

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**LIMA DELEON MARTINS**

**EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE FÓSFORO DE CLONES DE  
CAFEIRO CONILON**

**ALEGRE  
2011**

**LIMA DELEON MARTINS**

**EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE FÓSFORO DE CLONES DE  
CAFEIRO CONILON**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em Produção Vegetal, na área de concentração de Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Antonio Tomaz

**ALEGRE  
2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

Martins, Lima Deleon, 1986-

M386e Eficiência nutricional de fósforo de clones de cafeeiro conilon / Lima Deleon Martins. – 2011.

103 f. : il.

Orientador: Marcelo Antonio Tomaz.

Coorientador: José Francisco Teixeira do Amaral.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Cafeeiro - Nutrição. 2. Plantas – Efeito dos minerais. 3. Plantas – Efeito do fósforo. 4. Café conilon. I. Tomaz, Marcelo Antonio. II. Amaral, José Francisco Teixeira do. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 63

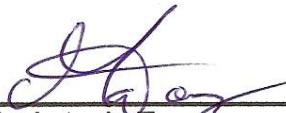
---

**LIMA DELEON MARTINS**

**EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE FÓSFORO DE CLONES DE  
CAFEIRO CONILON**

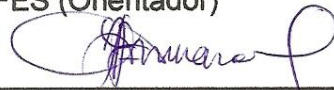
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em Produção Vegetal, na área de concentração em Fitotecnia.

Aprovada em 16 de agosto de 2011.



---

Prof. Dr. Marcelo Antonio Tomaz  
CCA – UFES (Orientador)



---

Prof. Dr. José Francisco Teixeira do Amaral  
CCA – UFES (Co-orientador)



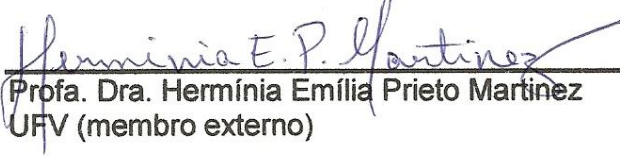
---

Prof. Dr. Edyaldo Fialho dos Reis  
CCA – UFES (membro interno)



---

Pesq. Dra. Scheilla Marina Bragança  
INCAPER – ES (membro externo)



---

Profa. Dra. Hermínia Emília Prieto Martínez  
UFV (membro externo)

Ao homem que me mostrou muito cedo que se deve trabalhar sempre, para que não se pare de sonhar, e que sorrir e ser feliz, todos os dias, não é demérito de um homem, e sim sua maior virtude em relação aos demais. Sinto-me honrado de um dia ter o conhecido Romério de Lima Martins (*in memoriam*), e ter o chamado de Pai.

DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de estudo. À CAPES, pela bolsa concedida e ao Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – PNPCD/Café e ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café – CBPED/Café pelo apoio financeiro ao trabalho. Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER, pelo fornecimento das mudas produzidas na Fazenda Experimental de Marilândia-ES.

Ao Prof. Dr. Marcelo Antonio Tomaz, professor do Departamento de Produção Vegetal do CCA-UFES, pela orientação, pelos conselhos, pela amizade e, principalmente, pelo respeito que trata sua equipe. Obrigado!

Ao Prof. Dr. José Francisco Teixeira do Amaral, professor do Departamento de Engenharia Rural do CCA-UFES, pela co-orientação durante o desenvolvimento do trabalho, pela amizade e pela confiança. Obrigado!

Ao Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis, professor do Departamento de Engenharia Rural do CCA-UFES, pelos conselhos estatísticos, sinceridade e prontidão. Obrigado!

Às pesquisadoras Dra. Herminia Emilia Prieto Martinez (UFV) e a Dra. Scheilla Marina Bragança (INCAPER), pela grandiosa contribuição neste trabalho.

Aos pesquisadores Dr. Waldir Cintra de Jesus Junior, Dr. Antonio Fernando de Souza e Dr. Bruno Galvêas Laviola, por me proporcionar um aprendizado interdisciplinar, e pelo respeito que me trataram. Obrigado!

Aos professores do curso de Agronomia e do curso de Pós-Graduação em produção Vegetal, pelos ensinamentos transmitidos. Em especial ao Prof. Dr. José Carlos Lopes.

Aos amigos responsáveis pelo funcionamento dos laboratórios: Sílvio (Nutrição Mineral de Plantas), Sônia e Maraboti (Química do solo), Alessandro (LAFARSOL), José Maria (Sementes), pela ajuda e paciência aplicada a todos os trabalhos.

Aos funcionários da Área experimental do CCA-UFES, em especial ao sempre prestativo Paulo.

Aos alunos de iniciação científica, que antes de tudo, sempre quis e consegui tê-los como amigos, Érido José Donatelli júnior, Lindomar de Souza Machado, Leonardo Fardin Christo, Sebastião Vinícius Batista Brinati, Amarilson de Oliveira Cândido, Tafarel Victor Colodetti e Guilherme de Resende Câmara. Sem a ajuda de vocês

seria impossível o desenvolvimento deste trabalho, e também de outros. Assim tenho uma grande dívida a pagar a cada um, cobrem, por favor! Muitíssimo obrigado!

Aos amigos Wagner Nunes Rodrigues, Felipe Pianna Costa e Abrãao C. Verdin Filho, pela ajuda, conselhos e acima de tudo pela amizade sincera e verdadeira. Obrigado!

Aos amigos da República Tico-Mia, Maycon, Gustavo, Eduardo, Daniel, Francisco e Pedro, pela ajuda, pela amizade e pelas grandes dias vividos juntos.

À minha mãe, Maria de Lourdes Ogioni Martins, que me forneceu todas as oportunidades para estar aqui hoje, agradecendo-a. Que me educou com simplicidade e me fez acreditar que sou semelhante a todo ser humano. Mãe sinta-se vitoriosa, sempre!

À minha segunda Mãe, Ângela Maria Ogioni, sinônimo de perseverança, luta e entrega ao próximo. Pessoa pela qual, também, devo tudo que já construí até o momento. Obrigado Má!

A toda minha família, que sempre me deram base para saber quem realmente sou. E também a todos os amigos que considero família, que estiveram comigo até os dias atuais.

À minha companheira Monick, pela atenção, paciência e ajuda.

“A mente que se abre a um novo conhecimento jamais voltará ao seu tamanho original.”

“Grandes almas sempre encontram forte oposição de mentes medíocres.”

Albert Einstein



## **BIOGRAFIA**

Lima Deleon Martins, filho de Romério de Lima Martins e Maria de Lourdes Ogioni Martins, nasceu em 15 de agosto de 1986, em Lúna, Estado do Espírito Santo. Coursou o ensino fundamental, entre 1992 a 2000, na Escola Alvarez Tavares, em Cachoeiro de Itapemirim, ES. Em dezembro de 2003, formou-se Técnico em Agropecuária, na Escola Agrotécnica Federal de Alegre (EAFA-ES). Em Agosto de 2009, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre, ES. Em Agosto de 2009, iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), tendo defendido dissertação em 16 de agosto de 2011.

## RESUMO

O conhecimento sobre a eficiência das plantas em absorver nutrientes minerais do solo e utilizá-los no crescimento e desenvolvimento é uma importante ferramenta no manejo nutricional de uma cultura. Desta forma objetivou-se avaliar a influência dos níveis de adubação fosfatada no crescimento vegetativo, no acúmulo de massa de matéria seca e na eficiência nutricional de fósforo dos treze clones de café conilon que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”. Para isso, utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com distribuição fatorial de 13x4, com três repetições, sendo os fatores: 13 clones que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142” (CV-01, CV-02, CV-03, CV-04, CV-05, CV-06, CV-07, CV-08, CV-09, CV-10, CV-11, CV-12 e CV-13) e 4 níveis de adubação fosfatada (0%, 50%, 100% e 150% do recomendado de  $P_2O_5$  para a cultura do café conilon). Foram utilizados 10 dm<sup>3</sup> de solo, como substrato, em vasos plásticos com capacidade de 14 L, sendo todos os nutrientes fornecidos através de sais. Aos 150 dias de cultivo, foram avaliadas as seguintes características: número de folhas (NF); altura de planta (AL); diâmetro de caule (DC); área foliar (AF); massa de matéria seca das raízes (MSR), da parte aérea (MSPA) e total (MST); os índices de eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo e, também, o parâmetro  $\alpha$  (alfa). Os resultados mostram que os treze genótipos de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142” apresentam comportamento significativamente distinto, dentro de cada nível de adubação de  $P_2O_5$  estudado, para todas as variáveis e índices avaliados. Os valores médios das variáveis de crescimento vegetativo (NF, AL, DC e AF), de massa de matéria seca (MSR, MSPA e MST) e de eficiência de utilização de fósforo dos clones avaliados aumentam linearmente em função do acréscimo da adubação com  $P_2O_5$ . As curvas de eficiência de absorção de fósforo, em função dos níveis de  $P_2O_5$  aplicados, para os clones de café conilon, apresentam ajuste ao modelo quadrático. A eficiência de translocação de fósforo, em função do aumento dos níveis de  $P_2O_5$  aplicados, é diferenciada para os clones de café conilon com característica linear e também quadrática. A eficiência de utilização de fósforo aumenta com característica linear,

para os clones de café conilon, em função do acréscimo dos níveis de  $P_2O_5$ , estudados. Os clones de café conilon CV-04, CV-05 e CV-08 apresentam-se eficientes e responsivos à adubação fosfatada.

Palavras-chave: *Coffea canephora*. Nutrição mineral de plantas. Parâmetro alfa.

## ABSTRACT

The knowledge about the efficiency of the plants in absorbing nutrients from the soil, and using them in growth and development is an important tool in the nutritional management of a culture. Thus the objective of this study was to evaluate the influence of the levels of phosphoric fertilization on the vegetative growth, the accumulation of dry matter and the phosphoric nutritional efficiency, of the thirteen clones of conilon coffee that compose the clonal cultivar 'Vitória Incaper 8142'. For that reason, three completely randomized design was used with factorial distribution 13x4 with tree replications, being the factors: 13 clones that compose the clonal cultivar 'Vitória Incaper 8142' (CV-01, CV-02, CV-03, CV-04, CV-05, CV-06, CV-07, CV-08, CV-09, CV-10, CV-11, CV-12 and CV-13) and 4 levels of phosphoric fertilization (0% 50%, 100% and 150% of the recommended level of  $P_2O_5$  for conilon coffee crops). In the experiment were used 10 dm<sup>3</sup> of soil as a substrate, in plastic pots with capacity for 14 L, with all the nutrients provided by salts. At 150 days of cultivation, the following parameters were evaluated: number of leaves (NF), plant height (AL), stem diameter (DC), leaf area (AF), dry weight of roots (MSR), of aerial part (MSPA) and total (MST); and the efficiency rates of absorption, translocation and utilization of phosphorus, and the value of  $\alpha$  (alpha). The results show that the thirteen genotypes of conilon coffee that compose the clonal cultivar 'Vitória Incaper 8142' present behavior significantly different within each studied level of fertilization with  $P_2O_5$  for all evaluated parameters and indices. It was also noted that the mean values for the vegetative growth variables (NF, AL, DC and AF), for dry matter (MSR, MSPA and MST) and for the efficiency of phosphorus utilization of the clones increase linearly due to the increase of fertilization with  $P_2O_5$ . The curves for the efficiency of phosphorus absorption, depending on the levels of  $P_2O_5$  applied, to the clones of conilon coffee, show fitting to the quadratic model. The efficiency of phosphorus translocation, due to increased levels of  $P_2O_5$  applied, is different for the clones of conilon coffee, with linear or quadratic characteristics. The efficiency of phosphorus utilization increase with linear characteristic, for clones of conilon coffee, due to increased levels of  $P_2O_5$  studied. The clones CV-04, CV-05 and CV-08 of

conilon coffee show themselves as efficient and responsive to the phosphoric fertilization.

Key words: *Coffea canephora*. Mineral nutrition of plants. Alpha parameter.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Atributos físicos e químicos do solo utilizado como substrato.....37
- Tabela 2** – Valores médios de número de folhas - NF de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura) ..... 44
- Tabela 3** – Valores médios de altura de plantas - AP (cm) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura) .....46
- Tabela 4** – Valores médios de diâmetro de caule - DC (mm) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura) ..... 47
- Tabela 5** – Valores médios de área foliar ( $m^2$ ) de clones de café conilon que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura) ..... 48
- Tabela 6** – Equações de regressão, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), para número de folhas - NF, altura de plantas - AP (cm), diâmetro de caule - DC (mm) e área foliar - AF ( $m^2$ ) em função dos níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura), para cada clone de café conilon que compõe a cultivar “Vitória Incaper 8142”.....56
- Tabela 7** – Valores médios de massa de matéria seca do sistema radicular ( $g\ planta^{-1}$ ) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura) .....59
- Tabela 8** – Valores médios de massa de matéria seca da parte aérea ( $g\ planta^{-1}$ ) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura) .....61
- Tabela 9** – Valores médios de massa de matéria seca total ( $g\ planta^{-1}$ ) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura) .....62
- Tabela 10** – Equações de regressão, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), para massa de matéria seca do sistema radicular - MSR, da parte aérea - MSPA e total - MST ( $g\ planta^{-1}$ ) em função dos níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura), para cada clone de café conilon que compõe a cultivar “Vitória Incaper 8142” .....68

<b>Tabela 11</b> – Valores médios da eficiência de absorção de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de $\text{P}_2\text{O}_5$ recomendado para a cultura) .....	70
<b>Tabela 12</b> – Equações de regressão, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), de eficiência de absorção de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$ ) em função dos níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de $\text{P}_2\text{O}_5$ recomendado para a cultura), para cada clone de café conilon que compõe a cultivar “Vitória Incaper 8142” .....	74
<b>Tabela 13</b> – Valores médios de eficiência da translocação de fósforo (%) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de $\text{P}_2\text{O}_5$ recomendado para a cultura) .....	76
<b>Tabela 14</b> – Equações de regressão, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), de eficiência de translocação de fósforo (%) em função dos níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de $\text{P}_2\text{O}_5$ recomendado para a cultura), para cada clone de café conilon que compõe a cultivar “Vitória Incaper 8142” .....	80
<b>Tabela 15</b> – Valores médios da eficiência de utilização de fósforo ( $\text{g}^2 \text{mg}$ ) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de $\text{P}_2\text{O}_5$ recomendado para a cultura) .....	81
<b>Tabela 16</b> – Equações de regressão, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), de eficiência de utilização de fósforo ( $\text{g}^2 \text{mg}^{-1}$ ) em função dos níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de $\text{P}_2\text{O}_5$ recomendado para a cultura), para cada clone de café conilon que compõe a cultivar “Vitória Incaper 8142” .....	86

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Vista da casa de vegetação (A), homogeneização do solo (B), pesagem em balança de precisão (C) e acondicionamento em vasos plásticos selados (D).....38
- Figura 2** – Vista da distribuição das mudas referente a cada tratamento (A) e mudas transplantadas no vaso (B).....39
- Figura 3** – Número de folhas de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.....52
- Figura 4** – Altura de plantas (cm) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.....53
- Figura 5** – Diâmetro de caule (mm) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.....54
- Figura 6** – Área foliar ( $m^2$ ) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.....55
- Figura 7** – Massa de matéria seca da raiz ( $g\ planta^{-1}$ ) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.....65
- Figura 8** – Massa de matéria seca da parte aérea ( $g\ planta^{-1}$ ) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.....66



**Figura 9** – Massa de matéria total ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13. ....67

**Figura 10** – Eficiência de absorção de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.....73

**Figura 11** – Eficiência de translocação de fósforo (%) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.....79

**Figura 12** – Eficiência de utilização de fósforo ( $\text{g}^2 \text{mg}^{-1}$ ) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.....85

**Figura 13** – Classificação de clones de café conilon quanto à eficiência e à resposta à adubação fosfatada. ER = eficiente e responsivo; ENR = eficiente e não-responsivo; NER = não-eficiente e responsivo; e NENR = não-eficiente e não-responsivo.....88

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1</b> – Eficiência de absorção. ....	41
<b>Equação 2</b> – Eficiência de translocação. ....	41
<b>Equação 3</b> – Eficiência de utilização .....	41
<b>Equação 4</b> – Parâmetro $\alpha$ .....	42

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
2.1 A CULTURA DO CAFÉ CONILON .....	19
2.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO CAFEIRO CONILON .....	20
2.3 CULTIVAR CLONAL “VITÓRIA INCAPER 8142” .....	21
2.4 A IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO PARA AS PLANTAS.....	22
2.5 EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DAS PLANTAS.....	25
2.5.1 Eficiência de absorção.....	27
2.5.2 Eficiência de translocação.....	29
2.5.3 Eficiência de uso .....	30
2.5.4 Eficiência e resposta.....	32
2.6 EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DO CAFEIRO.....	33
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	36
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E COLETA DO SOLO.....	36
3.2 PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO .....	36
3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	37
3.4 AVALIAÇÕES.....	40
3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	43
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	44
4.1 DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CLONES DE CAFÉ CONILON INFLUENCIADOS POR NÍVEIS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA .....	44
4.1.1 Variáveis de crescimento vegetativo.....	44
4.1.2 Variáveis de massa de matéria seca.....	58
4.2 EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE FÓSFORO DE CLONES DE CAFÉ CONILON .....	70
4.2.1 Eficiência de absorção de fósforo .....	70
4.2.2 Eficiência de translocação de fósforo .....	76
4.2.3 Eficiência de utilização de fósforo.....	81

4.3 EFICIÊNCIA E RESPOSTA DE CLONES DE CAFÉ CONILON AO FÓSFORO.....	88
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	90
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	91
APÊNDICES.....	101

**Apêndice A** – Análise de variância das variáveis de crescimento, sendo número de folhas (NF), altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF) de mudas de café conilon que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142” influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendado para a cultura) ..... 101

**Apêndice B** – Análise de variância de variáveis de crescimento, sendo massa de matéria seca da raiz (MSR), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e total (MST) de mudas de café conilon que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142” influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendado para a cultura)..... 101

**Apêndice C** – Análise de variância de variáveis de crescimento, sendo eficiência de absorção (EFA), translocação (EFT) e utilização (EFU) de fósforo em mudas de café conilon que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142” nfluenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendado para a cultura) ..... 102

## 1 INTRODUÇÃO

O café é uma *commodity* de importância singular nos esteios econômicos e sociais do setor agrícola mundial. No Brasil, perde apenas para o setor industrial, entretanto, o café é um dos mais valiosos produtos primários comercializados no país (FAULIN, 2010).

Assim, para que se possa manter e, principalmente aumentar o potencial produtivo da cultura do café, é necessário o emprego de métodos de manejo que visem à sustentabilidade.

Entre os diversos métodos culturais utilizados na cafeicultura, a adubação caracteriza-se como uma prática sustentável e importante para aumentar a produtividade e a rentabilidade do produtor. Essa afirmativa se torna mais positiva com base no fato de que os plantios se expandiram por extensas áreas de solos com baixa fertilidade natural, aliado à elevada quantidade de nutrientes extraídos pela cultura, gerando assim, cada vez mais a necessidade de aplicação de fertilizantes.

A percepção dessas dificuldades leva a pesquisa a buscar soluções mais adequadas e eficientes às condições existentes, de forma a aperfeiçoar processos e obter melhores rendimentos nas produções.

Uma das soluções encontradas é o estudo da eficiência nutricional baseada em características de crescimento, desenvolvimento, produção e nutrição das culturas, visando fornecer informações para seleção de genótipos eficientes e adaptados às diferentes condições de solo. Caso não seja possível a seleção, o estudo de eficiência nutricional pode proporcionar adequação de níveis nutricionais que tornem as culturas mais eficientes.

Entre os nutrientes essenciais presentes no solo, a deficiência de fósforo (P) é a que mais limita a produção das culturas, no Brasil (NOVAIS; SMYTH, 1999). Assim,

segundo Fageria (1998), em experimentos de eficiência nutricional, devem-se priorizar os estudos com relação ao fósforo, com intuito de aumentar a eficiência deste nutriente na produção das culturas.

É visto que, estudos de eficiência nutricional com P, devido à particularidade deste nos solos brasileiros, podem auxiliar a manutenção e o aumento do potencial produtivo da cafeicultura promovendo sustentabilidade, em especial para a cultura do café conilon.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos níveis de adubação fosfatada, no crescimento vegetativo, no acúmulo de massa de matéria seca e na eficiência nutricional de fósforo, dos treze clones de café conilon que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, em condição de casa de vegetação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A CULTURA DO CAFÉ CONILON

Estima-se que 60 nações estejam circunscritas na cadeia produtiva cafeeira, com fluxo de 100 bilhões de dólares por ano. Assim, a cadeia agroindustrial do café apresenta três importantes destaques: emprego de mão de obra, fixação do homem no campo e contribuição na arrecadação fiscal (FASSIO; SILVA, 2007).

A produção mundial de café, proveniente do cultivo da espécie *Coffea canephora*, é estimada em 53,72 milhões de sacas, cerca de 39% da produção total de café produzido por todas as espécies (USDA, 2010). No Brasil, prevê-se para a safra de 2011, uma participação do robusta em 25,4% da produção de café beneficiado, equivalente a aproximadamente 11,5 milhões de sacas (CONAB, 2011).

Entre os estados brasileiros, o Espírito Santo se destaca como o maior produtor dessa espécie, sendo para a safra de 2011, estimado uma produção de 7,40 a 7,86 milhões de sacas de café beneficiado, o que corresponde a 67,8% do café robusta produzido no país (CONAB, 2011).

