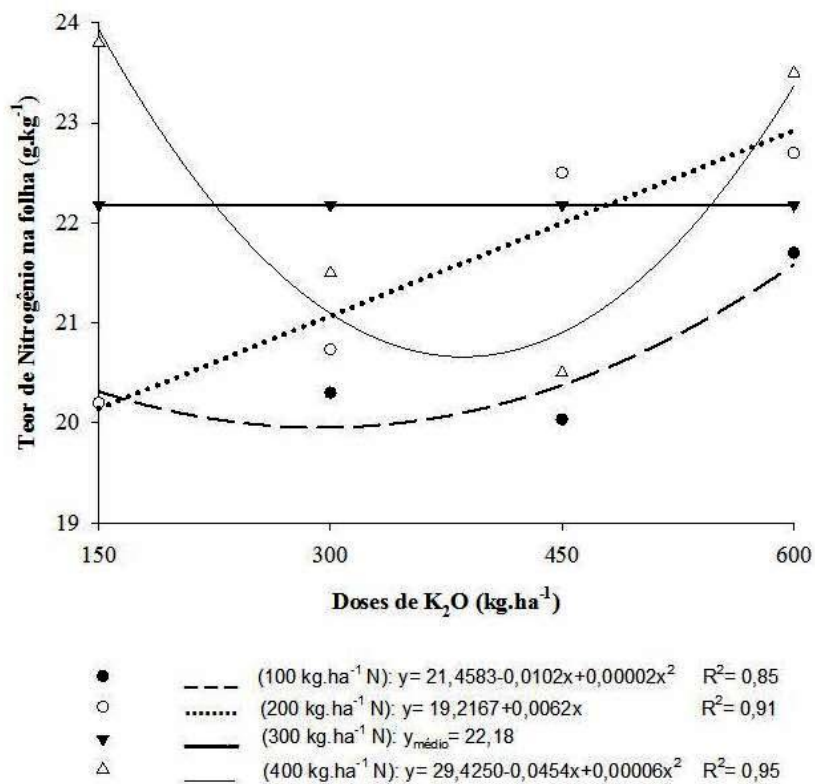


Figura 10 Teor de nitrogênio em folhas de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Ao se submeter os dados à análise de regressão na avaliação do teor foliar de fósforo verifica-se que a equação polinomial de segundo grau foi a que mostrou melhor ajuste para as doses 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Para a dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, a equação linear apresentou melhor ajuste (Figura 11).

O ponto de máxima concentração de fósforo variou conforme as doses de K<sub>2</sub>O aplicadas. Com as doses de 100 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, os maiores teores foram obtidos com as doses de 392,36 e 359,22 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O,

respectivamente. Com essas doses, os máximos teores obtidos foram de 3,20 e 2,99 g kg<sup>-1</sup> de fósforo, respectivamente. O menor teor de fósforo obtido na dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio foi de 2,58 g kg<sup>-1</sup>, quando se associou essa dose a 308,87 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Com a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, há aumento linear dos teores de fósforo em função do aumento nos níveis de potássio aplicado, variando de 2,46 a 2,80 g kg<sup>-1</sup> de fósforo.

Segundo Boaretto et al. (2009), a faixa de teores de fósforo adequada para a cultura do morangueiro varia entre 2 a 4 g kg<sup>-1</sup>, portanto, os valores encontrados nesse trabalho estão de acordo com os teores adequados para a cultura.

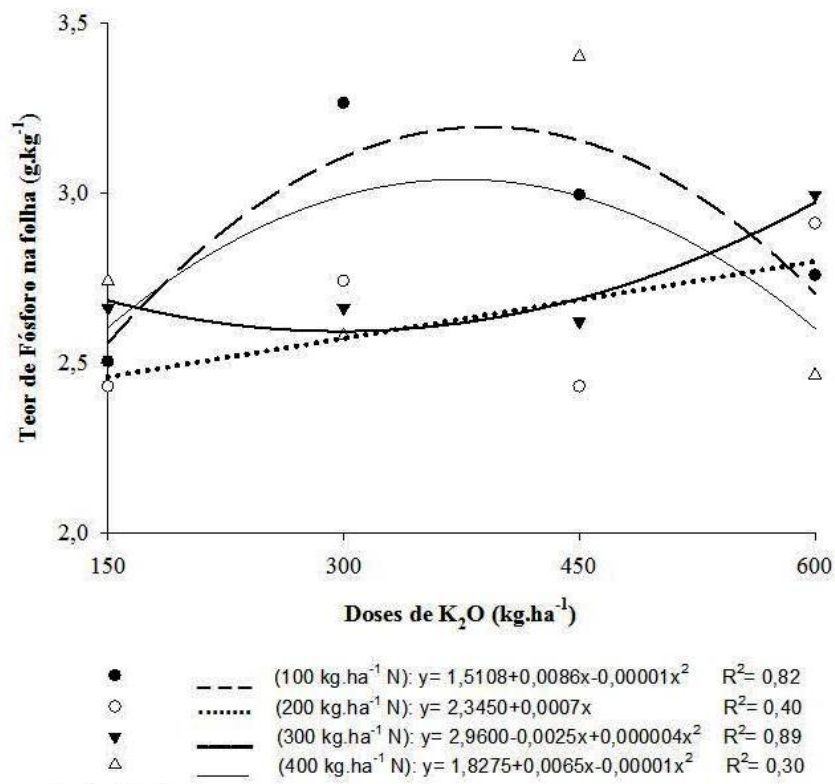


Figura 11 Teor de fósforo em folhas de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Pela avaliação dos teores de potássio nas folhas diagnóstico do morangueiro, verifica-se que a equação polinomial de segundo grau foi a que melhor se ajustou para as doses 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e para a dose 100 kg ha<sup>-1</sup>, a equação linear apresentou melhor ajuste (Figura12).

Com a aplicação de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, os maiores teores foliares de potássio foram observados com a adição ao solo de 341,67 e 542,98 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, obtendo-se 10,60 e 13,89 g kg<sup>-1</sup> de potássio, respectivamente. A dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio associada à dose 318,33 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O,

resultaram no teor mínimo de potássio de  $8,88 \text{ g kg}^{-1}$ . A aplicação da menor dose de nitrogênio resultou em incrementos nos teores de potássio a medida que se aumentaram as doses de  $\text{K}_2\text{O}$  aplicadas, obtendo-se  $8,76$  e  $10,74 \text{ g kg}^{-1}$  de potássio nas doses mínima e máxima de potássio, respectivamente.

Os teores foliares de potássio verificados nesse trabalho são inferiores aos citados por Boaretto et al. (2009), que vão de 20 a  $40 \text{ g kg}^{-1}$  de potássio. Porém, Cuttcliffe e Blatt (1984) observaram que os níveis de alguns nutrientes, dentre eles, o potássio, diminuem após o período de colheita do morangueiro.

Isso, devido, provavelmente, pelo fato de o potássio, juntamente com o nitrogênio, serem os macronutrientes mais exportados por ocasião da colheita do morangueiro (CASTELLANE, 1993). Tagliavini et al. (2005), estudando a absorção de nutrientes pelo morangueiro, constataram que o potássio foi o nutriente mais exportado por essa cultura.

Albregts e Howard (1978, 1980 citados por NESTBY, 2002), verificaram que, enquanto plantas de morangueiro acumularam  $8,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de potássio em suas folhas, foram exportados pelas infrutescências colhidas  $40,55 \text{ kg ha}^{-1}$  desse nutriente.

Rocha et al. (2008), avaliando qualidades nutricionais de frutas das cultivares Aromas, Oso Grande e Toyorrinho, verificaram que a cultivar Aromas apresentou maior teor de potássio em relação as outras cultivares.

Portanto, por ser o nutriente mais exportado pela cultura do morangueiro e pelo fato de os morangos da cultivar Aromas serem ricos em potássio, é natural que na análise foliar feita após o período de produção das plantas se encontre teores abaixo dos níveis considerados adequados para a cultura.

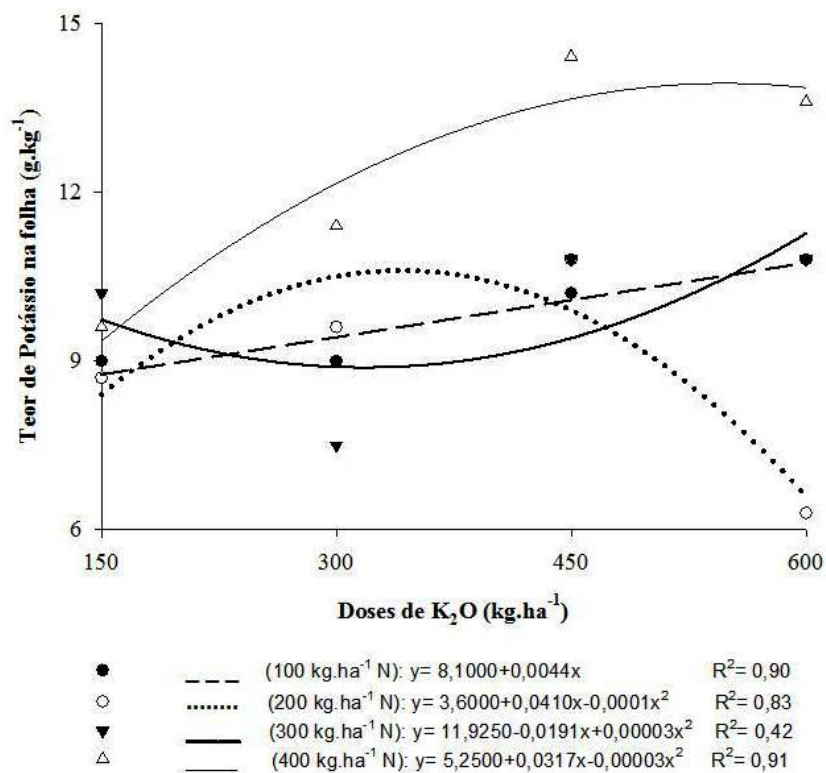


Figura 12 Teor de potássio em folhas de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

#### 4.10.2 Teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre

Na avaliação dos teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre tem-se que, pela análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de níveis de nitrogênio, verifica-se efeito significativo para a aplicação de potássio dentro de todas as doses de nitrogênio (Tabela 11).