A posição de destaque na produção de frutos de café robusta, conquistada pelo Estado do Espírito Santo, entre vários fatores, possui como base o aumento de sua produtividade. Relata-se que em um período de sete anos, entre 1993 a 2010, a produtividade média do Estado teve um acréscimo de 211%. O principal motivo para tal acréscimo foi a adoção, pelos produtores, de novas tecnologias de cultivo, que foram desenvolvidas e recomendadas pelos programas de pesquisa. Tal implementação proporcionou um aumento médio de 9,20 sc ha<sup>-1</sup> em 1993, para 28,07 sc ha<sup>-1</sup> de café beneficiado em 2010 (CONAB, 2010). Segundo Mello (2010), em condições ótimas, o café conilon pode atingir um potencial produtivo de 214 sc/ha.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO CAFEIRO CONILON

A espécie *Coffea canephora* é perene, arbustiva, multicaule, com caule lenhoso, apresentando folhas lanceoladas, elípticas, de coloração verde e com nervuras bem salientes. As flores são brancas, e em grande número por inflorescência. A espécie é diplóide ( $2n = 22$  cromossomos) e alógama, com predominância de polinização cruzada, devido ao fato de suas flores apresentarem autoincompatibilidade gametofítica. Os frutos são esféricos e quando maduros são de coloração avermelhada, amarelada ou alaranjada (FAZUOLI, 1986).

Estudos que visam descrever o padrão de crescimento da cultura ou de parte dela, possibilitando comparações diversas, são de extrema importância. Para isso tem-se o acúmulo de massa de matéria seca como parâmetro eficiente (HUNT, 1990). Têm-se também, outros conceitos como o de Buchanan (2000), que correlaciona o crescimento das plantas com o acúmulo líquido de carbono e outros componentes orgânicos, sendo que o ganho de carbono é determinado pela disponibilidade local de luz, água e nutrientes.

A determinação de componentes de crescimento do café conilon pode auxiliar no gerenciamento de técnicas de produção e manejo da cultura, e também em diversas modalidades de estudo. Segundo Bragança (2005), o conilon possui característica de crescimento sigmoide, sendo que a taxa de crescimento absoluto possui ponto de máximo no 48º mês, decrescendo posteriormente. Para a taxa de crescimento relativo, verificou-se que a mesma decresce em função do tempo, com valor mínimo no 72º mês.

Para o acúmulo de matéria seca do café conilon, Bragança (2005) constatou que a massa de matéria seca total, a do tronco mais a total dos ramos, a do tronco mais a dos ramos ortotrópicos, a das raízes, a das folhas, a dos ramos plagiotrópicos e a dos frutos aumentaram progressivamente em função do tempo de estudo.

Conforme Ronchi e DaMatta (2007), a taxa de crescimento da parte aérea do cafeeiro possui variação sazonal, devido aos eventos climáticos como temperatura,



precipitação e irradiação. Essa influência climática mostra-se mais acentuada em plantas de café conilon, devido à faixa geográfica de cultivo da cultura.

Em cultivo não irrigado de café conilon, Silveira (1996) e Silveira e Carvalho (1996), relatam baixa taxa de crescimento dos ramos plagiotrópicos nos meses de junho a setembro (período de baixos índices pluviométricos). Já em cultivos irrigados, os ramos plagiotrópicos possuem taxa mínima de crescimento em julho, aumentando em agosto até outubro. O que leva a concluir que os índices de precipitação e de temperatura governam a taxa de crescimento dos ramos plagiotrópicos do café conilon, em épocas distintas.

Outro aspecto importante em uma espécie é o conhecimento do sistema radicular, devido à importância que esta informação pode proporcionar na tomada de decisão do manejo da cultura. Associado aos fatores edafoclimáticos é fundamental a adoção de práticas como calagem e a adubação (CAIRES; ROSELEM, 1998). É ressaltado por Ronchi e DaMatta (2007), que as informações sobre o desenvolvimento radicular do cafeeiro, principalmente para o conilon, são incipientes em relação a parte aérea, provavelmente devido à dificuldade de acessar as raízes.

Estudando o desenvolvimento radicular de plantas de café conilon, propagadas por sementes e por estacas, em quatro profundidades (0-10; 10-20; 20-30; 30-40 cm), Partelli et al. (2006) concluíram que, no geral, não há diferença no volume, no comprimento e na área superficial de raízes finas em função do aumento de profundidade do solo. Bragança (2005) relata que a taxa de crescimento absoluto do sistema radicular é máxima no 40º mês, e que a taxa de crescimento relativo declinou de 0,21 kg kg<sup>-1</sup> para 0,02 kg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, do 3º ao 72º mês após o plantio, caracterizando decréscimo de aproximadamente 90,5%.

### 2.3 CULTIVAR CLONAL “VITÓRIA INCAPER 8142”

A cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, lançada em 2004, é formada pelo agrupamento de 13 clones de características superiores. Selecionados de materiais

de alto padrão genético, que compõem o banco de germoplasma do programa de melhoramento genético do Incaper e, posteriormente avaliados em diferentes ambientes (FONSECA et al., 2004a).

Segundo Ferrão et al. (2004), a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142” sobressaiu em relação as demais por uma série de fatores, como alta produtividade, alto vigor vegetativo, alta estabilidade, tolerância à seca, tolerância à ferrugem, alta uniformidade de maturação dos frutos, alta porcentagem de grãos grandes e alto rendimento no beneficiamento.

Todavia o fator marcante da “Vitória Incaper 8142” são os níveis de produtividade alcançados pelos 13 clones, com média de 70,4 sacas de café conilon beneficiados por hectare em um período de oito safras. Na avaliação individual dos clones relatase produtividade média superior a 83 sc ha<sup>-1</sup> para os clones mais produtivos e 62 sc ha<sup>-1</sup> para os clones menos produtivos. Estes resultados superam em 21,05% as médias das demais cultivares recomendadas pelo Incaper (FERRÃO et al., 2004).

Para manutenção dessas características, recomenda-se o plantio dos 13 clones em linhas e em quantidades proporcionais, visando à estabilidade de produção ao longo dos anos. O estande de plantas deve permanecer entre 2.222 a 3.333 plantas ha<sup>-1</sup>, com número total de hastes entre 12.000 a 14.000 hastes ha<sup>-1</sup> (FONSECA et al., 2004a).

Apesar dos clones da cultivar apresentarem alto padrão de estabilidade fenotípica, é sabido que são geneticamente distintos, fato favorável, visto que a espécie *C. canephora* apresenta autoincompatibilidade gametofítica (CARVALHO, 1991).

## 2.4 A IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO PARA AS PLANTAS

O fósforo é um macronutriente essencial, requerido por todas as plantas para crescimento, desenvolvimento e reprodução (LAWLOR; CORNIC, 2002). O P é elemento estrutural primário dos fosfolípidios, que constituem as membranas, que

cercam células e organelas na planta e mais especificamente os cloroplastos, responsáveis pela atividade fotossintética dos vegetais (BIELESKI; FERGUSON, 1983).

A adição e/ou remoção de P nas células vegetais possui relação direta com eficiência enzimática, atividade conhecida como fosforilação e desfosforilação, tornando-se o fósforo um regulador funcional na célula das plantas. Sendo o ATP (trifosfato de adenosina), fonte de fósforo para tal regulador. Além desse papel, o ATP é também a principal fonte energética na célula. Esta molécula contém ligação de fosfato de alta capacidade energética, destinando-a a funções celulares (BLEVINS, 1999).

Assim, para que haja crescimento e desenvolvimento, satisfatório e eficiente, da planta, é necessário transporte de água e nutrientes pelo xilema. A absorção via xilema se dá por fluxo ascendente da água no tecido vascular, sendo que este fluxo é muito responsivo ao P, aumentando com níveis altos de nutrição fosfatada. A fosforilação e a desfosforilação também possui importância crítica na absorção de água e nutrientes pelas plantas, pois algumas proteínas formam os canais de passagem de seiva, e estes se movimentam em função dos compostos fosforilados. Esses canais de passagem controlam, entre outras funções, o transporte de água e minerais nas plantas, assim a deficiência de P interfere na absorção de alguns nutrientes (BLEVINS, 1999).

Têm-se também, a relação entre os níveis de P e os açúcares produzidos no processo de fotossíntese. No início desse processo os açúcares produzidos são, principalmente, triose fosfato e hexose fosfato. Dessa forma, existe uma dinâmica de permuta entre o fosfato e a triose fosfato nos cloroplastos, sendo que a não absorção e translocação do P pela planta até o cloroplasto impede a saída e locação da triose fosfato em outras partes da planta. Como resultado, a deficiência de P está associada com a restrição do crescimento e desenvolvimento das plantas (ASSIS, 2010).

Em relação às características fenotípicas, a nutrição adequada com P está correlacionada positivamente ao desenvolvimento radicular das plantas, mais

especificamente à massa radicular, à densidade das raízes e à área superficial do sistema radicular. Os níveis adequados de P no solo propiciam a ampliação da área de exploração das raízes no solo, aumentando a habilidade da planta em acessar e absorver o P, crescendo conseqüentemente, a eficiência de absorção de nutrientes e água pelas plantas (BAHL; PARISCHA, 1998).

Em conseqüência ao incremento do sistema radicular, algumas plantas respondem às baixas concentrações de P no solo, desenvolvendo rapidamente raízes laterais, caracterizadas por abundância de pêlos radiculares, o que potencializa a habilidade da planta em explorar o solo em busca de novas reservas de P (GRANT et al., 2001).

A importância do P na fase juvenil do cafeeiro está relacionada com a capacidade de aumentar significativamente o sistema radicular. As mudas apresentam desenvolvimento irregular e insatisfatório do sistema radicular, e também da parte aérea, quando cultivadas em substrato com deficiência de fósforo (DAMATTA et al., 2007).

Sob condições limitantes de P, o crescimento e o desenvolvimento da planta podem ser comprometidos. Nesse contexto a planta normalmente apresenta sintomas visuais, como folhas pequenas e com baixo ângulo de inclinação em relação ao sol, resultando em menores taxas fotossintéticas; menor diâmetro caulinar, que diminui a absorção de água e outros nutrientes; e baixo índice de brotação, que afeta o desenvolvimento fenológico da cultura, correlacionando-se também com menor capacidade de fotossintética (STAUFFER; SULEWSKI, 2003). A falta de P, no início do desenvolvimento, restringe o crescimento da cultura, limitando seriamente a fase reprodutiva da planta.

Segundo Amaral et al. (2000), o P aplicado no plantio do cafeeiro promove maior desenvolvimento inicial das plantas. Todavia, sob condições de carência os sintomas aparecem primeiramente em folhas mais velhas, das quais o elemento migra para as mais novas, devido à alta mobilidade do P na planta (MALAVOLTA, 2006). Nesse contexto, as folhas velhas apresentam manchas amareladas

desuniformes, que evoluem, para cores vermelho-arroxeadas, podendo progredir para todo o limbo foliar, ocasionando possível desfolha (MATIELLO et al., 2005).

Assim, é imprescindível conhecer as faixas críticas dos teores de P no tecido foliar. De acordo com Malavolta et al. (1993), para plantas em produção, teores de fósforo entre 0,16 e 0,19 dag kg<sup>-1</sup>, no 3º ou 4º pares de folhas, são considerados adequados. Já Mills et al. (1996) e Matiello (1997) determinam como sendo a faixa crítica os teores entre 0,12 e 0,20 dag kg<sup>-1</sup>. Em âmbito geral, Malavolta (1997) afirma que esta faixa estaria entre 0,15 e 0,20 dag kg<sup>-1</sup>, valores semelhantes aos referidos por Wilson (1985) e Reuter et al. (1988).

Na fase reprodutiva, a limitação dos baixos níveis de fósforo, na cultura do café está ligado, segundo Guerra et al. (2007), ao período de formação de novas gemas reprodutivas, sendo a floração e o início do enchimento de frutos. Para a formação e diferenciação de novas gemas reprodutivas, o mecanismo de duplicação celular necessita de adição e trocas de compostos à base de P (TAIZ; ZEIGER, 2004). A etapa de floração e enchimento de frutos está associada à translocação de carboidratos e demais substâncias para os ramos, assim, essa redistribuição de substâncias depende dos níveis de P nos tecidos foliares.

## 2.5 EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DAS PLANTAS

O conceito de eficiência nutricional é empregado para caracterizar a capacidade de absorver e utilizar nutrientes pelas espécies vegetais. Em outro prisma, esse conceito está relacionado à produção econômica por unidade de nutriente administrado à planta (BALIGAR; FAGERIA, 1998).

Todavia, a literatura apresenta diversas formas de quantificação da eficiência nutricional, podendo ocasionar imprecisões na mensuração desse conceito. O que justifica essa afirmativa, além das diversas formas possíveis de estudo, que em muitas vezes apresentam-se confusas, é o fato de que não há conformidade sobre

quais características devem ser mais utilizadas para o estudo da eficiência nutricional (CLARK; DUNCAN, 1991; AMARAL, 2002).

Por essa razão os mecanismos relacionados à aquisição e à utilização de nutrientes devem ser bem interpretados para que não se cometa equívocos no estudo nutricional (TOMAZ; AMARAL, 2008), pois, mesmo que dentro de uma espécie, onde os cultivares apresentem capacidades similares na absorção ou de acúmulo de um determinado nutriente, podem, ocorrer grandes diferenças entre eles na produção de biomassa, resultante de diferenças na eficiência nutricional (EBERHARDT, 1999).

Essas diferenças, segundo Marschner (1995), são determinadas geneticamente, e são governadas por várias características, as quais estão relacionadas à absorção, ao transporte e à utilização dos nutrientes pelos vegetais.

A morfologia e a fisiologia da planta, relacionadas à absorção de nutrientes, são a base explicativa das diferenças entre os genótipos quanto à nutrição mineral. Os aspectos morfológicos estão basicamente relacionados ao desenvolvimento do sistema radicular, ponderando-se as seguintes variáveis: diâmetro e comprimento de raiz, formação de pêlos radiculares e diversas relações raiz/parte aérea. Os aspectos fisiológicos incluem os fatores que governam a cinética de absorção de nutrientes pela planta, listando-se a taxa máxima de influxo líquido -  $I_{max}$ , a constante de Michaelis-Menten -  $K_m$  e a concentração mínima abaixo da qual não mais ocorre influxo líquido -  $C_{min}$  (GERLOFF; GABELMAN, 1983).

Em aspecto geral, Fageria (1998) relata que diversos fatores podem influenciar a eficiência nutricional de uma cultura, sendo estes fatores os mesmos que afetam a produtividade das plantas. Estes estão ligados às condições ambientais, como: o clima (temperatura, radiação solar e precipitação), o solo (pH do solo, teor de matéria orgânica, toxidez de alumínio, deficiência de fósforo, deficiência de cálcio e magnésio e salinidade) e a planta (variabilidade genética, crescimento das raízes, micorrizas, fixação biológica de nitrogênio, alelopatia, doenças, pragas e plantas invasoras).

### 2.5.1 Eficiência de absorção

A eficiência de absorção tem por objetivo quantificar a capacidade que o genótipo possui em retirar nutrientes do solo, em relação à aptidão que o mesmo possui em se desenvolver o sistema radicular. Para isso deve-se relacionar o total de nutriente absorvido pela planta com a matéria seca da raiz (SWIADER et al., 1994) ou comprimento do sistema radicular (BALIGAR; FAGERIA, 1998).

Do ponto de vista nutricional, Furlani et al. (1984) afirmam que um genótipo apresenta eficiência de absorção, e também de uso, quando cresce e produz em condições de baixo suprimento de nutrientes pelo solo, e assim, comparativamente a outros genótipos, apresenta maior capacidade de absorver os nutrientes necessários e utilizá-los na produção de biomassa.

Sabe-se, que os mecanismos que governam a eficiência de absorção, diferem entre as espécies, já que algumas apresentam sistema radicular extenso, outras apresentam elevada taxa de absorção por unidade de comprimento de raiz (FOHSE et al., 1998).

Assim, diversos fatores podem influenciar a eficiência de absorção de nutrientes pelos vegetais. Sendo que basicamente esses estão ligados à planta e ao solo. A adequada geometria e a distribuição do sistema radicular levarão a planta a uma maior absorção de água e nutrientes, devido a possibilidade de exploração de um maior volume de solo (FAGERIA, 1998).

Outro importante fator é a variabilidade genética da espécie, a qual se refere à capacidade herdada de uma espécie de apresentar diferença de crescimento ou produção em comparação à espécie ou cultivar, sob condições de ambiente ideais ou adversas (FAGERIA, 1989). Foi evidenciado o comportamento diferencial entre espécies ou cultivares da mesma espécie na absorção, e também utilização de nitrogênio (FAGERIA; BARBOSA FILHO, 1982), fósforo (MARTINEZ et al., 1993) e potássio (WOODEND et al., 1987).

Outros fatores relacionados à planta também se mostram pautáveis, como a característica de modificar quimicamente a rizosfera e exsudar substâncias capazes de solubilizar os nutrientes, a capacidade de tolerar a condição de baixo pH ou elevado teor de alumínio trocável no solo e, principalmente, a possibilidade de apresentarem taxa de absorção mais rápida em condições de baixas concentrações de nutrientes (SOUZA, 1994).

Características relacionadas ao solo, também influenciam a eficiência de absorção de nutrientes pela planta. Têm-se o pH do solo, que governa a disponibilidade de nutrientes (FAGERIA et al., 1990); o teor de matéria orgânica, responsável pelo fator tempo-liberação de nutrientes devido ao efeito dos microorganismos; e a toxidez de alumínio, pois o excesso de alumínio inibe a formação normal da raiz, interfere nas reações enzimáticas e na absorção de nutrientes (FOY, 1992).

Dessa forma, considerando a influência que o solo e a planta desempenham na absorção de nutrientes, alguns modelos matemáticos foram propostos para descrever a absorção de nutrientes por plantas, levando em consideração o tamanho e, principalmente, a morfologia do sistema radicular, a cinética de absorção de nutrientes pelas raízes e o fornecimento de nutrientes para as raízes por difusão e fluxo em massa (CASTELLS, 1985; RUIZ, 1985; TEO et al., 1995).

Como já foi relatado, pode-se também, utilizar no estudo de eficiência de absorção parâmetros cinéticos de caráter iônico, como a velocidade máxima de absorção ( $V_{max}$ ) que indica a quantidade de íons absorvidos quando todos os sítios do carregador estiverem saturados; a constante de Michaelis-Menten ( $K_m$ ) que corresponde à concentração do íon em solução que garante metade da velocidade máxima de absorção; e a concentração mínima externa ( $C_{min}$ ), que representa a concentração mínima externa em que o influxo é igual ao efluxo. Esses parâmetros são utilizados para comparações entre espécies e variedades, por apresentarem valores distintos para as mesmas (FURTTINI NETO, 1994).

O que torna usual a utilização desses parâmetros é o fato de as células das raízes, no processo de absorção de nutrientes, apresentarem fatores cinéticos de saturação, que estão em sintonia com o controle da taxa de absorção, como, por



exemplo, o número de sítios de ligações de íons (carregadores e permeáveis), a capacidade de efluxo da bomba de prótons na membrana plasmática e no tonoplasto (MARSCHNER, 1995).

### **2.5.2 Eficiência de translocação**

Uma planta eficiente em translocar nutrientes deve possuir uma alta relação entre o nutriente em estudo presente na parte aérea quando comparado ao nutriente total presente na planta. Dessa forma Li et al. (1991), caracterizam um genótipo como eficiente quando o mesmo possui alta capacidade de translocação e também de retranslocação.

A eficiência de translocação está amplamente ligada à capacidade de absorção e movimentação dos íons através das raízes e, também, a capacidade do sistema de absorção liberar os íons para os vasos xilemáticos (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Esse mecanismo, denominado de 'sistema' de absorção-liberação-movimentação, pode ser a base das diferenças genótípicas na absorção e principalmente na translocação dos nutrientes dentro das espécies vegetais. Dessa forma, o estudo da nutrição mineral de uma mesma espécie está totalmente ligado aos mecanismos que governam as características citadas acima (GERLOFF; GABELMAN, 1983).

Para que sejam eficientes os processos de absorção de íons e de carregamento dos mesmos via xilema, são requeridos carboidratos como fonte de energia. Assim, pode-se observar altas concentrações de sacarose no sistema radicular de plantas eficientes em absorver e translocar P, mesmo quando submetidas à condições de cultivo com baixos níveis desse nutriente (MOURA, 1999).

A eficiência de translocação de P para a parte aérea condiciona o suprimento do nutriente aos sítios fotossinteticamente ativos da planta (TAIZ; ZEIGER, 2006). Segundo Abichequer e Bohnen (1998), a translocação é influenciada pelo estado nutricional das células da raiz (plantas deficientes retêm mais P na raiz) e principalmente pela taxa de transpiração.

Outra forma de identificar um genótipo eficiente é a análise da capacidade de retranslocar o nutriente no interior da planta. Todavia, essa capacidade possui uma correlação significativa com a especificidade e também com a movimentação de cada nutriente, nos órgãos da planta (MALAVOLTA et al., 1997).

O processo de retranslocação de nutrientes, no ciclo bioquímico ou ciclagem interna, envolve a saída de nutrientes de tecidos velhos para tecidos novos da planta, principalmente os de maior mobilidade, como o nitrogênio, o fósforo, o potássio e o magnésio. Essa alocação interna do nutriente e sua utilização no metabolismo e crescimento caracterizam-se como essencial para o metabolismo da planta (GERLOFF; GABELMAN, 1983).