Tabela 11 Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio referente aos teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de Variação        | GL | Ca                           | Mg        | S         |
|---------------------------|----|------------------------------|-----------|-----------|
|                           |    | ----- Quadrados médios ----- |           |           |
| K <sub>2</sub> O: (100 N) | 3  | 1,7117***                    | 0,1037*** | 0,0168*** |
| K <sub>2</sub> O: (200 N) | 3  | 2,2814***                    | 0,0612*** | 0,0122*** |
| K <sub>2</sub> O: (300 N) | 3  | 0,9511***                    | 0,0683*** | 0,0654*** |
| K <sub>2</sub> O: (400 N) | 3  | 4,9462***                    | 0,0314*** | 0,0653*** |
| Resíduo                   | 30 | 0,0280                       | 0,0008    | 0,0014    |
| CV (%)                    |    | 1,58                         | 1,08      | 2,48      |
| Média                     |    | 10,5739                      | 2,5708    | 1,5139    |

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F ( $P < 0,001$ )

Pela análise de regressão, verifica-se que a equação polinomial de segundo grau foi a que apresentou o melhor ajuste para todas as doses de nitrogênio no que diz respeito ao teor foliar de cálcio (Figura 13).

O ponto de máxima concentração de cálcio variou conforme as doses de K<sub>2</sub>O aplicadas. Com as doses de 100, 200, 300 e 400  $\text{kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, os maiores teores foram obtidos com as doses de 547,42; 305,55; 251,85 e 338,66  $\text{kg ha}^{-1}$  de K<sub>2</sub>O, respectivamente. Com essas doses, os máximos teores obtidos foram de 10,97; 10,99; 11,17 e 11,80  $\text{g kg}^{-1}$  de cálcio, respectivamente.

Esses teores estão inseridos na faixa considerada adequada de cálcio nas folhas de morangueiro de acordo com Boaretto et al. (2009) e Robinson (1986).



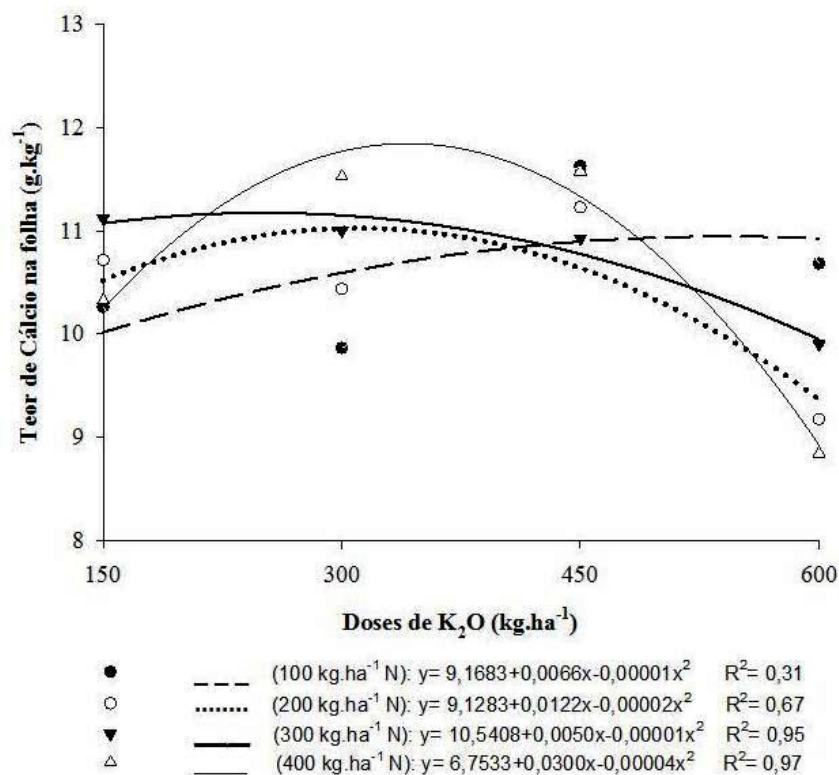


Figura 13 Teor de cálcio em folhas de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Para o teor de magnésio, verifica-se que a equação polinomial quadrática apresentou melhor ajuste para as doses 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, enquanto para a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, a equação linear foi a que apresentou melhor ajuste (Figura 14).

Houve queda nos teores de magnésio à medida que se aumentaram os níveis de potássio na menor dose de nitrogênio aplicada, variando de 2,75 a 2,32 g kg<sup>-1</sup> de magnésio, nas doses mínima e máxima de potássio, respectivamente. Para as demais doses de nitrogênio, os teores máximos de magnésio variaram de

acordo com a dose de potássio aplicada, sendo que adição de 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio associadas a 305,30, 260,33 e 385,50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O resultaram nos máximos teores foliares de 2,69, 2,65 e 2,68 g kg<sup>-1</sup> de magnésio, respectivamente.

Segundo Boaretto et al. (2009) e Robinson (1986), os teores foliares adequados de magnésio em morangueiro giram em torno de 4 a 10 g kg<sup>-1</sup>, sendo os teores encontrados nesse trabalho inferiores aos citados por esses autores. Isso, devido, provavelmente, ao antagonismo característico verificado entre magnésio e potássio (JONES JUNIOR; WOLF; MILLS, 1991), já que nesse trabalho utilizaram-se doses elevadas de potássio. O incremento da concentração de potássio na solução tem efeito depressivo na absorção de magnésio, enquanto o inverso não ocorre (FONSECA; MEURER, 1997).

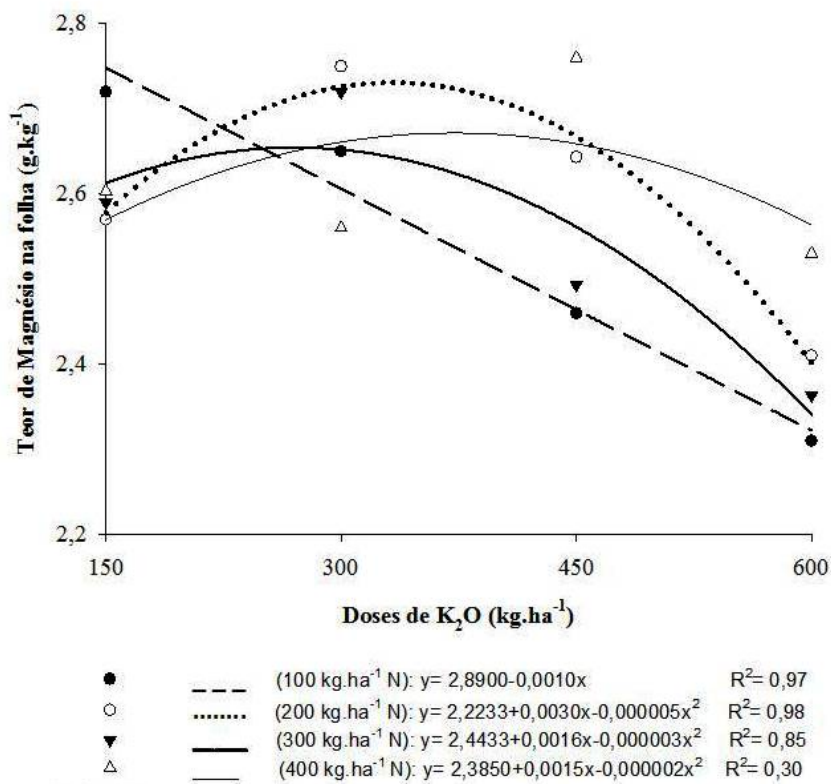


Figura 14 Teor de magnésio em folhas de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Pela análise de regressão, verifica-se que a equação de segundo grau foi a que melhor se ajustou à dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, ao passo que para as doses de 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, a equação de primeiro grau apresentou melhor ajuste, obtendo efeito linear negativo para a primeira e linear positivo para a segunda em função das doses de potássio aplicadas. Para a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, não foi encontrado ajuste polinomial adequado, além de significância biológica do modelo (Figura 15).

O ponto de máxima concentração de enxofre variou conforme as doses de  $K_2O$  aplicadas. Com a dose de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, o maior teor foi obtido com a dose de  $410,50 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ . Com essa dose, o máximo teor de enxofre obtido foi de  $1,63 \text{ g kg}^{-1}$ . Na aplicação de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio houve queda nos teores de enxofre à medida que se aumentaram os níveis de potássio aplicados, variando entre  $1,65$  e  $1,35 \text{ g kg}^{-1}$  de enxofre, com as doses  $150$  e  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ , respectivamente. Já na dose  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio verificou-se efeito contrário, houve incremento nos teores de enxofre com o aumento nos níveis de potássio, obtendo-se  $1,37$  e  $1,56 \text{ g kg}^{-1}$  de enxofre na maior e menor dose de potássio, respectivamente.

Os teores encontrados se encaixam na faixa adequada dos teores de enxofre na cultura do morangueiro citadas por Boaretto et al. (2009) e Robinson (1986).