### **2.5.3 Eficiência de uso**

A definição de eficiência de uso é facilmente entendida quando se quantifica a produção de biomassa por unidade do nutriente aplicado. Pela eficiência de uso podem ser mensurados dois parâmetros: a “eficiência de aquisição” e a “eficiência de utilização”. Na primeira ressalta-se a capacidade da planta em adquirir o nutriente fornecido, sendo que a base de cálculo corresponde à relação do nutriente total da planta pela unidade de nutriente fornecida. Já a eficiência de utilização estuda a capacidade, da planta, de produzir matéria seca por unidade do nutriente absorvido, ou seja, a relação entre matéria seca total produzida e quantidade de nutriente na planta (LI et al., 1991).

Segundo Siddiqi e Glass, (1981), ambas as eficiências de uso de nutrientes, aquisição e utilização, possuem grau semelhante de importância no estudo nutricional das plantas.

Pode-se relatar que, no geral, a eficiência de utilização de nutriente tem sido conceituada, e também utilizada, como a relação entre a biomassa e a quantidade total de nutriente na biomassa (SPEAR et al., 1978). Como já descrito, existe

discordâncias conceituais e formas diferentes de se quantificar a eficiência nutricional, seja de absorção, translocação e uso.

Uma dessas discordâncias apresenta a eficiência de utilização de nutrientes quantificada com base na concentração do nutriente na planta, sendo que este conceito deve ser aceito apenas quando a concentração do nutriente estiver acima do nível exigido pela cultura (AMARAL, 2002). Segundo Siddiqi e Glass, (1981) essa mensuração equivale à razão entre o quadrado da biomassa e o conteúdo de nutriente.

Em outra holística, a eficiência de utilização de nutrientes é apresentada como a capacidade do genótipo produzir uma quantidade máxima de biomassa seca por unidade de nutriente aplicado (SWIADER et al., 1994). Isto se deve, devido a conceituação de Gerloff e Gabelman (1983), relatando que a eficiência de uso e a capacidade da planta de redistribuir e reutilizar os elementos minerais de um órgão mais velho e senescente.

Com uma idéia fundamentada economicamente, baseada em índices produtivos, Lauchli (1987) conceitua a eficiência de uso de nutrientes como a relação entre a produção e a concentração de nutrientes no tecido. Isso pode em certas condições ser um equívoco, pois é sabido que em níveis adequados de nutrientes existe uma tendência de que genótipos não eficientes produzam aproximadamente o mesmo que os eficientes (GERLOFF; GABELMAN, 1976).

Furlani et al. (1986) ponderam que além de considerar a eficiência de uso como matéria seca total produzida por unidade do nutriente removido, como complemento desta avaliação, sob determinadas condições ambientais, deve-se também considerar a quantidade total absorvida e distribuída do nutriente na planta e o seu desenvolvimento vegetativo.

O que se pode concluir é que existem formas diferentes para estudar a eficiência de um genótipo em relação a sua capacidade de utilização do nutriente, desta forma, o primordial é que o pesquisador saiba as características de interesse da cultura e também os níveis nutricionais ideais dos genótipos.

#### 2.5.4 Eficiência e resposta

A eficiência e a responsividade do genótipo são quantificadas por intermédio de um parâmetro, denominado  $\alpha$  (alfa), caracterizado por ser um estimador da eficiência de utilização de nutrientes que considera o aumento de produção de biomassa aérea devido ao fornecimento de nutrientes às plantas. Esse parâmetro, além de classificar genótipos em “eficientes” e “ineficientes”, os agrupam em “responsivos” e “não responsivos”, de acordo com o grau de resposta da planta ao nutriente (CIAT, 1978).

Segundo Ciat (1978), para cálculo do parâmetro  $\alpha$ , deve-se dividir a diferença de produção de biomassa seca da parte aérea do genótipo quando cultivados em níveis alto e baixo do nutriente estudado, pela diferença de suprimento ao solo nos níveis alto e baixo do nutriente estudado presente no solo, antes do estudo.

A estimativa do parâmetro  $\alpha$  possibilita classificar os genótipos em 4 grupos distintos, dispondo-os em quadrantes, da seguinte maneira: eficientes e responsivos (ER); eficientes e não-responsivos (ENR); não-eficientes e responsivos (NER); e não-eficientes e não-responsivos (NENR), de acordo com seus índices de eficiência nutricional e responsividade quanto à aplicação desse nutriente.

Para dimensionar os quadrantes devem-se alocar no eixo das abscissas, em ordem crescente, os valores encontrados para o parâmetro  $\alpha$ , e no eixo das ordenadas, também em ordem crescente, os valores de biomassa seca da parte aérea encontrados pela influência da aplicação do nível baixo de nutriente. Ressalta-se que os quadrantes não possuem forma fixa, o que destinará sua divisão são as médias dos valores do parâmetro  $\alpha$  e de biomassa seca da parte aérea na dose baixa de nutriente. Essas médias serão fixadas gerando a interseção do “eixo x” e do “eixo y”. Fazendo assim criam-se os quadrantes e a qualificação da eficiência e responsividade do genótipo em estudo, como foi apresentado por Lana et al. (2006).

Depois do conceito proposto por Ciat (1978) de avaliar, além da eficiência, a resposta que os genótipos apresentam ao fornecimento de determinado nutriente, surgiram derivações do conceito, sendo estas basicamente adaptadas ao genótipo e

a condição de estudo, destacando-se Fox (1978), Blair (1993) e Fageria e Baligar (1993).

## 2.3 EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DO CAFEIEIRO

Embora a literatura seja vasta em relação às informações sobre a nutrição mineral do cafeeiro, são poucos os trabalhos em relação à eficiência nutricional da cultura.

Em estudo comparativo entre cultivares de café arábica, Matiello (1991) constatou que o Catuaí é menos exigente em nutrientes quando comparado ao Mundo Novo, e que esta cultivar apresenta maior exigência em magnésio e zinco e menor em boro do que a cultivar Catuaí. Também estudando as exigências nutricionais dessas duas cultivares, Correa et al. (1983), concluíram que o Catuaí é menos eficiente na utilização de nitrogênio e enxofre, e mais eficiente na utilização de cobre, em relação ao Mundo Novo.

Avaliando a eficiência nutricional de plantas de café arábica ao nitrogênio e ao potássio, Pereira (1999) discriminou, com base na eficiência de utilização de N e K, algumas linhagens de cafeeiros arábicos eficientes.

Estudando a eficiência na produção de frutos e alocação relativa de nutrientes em quatro cultivares de café arábica (Acaia IAC 474 19, Icatu Amarelo IAC 3282, Rubi MG 1192 e Catuaí Vermelho IAC 99) em três níveis de adubação, Amaral et al. (2010) relataram que a eficiência de utilização de nutrientes para produção de frutos foi diferente entre os cultivares somente nos níveis de adubação normal e alto (1,4 vezes a recomendação feita para o nível normal). Os autores também observaram uma tendência de superioridade do Rubi MG 1192 e do Catuaí Vermelho IAC 99, principalmente no maior nível de adubação. Segundo os mesmos, essa melhor utilização de nutrientes para produção de frutos pode explicar, o melhor desempenho desses cultivares quanto à produtividade nos referidos níveis de adubação.

Para a alocação relativa dos nutrientes nas partes vegetativas dos cultivares de cafeeiro estudado, Amaral et al. (2010) concluíram que não houve diferenças entre os cultivares na alocação relativa de nutrientes no caule. E em relação aos níveis de adubação, concluíram que a alocação de N, P, K e Mg no caule foi maior no nível baixo de adubação (0,4 vezes a recomendação feita para o nível normal). Para os ramos, verificaram-se diferenças entre cultivares na alocação relativa de nutrientes apenas no nível baixo de fertilização para os nutrientes P e Ca e no nível normal para o N.

Relatos de estudos de eficiência nutricional de plantas da espécie *C. canephora* são escassos na literatura. Destaca-se o estudo de Reis Jr. e Martinez (2002), onde apresentam que o conilon não suplanta a eficiência de absorção e translocação de fósforo e zinco, quando comparado ao café arábica (variedade Catuaí), porém dentro da comparação, o conilon mostra-se mais eficiente na utilização, de P e Zn.

Por ser pouco eficiente na absorção e utilização de zinco, a eficiência nutricional do cafeeiro foi amplamente investigada (SOUZA et al., 2001; REIS JR.; MARTINEZ, 2002; ZABINI, 2004). Na comparação entre três variedades, Souza et al. (2001) constataram que a variedade Catuaí foi mais eficiente na utilização de zinco que a Icatu, e esta mais eficiente que a Mundo Novo, quando cultivadas em vasos com solo sob doses crescentes de zinco.

Com intuito de estudar a seleção, a caracterização e a tolerância diferencial à deficiência de zinco de progênies de café arábica, por intermédios de parâmetros de eficiência nutricional, Zabini (2004) analisou quatro progênies de café arábica quanto à eficiência de zinco. A progênie UFV 4066-5 mostrou-se pouco exigente e eficiente em baixo suprimento de zinco; a UFV 4066-3 foi exigente e eficiente em alto suprimento de zinco; a progênie Caturra Vermelho 4 foi intermediária quanto à exigência e eficiência nutricional para zinco; e a IAC 4376-5 apresentou-se pouco exigente e pouco eficiente nutricionalmente para zinco. O que leva a concluir que existe variabilidade na absorção deste micronutriente entre progênies de café.

A eficiência nutricional pode, também, ser alterada sob a influência de técnicas de cultivo empregadas na cafeicultura, baseado neste fato Tomaz et al. (2003) e Tomaz

et al. (2009) investigaram a eficiência nutricional de plantas de café arábica enxertadas. Nesse estudo concluiu-se que a eficiência nutricional quanto a utilização de N, P, S, Ca, e Mg pelas plantas de cafeeiro variou em função da combinação enxerto/porta-enxerto. Segundo Dominghetti et al. (2010), maiores índices de translocação dos nutrientes, à exceção do S, são observados em mudas de *Coffea arabica* L. enxertadas sob mudas *Coffea canephora*, o que é confirmado também por Tomaz et al. (2009).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E COLETA DO SOLO

A coleta da amostra de solo foi feita na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, situada as margens da rodovia ES 482, próxima ao Km 77, no município de Alegre - ES. O local de coleta foi caracterizado como de relevo forte ondulado a montanhoso, com cobertura vegetal de pastagem de *Brachiaria* sp. A amostra de solo foi retirada a uma profundidade de 10-20 cm.

O município de Alegre, localizado na região Sul do Estado do Espírito Santo abrange uma área de aproximadamente 778,6 km<sup>2</sup>, e está situado a uma altitude média de 250 m, com coordenadas geográficas de 20° 45`S e 41° 30`W. O clima predominante é quente e úmido no verão com inverno seco, segundo o sistema Köppen de classificação, com precipitação anual média de 1.200 mm e temperatura média anual de 23 °C.

#### 3.2 PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Após coletado, o solo foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Foram retiradas subamostras representativas e encaminhadas ao Laboratório de Análises de fertilizantes, águas, minérios, resíduos, solos e plantas (LAFARSOL) em Jerônimo Monteiro-ES, para caracterização física e química (Tabela 1). O solo foi caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa.



**Tabela 1** – Atributos físicos e químicos do solo utilizado como substrato

Atributos	LVAarg
Areia Grossa (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	395,30
Areia Fina (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	157,70
Silte (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	43,60
Argila (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	403,40
Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> ) <sup>2</sup>	1,20
pH <sup>3</sup>	5,40
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>4</sup>	2,00
K (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>5</sup>	193,00
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>6</sup>	1,70
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>6</sup>	1,10
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>7</sup>	0,00
H+Al (cmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>8</sup>	2,10
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>9</sup>	19,10
Soma de Bases (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,37
CTC potencial (cmolc dm <sup>-3</sup> )	5,45
CTC efetiva (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,37
Saturação por bases (%)	61,80
Saturação por alumínio (%)	0,00

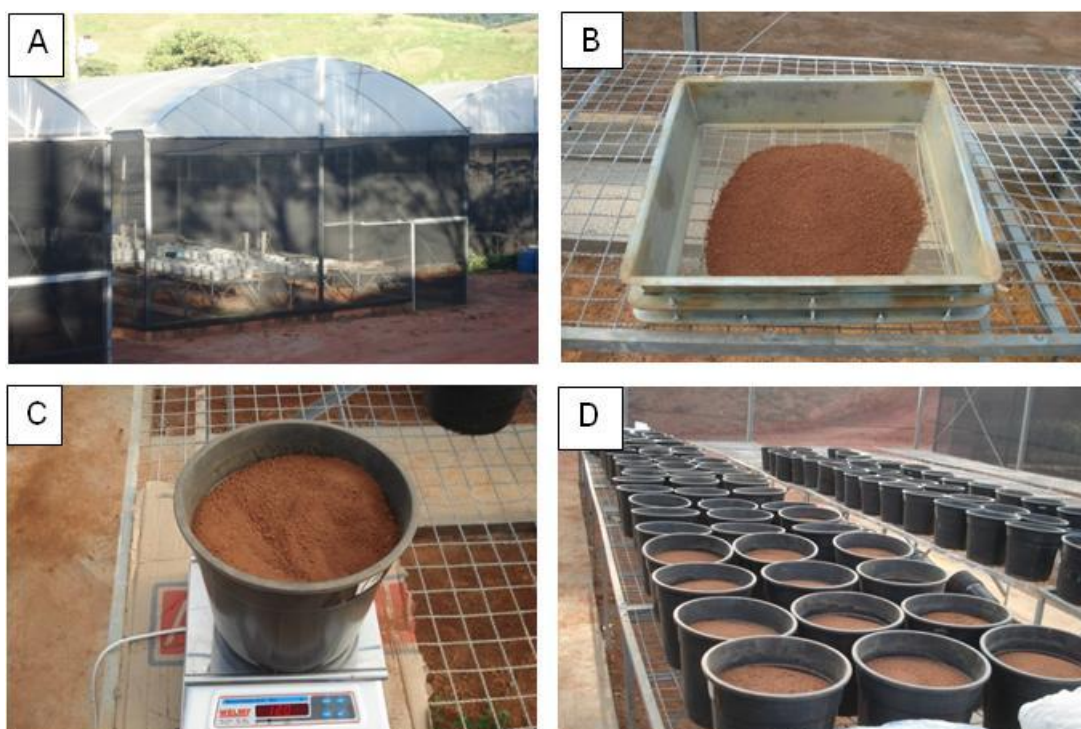
<sup>1</sup>: Método da pipeta (agitação lenta); <sup>2</sup>: Método da proveta; <sup>3</sup>: pH em água (relação 1:2,5); <sup>4</sup>: Extraído por Mehlich 1 e determinado por colorimetria; <sup>5</sup>: Extraído por Mehlich 1 e determinado por fotometria de chama; <sup>6</sup>: Extraído com cloreto de potássio 1 mol L<sup>-1</sup> e determinado por titulometria; <sup>7</sup>: Extraído com cloreto de potássio 1 mol L<sup>-1</sup> e determinado por espectrofotômetro de absorção atômica; <sup>8</sup>: Extraído com acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 7,0 e determinado por titulação; e <sup>9</sup>: Extraído por oxidação, via úmida, com dicromato de potássio em meio sulfúrico e determinado por titulação (EMBRAPA, 1997).

### 3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi montado em esquema fatorial 13x4, com três repetições, sendo os fatores: 13 clones que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142” (CV-01, CV-02, CV-03, CV-04, CV-05, CV-06, CV-07, CV-08, CV-09, CV-10, CV-11, CV-12 e CV-13) e 4 níveis de adubação fosfatada (0%, 50%, 100% e 150% do recomendado de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), em um delineamento inteiramente casualizado (DIC). A recomendação foi de acordo com o proposto por Lani et al. (2007). A parcela experimental foi constituída de uma muda de cada genótipo por vaso.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre – ES (Figura 1 A).

Após a caracterização, todo o volume de solo foi seco à sombra e homogeneizado em peneira de malha 2,0 mm. Posteriormente, foi separado em amostras de volume de 10 dm<sup>3</sup>, por meio de pesagem em balança de precisão, e acondicionado em vasos plásticos selados, com capacidade de 14 litros (Figura 1 B, C e D).



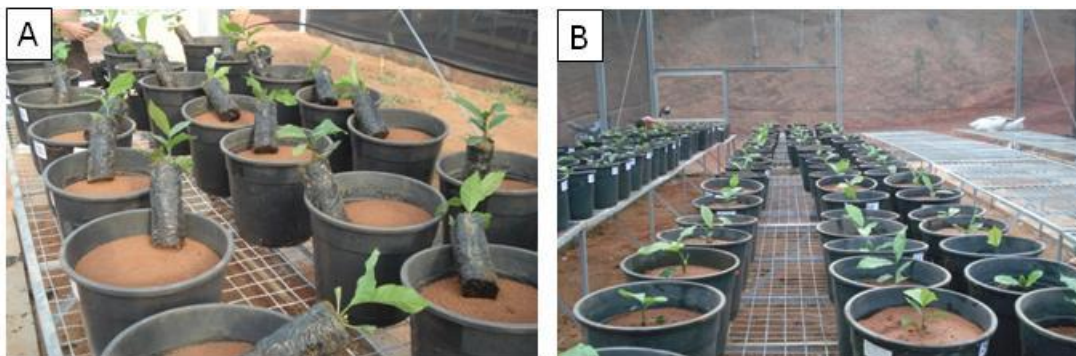
**Figura 1** – Vista da casa de vegetação (A), homogeneização do solo (B), pesagem em balança de precisão (C) e acondicionamento em vasos plásticos selados (D).

Os níveis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, correspondentes a cada parcela experimental, foram aplicados na forma de sais p.a. (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), diluídos em água destilada e misturados totalmente ao volume de solo no vaso. Os níveis aplicados nas parcelas, referentes a 0%, 50%, 100% e 150% do recomendado de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para a cultura, segundo Lani et al. (2007), consistiram de 0; 3,15; 6,30 e 9,45 g vaso<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

A quantidade de potássio fornecida a todas as parcelas foi de 5,20 g vaso<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Após a aplicação dos níveis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, efetuou-se o plantio das mudas de café conilon (Figura 2), que foram fornecidas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência

Técnica e Extensão Rural – INCAPER, produzidas na Fazenda Experimental de Marilândia-ES.



**Figura 2** – Vista da distribuição das mudas referente a cada tratamento (A) e mudas transplantadas no vaso (B).

A adubação nitrogenada, com  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$  p.a., foi realizada segundo Lani et al. (2007). O nitrogênio diluído em água destilada foi aplicado em superfície, de forma circular, distando 10 cm do coleto da planta. A adubação (17,3 g de nitrogênio por vaso) foi dividida em cinco aplicações, sendo no dia do plantio e depois periodicamente aos 30, 60, 90 e 120 dias após o plantio.

A irrigação foi realizada diariamente com água filtrada, mantendo-se umidade constante para todas as unidades experimentais através de pesagens periódicas. O manejo fitossanitário e de plantas indesejáveis foram realizados manualmente, quando necessário.

### 3.4 AVALIAÇÕES

Aos 150 dias de cultivo, efetuou-se a mensuração das variáveis de crescimento vegetativo, realizando avaliações de número de folhas (NF), altura de planta (AL), diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF).

O número de folhas foi obtido por contagem; a altura de planta foi obtida por meio de uma régua graduada, medindo-se do colo até o meristema apical do ramo ortotrópico, e expressando-se o valor em centímetros; e o diâmetro do caule foi obtido por meio de um paquímetro de precisão, medindo-se a região do colo, sendo expresso em milímetros.

Para a estimativa da área foliar utilizou-se o método de Barros et al. (1973), confirmado por Gomide et al. (1977), no qual se obteve um retângulo circunscrito aos limbos foliares, ajustados pela equação  $Y = 0,6670 * X$ , onde Y representa a área foliar, e X a área do retângulo circunscrito ao limbo foliar, obtido pelo produto entre o maior comprimento e a maior largura da folha, desde que estas não possuam comprimento inferior a 2,5 centímetros.

Aos 150 dias de cultivo, procedeu-se o corte das plantas, separando o caule e os ramos das folhas, sendo essas partes acondicionadas separadamente, em sacolas de papel e levadas à estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C, durante 72 horas, para a determinação da produção de massa de matéria seca de parte aérea (MSPA).

As raízes foram removidas dos vasos, lavadas, pesadas, secas à sombra e acondicionadas em sacos de papel, que foram colocados em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C até peso constante, para a determinação da produção de matéria seca de raízes (MSR).

Para a determinação da MSPA e da MSR o material foi pesado em balança analítica de precisão, obtendo-se o resultado em gramas por planta. Sendo a MSPA, a soma do peso das massas de matérias secas da folha, do caule e ramos.

A massa de matéria seca da raiz e da parte aérea dos clones foi triturada, separadamente, em moinho Wiley, provido de peneira de aço inoxidável com malhas de 0,42 mm e acondicionada em sacos de papel para análises químicas dos teores de nutrientes (SILVA, 1999).

As determinações dos teores de P da raiz, do caule mais o ramo e da folha, das unidades experimentais, foram feitas de acordo com o método descrito pela EMBRAPA (1997).

A partir da massa de matéria seca e dos conteúdos de P na planta, foram calculados os índices abaixo descritos.

#### **Equação 1 – Eficiência de absorção**

*Eficiência de absorção* ( $\text{mg g}^{-1}$ ) =  $\frac{\text{conteúdo de nutriente na planta (mg)}}{\text{massa de matéria seca de raiz (g)}}$ , (SWIADER et al., 1994);

#### **Equação 2 – Eficiência de translocação**

*Eficiência de translocação* (%) =  $\frac{\text{conteúdo do nutriente na parte aérea (g)}}{\text{conteúdo do nutriente na planta (g)}} * 100$ , (LI et al., 1991);

#### **Equação 3 – Eficiência de utilização**

*Eficiência de utilização* ( $\text{g}^2 \text{mg}^{-1}$ ) =  $\frac{[\text{massa de matéria seca total (g)}]^2}{\text{conteúdo de nutriente na planta (g)}}$ , (SIDDIQI; GLASS, 1981);

Foi calculado também, o parâmetro  $\alpha$  (alfa) proposto por (FOX, 1978), com intuito de classificar os clones quanto à eficiência e resposta à adubação fosfatada, conforme a equação 4.