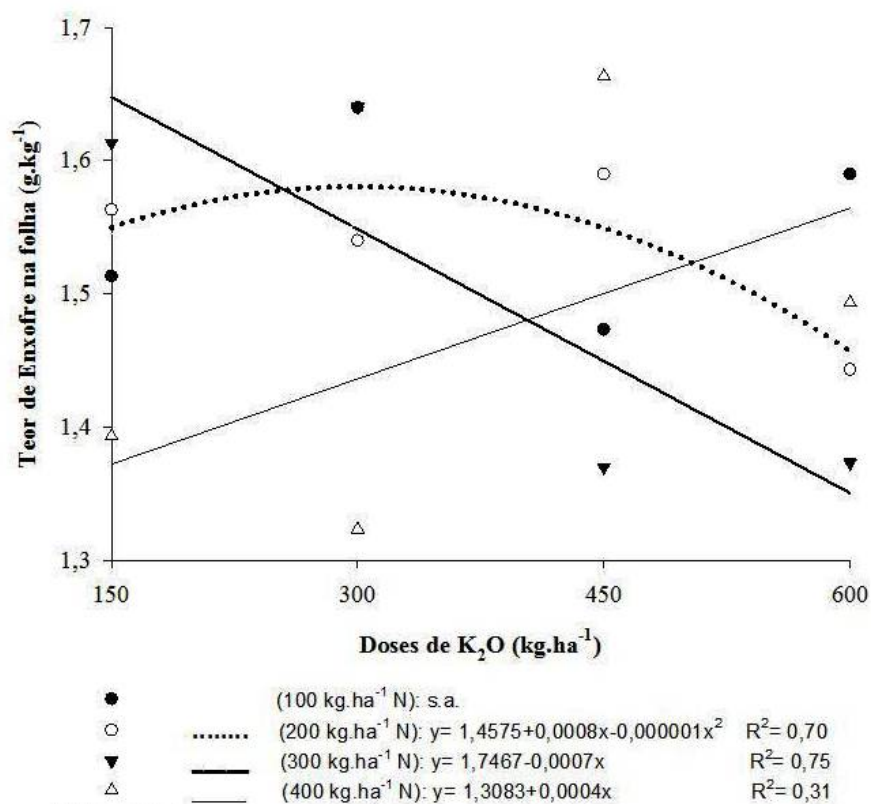


Figura 15 Teor de enxofre em folhas de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

#### 4.11 Teores foliares de micronutrientes

As análises de variância dos valores relativos aos teores foliares de boro, cobre e ferro revelaram que essas características foram influenciadas significativamente tanto pela aplicação de nitrogênio, como de potássio e também pela interação entre os dois fatores. Já os teores foliares de manganês e zinco foram influenciados somente pela aplicação de nitrogênio isoladamente e pela interação entre os níveis de nitrogênio e potássio (Tabela 12).

Tabela 12 Resumo da análise de variância dos teores foliares de micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de Variação            | GL | ----- Quadrados médios ----- |           |             |
|-------------------------------|----|------------------------------|-----------|-------------|
|                               |    | Boro                         | Cobre     | Ferro       |
| Doses de N                    | 3  | 21,7630***                   | 0,9938*** | 494,7497*** |
| Doses de $\text{K}_2\text{O}$ | 3  | 19,4907***                   | 0,1546*** | 781,6277*** |
| N x $\text{K}_2\text{O}$      | 9  | 37,8305***                   | 0,0729*** | 469,7825*** |
| Bloco                         | 2  | 1,9916                       | 0,0214    | 6,9335      |
| Resíduo                       | 30 | 1,5176                       | 0,0132    | 47,1374     |
| CV (%)                        |    | 4,75                         | 2,08      | 3,94        |
| Médias Gerais                 |    | 25,9550                      | 5,5085    | 174,2160    |

| Fontes de Variação            | GL | ----- Quadrados médios ----- |          |
|-------------------------------|----|------------------------------|----------|
|                               |    | Manganês                     | Zinco    |
| Doses de N                    | 3  | 1.469,5147**                 | 2,0641** |
| Doses de $\text{K}_2\text{O}$ | 3  | 444,9509                     | 0,6360   |
| N x $\text{K}_2\text{O}$      | 9  | 1.382,6802***                | 1,2118** |
| Bloco                         | 2  | 223,4761                     | 0,1118   |
| Resíduo                       | 30 | 254,5969                     | 0,2916   |
| CV (%)                        |    | 18,06                        | 5,50     |
| Médias Gerais                 |    | 88,3519                      | 9,8229   |

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ( $P < 0,01$ )

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F ( $P < 0,001$ )

#### 4.11.1 Teores foliares de boro, cobre e ferro

Pela análise do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio, verifica-se que para os teores de boro e ferro houve efeito significativo para a aplicação de potássio dentro de todas as doses de nitrogênio e para o teor de cobre, não foi verificado efeito significativo para as doses de potássio dentro da menor dose de nitrogênio (Tabela 13).

Tabela 13 Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio referente aos teores foliares de boro, cobre e ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de Variação        | GL | B                            | Cu        | Fe          |
|---------------------------|----|------------------------------|-----------|-------------|
|                           |    | ----- Quadrados médios ----- |           |             |
| K <sub>2</sub> O: (100 N) | 3  | 21,1042***                   | 0,0261    | 419,6953*** |
| K <sub>2</sub> O: (200 N) | 3  | 6,0668*                      | 0,0887**  | 558,0868*** |
| K <sub>2</sub> O: (300 N) | 3  | 15,1884***                   | 0,1885*** | 275,9253**  |
| K <sub>2</sub> O: (400 N) | 3  | 90,6230***                   | 0,0701**  | 937,2677*** |
| Resíduo                   | 30 | 1,5176                       | 0,0132    | 47,1374     |
| CV (%)                    |    | 4,75                         | 2,08      | 3,94        |
| Média                     |    | 25,9550                      | 5,5085    | 174,2160    |

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ( $P < 0,05$ )

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ( $P < 0,01$ )

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F ( $P < 0,001$ )

Através da análise de regressão, na avaliação dos teores de boro, tem-se que a equação polinomial quadrática foi a que apresentou o melhor ajuste para as doses 100, 300 e 400  $\text{kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, enquanto para a dose de 200  $\text{kg}$

ha<sup>-1</sup> de nitrogênio não foi encontrado ajuste polinomial adequado, além de significância biológica do modelo (Figura 16).

Pelas equações verifica-se que os teores foliares máximos de boro obtidos na aplicação de 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio foram 28,57 e 27,77 mg kg<sup>-1</sup>, com as doses de 373,62 e 156,98 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente. Com a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, obtêm-se o teor mínimo de boro na folha, 24,59 mg kg<sup>-1</sup>, com a dose 336,92 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Robinson (1986) cita que a faixa adequada de boro em folhas de morangueiro se encontra entre 30 e 50 mg kg<sup>-1</sup>, sendo assim, os teores foliares de boro encontrados nesse trabalho estão próximos aos descritos na literatura.



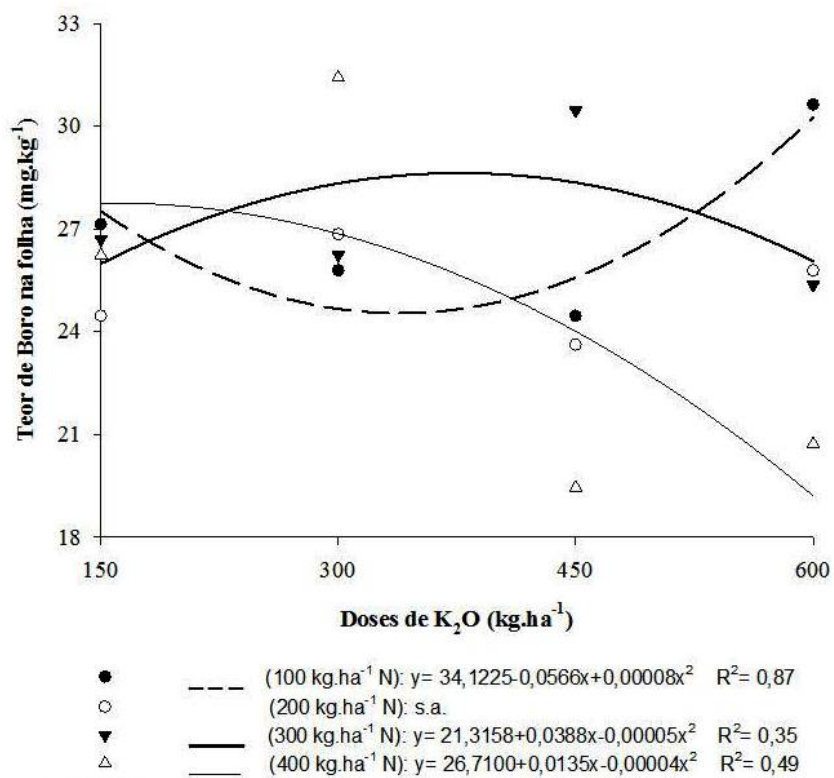


Figura 16 Teor de boro em folhas de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Na avaliação dos teores de cobre, pela análise de regressão, verifica-se que a equação polinomial de segundo grau apresentou melhor ajuste para as doses 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, enquanto que a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio não resultou em diferença significativa em função das doses de potássio aplicadas. Na aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio não se encontrou ajuste polinomial adequado, além de significância biológica do modelo (Figura 17).

Através das equações verifica-se que os teores foliares mínimos de cobre obtidos na aplicação de 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio foram 5,36 e 5,23 mg kg<sup>-1</sup>, com as doses de 427,70 e 396,37 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente.

Esses valores se encontram dentro da faixa considerada adequada aos teores foliares de cobre no morangueiro, que vão de 5 a 20 mg kg<sup>-1</sup>, segundo Boaretto et al. (2009).

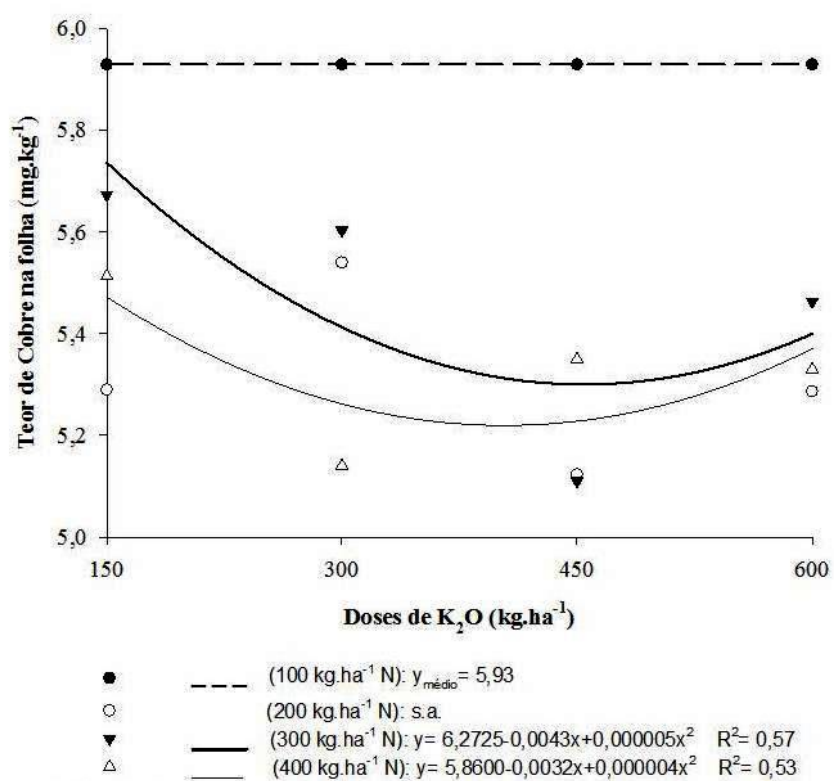


Figura 17 Teor de cobre em folhas de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Pelos dados, quando submetidos à análise de regressão, observou-se que as doses 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio apresentaram como melhor ajuste equações lineares positivas, ou seja, à medida que se elevaram os níveis de

potássio, houve incremento nos teores de ferro na folha. A equação polinomial de segundo grau apresentou melhor ajuste para a maior dose de nitrogênio, enquanto para a menor dose não foi encontrado ajuste polinomial adequado e nem significância biológica do modelo (Figura 18).

Pela equação verifica-se que para a maior dose de nitrogênio, o teor máximo de ferro obtido foi de  $190,62 \text{ mg kg}^{-1}$ , com a dose  $401,45 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Já com a aplicação de 200 e  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, houve aumento de 154,29 e  $172,71 \text{ mg kg}^{-1}$  na dose mais baixa de potássio, para 184,37 e  $191,57 \text{ mg kg}^{-1}$  de ferro na dose mais alta de potássio, respectivamente.

A faixa considerada adequada de ferro nos tecidos foliares está entre 50 e  $300 \text{ mg kg}^{-1}$  (BOARETTO et al., 2009; ROBINSON, 1986), portanto os teores encontrados no presente trabalho estão inseridos nessa faixa.

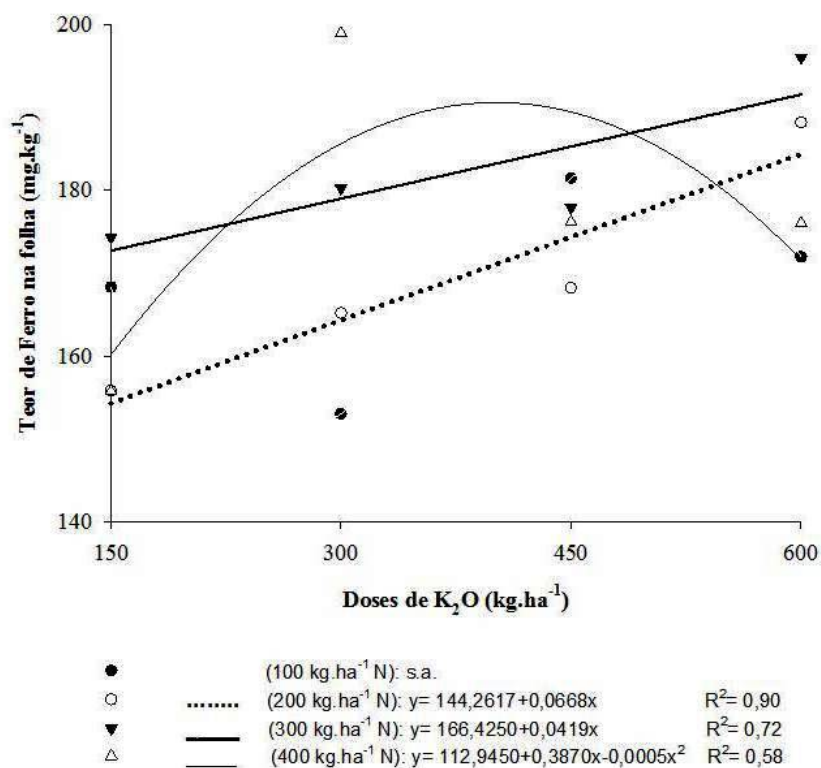


Figura 18 Teor de ferro em folhas de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

#### 4.11.2 Teores foliares de manganês e zinco

Pela análise do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio, verifica-se que para o teor foliar de manganês houve efeito significativo para a aplicação de potássio dentro da dose 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio somente e para o teor de zinco, obteve-se efeito significativo das doses de potássio dentro das doses 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (Tabela 14).

Tabela 14 Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio referente aos teores foliares de manganês e zinco ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de Variação        | GL | Mn                           | Zn        |
|---------------------------|----|------------------------------|-----------|
|                           |    | ----- Quadrados médios ----- |           |
| K <sub>2</sub> O: (100 N) | 3  | 241,8841                     | 2,0861*** |
| K <sub>2</sub> O: (200 N) | 3  | 3.156,0280***                | 0,9614*   |
| K <sub>2</sub> O: (300 N) | 3  | 661,5435                     | 0,3896    |
| K <sub>2</sub> O: (400 N) | 3  | 533,5359                     | 0,8342    |
| Resíduo                   | 30 | 254,5969                     | 0,2916    |
| CV (%)                    |    | 18,06                        | 5,50      |
| Média                     |    | 88,3519                      | 9,8229    |

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ( $P < 0,05$ )

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F ( $P < 0,001$ )

Pela análise de regressão verifica-se que a equação polinomial quadrática foi a que apresentou melhor ajuste para a dose  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio (Figura 19). Nessa dose, o menor teor de manganês,  $77,67 \text{ mg kg}^{-1}$ , foi obtido com a aplicação de  $432,53 \text{ kg ha}^{-1}$  de K<sub>2</sub>O.

Os teores de manganês encontrados estão dentro da faixa considerada adequada para a cultura do morangueiro que varia entre 30 e  $350 \text{ mg kg}^{-1}$  de manganês, segundo Robinson (1986) e Boaretto et al. (2009).

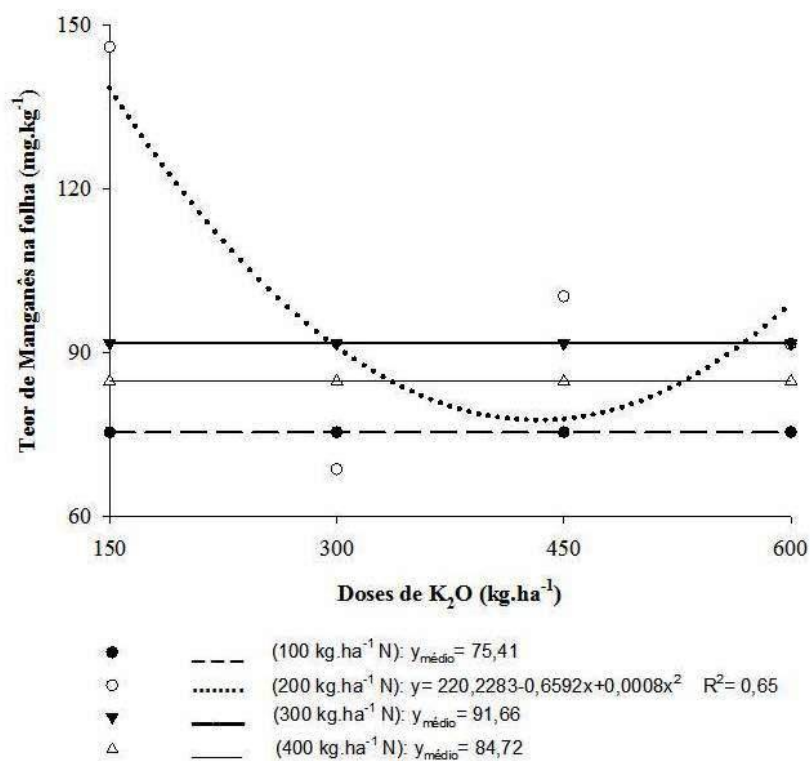


Figura 19 Teor de manganês em folhas de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Pela análise de regressão tem-se que a equação polinomial de segundo grau apresentou melhor ajuste para as aplicações de 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (Figura 20).

Pela equação verifica-se que na dose mais baixa de nitrogênio obtêm-se o teor mínimo de zinco, 9,60 mg kg<sup>-1</sup> associada a 507,71 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Já na aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, consegue-se o teor foliar máximo de zinco com 368,59 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, obtendo-se 10,19 mg kg<sup>-1</sup> de zinco na folha.

Os teores foliares de zinco encontrados nos morangueiros desse trabalho encontram-se muito abaixo dos considerados adequados para essa cultura que giram em torno de 30 a 50 mg kg<sup>-1</sup> (ROBINSON, 1986).