#### **Equação 4 – Parâmetro $\alpha$**

$$\text{Parâmetro } \alpha = \frac{(\text{MSPA no nível } 150\% - \text{MSPA no nível } 0\%)}{P2 - P1}, \text{ (FOX, 1978).}$$

Para o cálculo foram utilizados os valores médios de MSPA no nível testemunha e no nível de 150% de adubação fosfatada. Para os valores de P1 e P2 foi utilizado, respectivamente, a quantidade de  $P_2O_5$  aplicado no solo referente ao nível 0% (testemunha) e ao nível de 150% de  $P_2O_5$  recomendado (9,45 g vaso<sup>-1</sup>). Os resultados do parâmetro  $\alpha$  de cada clone foram dispostos em quadrantes, junto dos valores médios de MSPA, referente ao nível testemunha. Os genótipos foram então classificados em quatro grupos, sendo:

ER - clones eficientes e responsivos, que resultam em alta produção em baixa concentração de P no solo e resposta à adubação fosfatada;

ENR - clones eficientes e não responsivos, que resultam em alta produção em baixa concentração de P no solo e baixa resposta à adubação fosfatada;

NER - clones não eficientes e responsivos, que apresentam baixa produção em baixa concentração de P no solo e resposta à adubação fosfatada;

NENR - clones não eficientes e não responsivos, que apresentam baixa produção em baixa concentração de P no solo e baixa resposta à adubação fosfatada.

### 3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ), utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008) e, quando significativos, foi utilizado o teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ) para os fatores qualitativos e a análise de regressão para os fatores quantitativos. Os modelos de regressão foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade e pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CLONES DE CAFÉ CONILON INFLUENCIADOS POR NÍVEIS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA

#### 4.1.1 Variáveis de crescimento vegetativo

Para os valores das variáveis de crescimento vegetativo, de número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF) de clones de café conilon, observa-se, pela análise de variância, efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) para a interação entre fatores clones e os níveis de adubação fosfatada (Apêndice A).

No geral, para todas as variáveis de crescimento estudadas, os treze clones de café conilon apresentam comportamento diferenciado, dentro de cada nível de adubação fosfatada (Tabelas 2, 3, 4 e 5).

O estudo dos valores médios de NF dos clones de café conilon apresenta a formação de 7 grupos de médias no nível de 0% de adubação fosfatada, 8 grupos distintos no nível de 50% e 6 grupos distintos nos níveis de 100 e 150% da recomendação de  $P_2O_5$  para a cultura (Tabela 2).

**Tabela 2** – Valores médios de número de folhas - NF de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura)

Clone	Nível de Adubação Fosfatada (%)			
	0	50	100	150
CV-01	54,67 a	69,33 b	75,00 c	81,33 d
CV-02	14,00 g	38,00 g	65,33 e	72,67 f
CV-03	34,67 e	48,00 e	62,00 f	72,00 f
CV-04	39,00 d	38,67 g	66,33 e	72,67 f
CV-05	19,33 f	35,00 h	59,00 f	75,00 f
CV-06	40,00 d	68,00 b	78,67 b	91,33 b
CV-07	40,00 d	52,00 d	70,67 d	77,00 e
CV-08	51,00 b	55,00 d	78,00 b	86,00 c
CV-09	55,00 a	64,67 c	70,33 d	76,67 e
CV-10	32,00 e	42,00 f	80,00 a	82,67 d
CV-11	34,00 e	45,67 e	70,00 d	78,00 e
CV-12	41,00 d	45,00 e	81,33 a	97,33 a
CV-13	44,67 c	72,00 a	83,33 a	86,67 c

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).



No nível 0% de adubação fosfatada, os clones CV-01, CV-09, formam o grupo de maior média de NF. O segundo e o terceiro grupo aloca respectivamente os clones CV-08 e CV-13. O quarto grupo é constituído pelos clones CV-04, CV-06, CV-07 e CV-12. O quinto grupo constitui-se dos clones CV-03, CV-10 e CV-11. O clone CV-05 forma o sexto grupo. O grupo de médias de NF estatisticamente inferior aos demais é composto pelo clone CV-02 (Tabela 2).

Para o nível de 50% de  $P_2O_5$  recomendado, o clone CV-13 constitui-se o grupo estatisticamente superior para os valores médios de NF. O segundo grupo é formado por CV-01 e CV-06; o terceiro grupo é formado apenas pelo CV-09; o quarto grupo é constituído pelo CV-07 e CV-08; o quinto grupo formado pelos clones CV-03, CV-11 e CV-12; o sexto grupo pelo clone CV-10; o sétimo grupo aloca os clones CV-02 e CV-04. O grupo de médias inferiores de NF é composto pelo clone CV-05 (Tabela 2)

Verifica-se que o nível de 100%, da recomendação de  $P_2O_5$  aloca-se ao grupo de médias superiores de NF, os clones CV-10, CV-12 e CV-13. O grupo dois é formado pelos clones CV-06 e CV-08; o CV-01 forma unitariamente o grupo três; o grupo quatro constitui-se dos clones CV-07, CV-09 e CV-11; o grupo cinco é constituído pelos clones CV-02 e CV-04. O grupo inferior de médias de NF aloca os clones CV-03 e CV-05 (Tabela 2).

No nível de 150% da recomendação de  $P_2O_5$ , verifica-se que o clone CV-12 e o CV-06 formam, respectivamente, o primeiro e o segundo grupo de médias distintas de NF. O terceiro grupo distinto é formado pelos clones CV-08 e CV-13. O quarto grupo aloca os clones CV-01 e CV-10 e os clones CV-07, CV-09 e CV-11 constituem o quinto grupo. O grupo inferior de médias de NF é composto dos clones CV-02, CV-03, CV-04 e CV-05 (Tabela 2).

Nota-se, para os valores médios de AP dos clones de café conilon, a formação de 5 grupos no nível 0% de adubação fosfatada, 4 grupos no nível de 50%, 3 grupos ao nível de 100% e 7 grupos significativamente distintos ao nível de 150% de recomendação de  $P_2O_5$  (Tabela 3).

**Tabela 3** – Valores médios de altura de plantas - AP (cm) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendado para a cultura)

Clone	Nível de Adubação Fosfatada (%)			
	0	50	100	150
CV-01	30,00 b	38,00 b	45,00 a	62,67 a
CV-02	28,00 c	31,67 d	40,33 b	48,67 d
CV-03	32,00 b	39,00 b	37,33 c	39,00 f
CV-04	34,00 b	38,00 b	38,00 c	57,00 b
CV-05	15,67 e	37,00 b	40,33 b	53,67 c
CV-06	22,33 d	35,00 c	40,67 b	44,67 d
CV-07	31,00 b	36,00 b	43,33 a	53,33 c
CV-08	31,67 b	41,00 a	44,33 a	51,33 c
CV-09	40,33 a	44,00 a	45,33 a	53,67 c
CV-10	26,00 c	33,67 c	36,67 c	48,33 d
CV-11	27,67 c	33,33 c	38,67 c	47,33 d
CV-12	24,00 d	30,00 d	37,00 c	42,67 e
CV-13	26,00 c	31,00 d	39,67 b	46,00 d

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Nota-se, para o nível 0% de adubação fosfatada, que o clone CV-09 obteve a maior altura, figurando assim o grupo de médias superiores. O segundo grupo é composto pelos clones CV-01, CV-03, CV-04, CV-07 e CV-08. Os clones CV-02, CV-10, CV-11 e CV-13 alocam-se no terceiro grupo de médias de AP. O quarto grupo é composto pelos clones CV-06 e CV-12. O clone CV-05 constitui o grupo inferior de médias de AP (Tabela 3).

Vê-se, no nível de 50% da adubação fosfatada recomendada, que os clones CV-08 e CV-09 constituem o grupo significativamente superior para AP. O segundo grupo é composto pelos clones CV-01, CV-03, CV-04, CV-05 e CV-07. No terceiro grupo alocam-se os clones CV-06, CV-10 e CV-11. As médias inferiores de AP são obtidas pelos clones CV-02, CV-12 e CV-13, formando assim o grupo inferior aos demais (Tabela 3).

Verifica-se, no nível de 100% da recomendação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, que os clones CV-01, CV-07, CV-08 e CV-09, apresentam altura superior aos demais, formando assim o grupo superior de médias. No segundo grupo alocam-se os clones CV-02, CV-05, CV-06 e CV-13. O grupo de médias inferiores, aos demais, para a variável altura de plantas, é composto pelos clones CV-03, CV-04, CV-10, CV-11 e CV-12 (Tabela 3).

Para o nível de 150% do recomendado de  $P_2O_5$ , o clone CV-01 apresenta valor médio elevado de AP, alocando-se no grupo superior. O segundo grupo, neste nível, é constituído apenas pelo CV-04. O terceiro grupo é composto pelos clones CV-05, CV-07, CV-08 e CV-09, e o quarto grupo distinto de médias, de AP, é composto pelos clones CV-02, CV-06, CV-10, CV-11 e CV-13. O clone CV-12 compõe unitariamente o quinto grupo distinto de médias de AP. O grupo inferior aos demais, no referido nível, é composto pelo clone CV-03 (Tabela 3).

No estudo da variável DC dos clones de café conilon, dentro de cada nível de adubação com P, observa-se a formação de 4 grupos distintos de médias no nível 0% de adubação fosfatada, e nos níveis de 50, 100 e 150% do recomendado de  $P_2O_5$ , para a cultura, apenas dois grupos distintos, de médias de DC, são formados (Tabela 4).

**Tabela 4** – Valores médios de diâmetro de caule - DC (mm) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura)

Clone	Nível de Adubação Fosfatada (%)			
	0	50	100	150
CV-01	6,67 a	7,00 b	8,00 b	9,33 b
CV-02	3,67 d	6,67 b	7,67 b	8,67 b
CV-03	7,00 a	7,67 a	8,33 a	10,33 a
CV-04	6,67 a	7,33 a	8,67 a	9,00 b
CV-05	3,33 d	7,67 a	8,33 a	10,33 a
CV-06	5,67 b	8,00 a	8,33 a	10,00 a
CV-07	7,00 a	8,00 a	8,33 a	9,67 a
CV-08	6,33 a	7,67 a	8,67 a	9,00 b
CV-09	7,33 a	8,00 a	9,00 a	10,00 a
CV-10	6,33 a	7,67 a	8,67 a	10,33 a
CV-11	4,33 c	8,00 a	8,33 a	9,67 a
CV-12	5,33 b	6,33 b	7,67 b	8,67 b
CV-13	6,00 b	8,00 a	8,33 a	9,33 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Para a variável DC, no nível 0% de adubação fosfatada, o primeiro grupo de médias de DC é constituído, respectivamente, pelos clones CV-01, CV-03, CV-04, CV-07, CV-08, CV-09 e CV-10; os clones CV-06; CV-12 e CV-13 formam o segundo grupo de médias; o clone CV-11 constitui o terceiro grupo médias de DC; e o grupo de

médias inferiores estatisticamente aos demais é figurado pelos clones CV-02 e CV-05 (Tabela 4).

No nível de 50 e 100% da recomendação de  $P_2O_5$ , os grupos distintos de médias de DC, são formados pelos mesmos clones, sendo o primeiro grupo composto pelos clones CV-03, CV-04, CV-05, CV-06, CV-07, CV-08, CV-09, CV-10, CV-11 e CV-13, e o segundo constituído pelos clones CV-01, CV-02 e CV-12 (Tabela 4).

No nível de 150% da recomendação de  $P_2O_5$ , o grupo estatisticamente superior, para o parâmetro diâmetro de caule, é formado pelos clones CV-03, CV-05, CV-06, CV-07, CV-09, CV-10, CV-11. O grupo inferior é formado pelos clones CV-01, CV-02, CV-04, CV-08, CV-12 e CV-13 (Tabela 4).

Verifica-se, para os valores médios de área foliar (AF) dos clones de café conilon, a formação de 6 grupos de médias no nível 0% de adubação fosfatada, 8 grupos aos níveis de 50 e 100%, e 4 grupos no nível de 150% do recomendado de  $P_2O_5$ , para a cultura (Tabela 5).

**Tabela 5** – Valores médios de área foliar ( $m^2$ ) de clones de café conilon que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura)

Clone	Nível de Adubação Fosfatada (%)			
	0	50	100	150
CV-01	0,28 a	0,43 d	0,45 g	0,56 d
CV-02	0,08 f	0,26 h	0,39 h	0,62 c
CV-03	0,28 a	0,54 a	0,78 a	0,94 a
CV-04	0,25 b	0,28 g	0,37 h	0,64 c
CV-05	0,11 e	0,25 h	0,38 h	0,50 d
CV-06	0,18 d	0,50 b	0,61 b	0,74 b
CV-07	0,22 c	0,40 e	0,45 g	0,60 c
CV-08	0,25 b	0,33 f	0,49 f	0,70 b
CV-09	0,28 a	0,40 e	0,45 g	0,52 d
CV-10	0,20 d	0,31 f	0,53 d	0,77 b
CV-11	0,19 d	0,32 f	0,48 f	0,66 c
CV-12	0,21 c	0,24 h	0,51 e	0,62 c
CV-13	0,27 a	0,47 c	0,54 c	0,64 c

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

No nível 0% de adubação fosfatada, verificam-se valores elevados de AF, para os clones CV-01, CV-03, CV-09 e CV-13, sendo estes os constituintes do grupo superior de médias de AF, quando comparados aos demais. O segundo, terceiro e quarto grupo distinto são formados, respectivamente, pelos clones CV-04 e CV-08; CV-07 e CV-12; e CV-06, CV-10 e CV-11. O clone CV-05 forma unitariamente o quinto grupo distinto de médias de AF. O clone CV-02 apresenta valor médio de AF inferior aos clones, alocando-se no grupo inferior (Tabela 5).

Observa-se no nível de 50% do recomendado de  $P_2O_5$ , para a AF, que no primeiro grupo, superior aos demais grupos, aloca-se o clone CV-03; no segundo aloca-se o clone CV-06; no terceiro, o clone CV-13; no quarto, o CV-01; no quinto, grupo os clones CV-07 e CV-09; e no sexto grupo alocam-se os clones CV-08, CV-10 e CV-11; no sétimo grupo o clone CV-04. E por fim, os clones CV-02, CV-05 e CV-12 figuram o grupo estatisticamente inferior aos demais (Tabela 5).

No nível de 100% do recomendado de  $P_2O_5$ , verifica-se, em ordem decrescente de valores médios de AF, que o primeiro grupo é formado pelo clone CV-03; o segundo pelo CV-06; o terceiro pelo CV-13; o quarto pelo CV-10; o quinto pelo CV-12; o sexto grupo formado pelos clones CV-08 e CV-11; o sétimo formado pelos clones CV-01, CV-07 e CV-09; e o oitavo grupo distinto, de médias de AF, formado pelos clones CV-02, CV-04 e CV-05 (Tabela 5).

No nível de 150% do recomendado de  $P_2O_5$ , o grupo significativamente superior é constituído apenas pelo CV-03. O segundo grupo é formado pelos clones CV-06, CV-08 e CV-10. O terceiro grupo de médias de AF é composto pelos CV-02, CV-04, CV-07, CV-11, CV-12 e CV-13. Os clones CV-01, CV-05 e CV-09 apresentam valores médios de AF inferior aos demais, figurando, assim, o quarto grupo (Tabela 5).

Ressalta-se que o CV-03, manteve-se entre os grupos de médias significativamente superiores, para AF, em todos os níveis de adubação utilizados. Sendo que nos níveis de 50, 100 e 150% da adubação fosfatada, o CV-03, constitui isoladamente o grupo de médias superiores, com valores médios de 0,54; 0,78 e 0,94  $cm^2$ , respectivamente (Tabela 5).

Para a variável área foliar, pode-se inferir, que o clone CV-03, demonstra potencial de adaptar-se a condições de estresse nutricional, e também à condição de suprimento nutricional, mais elevado. Segundo Fonseca et al. (2004b), o clone CV-03 é um material genético que possui características como rusticidade, alto vigor e folhas maiores que os demais clones dessa cultivar.

No estudo das variáveis vegetativas (número de folhas, altura de planta, diâmetro do caule e área foliar) foi evidente o comportamento diferencial entre os clones, dentro de cada nível de adubação fosfatada. Fato este justificável, devido à exigência nutricional ser variável entre genótipos da mesma espécie, em função da variabilidade genética que os constitui.

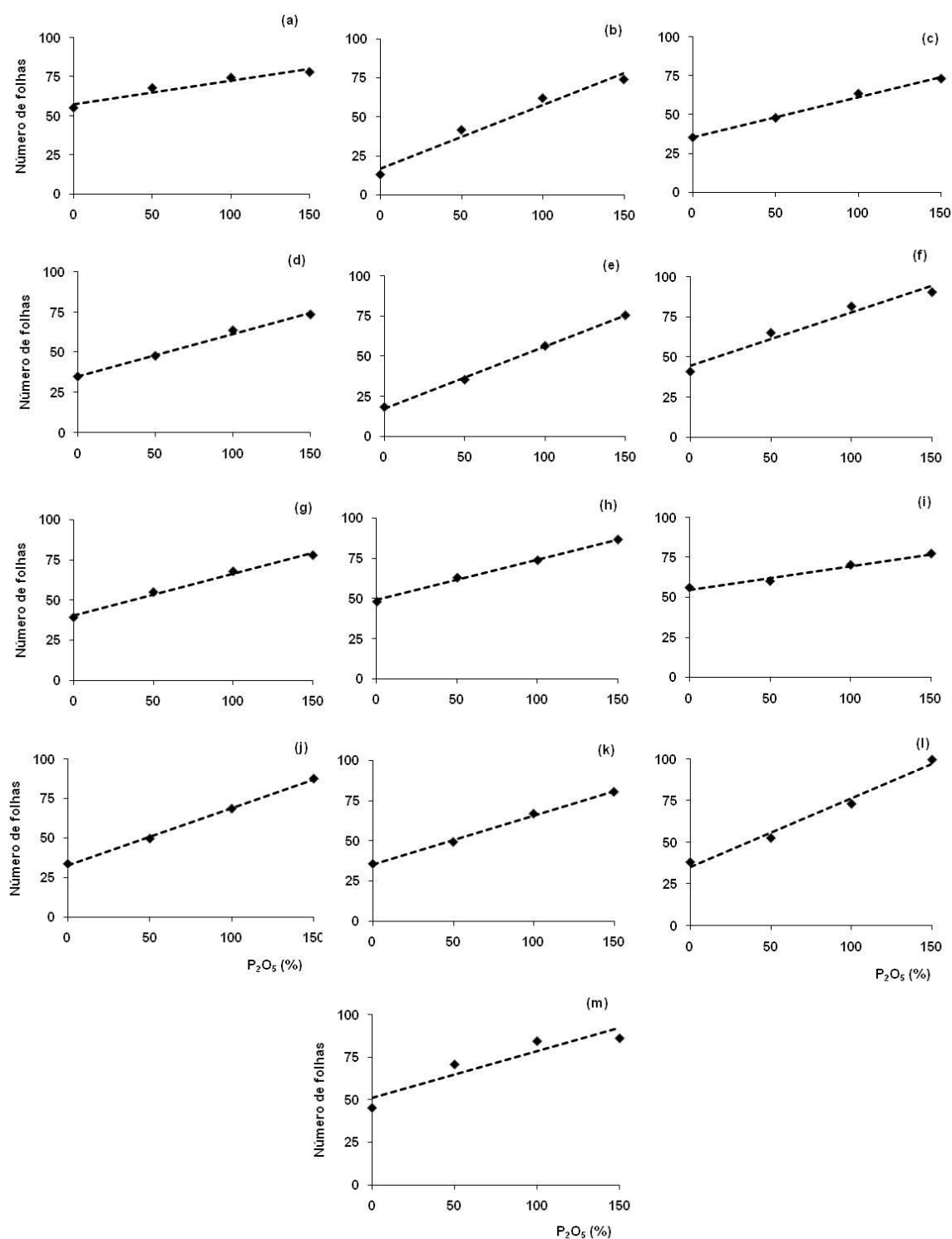
É afirmado por Fageria (1989), que comumente se observa desenvolvimento vegetativo diferenciado sob as mesmas condições de fertilidade do solo, para cultivares da mesma espécie.

Fonseca et al. (2004b), descrevendo os valores médios das principais características dos 13 clones de café Conilon cultivar “Vitória Incaper 8142”, em oito colheitas sucessivas, em diversos ambientes no Estado do Espírito Santo, apresentam valores médios de índice de avaliação visual entre 6 e 10, respectivamente para o CV-01 e para o CV-03. Para a variável altura de plantas, os clones também apresentaram variabilidade, com alturas variando de 2,19 a 2,77 m, respectivamente, para os clones CV-09, CV-10 e CV-13 e para o CV-11.

Com intuito de estimar os parâmetros genéticos e não genéticos de café conilon, em 40 clones elites do programa de melhoramento de café conilon do INCAPER, Ferrão et al. (2008) relatam a existência de variabilidade genética entre os genótipos, evidenciando, assim, comportamentos diferenciados dos materiais genéticos nos diferentes locais e anos estudados, indicando a necessidade de atenção nas variações temporais, na estratificação de ambientes e nos estudos de adaptabilidade e estabilidade de genótipos para condições de solo e de clima.

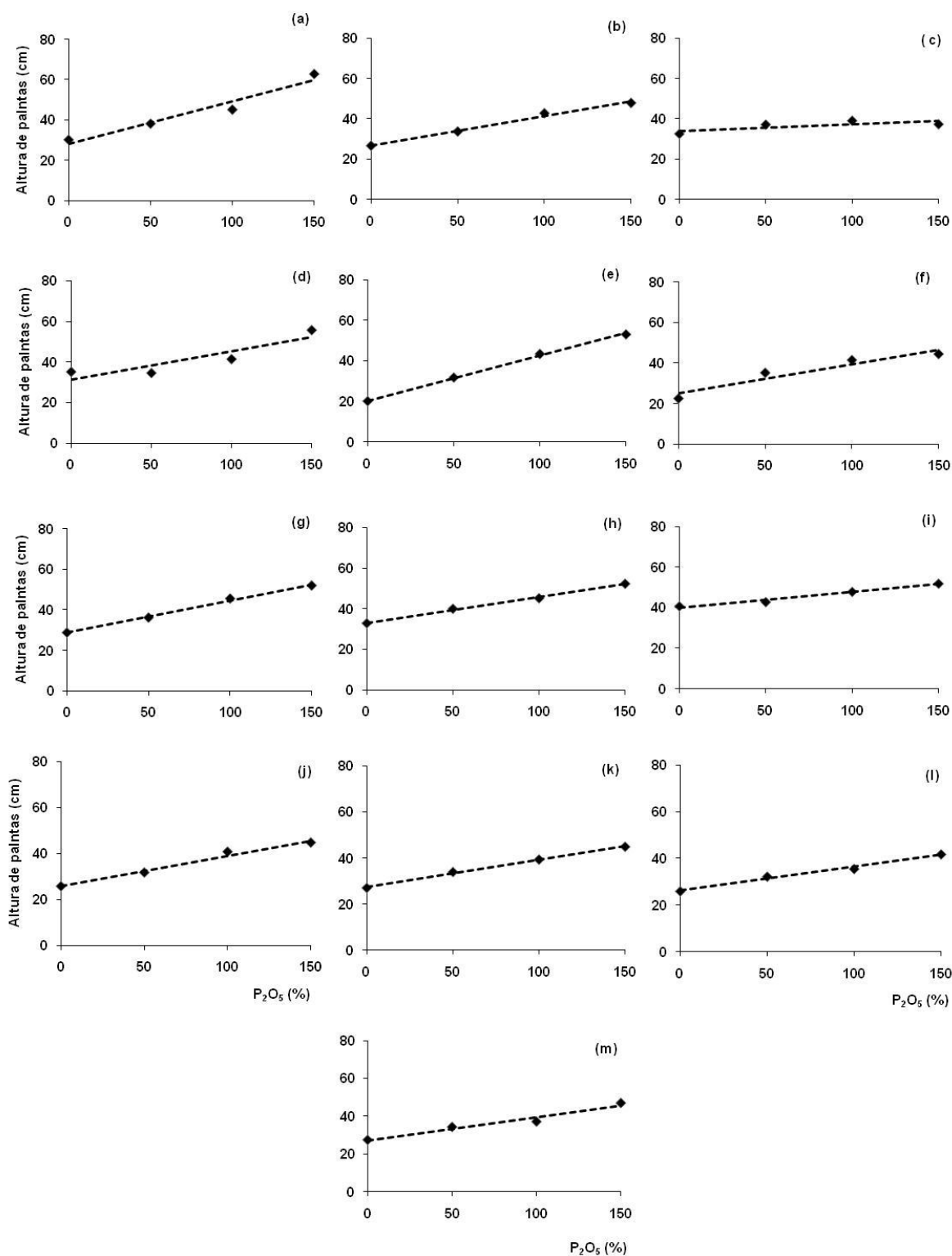
Com base na variabilidade fenotípica encontrada por Fonseca et al. (2004b), e genotípica encontrada por Ferrão et al. (2008), ficam confirmados os resultados apresentados neste estudo.

Submetendo-se os dados biométricos dos clones de café conilon à análise de regressão em função dos níveis de adubação com  $P_2O_5$  recomendado para a cultura, observa-se na Figura 3, 4, 5, e 6 e na Tabela 6 e que os valores de NF, AP, DC e AF se ajustam ao modelo linear, dentro do intervalo estudado. Verifica-se, pelo ajuste da equação linear, que as mudas dos trezes clones da cultivar “Vitória Incaper 8142” fornecem maiores médias, para as variáveis de crescimento avaliadas, no nível máximo recomendação de  $P_2O_5$  analisado (150%) (Figura 3, 4, 5, e 6).

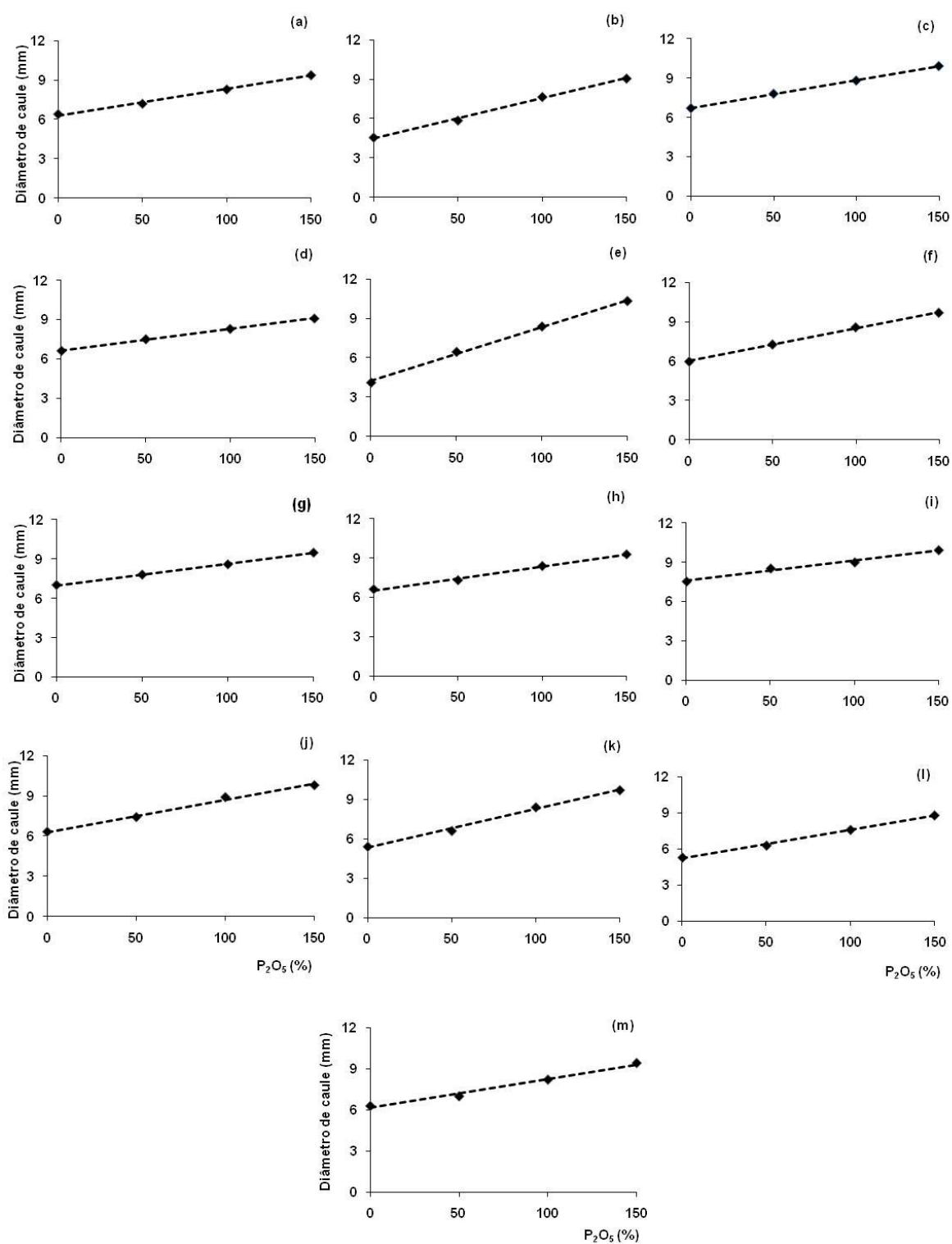


**Figura 3** – Número de folhas de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; e <sup>[l]</sup>CV-12, <sup>[m]</sup>CV-13.

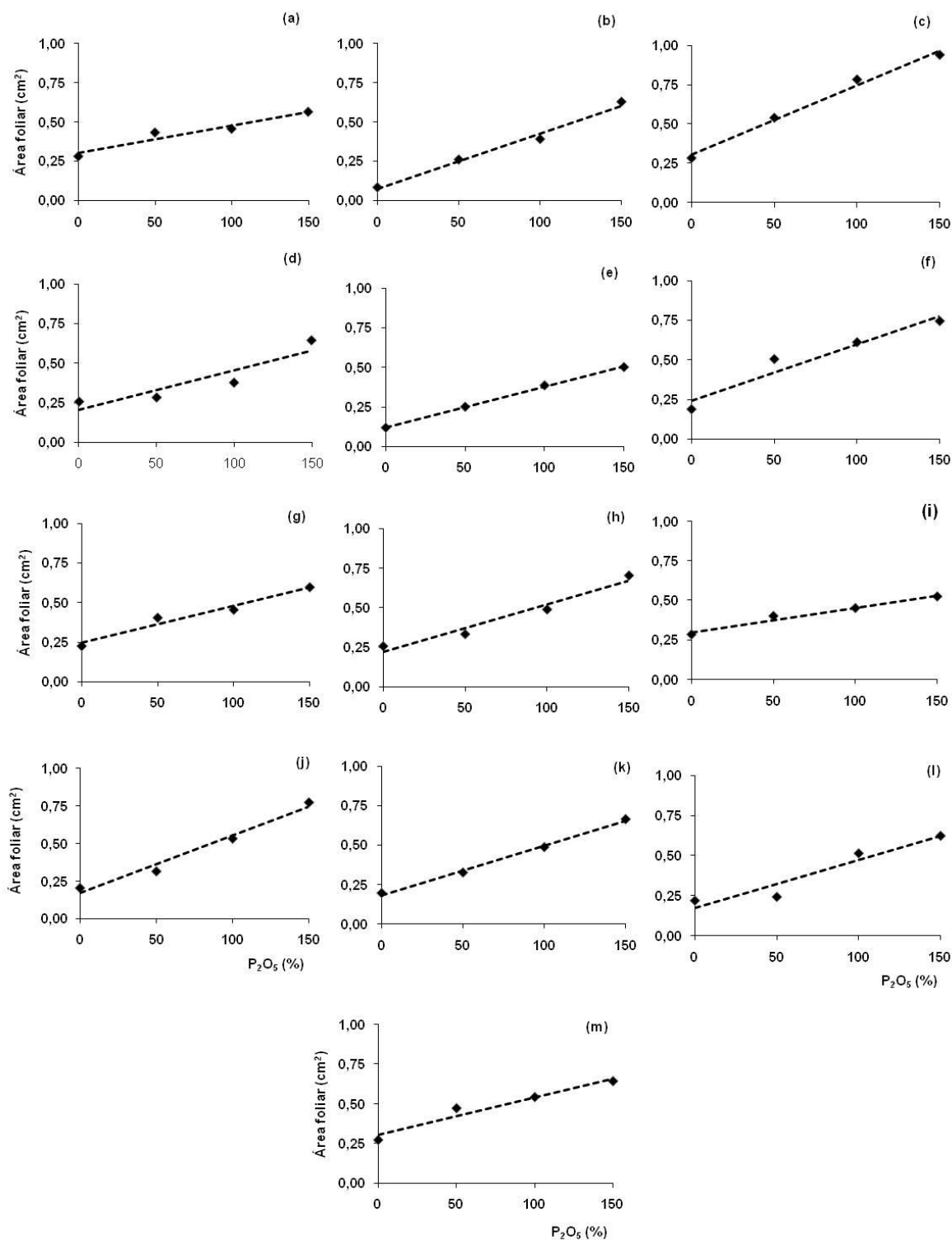




**Figura 4** – Altura de plantas (cm) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.



**Figura 5** – Diâmetro de caule (mm) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.



**Figura 6** – Área foliar (m<sup>2</sup>) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendado para a cultura). [a] CV-01; [b] CV-02; [c] CV-03; [d] CV-04; [e] CV-05; [f] CV-06; [g] CV-07; [h] CV-08; [i] CV-09; [j] CV-10; [k] CV-11; [l] CV-12; e [m] CV-13.

**Tabela 6** – Equações de regressão, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), para número de folhas - NF, altura de plantas - AP (cm), diâmetro de caule - DC (mm) e área foliar - AF ( $m^2$ ) em função dos níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura), para cada clone de café conilon que compõe a cultivar “Vitória Incaper 8142”

Clone	Variável	Equação	$R^2$
CV-01	NF	$\hat{Y} = 0,1505^* P + 57,593$	0,92
	AP	$\hat{Y} = 0,2102^* P + 28,16$	0,94
	DC	$\hat{Y} = 0,0202^* P + 6,31$	0,99
	AF	$\hat{Y} = 0,0017^* P + 0,3047$	0,93
CV-02	NF	$\hat{Y} = 0,4067^* P + 17$	0,96
	AP	$\hat{Y} = 0,1453^* P + 26,767$	0,98
	DC	$\hat{Y} = 0,0306^* P + 4,4967$	0,99
	AF	$\hat{Y} = 0,0035^* P + 0,076$	0,98
CV-03	NF	$\hat{Y} = 0,258^* P + 35,567$	0,99
	AP	$\hat{Y} = 0,0327^* P + 34,133$	0,96
	DC	$\hat{Y} = 0,0212^* P + 6,71$	0,99
	AF	$\hat{Y} = 0,0044^* P + 0,3047$	0,98
CV-04	NF	$\hat{Y} = 0,2633^* P + 35,16$	0,99
	AP	$\hat{Y} = 0,138^* P + 31,4$	0,80
	DC	$\hat{Y} = 0,0166^* P + 6,63$	0,99
	AF	$\hat{Y} = 0,0025^* P + 0,202$	0,83
CV-05	NF	$\hat{Y} = 0,386^* P + 17,633$	0,99
	AP	$\hat{Y} = 0,2227^* P + 20,467$	0,99
	DC	$\hat{Y} = 0,0411^* P + 4,2533$	0,99
	AF	$\hat{Y} = 0,0026^* P + 0,1197$	0,99
CV-06	NF	$\hat{Y} = 0,3293^* P + 44,8$	0,95
	AP	$\hat{Y} = 0,1433^* P + 25,167$	0,91
	DC	$\hat{Y} = 0,0248^* P + 6,0067$	0,99
	AF	$\hat{Y} = 0,0036^* P + 0,2443$	0,93
CV-07	NF	$\hat{Y} = 0,2593^* P + 40,467$	0,99
	AP	$\hat{Y} = 0,1587^* P + 28,767$	0,99
	DC	$\hat{Y} = 0,0166^* P + 6,98$	0,99
	AF	$\hat{Y} = 0,0023^* P + 0,247$	0,96
CV-08	NF	$\hat{Y} = 0,252^* P + 49,1$	0,99
	AP	$\hat{Y} = 0,1287^* P + 32,933$	0,99
	DC	$\hat{Y} = 0,0184^* P + 6,52$	0,99
	AF	$\hat{Y} = 0,003^* P + 0,2207$	0,95
CV-09	NF	$\hat{Y} = 0,1473^* P + 54,867$	0,97
	AP	$\hat{Y} = 0,0787^* P + 39,933$	0,97
	DC	$\hat{Y} = 0,0153^* P + 7,6$	0,98
	AF	$\hat{Y} = 0,0015^* P + 0,2987$	0,97
CV-10	NF	$\hat{Y} = 0,362^* P + 32,767$	0,99
	AP	$\hat{Y} = 0,132^* P + 25,767$	0,98
	DC	$\hat{Y} = 0,024^* P + 6,3$	0,99
	AF	$\hat{Y} = 0,0038^* P + 0,17$	0,97
CV-11	NF	$\hat{Y} = 0,3047^* P + 35,067$	0,99
	AP	$\hat{Y} = 0,1185^* P + 27,522$	0,99
	DC	$\hat{Y} = 0,0294^* P + 5,32$	0,99
	AF	$\hat{Y} = 0,0031^* P + 0,1843$	0,99
CV-12	NF	$\hat{Y} = 0,4107^* P + 35,367$	0,98
	AP	$\hat{Y} = 0,102^* P + 26,267$	0,98
	DC	$\hat{Y} = 0,0236^* P + 5,23$	0,99
	AF	$\hat{Y} = 0,003^* P + 0,1743$	0,91
CV-13	NF	$\hat{Y} = 0,2747^* P + 51,067$	0,86
	AP	$\hat{Y} = 0,1233^* P + 27,167$	0,95
	DC	$\hat{Y} = 0,021^* P + 6,15$	0,98
	AF	$\hat{Y} = 0,0024^* P + 0,3063$	0,94

Significativo, pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Para todas as variáveis estudadas, em todos os clones, o coeficiente angular é significativo, mostrando efeito significativo dos níveis de  $P_2O_5$  aplicados. Ainda em relação às regressões, nota-se que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é superior a 0,80, mostrando o adequado ajuste dos modelos.

Foi observado comportamento semelhante para o número de folhas, altura de planta, diâmetro de caule e área foliar, dos treze clones de café conilon, em relação aos níveis de  $P_2O_5$  estudados, evidenciando que o aumento dos níveis de fósforo induz ao aumento nos valores médios destas variáveis. Quando as plantas foram submetidas à privação de P (testemunha), os valores para as variáveis mencionados acima foram menores do que em plantas supridas com P (níveis de 50, 100 e 150%).

Pressupõe-se que o resultado encontrado para as variáveis número de folha, altura de planta e área foliar de clones de conilon estão relacionados a um aumento da atividade bioquímica destes clones, em função do aumento dos níveis de adubação fosfatada.

No estudo do crescimento inicial de cafeeiros cultivados em solução nutritiva sob diferentes doses de fósforo, Matsumoto et al. (2008) relatam melhor desempenho bioquímico, quando se aumenta a adubação com fósforo, proporcionando, conseqüentemente, o aumento da capacidade metabólica e uma maior demanda por fotoassimilados, pela planta. Sendo o crescimento das partes vegetativas, a resposta a esses estímulos.

Como relatado por Matsumoto et al. (2008), mudanças metabólicas também foram evidenciadas por Silva et al. (2010), os quais relatam que o maior crescimento das plantas de café arábica, no tratamento com nível de  $P_2O_5$  acima do recomendado, esteve relacionado ao maior teor de carboidratos solúveis nas folhas que, por sua vez, foi consequência de uma maior assimilação de  $CO_2$ , influenciando assim todo o ciclo fotossintético.

O diâmetro de caule dos clones também é influenciado pelos níveis de adubação fosfatada, como pode ser analisado na Tabela 6. Esse fato pode estar ligado ao

desenvolvimento dos vasos xilemáticos, a condutividade hidráulica no xilema e a expansão celular.

A formação dos vasos xilemáticos e seu desenvolvimento estão associados à formação de proteínas que utilizam o fósforo como um dos principais compostos, desta forma o complexo xilemático é altamente responsivo ao P. Assim, na privação de fósforo, as plantas diminuem o crescimento radial do caule, devido ao baixo desenvolvimento dos vasos xilemáticos, e também ao acúmulo de matéria seca, acarretando decréscimo da capacidade física de transporte de água (condutividade hidráulica), o que influenciará negativamente a expansão das células do caule, e também de toda a parte aérea (BLEVINS, 1999).

Segundo Radin e Mathews (1989), a redução na condutividade hidráulica do xilema diminui a disponibilidade de água e também de nutrientes, restringindo, secundariamente, a capacidade de alongamento das células e, principalmente, a eficiência fotossintética da planta.

#### **4.1.2 Variáveis de massa de matéria seca**

Para os valores, expressos em gramas por planta, de massa de matéria seca da raiz (MSR), da parte aérea (MSPA) e total (MST) de café conilon, observa-se, pela análise de variância, efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) para a interação entre os fatores clones e níveis de adubação fosfatada (Apêndice B).

Vê-se para os valores médios de MSR dos clones de café conilon, a formação de 5 grupos distintos de médias no nível 0% de adubação fosfatada, 6 grupos no nível de 100% e 7 grupos nos níveis de 50 e 150% do recomendado de  $P_2O_5$  para a cultura (Tabela 7).

**Tabela 7** – Valores médios de massa de matéria seca do sistema radicular (g planta<sup>-1</sup>) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendado para a cultura)

Clone	Nível de Adubação Fosfatada (%)			
	0	50	100	150
CV-01	7,37 c	15,17 a	15,14 d	16,10 g
CV-02	7,33 c	13,47 b	17,58 c	19,40 f
CV-03	6,10 d	11,63 c	19,67 b	29,91 a
CV-04	5,57 d	9,08 e	14,67 d	16,44 g
CV-05	9,67 b	10,77 d	21,37 a	28,66 b
CV-06	5,73 d	15,10 a	17,88 c	20,78 e
CV-07	9,27 b	13,83 b	20,15 b	30,04 a
CV-08	8,30 c	10,27 d	23,70 a	24,45 d
CV-09	11,42 a	15,94 a	20,45 a	26,71 c
CV-10	5,47 d	7,53 f	13,25 e	22,33 e
CV-11	1,73 e	12,20 c	14,64 d	25,69 c
CV-12	2,43 e	5,97 g	11,72 f	19,48 f
CV-13	4,40 d	8,59 e	13,00 e	23,80 d

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

No nível de 0% de adubação fosfata, para valores médios de MSR, verifica-se que o clone CV-09 figura o grupo superior, estatisticamente, aos demais grupos de médias. O segundo grupo é formado pelos clones CV-05 e CV-07; o terceiro pelos clones CV-01, CV-02 e CV-08; e o quarto pelos clones CV-03, CV-04, CV-06, CV-10 e CV-13. Os clones CV-11 e CV-12 são significativamente influenciados pela ausência de adubação com P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> devido ao baixo desenvolvimento radicular, representado pelas médias de MSR, visto que estes constituem o grupo de médias inferiores (Tabela 7).