Rodas (2008) verificou aumento no teor foliar de zinco em morangueiro quando esses foram cultivados em solução com omissão em potássio, obtendo teor de 32,84 mg kg<sup>-1</sup>. Plantas cultivadas em solução completa, quando o potássio estava presente, apresentaram teor de zinco nas folhas de 20,30 mg kg<sup>-1</sup>.

O potássio é um forte competidor com outros cátions por causa da alta eficiência do sistema de absorção das plantas. Em ausência de potássio na solução, a absorção de outros cátions é aumentada, uma vez que a competição é menos severa (ROSOLEM, 2005).

Além disso, Castellane (1993) cita que, juntamente com o ferro, o zinco é o micronutriente mais exportado pela cultura do morangueiro.

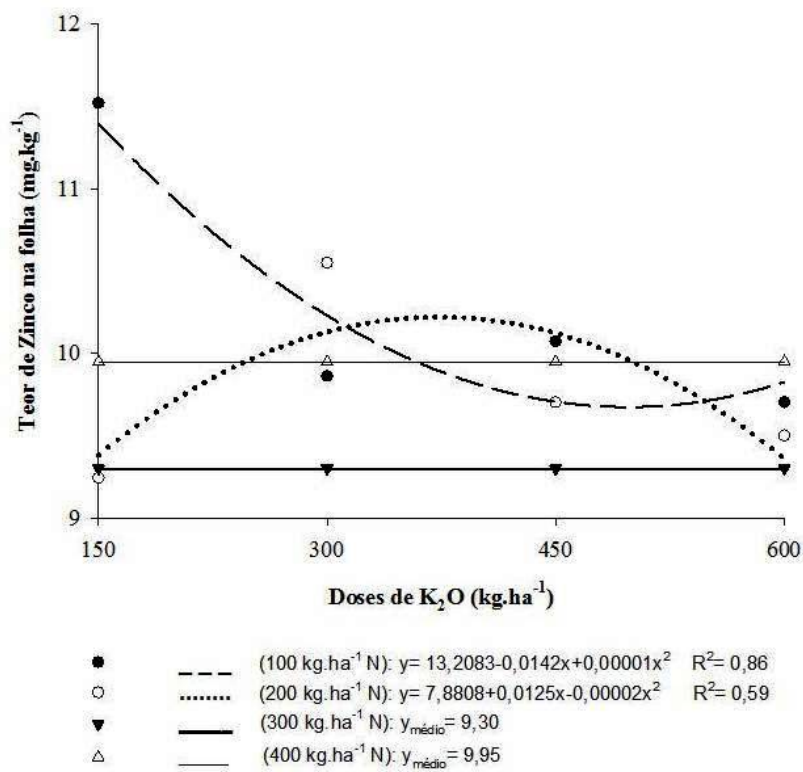


Figura 20 Teor de zinco em folhas de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

#### 4.12 Caracterização físico-química de infrutescências

As análises de variância dos valores relativos ao teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável e a relação entre sólidos solúveis e acidez titulável revelaram que essas características foram influenciadas significativamente tanto pela aplicação de nitrogênio, como de potássio e também pela interação entre os dois fatores, já no caso do pH, essa característica não foi afetada pelos níveis de potássio, isoladamente, mas sofreu influência das doses de nitrogênio e da interação entre os níveis de potássio e nitrogênio (Tabela 15).



Tabela 15 Resumo da análise de variância para pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AT) em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de Variação           | GL | pH        | SST (°Brix) | AT (%)    | SST/AT     |
|------------------------------|----|-----------|-------------|-----------|------------|
| ----- Quadrados médios ----- |    |           |             |           |            |
| Doses de N                   | 3  | 0,1622*** | 2,0900*     | 0,1794*** | 8,8489***  |
| Doses de K <sub>2</sub> O    | 3  | 0,0547    | 6,7300***   | 0,2374*** | 11,9161*** |
| N x K <sub>2</sub> O         | 9  | 0,0969*** | 4,8167***   | 0,0837*** | 5,7455***  |
| Bloco                        | 2  | 0,0133    | 0,0300      | 0,0081    | 0,0472     |
| Resíduo                      | 30 | 0,0217    | 0,6460      | 0,0103    | 0,7592     |
| CV (%)                       |    | 4,05      | 10,08       | 8,91      | 12,00      |
| Médias Gerais                |    | 3,6410    | 7,9750      | 1,1396    | 7,2631     |

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (P<0,05)

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

#### 4.12.1 pH

Na avaliação do pH das infrutescências, a análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio demonstrou efeito significativo para as doses de potássio dentro de 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (Tabela 16).

Tabela 16 Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio referente ao pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AT) em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de<br>Variação     | GL | pH                           | SST (°Brix) | AT (%)    | SST/AT     |
|---------------------------|----|------------------------------|-------------|-----------|------------|
|                           |    | ----- Quadrados médios ----- |             |           |            |
| K <sub>2</sub> O: (100 N) | 3  | 0,1222**                     | 3,6300**    | 0,1450*** | 13,0113*** |
| K <sub>2</sub> O: (200 N) | 3  | 0,1455**                     | 1,7100      | 0,0596**  | 9,3490***  |
| K <sub>2</sub> O: (300 N) | 3  | 0,0519                       | 14,7600***  | 0,1008*** | 2,9942*    |
| K <sub>2</sub> O: (400 N) | 3  | 0,0259                       | 1,0800      | 0,1831*** | 3,7979**   |
| Resíduo                   | 30 | 0,0217                       | 0,6460      | 0,0103    | 0,7592     |
| CV (%)                    |    | 4,05                         | 10,08       | 8,91      | 12,00      |
| Média                     |    | 3,6410                       | 7,9750      | 1,1396    | 7,2631     |

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (P<0,05)

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (P<0,01)

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

Os dados, quando submetidos à análise de regressão, mostraram que a equação polinomial de segundo grau foi a que apresentou o melhor ajuste para a dose 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Para a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, não foi encontrado ajuste polinomial adequado, além de significância biológica do modelo (Figura 21).

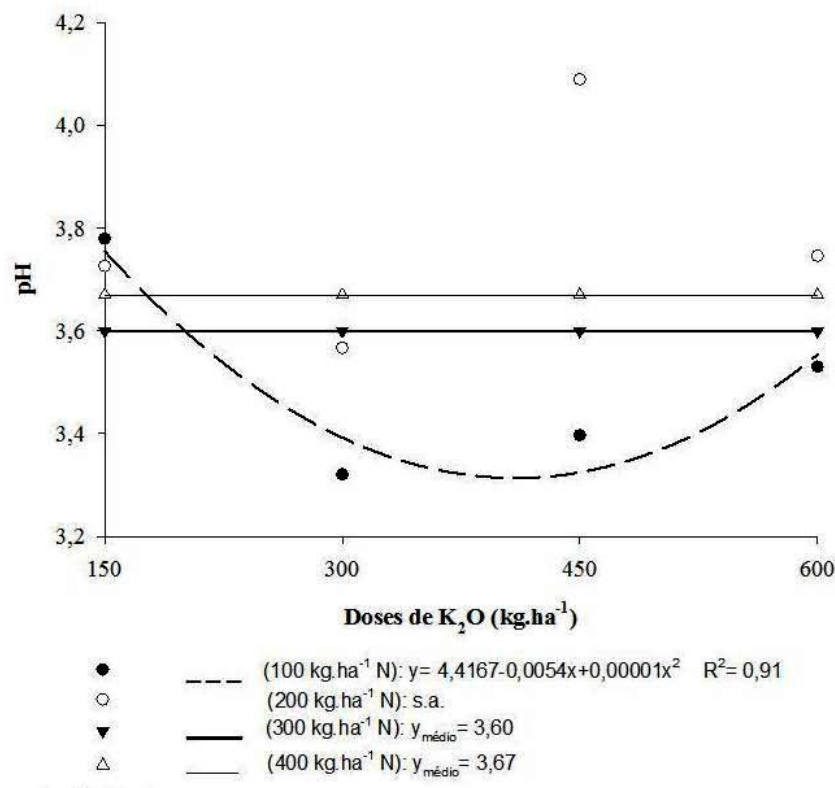


Figura 21 pH em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Nesse trabalho, o maior pH de frutas foi de 3,76, valor esse, obtido com a aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Nesse manejo de adubação, os morangos estão aptos ao consumo in natura, já que a determinação do pH das frutas é importante na definição da finalidade das mesmas. O pH ácido, menor que 3,5, é propriedade de morangos para uso industrial (Passos, 1982), o mercado consumidor da fruta in natura prefere morangos pouco ácidos.

Para a cultivar Aromas, Flores Castellano et al. (2008), observaram pH médio de 3,3 no dia da colheita. Valores aproximados de pH de infrutescências

foram verificados por Antunes et al. (2010) e Conti, Minami e Tavares (2002), estudando outras cultivares de morangueiro em diferentes locais de cultivo.

#### **4.12.2 Sólidos solúveis totais**

Pela análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio verifica-se efeito significativo para as doses de potássio dentro de 100 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (Tabela 16).

A análise de regressão mostra que a equação polinomial de segundo grau foi a que apresentou o melhor ajuste para as doses 100 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (Figura 22).