Para o nível de 50% do recomendado de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, nota-se superioridade em relação à MSR dos clones CV-01, CV-06 e CV-09, sendo estes os componentes do grupo superior e distinto dos demais. O segundo grupo de médias de MSR é formado pelos clones CV-02 e CV-07; o terceiro pelos clones CV-03 e CV-11; o quarto pelo CV-05 e CV-08; o quinto pelos clones CV-04 e CV-13; e o sexto pelo clone CV-10. O sétimo grupo de clones, este significativamente inferior aos demais para MSR, é composto unitariamente pelo clone CV-12 (Tabela 7).

A análise dos valores médios de MSR dos clones de café conilon, no nível de 100% do recomendado de  $P_2O_5$ , mostra que os clones CV-05, CV-08 e CV-09 formam o grupo superior, em relação ao desenvolvimento das raízes. O segundo grupo de médias de MSR é constituído pelos clones CV-03 e CV-07; o terceiro formado pelos clones CV-02 e CV-06; o quarto grupo pelos clones CV-01, CV-04, CV-11; e o quinto grupo pelos clones CV-10 e CV-13. O clone CV-12 forma unitariamente o grupo de média, significativamente, inferior aos demais grupos (Tabela 7).

A influência da adubação com 150% da recomendação de  $P_2O_5$ , na MSR, revela a superioridade dos clones CV-03 e CV-07, formando assim o grupo estatisticamente distinto dos demais. O segundo grupo de médias de MSR é composto pelo clone CV-05 e o terceiro pelos clones CV-09 e CV-11. No quarto grupo aloca-se os clones CV-08 e CV-13, no quinto os clones CV-06 e CV-10 e no sexto grupo os clones CV-02 e CV-12. O grupo de médias inferiores de MSR é composto pelos clones CV-01 e CV-04, na comparação com os demais (Tabela 7).

No geral, nota-se que o clone CV-12 está nos grupos que apresentam médias de MSR inferiores em todos os níveis estudados. Esse fato pode influenciar a eficiência de absorção de nutrientes, visto que a massa de matéria seca da raiz é uma das variáveis utilizadas na mensuração desta eficiência (Tabela 7).

Verifica-se sete grupos de médias de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) nos níveis 0 e 50% e 5 grupos de médias, significativamente distintos, nos níveis de 100 e 150% do recomendado de  $P_2O_5$ , para a cultura (Tabela 8).



**Tabela 8** – Valores médios de massa de matéria seca da parte aérea ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  recomendado para a cultura)

Clone	Nível de Adubação Fosfatada (%)			
	0	50	100	150
CV-01	34,07 b	43,24 b	51,42 b	63,44 c
CV-02	22,94 f	37,18 d	40,51 e	52,06 e
CV-03	28,59 d	36,06 d	49,62 c	62,30 c
CV-04	26,83 e	32,69 e	42,88 e	63,69 c
CV-05	27,73 d	34,27 e	51,21 b	65,34 b
CV-06	26,34 e	43,89 b	55,68 a	69,61 a
CV-07	31,35 c	40,41 c	52,05 b	66,72 b
CV-08	29,97 c	35,70 d	48,69 c	65,49 b
CV-09	38,63 a	46,60 a	52,41 b	60,93 d
CV-10	26,33 e	31,22 f	52,43 b	63,25 c
CV-11	18,93 g	38,77 c	46,15 d	62,71 c
CV-12	23,65 f	26,54 g	50,42 c	64,17 c
CV-13	24,91 e	40,66 c	50,65 c	60,56 d

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Considerando a média de MSPA dos treze clones de café conilon, no nível 0% de adubação fosfatada, verifica-se que o clone CV-09 forma isoladamente o grupo de médias distintas e superiores aos outros clones. O clone CV-01 aloca-se no segundo grupo. O terceiro grupo de médias é composto pelos clones CV-07 e CV-08. Os clones CV-03 e CV-05 formam o quarto grupo. O quinto grupo aloca os clones CV-04, CV-06, CV-10 e CV-13. O sexto grupo é composto por CV-02 e CV-12. O clone CV-11 aloca-se no sétimo grupo, e mostra-se significativamente inferior aos outros clones estudados, na produção de MSPA (Tabela 8).

Para o nível de 50% do recomendado de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , vê-se que o clone CV-09, aloca-se no grupo de média de MSPA superior. O segundo grupo é constituído pelos clones CV-01 e CV-06; o terceiro pelos clones CV-07, CV-11 e CV-13; o quarto pelos clones CV-02, CV-03 e CV-08; o quinto pelos clones CV-04 e CV-05; e o sexto pelo CV-10. O sétimo grupo, inferior as demais, é composto pelo CV-12 (Tabela 8).

Estudando a influência do nível de 100% do recomendado de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , nota-se que o genótipo CV-06 apresenta capacidade significativa de produção de MSPA, alocando-se no grupo superior. Um segundo grupo de médias semelhantes é

formado pelos genótipos CV-01, CV-05, CV-07, CV-09 e CV-10. Os clones CV-03, CV-08, CV-12 e CV-13 estão alocados no terceiro grupo de médias. Unitariamente, o clone CV-11 forma o quarto grupo de médias distintas. Os clones CV-02 e CV-04 formam o grupo de média inferior, apresentando uma menor capacidade de produção de MSPA (Tabela 8).

Relata-se, para o nível de 150% do recomendado de  $P_2O_5$ , no estudo da MSPA, que o clone CV-06 forma unitariamente o grupo superior de medias de MSPA. O segundo grupo é formado pelos clones CV-05, CV-07 e CV-08. O terceiro grupo de médias distintas é constituído pelos clones CV-01, CV-03, CV-04, CV-10, CV-11 e CV-12. O quarto grupo aloca os clones CV-09 e CV-13. O clone CV-02 forma o grupo inferior de médias de MSPA (Tabela 8).

O estudo dos valores médios de massa de matéria seca total (MST) dos treze clones de café conilon apresenta a formação de 8 grupos de médias para os níveis de 0 e 50% e 6 grupos distintos de médias de MST para os níveis de 100 e 150% do recomendado de  $P_2O_5$  (Tabela 9).

**Tabela 9** – Valores médios de massa de matéria seca total ( $g\ planta^{-1}$ ) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura)

Clone	Nível de Adubação Fosfatada (%)			
	0	50	100	150
CV-01	41,41 b	59,01 b	66,51 c	79,65 f
CV-02	31,42 e	50,60 d	58,09 f	71,43 g
CV-03	34,71 d	47,78 e	69,15 b	92,03 c
CV-04	32,39 e	41,89 g	57,25 f	80,13 f
CV-05	37,38 c	44,93 f	72,62 a	93,62 b
CV-06	32,06 e	58,90 b	73,56 a	90,59 c
CV-07	40,74 b	54,19 c	72,27 a	96,97 a
CV-08	38,33 c	45,97 e	72,39 a	90,03 c
CV-09	50,05 a	62,41 a	72,89 a	87,50 d
CV-10	29,37 f	41,20 g	65,69 c	85,47 e
CV-11	20,59 h	51,07 d	60,80 e	88,12 d
CV-12	26,07 g	32,51 h	62,14 d	83,51 e
CV-13	29,37 f	50,23 d	63,55 d	84,46 e

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

No nível 0% de adubação fosfatada, pode-se notar que o CV-09 suplanta os demais clones, alocando-se unitariamente no grupo de média de MST superior. Após este, vê-se a formação do segundo grupo distinto com os clones CV-01 e CV-07; o terceiro com os clones CV-05 e CV-08; o quarto com o clone CV-03; o quinto com os clones CV-02, CV-04 e CV-06; o sexto com os clones CV-10 e CV-13; e o sétimo com o clone CV-12. O CV-11 constitui o oitavo grupo distinto, de média de MST, sendo estatisticamente inferior aos demais grupos formados (Tabela 9).

O clone CV-09 caracteriza, ao nível de 50% do recomendado de  $P_2O_5$ , o grupo de média superior em relação à produção de MST. O segundo grupo de médias de MST é composto pelos clones CV-01 e CV-06; o terceiro pelo clone CV-07; o quarto pelos clones CV-02, CV-11 e CV-13; o quinto pelos clones CV-03 e CV-08; o sexto pelos clones CV-05; e o sétimo pelos clones CV-04 e CV-10. O oitavo grupo de médias de MST, e inferior aos outros, aloca o clone CV-12 (Tabela 9).

Relata-se que no nível de 100% do recomendado de  $P_2O_5$ , em relação a MST, o grupo significativamente superior aos demais é formado pelos clones CV-05, CV-06, CV-07, CV-08 e CV-09. O clone CV-03 forma o segundo grupo de média de MST. O terceiro grupo é formado pelos clones CV-01 e CV-10; e o quarto pelos clones CV-12 e CV-13. O clone CV-11 aloca-se no quinto grupo distinto de médias de MST. Os clones CV-02 e CV-04 apresentam a menor capacidade de produção de massa de matéria seca total, formando o grupo de médias inferiores estatisticamente (Tabela 9).

No estudo da MST dos clones, no nível de 150%, o CV-07 aloca-se no grupo superior de média. O segundo grupo é composto pelo CV-05; o terceiro pelos clones CV-03, CV-06 e CV-08; o quarto pelos clones CV-09 e CV-11; o quinto pelos clones CV-10, CV-12 e CV-13; e o sexto grupo aloca os clones CV-01 e CV-04. O sétimo grupo distinto de médias de MST e inferior aos outros, aloca o clone CV-02 (Tabela 9).

Os treze clones de café conilon apresentam resposta diferenciada de produção de massa de matéria seca (MSR, MSPA e MST) em cada nível de adubação com  $P_2O_5$ . Em estudos com genótipos de arroz submetidos a diferentes níveis de adubação

fosfatada, Crusciol et al. (2005) e Rotili et al. (2010) encontraram massa de matéria seca total diferenciada entre as cultivares de arroz, dentro de cada nível de fósforo avaliado, evidenciando comportamento semelhante ao relatado para os treze clones de café conilon.

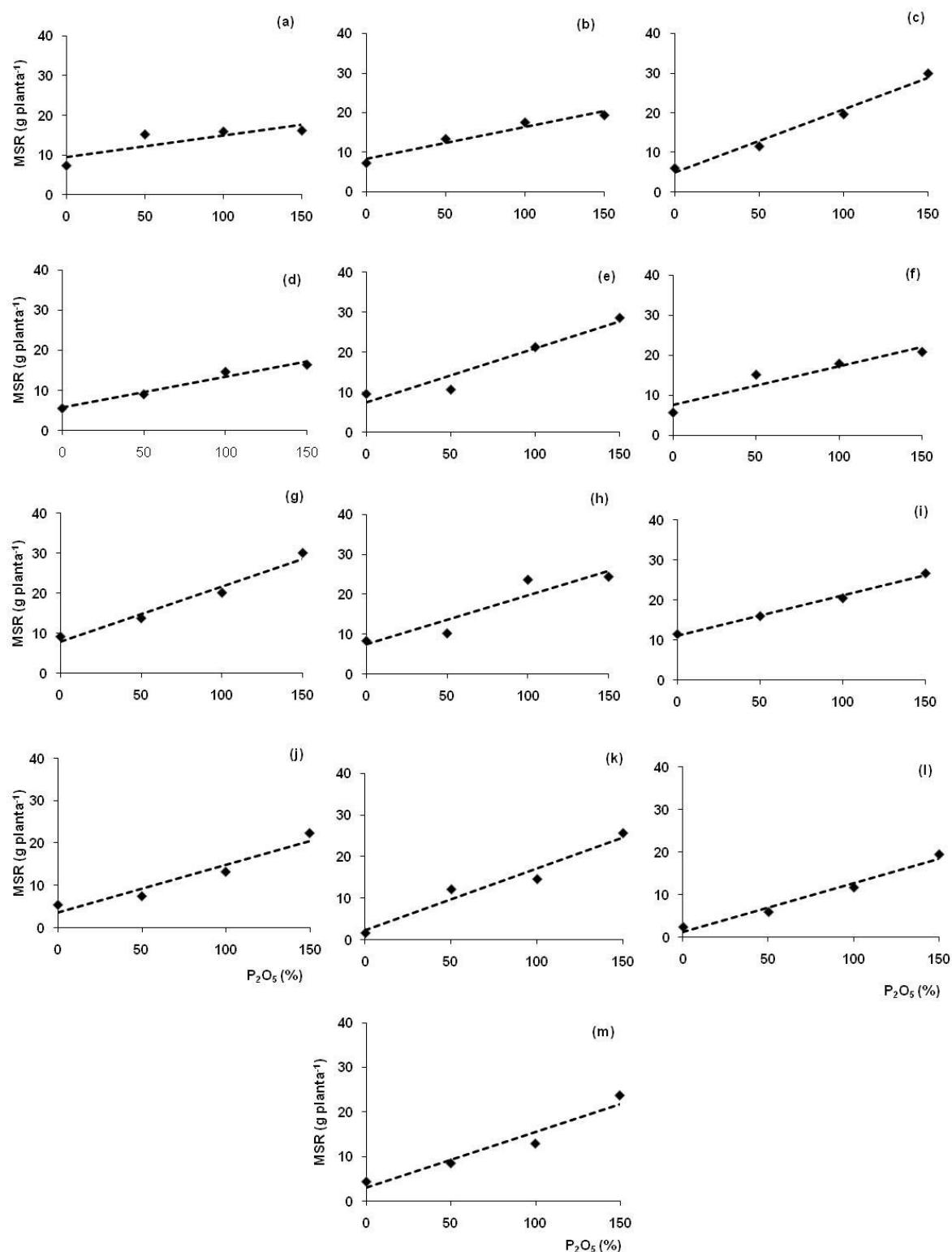
Da mesma forma, como o encontrado para as variáveis de crescimento vegetativo, justifica-se tal resultado devido à variabilidade genética e fenotípica entres os clones estudados.

De acordo com Fageria (1989), a variabilidade genética das plantas refere-se às características hereditárias de uma espécie vegetal, que apresenta diferença de crescimento ou produção em comparação com outra espécie, sob condições de ambiente ideal ou adverso. Devido à exigência nutricional ser variável entre genótipos da mesma espécie, é comum observar-se acúmulo de biomassa diferenciado sob as mesmas condições de adubação fosfatada no mesmo ano agrícola.

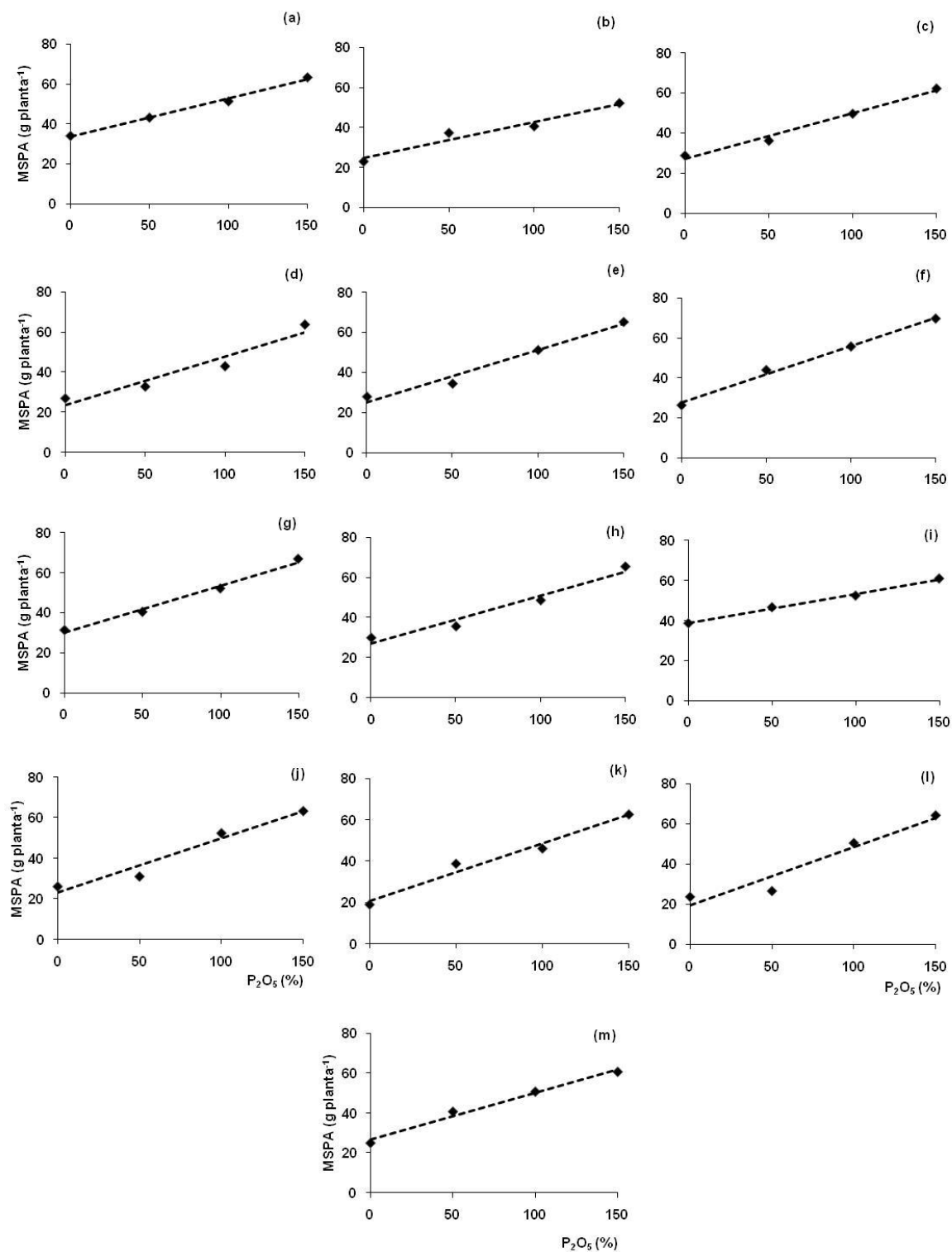
O acúmulo de massa de matéria seca está correlacionado com o genótipo e com os níveis de nutrientes no solo. Quando ocorre fornecimento de níveis de fósforo distintos, o acúmulo de matéria seca pela planta também se mostra diferente. Isso se deve à diferenciação da capacidade genética de cada indivíduo em relação à nutrição mineral (ROTILI et al., 2010).

Na Figura 7, 8, 9 e na Tabela 10, pode-se verificar que todos os clones de café conilon analisados apresentam, para as variáveis de massa de matéria seca (MSR, MSPA e MST), ajuste ao modelo linear e crescente em função dos níveis de adubação fosfatada administrados.

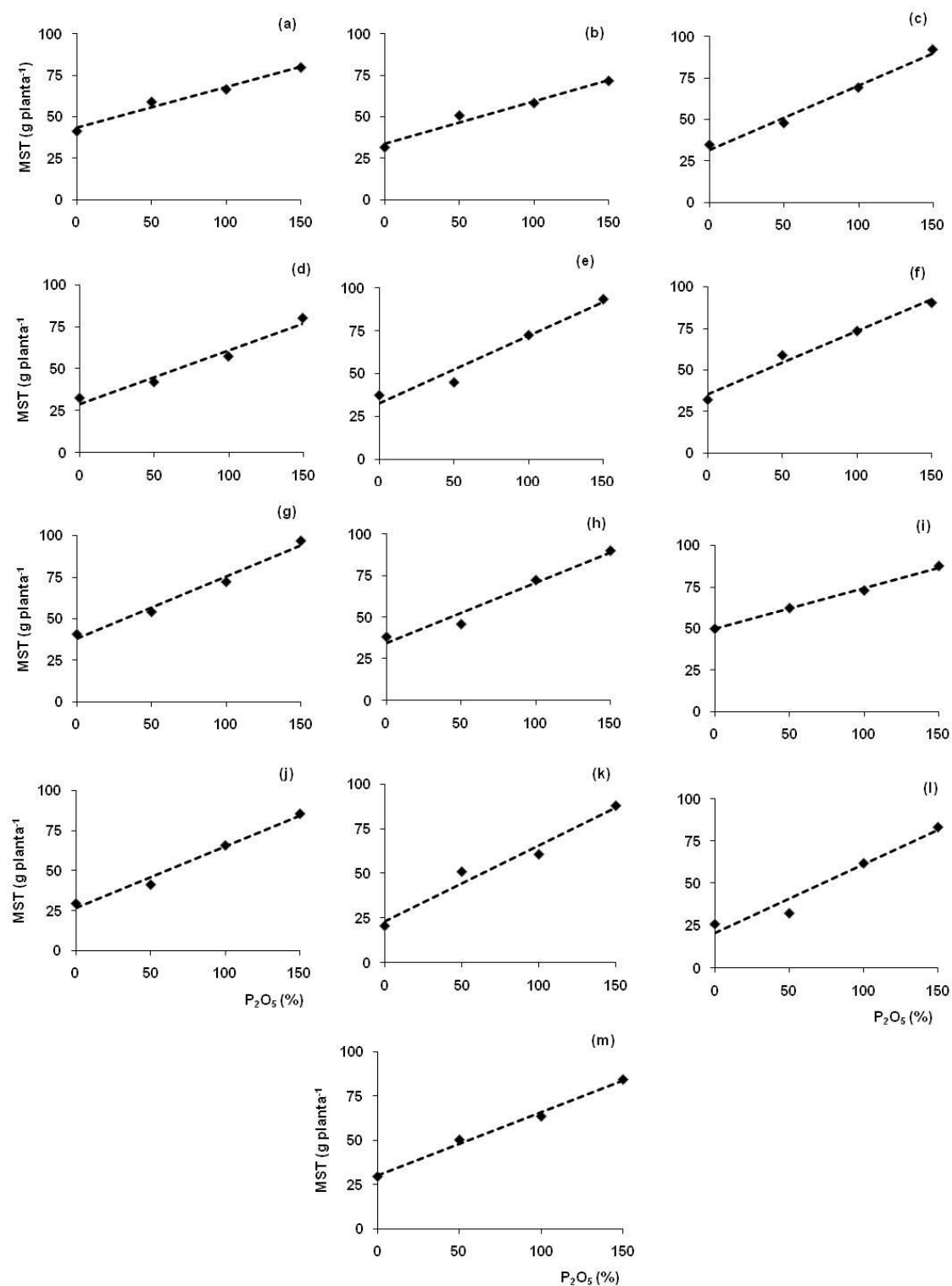
Dessa forma, nota-se que os valores máximos para as variáveis de massa de matéria seca estudadas (MSR, MSPA e MST) estão presentes na dose superior, sendo esta a dose de 150% de  $P_2O_5$  recomendada para a cultura (Figura 7, 8, 9).



**Figura 7** – Massa de matéria seca da raiz ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.



**Figura 8** – Massa de matéria seca da parte aérea ( $g\ planta^{-1}$ ) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.



**Figura 9** – Massa de matéria total ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.

**Tabela 10** – Equações de regressão, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), para massa de matéria seca do sistema radicular - MSR, da parte aérea - MSPA e total - MST (g planta<sup>-1</sup>) em função dos níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendado para a cultura), para cada clone de café conilon que compõe a cultivar “Vitória Incaper 8142”

Clone	Variável	Equação	R <sup>2</sup>
CV-01	MSR	$\hat{Y} = 0,0540^* P + 9,557$	0,86
	MSPA	$\hat{Y} = 0,1925^* P + 33,605$	0,99
	MST	$\hat{Y} = 0,2444^* P + 43,316$	0,97
CV-02	MSR	$\hat{Y} = 0,0826^* P + 8,157$	0,85
	MSPA	$\hat{Y} = 0,1814^* P + 24,57$	0,95
	MST	$\hat{Y} = 0,255^* P + 33,733$	0,93
CV-03	MSR	$\hat{Y} = 0,1588^* P + 4,914$	0,98
	MSPA	$\hat{Y} = 0,2294^* P + 26,930$	0,98
	MST	$\hat{Y} = 0,3867^* P + 31,917$	0,98
CV-04	MSR	$\hat{Y} = 0,1588^* P + 4,914$	0,98
	MSPA	$\hat{Y} = 0,2416^* P + 23,408$	0,92
	MST	$\hat{Y} = 0,3171^* P + 29,132$	0,96
CV-05	MSR	$\hat{Y} = 0,1351^* P + 7,478$	0,92
	MSPA	$\hat{Y} = 0,2597^* P + 25,156$	0,97
	MST	$\hat{Y} = 0,3929^* P + 32,676$	0,95
CV-06	MSR	$\hat{Y} = 0,0958^* P + 7,693$	0,89
	MSPA	$\hat{Y} = 0,2832^* P + 27,643$	0,99
	MST	$\hat{Y} = 0,3805^* P + 35,246$	0,98
CV-07	MSR	$\hat{Y} = 0,1374^* P + 8,005$	0,97
	MSPA	$\hat{Y} = 0,2355^* P + 29,969$	0,98
	MST	$\hat{Y} = 0,3736^* P + 38,029$	0,98
CV-08	MSR	$\hat{Y} = 0,1234^* P + 7,438$	0,86
	MSPA	$\hat{Y} = 0,2391^* P + 27,036$	0,95
	MST	$\hat{Y} = 0,3630^* P + 34,457$	0,96
CV-09	MSR	$\hat{Y} = 0,1008^* P + 11,072$	0,99
	MSPA	$\hat{Y} = 0,1455^* P + 38,735$	0,99
	MST	$\hat{Y} = 0,2457^* P + 49,788$	0,99
CV-10	MSR	$\hat{Y} = 0,1125^* P + 3,719$	0,92
	MSPA	$\hat{Y} = 0,2639^* P + 23,514$	0,95
	MST	$\hat{Y} = 0,3855^* P + 26,521$	0,98
CV-11	MSR	$\hat{Y} = 0,1487^* P + 2,408$	0,95
	MSPA	$\hat{Y} = 0,2775^* P + 20,836$	0,97
	MST	$\hat{Y} = 0,4246^* P + 23,302$	0,96
CV-12	MSR	$\hat{Y} = 0,1139^* P + 1,358$	0,97
	MSPA	$\hat{Y} = 0,2909^* P + 19,381$	0,93
	MST	$\hat{Y} = 0,4039^* P + 20,768$	0,95
CV-13	MSR	$\hat{Y} = 0,1249^* P + 3,100$	0,93
	MSPA	$\hat{Y} = 0,2339^* P + 26,656$	0,98
	MST	$\hat{Y} = 0,3572^* P + 30,118$	0,99

\*Significativo, pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Nota-se que todos os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) são superiores a 0,84, e que o coeficiente angular de todas as equações é significativo ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste t,



verificando o adequado ajuste do modelo aos níveis de  $P_2O_5$  aplicados, para as variáveis de massa de matéria seca de todos os clones de café conilon estudados (Tabela 10).

Houve maior crescimento dos clones, devido ao aumento da disponibilidade de P no solo, em função dos níveis crescentes de  $P_2O_5$  estudados, tendo-se observado aumento significativo na massa de matéria seca da raiz, da parte aérea e total. Conforme verificado por Assis (2010), este resultado é justificável, visto a correlação positiva que o fósforo possui com a fotossíntese.

Analisando o crescimento e a fotossíntese de plantas jovens de café arábica Silva et al. (2010), verificaram que a maior disponibilidade de fósforo no solo, em relação aos níveis recomendados, promoveu maior crescimento das plantas. Esses autores justificaram o aumento de crescimento pelo melhor desempenho fotossintético induzido pela maior abertura estomática, e maior atividade bioquímica e fotoquímica de mudas do cafeeiro, que apresentam, dessa forma, maior disponibilidade de energia na forma de carboidratos para o crescimento.

Apesar deste estudo não ter avaliado parâmetros metabólicos, pressupõe que a relação apresentada por Silva et al. (2010), dentro de um contexto amplo, também pode justificar, os dados apresentados de massa de matéria seca (MSR, MSPA e MST) do conilon, em função dos níveis de adubação de  $P_2O_5$ , estudados.

O aumento dos valores médios de massa de matéria seca de plantas, em função do aumento dos níveis de adubação fosfatada, também foi evidenciado em outras culturas, como arroz (FAGERIA, 1980; CRUSCIOL et al., 2005), soja (CORRÊA et al., 2004; BROCH et al., 2008), milho (OLIVEIRA et al., 2009), tomate (FONTES et al., 2009) e alface (PAIM et al., 2008). Esses autores correlacionaram o aumento de massa de matéria seca, entre outros fatores, à influência que os níveis crescentes de P exercem no metabolismo das culturas, sendo estas eficientes ou não com relação à nutrição com P.

## 4.2 EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE FÓSFORO DE CLONES DE CAFÉ CONILON

Para os valores de eficiência de absorção, translocação e utilização de P em plantas de café conilon, observa-se, pela análise de variância, significância ( $p \leq 0,05$ ) para a interação dupla entre os fatores clones de café conilon e níveis de adubação fosfatada (Apêndice C).

### 4.2.1 Eficiência de absorção de fósforo

Verifica-se, para os valores médios de eficiência de absorção (EFA) de fósforo (P) em clones de café conilon, a formação de 4 agrupamentos de médias no nível 0% de adubação fosfatada, e para os níveis 50, 100 e 150% do recomendado com  $P_2O_5$ , vê-se a formação de apenas 2 grupos de médias (Tabela 11).

**Tabela 11** – Valores médios da eficiência de absorção de fósforo ( $mg\ g^{-1}$ ) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura)

Clone	Nível de Adubação Fosfatada (%)			
	0	50	100	150
CV-01	5,72 d	4,64 b	6,31 a	7,66 a
CV-02	5,54 d	5,24 b	4,98 b	6,15 b
CV-03	6,90 c	6,03 b	6,85 a	5,31 b
CV-04	7,25 c	6,38 a	6,09 a	8,34 a
CV-05	3,98 d	5,93 b	5,23 b	5,87 b
CV-06	5,01 d	4,80 b	6,16 a	7,06 a
CV-07	4,63 d	5,17 b	5,35 b	5,34 b
CV-08	4,87 d	4,75 b	4,30 b	5,53 b
CV-09	4,51 d	5,78 b	5,27 b	6,03 b
CV-10	4,80 d	6,35 a	8,08 a	6,73 a
CV-11	13,15 a	5,91 b	6,53 a	5,97 b
CV-12	10,82 b	7,07 a	7,30 a	7,51 a
CV-13	7,55 c	8,13 a	7,45 a	6,16 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

No nível de 0% de adubação fosfatada, o grupo de maior média de EFA de P é composto pelo clone CV-11. O segundo e o terceiro grupo distinto de média são compostos, respectivamente, pelo clone CV-12 e pelos clones CV-03, CV-04 e CV-13. O grupo de médias inferiores de EFA de P é composto pelos clones CV-01, CV-02, CV-05, CV-06, CV-07, CV-08, CV-09 e CV-10 (Tabela 11).

No nível de 50% do recomendado de  $P_2O_5$ , o grupo de clones significativamente eficiente em absorver fósforo do solo é formado pelos clones CV-04, CV-10, CV-12, CV-13 e o segundo grupo, inferior estatisticamente, é formado pelos clones CV-01, CV-02, CV-03, CV-05, CV-06, CV-07, CV-08, CV-09 e CV-11 (Tabela 11).

Para o nível de 100% do recomendado de  $P_2O_5$ , observa-se significativamente, que o grupo mais eficiente na absorção de P do solo é constituído pelos clones de café conilon CV-01, CV-03, CV-04, CV-06, CV-10, CV-11, CV-12 e CV-13. O segundo grupo, com médias inferiores de eficiência de absorção de P, é composto pelos clones, de café conilon, CV-02, CV-05, CV-07, CV-08 e CV-09 (Tabela 11).

Os clones de café conilon CV-01, CV-04, CV-06, CV-10 e CV-12 constituem o grupo eficiente em absorver P do solo no nível de 150% da adubação com  $P_2O_5$ . O segundo grupo de médias, para a variável em questão, é composto pelos clones CV-02, CV-03, CV-05, CV-07, CV-08, CV-09, CV-11 e CV-13 (Tabela 11).

Nota-se resposta diferenciada na eficiência de absorção de P pelos clones de café conilon, em cada nível de adubação fosfatada utilizada, devido à formação de grupos de médias de EFA de P composto por diferentes clones, em cada nível de  $P_2O_5$  estudado.

Eficiência distinta de absorção de P em níveis de adubação fosfatada diferentes, para genótipos da mesma espécie, também foi encontrada por Castro (2009) em batata, por Machado et al. (2001) em milho e por Moura et al. (2001) em pimentão.

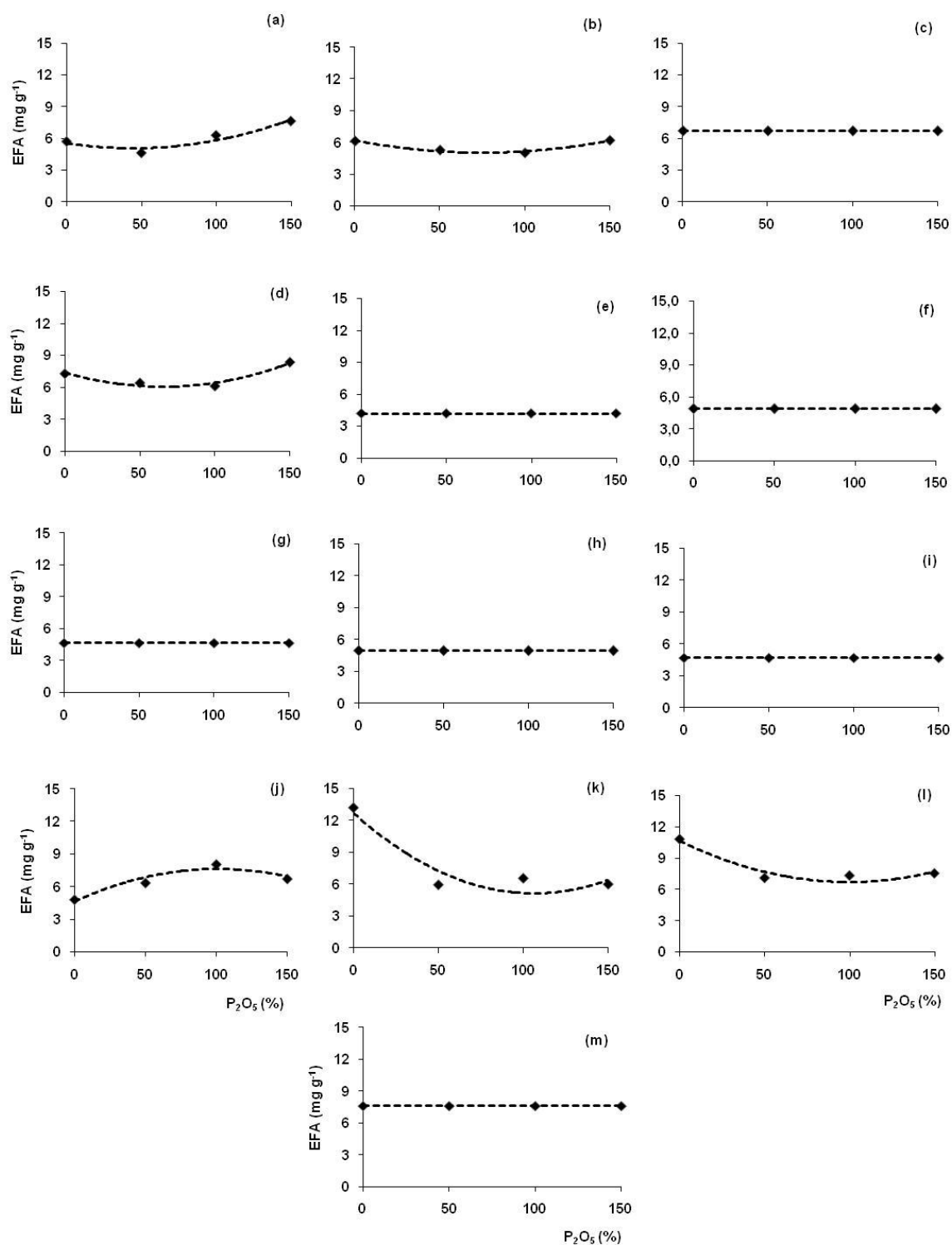
Justifica-se tal fato basicamente com duas hipóteses. A primeira apresentada anteriormente para as variáveis de crescimento vegetativo e de massa de matéria seca baseia-se na diferença genética que clones de café conilon possuem, como

relatado por Ferrão et al. (2008) e Fonseca et al. (2004b).

A segunda hipótese, que é amplamente confirmada pela literatura de acordo com a revisão apresentada por Fageria (1998), propõe que a diferença na eficiência de absorção de nutrientes entre genótipos de uma mesma espécie se dá basicamente por uma adaptação do sistema radicular à condição de estresse nutricional, estando Alves et al. (2002) de acordo com a afirmação.

Baseado na afirmativa de Machado et al. (2004), plantas submetidas a estresse nutricional com fósforo podem apresentar aumento relativo no sistema radicular. Desta forma pressupõe-se que a baixa eficiência de absorção de P pelos clones CV-03, CV-05, CV-07, CV-09, CV-10 e CV-13, nos níveis inferiores de  $P_2O_5$  estudados (0 e 50% do recomendado), é influenciada pelo elevado valor de MSR apresentado por estes genótipos (Tabela 7), variável esta que é o denominador da equação de eficiência de absorção de nutrientes.

Para o estudo do comportamento da EFA de P em função dos níveis de adubação com  $P_2O_5$  no intervalo estudado, pode-se verificar, na Figura 10 e na Tabela 12, que os clones de café conilon CV-01, CV-02, CV-04, CV-10, CV-11 e CV-12, apresentam ajuste no modelo linear, quadrático.



**Figura 10** – Eficiência de absorção de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.

**Tabela 12** – Equações de regressão, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), de eficiência de absorção de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$ ) em função dos níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  recomendado para a cultura), para cada clone de café conilon que compõe a cultivar “Vitória Incaper 8142”

Clone	Equação de eficiência de absorção de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$ )	$R^2$
CV-01	$\hat{Y} = 0,0002^* P^2 - 0,0214^{\text{ns}} P + 5,5762$	0,90
CV-02	$\hat{Y} = 0,0002^* P^2 - 0,0306^* P + 6,1420$	0,94
CV-03	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,703$	-
CV-04	$\hat{Y} = 0,0003^* P^2 - 0,0407^* P + 7,3548$	0,93
CV-05	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,189$	-
CV-06	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,915$	-
CV-07	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,648$	-
CV-08	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,980$	-
CV-09	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,665$	-
CV-10	$\hat{Y} = -0,0003^* P^2 + 0,0585^* P + 4,6442$	0,90
CV-11	$\hat{Y} = 0,0007^* P^2 - 0,1419^* P + 12,701$	0,88
CV-12	$\hat{Y} = 0,0004^* P^2 - 0,0788^* P + 10,623$	0,91
CV-13	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,583$	-

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

Os clones CV-03, CV-05, CV-06, CV-07, CV-08, CV-09 e CV-13, não apresentam ajuste a nenhum modelo de regressão em função do aumento dos níveis de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicados ao solo (Tabela 12). Isso leva a inferir que não existe interferência da adubação fosfatada, nos índices de eficiência de absorção destes clones, ou seja, a absorção destes é semelhante em qualquer nível de P, na solução do solo, tomando como base apenas o intervalo de adubação aplicado, dentro da condição do estudo.

Segundo Fageria (1998), genótipos que apresentam semelhança na absorção de nutrientes, em diferentes níveis destes no solo, possuem ampla base genética controlando a eficiência de absorção. O que figura a adaptação do sistema radicular às condições nutricionais do solo. Para o estudo em questão, tal fato torna-se interessante, visto a possibilidade de utilizar os clones, CV-03, CV-05, CV-06, CV-07, CV-08, CV-09 e CV-13, em solos marginais ao P sem significativo comprometimento da absorção do P.

Para os clones que apresentam ajuste ao modelo de regressão, nota-se

comportamentos distintos, em relação ao ponto de inflexão da curva. Os clones de café conilon CV-01, CV-02, CV-04, CV-11 e CV-12 apresentam eficiência de absorção de P caracterizada por curvas com inflexão em pontos de mínimo (Figura 10). Esse fato deve-se principalmente ao desenvolvimento radicular inferior desses clones no nível estudado de 0% de adubação com  $P_2O_5$ , caracterizado pelos valores inferiores de MSR (Tabela 7).

Tal fato indica que apesar da menor produção de massa de matéria seca de raiz por unidade de P absorvido, estes clones possuem um sistema radicular bastante eficiente na aquisição de P do solo em condições de estresse nutricional.

Contrariamente, a curva de eficiência de absorção de fósforo do clone de café conilon CV-10 apresenta característica de inflexão em ponto de máximo (Figura 10). O que leva a ponderar que o sistema radicular desse clone apresenta reduzida efetividade na aquisição de P do solo em condição de baixo nível nutricional de fósforo.

Esse comportamento está associado à maior adaptação às condições adversas, entre genótipos da mesma espécie, assim como, a capacidade distinta que estes apresentam em alterar a configuração geométrica do sistema radicular, de forma a melhor exploração do solo em busca de nutrientes ou de adquirir os recursos necessários de maneira mais eficiente (TIFFNEY; NIKLAS, 1985).

Diferenças na eficiência de absorção entre genótipos estão ligadas a variações do comprimento radicular total, do diâmetro radicular, do número e do comprimento dos pêlos radiculares, que podem ser responsáveis por 90% da absorção total do nutriente a taxas de absorção de P por unidade de comprimento de raiz, e principalmente aos diferentes influxos de P dos genótipos, decorrentes das diferenças de  $V_{max}$  (HORST et al., 1993).

Além da massa de matéria seca de raiz produzida, outras características, como a morfologia do sistema radicular e os parâmetros cinéticos de absorção, podem ter sido fundamentais para a aquisição do P pelos clones de café conilon. Entretanto, da mesma forma como foi relatado por Moura et al. (2001), existem dificuldades de

mensurar e também relatar a real influência dessas características quando utiliza-se o solo como substrato.

#### 4.2.2 Eficiência de translocação de fósforo

No estudo dos valores médios de eficiência de translocação (EFT) de fósforo (P), observa-se a formação de 6 grupos de clones nos níveis 0, 100 e 150% do recomendado de  $P_2O_5$  para a cultura, e 5 grupos de clones no nível de 50% (Tabela 13).