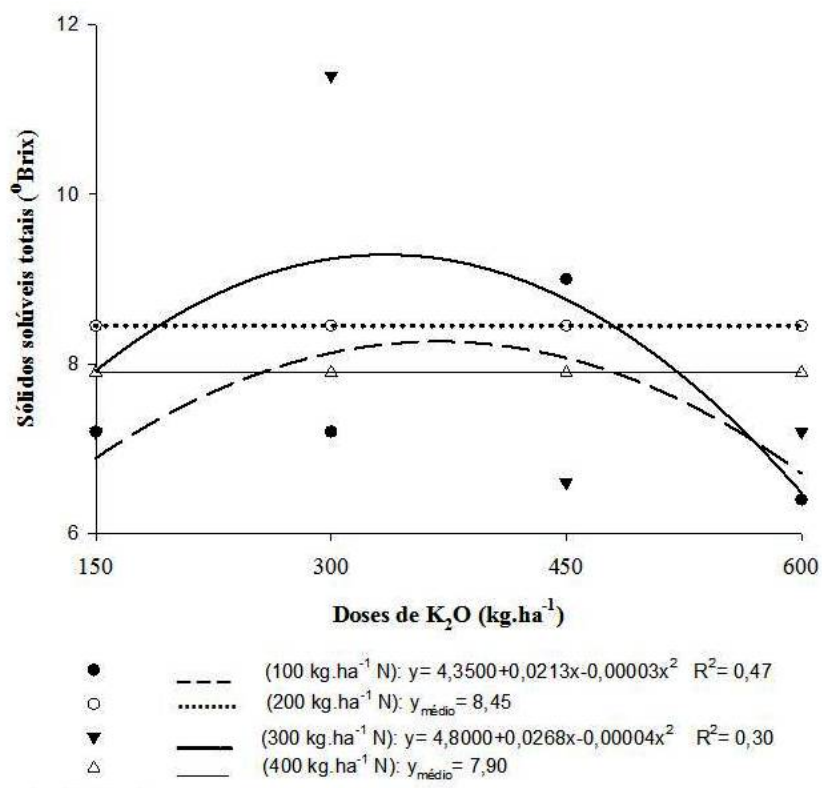


Figura 22 Teor de sólidos solúveis totais em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Pela equação verifica-se que nas doses 100 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, os teores máximos de sólidos solúveis totais foram obtidos com as doses 366,67 e 335 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente. Com essas doses os teores máximos de sólidos solúveis foram de 8,25 e 9,29°Brix, respectivamente.

Considerando que o teor de sólidos solúveis mínimo aceitável para o consumo in natura do morango seja de 7°Brix, segundo Manning (1996), tanto os valores máximos atingidos nas doses 100 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio com suas respectivas doses de potássio, quanto as médias visualizadas com a

aplicação de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, independente do nível de potássio aplicado, estão aptos ao consumo in natura, já que se encontram acima do mínimo aceitável.

Os teores de sólidos solúveis obtidos nesse trabalho não diferem de muitos trabalhos encontrados na literatura que realizaram análises dessa natureza em morangos no dia da colheita (ALCÂNTARA, 2009; BODELÓN et al., 2010; VARGAS et al., 2006).

#### **4.12.3 Acidez titulável**

Para essa característica, pela análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio verifica-se efeito significativo para as doses de potássio dentro de todas as doses de nitrogênio (Tabela 16).

Os dados, quando submetidos à análise de regressão, mostraram que a equação polinomial de segundo grau foi a que apresentou o melhor ajuste para todos os níveis de nitrogênio. Os pontos de máxima e de mínima acidez titulável variaram conforme as doses de potássio aplicadas (Figura 23).

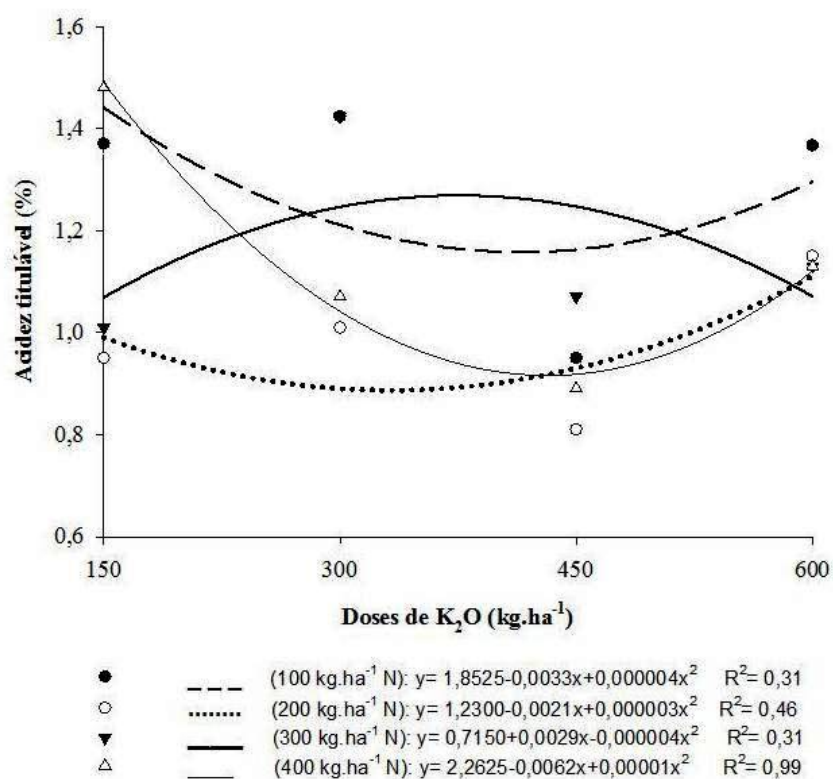


Figura 23 Acidez titulável em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Através da equação verifica-se que nas doses 100, 200 e 400  $kg \cdot ha^{-1}$  de nitrogênio, a acidez titulável mínima foi obtida com as doses 418,75, 344,50 e 445,50  $kg \cdot ha^{-1}$  de  $K_2O$ , respectivamente. Com essas doses a acidez titulável mínima foi de 1,15, 0,87 e 0,87%, respectivamente. Na dose 300  $kg \cdot ha^{-1}$  de nitrogênio, a acidez titulável máxima, 1,26%, foi conseguida com a dose 368,62  $kg \cdot ha^{-1}$  de  $K_2O$ .

Segundo Manning (1996), a acidez titulável aceitável para um morango ser considerado para consumo in natura é de no máximo 0,8%. Nas condições em foi realizado esse experimento, nota-se que o manejo das doses no qual a

acidez titulável mais se aproximou do valor máximo aceitável foi com as aplicações de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio com suas respectivas doses de potássio, 344,50 e 445,50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Vargas et al. (2006), estudando a qualidade de morangos armazenados da cultivar Camarosa, também verificaram acidez titulável média de infrutescências de 0,87% no dia da colheita. Resultado semelhante ao encontrado por Costa (2011) para a cultivar Aromas em cultivo protegido.

As aplicações dos outros níveis de nitrogênio estudadas resultaram em morangos mais ácidos, próprios para a utilização na indústria para a fabricação de doces, geléias, sorvetes, sucos e outros derivados dessa infrutescência.

#### **4.12.4 Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável**

Pela análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio verifica-se efeito significativo para as doses de potássio dentro de todos os níveis de nitrogênio (Tabela 16).

A análise de regressão mostra que a equação polinomial de segundo grau foi a que apresentou o melhor ajuste para as doses 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Os pontos de máxima relação sólidos solúveis totais e acidez titulável variaram conforme as doses de potássio aplicadas. Para a dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, a equação de primeiro grau negativa apresentou melhor ajuste (Figura 24).



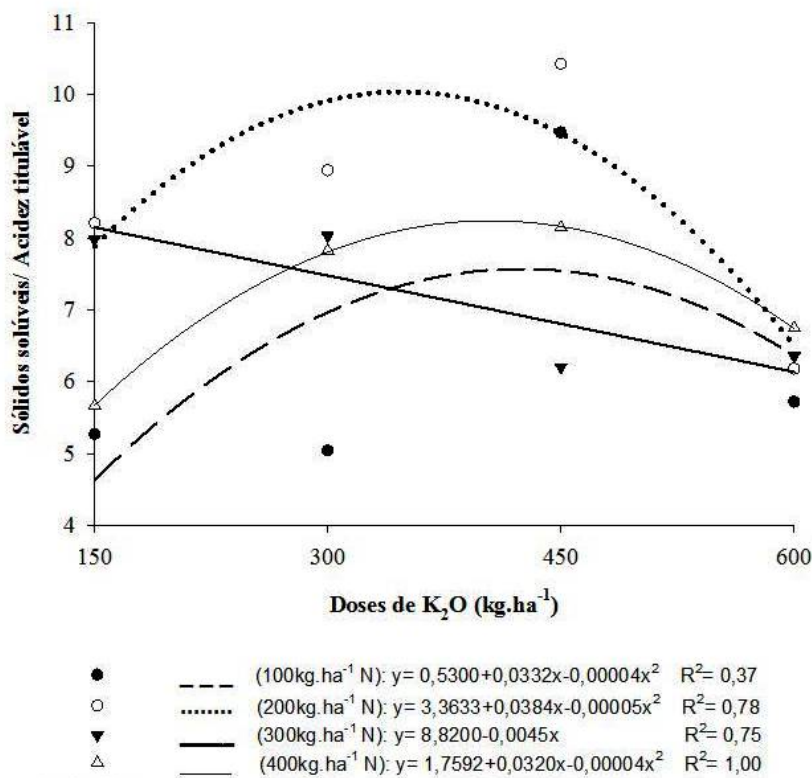


Figura 24 Relação sólidos solúveis totais e acidez titulável em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Pela equação, verifica-se que nas doses 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, a maior relação sólido solúveis totais e acidez titulável foi obtida com as doses 425,47, 349,39 e 400,17 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente. Com essas doses a relação máxima foi de 7,59, 10,08 e 8,16, respectivamente. Houve queda na relação entre açúcares e ácidos em infrutescências na dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio com o aumento dos níveis de potássio, variando de 8,15 a 6,14, na menor e maior doses de potássio, respectivamente.

Segundo Valero e Altisent (1998), a relação entre açúcares e ácidos evolui inversamente em suas respectivas concentrações, enquanto o teor de açúcares aumenta com a maturação, os ácidos diminuem. Esse parâmetro é muito significativo, pois indica o grau de equilíbrio do sabor dos frutos. A relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez total titulável é responsável por uma parte do sabor dos frutos, ou seja, para que um fruto apresente sabor agradável há necessidade que as quantidades de ácido e açúcar, mantenham uma proporção adequada (BERBARI; NOGUEIRA; CAMPOS, 1998).

Já que esse parâmetro indica quão doce se encontra a infrutescência, a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, acompanhada de 349,39 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, apresentou melhores resultados dentre as doses aplicadas no que diz respeito à doçura do morango.

Flores Cantillano et al. (2008), trabalhando com três cultivares de morango na região sul do país, verificaram que a cultivar Aromas apresentou uma relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável de 9,52 na ocasião da colheita.

A relação sólidos solúveis/ acidez titulável nos vegetais é uma das formas mais utilizadas na avaliação do flavor e um aumento nessa relação pode significar incremento de sabor, além de ser indicativo do nível de amadurecimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

#### **4.12.5 Coloração externa**

As análises de variância dos valores relativos à coloração externa de infrutescências revelaram que: o índice L\* foi influenciado significativamente somente pela interação entre as doses de nitrogênio e potássio, não sendo afetado pelos fatores, isoladamente e o índice a\* foi influenciado

significativamente tanto pela aplicação de nitrogênio, como de potássio e também pela interação entre os dois fatores (Tabela 17).

Tabela 17 Resumo da análise de variância para coloração externa de infrutescências de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de Variação        | GL | L*                           | a*         |
|---------------------------|----|------------------------------|------------|
|                           |    | ----- Quadrados médios ----- |            |
| Doses de N                | 3  | 1,1410                       | 19,4672*** |
| Doses de K <sub>2</sub> O | 3  | 0,8339                       | 3,7141**   |
| N x K <sub>2</sub> O      | 9  | 3,4921***                    | 8,4452***  |
| Bloco                     | 2  | 0,0639                       | 0,0898     |
| Resíduo                   | 30 | 0,7103                       | 0,5434     |
| CV (%)                    |    | 2,74                         | 4,42       |
| Médias Gerais             |    | 30,7771                      | 16,6700    |

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (P<0,01)

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

Pela análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio referente aos índices que compõem a avaliação da coloração externa de infrutescências de morangueiro verifica-se que para o índice L\*, houve efeito das doses de potássio dentro das doses 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, para o índice a\*, verifica-se efeito significativo das doses de potássio nas doses 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (Tabela 27).

Tabela 27 Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de potássio dentro de cada nível de nitrogênio referente à coloração externa de infrutescências de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

| Fontes de Variação        | GL | L*                           | a*         |
|---------------------------|----|------------------------------|------------|
|                           |    | ----- Quadrados médios ----- |            |
| K <sub>2</sub> O: (100 N) | 3  | 1,7569                       | 19,5074*** |
| K <sub>2</sub> O: (200 N) | 3  | 0,2159                       | 6,8278***  |
| K <sub>2</sub> O: (300 N) | 3  | 3,8467**                     | 1,8613*    |
| K <sub>2</sub> O: (400 N) | 3  | 5,4908***                    | 0,8532     |
| Resíduo                   | 30 | 0,7103                       | 0,5434     |
| CV (%)                    |    | 2,74                         | 4,42       |
| Média                     |    | 30,7771                      | 16,6700    |

\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (P<0,05)

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (P<0,01)

\*\*\*Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

Os dados referentes à coloração externa de infrutescências no intervalo L\*, quando submetidos à análise de regressão, mostraram que a equação polinomial de segundo grau foi a que apresentou o melhor ajuste (Figura 25).

Na análise da equação verificou-se que na aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio ocorreu o maior valor no intervalo L\*, 31,28, com a aplicação de 423,33 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Já, na adição ao solo de 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio obteve-se o menor valor, da ordem de 29,78, com a dose 379,50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Os valores encontrados para o parâmetro L\* estão dentro dos padrões encontrados na literatura, característicos de morangos frescos. Bodelón et al. (2010) encontraram valores entre 28,52 e 37,06 para esse intervalo de coloração externa na cultivar Camarosa. Alcântara (2009) e Reis et al. (2008) trabalhando

com infrutescências da cultivar Oso Grande observaram valores médios de 31,71 e 29,14, respectivamente, para o parâmetro  $L^*$ .

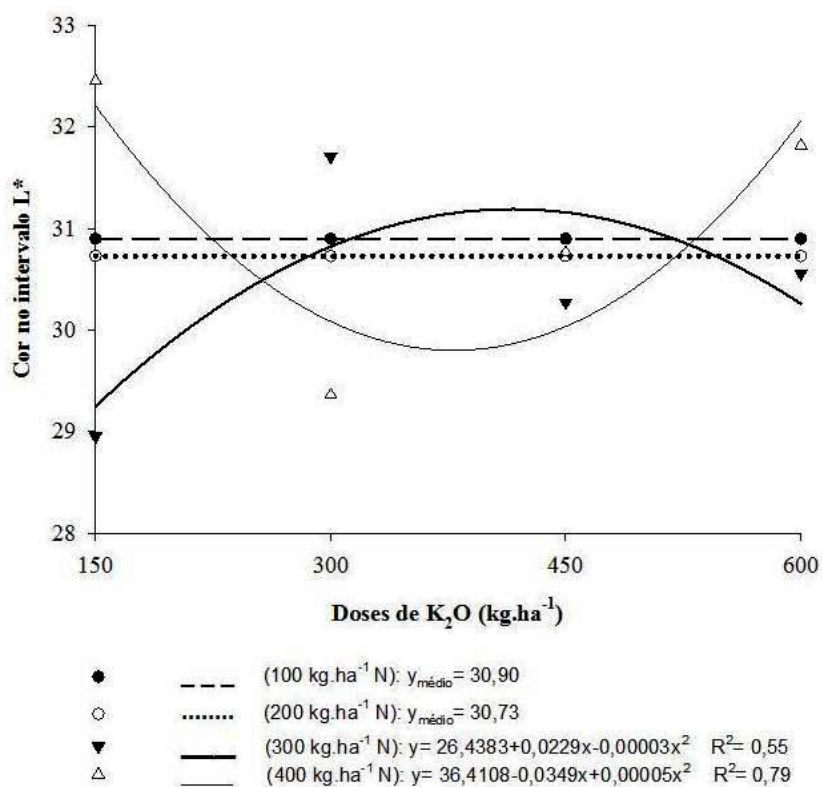


Figura 25 Cor externa no intervalo  $L^*$  em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

Os dados, quando submetidos à análise de regressão, mostraram que a coloração externa de infrutescências no intervalo  $a^*$  nas doses 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio foi influenciada de forma quadrática. Na dose 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, a equação de primeiro grau apresentou o melhor ajuste (Figura 26).

Pela equação verificou-se que na aplicação de 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio ocorreram os maiores valores no intervalo a\*, 19,13 e 16,29, com a aplicação de 272,04 e 416,24 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente. Houve incremento no valor de cor no intervalo a\* com o aumento dos níveis de potássio com a aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, variando de 15,87 em 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O a 17,64 em 600 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

A maior incidência de folhas vermelhas e o menores teores foliares de nitrogênio em morangueiro verificados com a aplicação da menor dose de nitrogênio na região das doses de 200 a 300 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figuras 9 e 10), podem ter ligação com o aumento do tom vermelho das infrutescências obtidas nas plantas cultivadas nessas condições, resultado, provavelmente, do acúmulo de carboidratos mencionado por Taiz e Zeiger (2004), que, pela falta de nitrogênio no tecido não podem ser utilizados para a síntese de aminoácidos, havendo, portanto, maior síntese de antocianina nas plantas.

No atributo sensorial de aparência, a coloração é o fator de qualidade mais atrativo para o consumidor. A cor atrativa do morango é devida à presença de antocianinas, que são pigmentos naturais derivados de açúcares. A presença desse pigmento é um indicador da maturação da fruta (FLORES CANTILLANO, 2003).

Figueiredo et al. (2010), estudando a aplicação de silício no morangueiro, cultivar Oso Grande, verificaram que nas testemunhas, sem a aplicação desse nutriente, as infrutescências apresentaram coloração externa no intervalo a\* em torno de 34, média, essa, superior às encontradas no atual trabalho. Flores Cantillano et al. (2008), verificaram, na ocasião da colheita que, infrutescências da cultivar Aromas apresentaram vermelho menos intenso em relação à cultivar Camino Real. Porém, vale ressaltar que, a diferença de cor entre cultivares é uma característica genética, influenciada por fatores climáticos e culturais (CALEGARO; PEZZI; BENDER, 2002).

Chitarra e Chitarra (2005) citam que adubações pesadas com nitrogênio prejudicam a coloração de algumas frutas. Assim acontece com a cultura do morango, segundo Passos (1999), há queda na qualidade de infrutescências no que diz respeito à coloração, dentre outros problemas, com o manejo exagerado das adubações nitrogenadas.

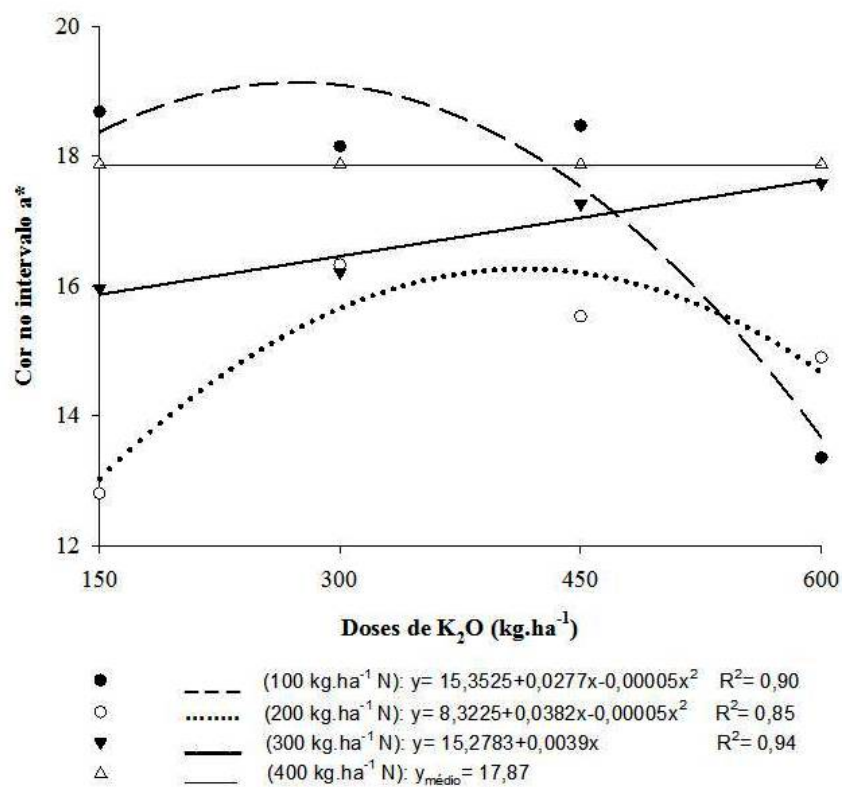


Figura 26 Cor externa no intervalo a\* em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação

## **5 CONCLUSÃO**

As características de produção, teores nutricionais e propriedades físico-químicas de frutas de morangueiro são influenciados pelas adubações nitrogenadas e potássicas, via fertirrigação, variando de acordo com a característica estudada.



## REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E. M. **Caracterização física, química e microbiológica de morango, alface e cenoura orgânicos**. 2009. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

ALVAREZ, V. H. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 25-32.

ANTUNES, L. E. C. et al. Produtividade e qualidade de cultivares de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 222-226, abr./jun. 2010.

ANTUNES, L. E. C.; HOFFMANN, A.; DUARTE FILHO, J. L'essor de la mûre. **L' Arboriculture Fruitière**, Paris, v. 42, n. 552, p. 26-28, sept. 2001.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Morango**. São Paulo: FNP, 2011. p. 116-118.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Agricultural Chemists**. 12<sup>th</sup> ed. Washington, 1992. 1015 p.

BERBARI, S. A. G.; NOGUEIRA, J. N.; CAMPOS, S. D. S. Efeito de diferentes tratamentos pré-congelamento sobre a qualidade do morango var. Chandler congelado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 82-86, jan./abr. 1998.

BOARETTO, A. E. et al. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009. p. 59-85.

BODELÓN, O. G. et al. The effects of high CO<sub>2</sub> levels on anthocyanin composition, antioxidant activity and soluble sugar content of strawberries stored at low non-freezing temperature. **Food Chemistry**, Barking, v. 122, n. 3, p. 673-678, Oct. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Meteorologia. **Normais climatológicas**: 1961-1990. Brasília: SNI/INME, 1992. 84 p.

CALEGARO, J. M.; PEZZI, E.; BENDER, R. J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1-6, ago. 2002.

CASTELLANE, P. D. Nutrição e adubação do morangueiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1., 1990, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 261-279.

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

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**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 10-17, mar. 2002.

COSTA, G. G. **Produção e qualidade de frutos do morangueiro, sob diferentes tensões de água no solo**. 2011. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CUTTCLIFFE, J. A.; BLATT, C. R. Effects of N, P, K, B and lime on strawberry yields. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 64, n. 4, p. 945-949, Oct. 1984.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

DIAS, M. S. C. et al. Produção de morangos em regiões não tradicionais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 24-33, jan./fev. 2007.

DUARTE FILHO, J.; ANTUNES, L. E. C.; PÁDUA, J. G. Cultivares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 20-23, jan./fev. 2007.

DUARTE FILHO, J.; ANTUNES, L. E. C.; ROUDEILLAC, P. Le Brésil ramène as fraise. **Culture Légumière**, Metz, v. 42, n. 3, p. 20-26, mars. 2001.

DUARTE FILHO, J. Cultivares de morango. In: CARVALHO, S. P. (Coord.). **Boletim do morango**: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. p. 15-22.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412 p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR software**: versão 4.6. Lavras: UFLA/ DEX, 2003. Software.

FIGUEIREDO, F. C. et al. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, set./out. 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. Rosáceas - morango: um frutinho rasteiro. In: \_\_\_\_\_. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2003. p. 378-385.

FLORES CANTILLANO, R. F. (Ed.). **Morango**: pós-colheita. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003. 28 p. (Frutas do Brasil, 42).

FLORES CANTILLANO, R. F. et al. **Qualidade físico-química e sensorial de cultivares de morango durante o armazenamento refrigerado**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2008. 30 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, n. 75).

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo do que está por trás do que se vê. 4. ed. Passo Fundo: UPF, 2008. 733 p.

FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 47-50, abr. 1997.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT**: statistical of strawberry production in world. Roma, 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 15 jul. 2011.

GRASSI FILHO, H.; SANTOS, C. H.; CRESTE, J. E. Nutrição e adubação do moragueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 36-42, maio/jun.1999.

HENNION, B.; VESCHAMBRE, D. **La fraise**: maîtrise de la production. Paris: CTIFL, 1997. 299 p.

HÖHN, A.; SUN, D.; NOLLE, F. Enzymes in the fruit juice and wine industry. In: BARRETT, D. M.; SOMOGYI, L.; RAMASWAMY, H. (Ed.). **Processing fruits**: science and technology. 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 97-112.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para a análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 533 p.

JOHANSON, F. D.; WALKER, R. B. Nutrient deficiencies and foliar composition of strawberries. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 83, p. 413-419, 1963.

JONES JUNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**. Athens: Micro-Macro Publishing, 1991. 213 p.

KLUTHCOUSKI, J. et al. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2005. 63 p. (Documentos, 188).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MANNING, K. Soft fruits. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1996. p. 347-377.

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

MIYAZAWA, M. et al. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009. p. 191-233.

NANNETTI, D. C.; SOUZA, R. J. Morango. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 198-199.

NESTBY, R. **Accumulation of nutrients in strawberry fruits and their effect on fruit quality**: a brief review. Lisboa, 2002. Disponível em: <[http://193.205.128.6/agraria/ricerca/prog\\_ric/Wg3/NERI/lisboa/nestby.htm](http://193.205.128.6/agraria/ricerca/prog_ric/Wg3/NERI/lisboa/nestby.htm)>. Acesso em: 9 ago. 2011.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B.; FINKENAUER, D. Produção de morangueiro da cv. Camino Real em sistema de túnel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 681-684, dez. 2008.

PACHECO, D. D. et al. Nutrição mineral e adubação do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 236, p. 40-49, jan./fev. 2007.

PASSOS, F. A. **Caracterização de clones nacionais e introduzidos de morangueiro (Fragaria x ananassa Duch.), visando o uso imediato na horticultura e o melhoramento genético**. 1982. 116 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz, Piracicaba, 1982.

PASSOS, F. A. Nutrição, adubação e calagem do morangueiro. In: DUARTE FILHO, J. et al. **Morango: tecnologia de produção e processamento**. Caldas: EPAMIG, 1999. p. 159-167.

PEREIRA, W. R. **Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de morangueiro, em diferentes épocas de plantio**. 2009. 46 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PREZOTTI, L. C. Nutrição mineral do morangueiro. In: BALBINO, J. M. S. (Ed.). **Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de morangueiro**. 2. ed. Vitória: INCAPER, 2006. p. 37-40.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/ POTAFOS, 1991. 343 p.

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

REIS, K. C. et al. Efeitos de diferentes sanificantes sobre a qualidade de morango cv. Oso Grande. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 196-202, jan./fev. 2008.

ROBINSON, J. B. Fruits, vines and nuts. In: REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: Inkata Press, 1986. p. 120-147.

ROCHA, D. A. et al. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras - MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1124-1128, dez. 2008.

RODAS, C. L. **Deficiências nutricionais no morangueiro**: caracterização de sintomas visuais, produção e nutrição mineral. 2008. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

ROSOLEM, C. R. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2005. p. 239-260.

SANHUEZA, R. M. V. et al. Importância da cultura. **Sistema de produção de morango para mesa na região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste**. Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MesaSerraGaucha/index.htm>>. Acesso em: 22 jul. 2011.

SCAGLIA, E. et al. **Cultivo de frutilla**. Buenos Aires: INTA/PROCADIS, 1995. 109 p.

SEELIG, R. A. **Strawberries**. 3<sup>rd</sup> ed. Washington: United Fresh Fruit & Vegetable Association, 1975. 24 p.

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

TAGLIAVINI, M. et al. Dynamics of nutrient uptake by strawberry plants (*Fragaria x ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 23, n. 1, p. 15-25, July 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAKEDA, F. Out-of-season greenhouse strawberry production in soilless substrate. **Advanced in Strawberry Research**, Kemptville, v. 18, n. 1, p. 4-15, Jan. 1999.

TEIXEIRA, C. P. **Produção de mudas e frutos de morangueiro em diferentes sistemas de cultivo**. 2011. 74 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

TWORKOSKI, T. J.; BENASSI, T. E.; TAKEDA, F. The effect of nitrogen on stolon and ramet growth in four genotypes of *Fragaria chiloensis* L. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 88, n. 33, p. 97-106, Mar. 2001.

VALERO, C.; ALTISENT, M. R. Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas. **Fruticultura Profesional**, Madrid, v. 2, n. 95, p. 38-45, dic. 1998.

VARGAS, M. et al. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 41, n. 2, p. 164-171, Aug. 2006.