**Tabela 13** – Valores médios de eficiência da translocação de fósforo (%) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura)

Clone	Nível de Adubação Fosfatada (%)			
	0	50	100	150
CV-01	84,60 d	79,66 d	81,44 b	83,03 b
CV-02	96,18 a	75,52 e	72,40 f	75,37 e
CV-03	85,08 d	81,59 c	82,17 b	74,97 e
CV-04	84,42 d	81,23 c	80,34 c	83,08 b
CV-05	76,19 f	83,16 c	74,05 f	72,67 f
CV-06	96,86 a	81,55 c	84,09 a	85,52 a
CV-07	78,07 e	79,12 d	77,42 d	72,84 f
CV-08	77,19 f	77,09 e	75,19 e	77,62 d
CV-09	78,62 e	77,33 e	73,48 f	74,96 e
CV-10	92,49 b	85,33 b	85,02 a	80,82 c
CV-11	93,61 b	81,78 c	79,57 c	75,67 e
CV-12	96,56 a	84,77 b	84,89 a	82,79 b
CV-13	87,89 c	87,34 a	84,68 a	78,74 d

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Vê-se no nível 0% de adubação fosfatada, que o grupo de médias, significativamente maior, é composto pelos clones CV-02, CV-06 e CV-12. No segundo grupo, alocam-se os clones CV-10 e CV-11; o terceiro grupo é composto unitariamente pelo CV-13; o quarto grupo é composto pelos clones CV-01, CV-03 e CV-04; o quinto grupo constituído pelos clones de café conilon CV-07 e CV-09; e o sexto grupo de médias de EFT de P, inferior aos demais, é constituído pelos clones CV-05 e CV-08 (Tabela 13).



No nível de 50% do recomendado com  $P_2O_5$ , vê-se que o grupo significativamente superior na eficiência de translocação de fósforo é composto apenas pelo CV-13. No segundo grupo alocam-se os clones CV-10 e CV-12; o terceiro é composto por CV-03, CV-04, CV-05, CV-06 e CV-11; e o quarto grupo de clones, para EFT de P é composto por CV-01 e CV-07. O grupo estatisticamente inferior, na eficiência de translocar o P absorvido, no referido nível, é composto pelos clones CV-02, CV-08 e CV-09 (Tabela 13).

O grupo de clones de café estatisticamente superiores aos demais (primeiro grupo), na eficiência de translocação de P, no nível de 100% do recomendado de  $P_2O_5$ , é formado pelos clones CV-06, CV-10, CV-12 e CV-13. Os clones CV-01 e CV-03, os clones CV-04 e CV-11, o clone CV-07 e o clone CV-08 formam, respectivamente, os segundo, terceiro, quarto, quinto e sexto grupo de médias de EFT de P. O grupo significativamente inferior em translocar P para a parte aérea do cafeeiro conilon (sétimo grupo) é formado pelos clones CV-02, CV-05 e CV-09 (Tabela 13).

No nível de 150% do recomendado de  $P_2O_5$ , vê-se que o clone CV-06 é o mais eficiente na translocação do fósforo para a parte aérea, figurando o grupo de médias superior. O segundo grupo é composto pelos clones CV-01, CV-04 e CV-12. O terceiro e quarto grupo é constituído, respectivamente, pelos clones CV-10, e CV-08 e CV-13. Os clones CV-02, CV-03, CV-09 e CV-11 alocam-se no quinto grupo distinto de médias de EFT de P. O grupo significativamente inferior aos demais na eficiência de translocação de P é composto pelos clones CV-05 e CV-07 (Tabela 13).

Os clones de café conilon apresentam eficiência de translocação de P diferenciada, nos diferentes níveis de  $P_2O_5$  estudado. Assim, vê-se influência genética na eficiência de translocação de P.

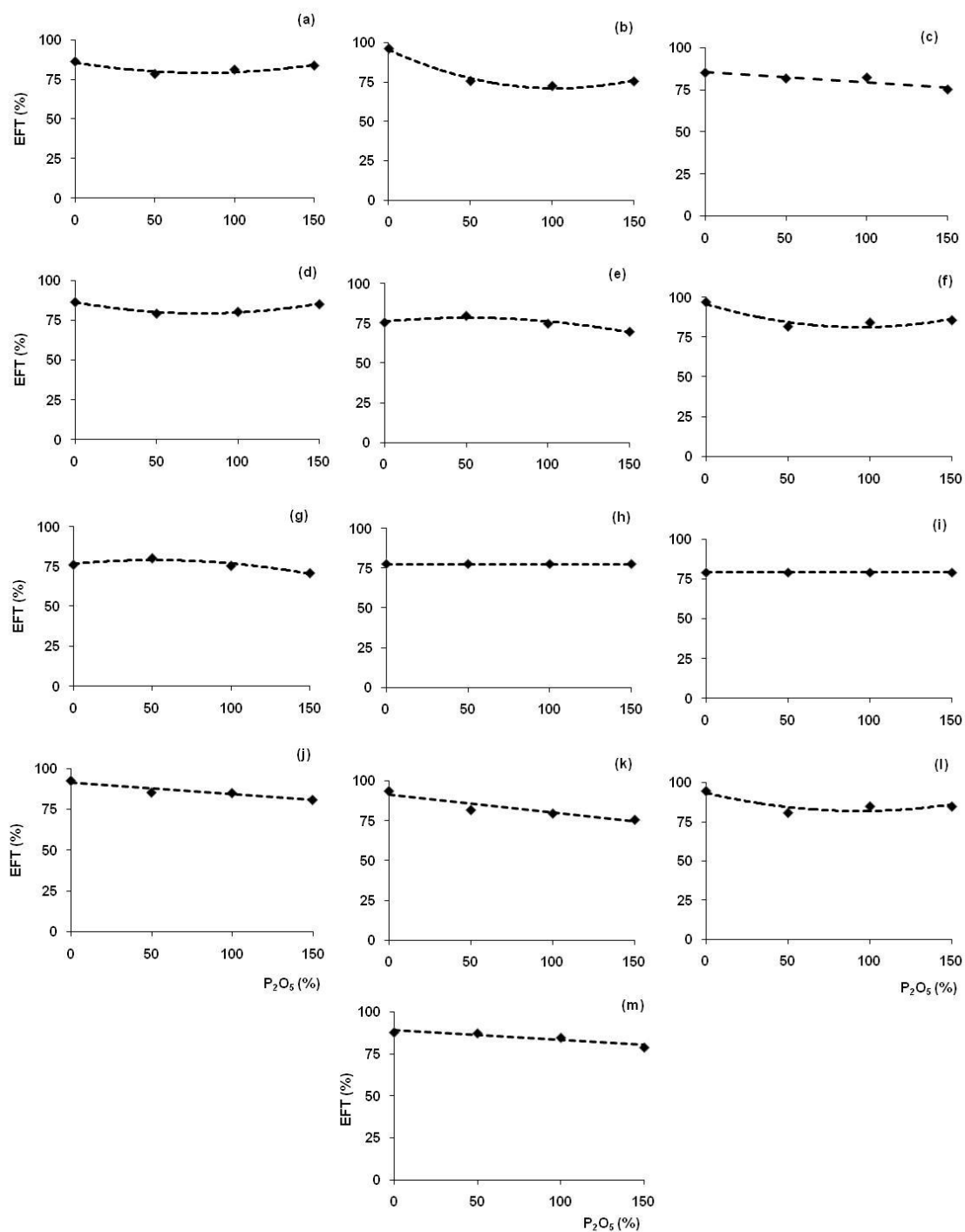
A eficiência de translocação de fósforo está ligada principalmente à característica genética que governa a ocorrência de variações no transporte a longa distância. E também a capacidade temporal de translocar o P que está alocado no apoplasto, externo e interno (FURTTINI NETO, 1994).

Nos primeiros meses de condução deste experimento, observou-se que as plantas nutridas com P apresentaram crescimento inicial diferenciado em comparação àquelas não nutridas com este nutriente. Desta forma, pressupõe-se, com base na afirmativa de Furtini Neto (1994), que logo depois do transplante a capacidade temporal de translocação de P é maior em relação à planta estabelecida. É possível que tal fato deve-se à necessidade do vegetal em balancear os teores nutricionais em seus órgãos.

A diferença na eficiência de translocação de P entre indivíduos de uma mesma espécie deve-se também à capacidade diferenciada na velocidade de transporte do nutriente no xilema, na rápida assimilação de P e, também na ciclagem interna de fósforo (GRAHAM, 1984).

Esta capacidade diferenciada pode refletir em diferenças de produtividades em vegetais da mesma espécie, como foi relatado por Amaral et al. (2010), que encontraram baixa produtividade do cafeeiro arábica, Acaiá IAC-474-19, no nível baixo de adubação, devido à baixa eficiência de translocação de N, P e Zn.

Assim, na Figura 11 e na Tabela 14, verifica-se ajuste diferencial de modelos matemáticos de regressão aos clones de café conilon. Desta forma, nota-se que a regressão de EFT de P para os clones CV-03, CV-10, CV-11 e CV-13 apresentam ajuste linear em função dos níveis de  $P_2O_5$  aplicados ao solo. E que os clones CV-08 e CV-09 não apresentam ajuste de modelo de regressão aos níveis de P aplicados ao solo.



**Figura 11** – Eficiência de translocação de fósforo (%) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.

**Tabela 14** – Equações de regressão, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), de eficiência de translocação de fósforo (%) em função dos níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura), para cada clone de café conilon que compõe a cultivar “Vitória Incaper 8142”

Clone	Equação Eficiência de translocação de fósforo (%)	$R^2$
CV-01	$\hat{Y} = 0,0007^* P^2 - 0,1039^* P + 84,262$	0,82
CV-02	$\hat{Y} = 0,0024^* P^2 - 0,4856^* P + 95,615$	0,98
CV-03	$\hat{Y} = -0,0595^* P + 85,419$	0,81
CV-04	$\hat{Y} = 0,0006^* P^2 - 0,0988^* P + 84,496$	0,99
CV-05	$\hat{Y} = -0,0008^* P^2 + 0,0859^* P + 77,386$	0,56
CV-06	$\hat{Y} = 0,0017^* P^2 - 0,314^* P + 95,918$	0,86
CV-07	$\hat{Y} = -0,0006^* P^2 + 0,0494^* P + 78,068$	0,99
CV-08	$\hat{Y} = \bar{Y} = 77,502$	-
CV-09	$\hat{Y} = \bar{Y} = 79,015$	-
CV-10	$\hat{Y} = -0,0706^* P^2 + 91,217$	0,99
CV-11	$\hat{Y} = -0,112^* P^2 + 91,068$	0,87
CV-12	$\hat{Y} = 0,001^* P^2 - 0,2277^* P + 95,861$	0,91
CV-13	$\hat{Y} = -0,0602^* P^2 + 89,184$	0,99

\*Significativo, pelo teste t, a 5% de probabilidade.

A EFT de P dos clones CV-03, CV-10, CV-11 e CV-13, em relação aos níveis de adubação fosfatada, foi caracterizada como linear e decrescente, o que leva a acreditar que o aumento do P no solo pode suprimir a velocidade de transporte de P no xilema, como afirmado por Graham (1984).

Os demais clones, influenciados por níveis de  $P_2O_5$  aplicados ao solo, fornecem valores de eficiência de translocação de fósforo ajustados ao modelo quadrático. Sendo os clones CV-01, CV-02, CV-04, CV-06 e CV-12 caracterizados por curvas inflexão em pontos de mínimo, e os clones CV-05 e CV-07 apresentam inflexão em pontos de máximo (Figura 11; Tabela 14).

Resultados semelhantes para curvas de eficiência de translocação de P, com ponto de inflexão em máxima, para diferentes genótipos de pimentão foi encontrado por Moura et al. (2001) e também em soja por Martinez et al. (1993). Esses autores indicam que tal comportamento pode ser um mecanismo não limitante no processo metabólico de assimilação do P, que pouco contribuiu para a diferenciação entre as linhagens quanto à resposta à adubação fosfatada.

Para os clones caracterizados por curvas de inflexão em pontos de mínima, pressupõe-se que a variabilidade genética presente nestes, mais especificamente nos sítios de absorção de fósforo e também na capacidade de translocação de P, esteja ligada a uma adaptação a condições de estresse de P, visto a maior eficiência de translocação de P, na ausência de aplicação de fósforo no solo, sendo isso comprovado para outros vegetais (FAGERIA, 1998).

#### 4.2.3 Eficiência de utilização de fósforo

No estudo da eficiência de uso (EFU) do fósforo (P), verifica-se a formação de 9 grupos de clones no nível 0% de adubação fosfatada, 6 grupos de clones no nível de 50% e 5 grupos, no nível de 100 e 150% do recomendado de  $P_2O_5$ , para a cultura (Tabela 15).

**Tabela 15** – Valores médios da eficiência de utilização de fósforo ( $g^2\ mg^{-1}$ ) de clones de café conilon que compõem a cultivar “Vitória Incaper 8142” para cada nível de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura)

Clone	Nível de Adubação Fosfatada (%)			
	0	50	100	150
CV-01	40,82 b	47,50 a	46,48 b	51,42 c
CV-02	17,20 i	36,45 c	38,82 d	42,82 e
CV-03	28,48 f	32,47 d	35,77 e	53,64 b
CV-04	26,46 g	29,86 e	37,62 d	46,83 d
CV-05	36,20 d	31,91 d	47,04 b	52,80 b
CV-06	35,96 d	47,55 a	50,07 a	55,41 b
CV-07	38,13 c	41,29 b	48,20 b	58,20 a
CV-08	36,13 d	43,45 b	51,40 a	59,69 a
CV-09	48,60 a	42,64 b	49,20 a	47,75 d
CV-10	32,81 e	35,49 c	40,29 c	48,81 d
CV-11	19,73 h	35,95 c	38,64 d	51,16 c
CV-12	25,92 g	25,61 f	45,11 b	47,99 d
CV-13	25,62 g	36,19 c	42,07 c	48,43 d

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

No nível 0% de adubação fosfatada para a EFU de P, verifica-se que o primeiro grupo, superior aos demais, é formado pelo CV-09; o segundo pelo CV-01; o terceiro pelo CV-07; o quarto pelos clones CV-05, CV-06 e CV-08; o quinto pelo CV-10; o sexto pelo CV-03; o sétimo pelos clones CV-04, CV-12 e CV-13; e o oitavo pelo CV-11. O nono grupo, inferior aos outros, é formado pelo CV-02 (Tabela 15).

Como pode ser visto na Tabela 15, no nível de 50% do recomendado de  $P_2O_5$ , os clones de café conilon CV-01 e CV-06 apresentam eficiência no uso de P, significativamente, superior aos demais. O segundo, o terceiro, o quarto e o quinto grupo foram compostos pelos clones, em ordem decrescente de significância, CV-07, CV-08 e CV-09; os clones CV-02, CV-10, CV-11 e CV-13; os clones CV-03 e CV-05; e o clone CV-04. O sexto grupo, inferior estatisticamente aos outros clones, para esse nível, é composto pelo clone CV-12.

Para o nível de 100% do recomendado de  $P_2O_5$ , vê-se que os clones que se destacam na eficiência de uso de P são o CV-06, CV-08 e o CV-09, figurando o grupo de médias superiores. O segundo grupo é composto pelos clones CV-01, CV-05, CV-07 e CV-12; o terceiro pelos clones CV-10 e CV-13; e o quarto pelos clones CV-02, CV-04 e CV-11. O clone CV-03 aloca-se no grupo inferior de EFU de P, sendo este o sexto grupo (Tabela 15).

No nível de 150% do recomendado de  $P_2O_5$ , visualiza-se que os clones de café CV-07 e CV-08 são significativamente eficientes no uso do fósforo, formando o grupo de médias superiores. O segundo grupo de clones é constituído pelo CV-03, CV-05 e CV-06; o terceiro grupo é composto pelos clones CV-01 e CV-11; e o quarto grupo pelo CV-04, CV-09, CV-10, CV-12 e CV-13. O clone CV-02 apresenta menor eficiência de utilização de P, quando comparado aos demais clones, figurando o grupo inferior (Tabela 15).

Da mesma forma, como foi relatado para as demais variáveis analisadas, viu-se que os clones apresentaram diferença quanto a eficiência de utilização de P. Ou seja, no geral, o clone que apresenta destaque significativo, em um nível de  $P_2O_5$ , não manteve a capacidade de eficiência de utilização de P, em outros níveis. Deve-se, este fato, à diversidade genotípica existente entre os clones (FONSECA et al.,

2004b; FERRÃO et al., 2008) e a diferente capacidade de acumular massa de matéria seca total.

No estudo de eficiência de utilização de P para genótipos de milho, Machado et al. (2001), encontraram diferenças entre as cultivares para o mesmo nível de adubação fosfatada, como encontrado no estudo dos clones de café conilon.

Estudando seis genótipos de arroz, em dois níveis de adubação com P, caracterizados como alto e baixo, Rotili et al. (2010) também evidenciaram que o comportamento dos genótipos foi diferente em relação aos níveis de P aplicados, encontrando desta forma, genótipos de arroz que apresentam superior eficiência de utilização de P sob estresse deste nutriente no solo, e outros que apresentam elevada EFU de P no nível de maior fornecimento de P, característica de genótipos exigentes.

Segundo Machado et al. (2001), o que destaca um genótipo eficiente na utilização de P, dentro do nível de adubação, é a capacidade do mesmo em acumular matéria seca, com base no índice proposto por Siddiqi e Glass (1981). Além da matéria seca, deve-se levar em consideração a capacidade de absorção do P, tomando como base o desenvolvimento do sistema radicular.

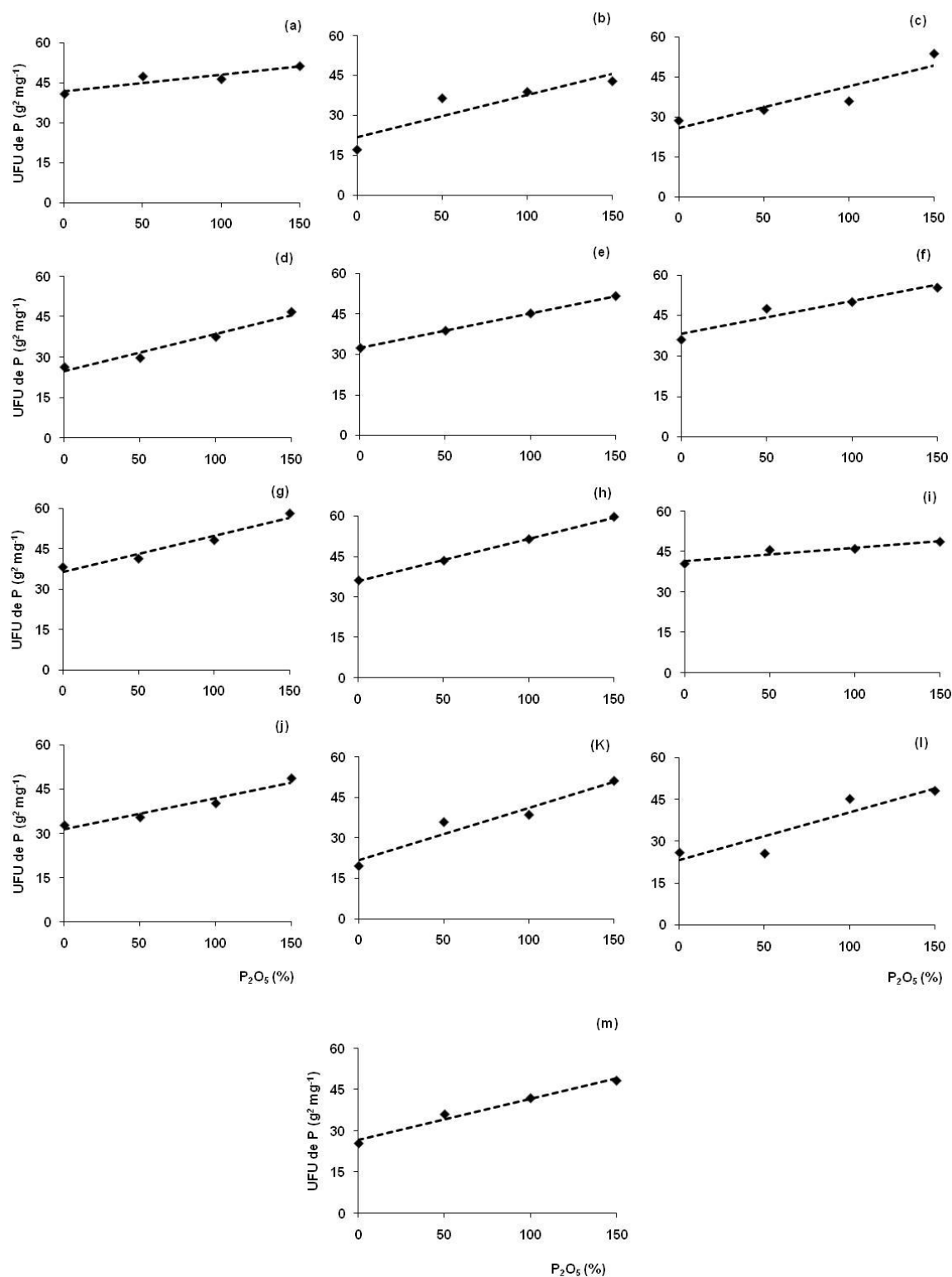
A eficiência de utilização equaciona o quadrado da matéria seca pelo conteúdo total de nutriente na planta. Assim, vê-se que o conteúdo total de P na planta, é o produto do teor de P nas partes vegetativas, pela matéria seca total destas. O que leva a concluir que a eficiência de utilização de P está ligada basicamente a capacidade do genótipo em acumular matéria seca, ou seja, um genótipo eficiente na utilização de P é aquele que produz elevada quantidade de matéria seca comparativamente a outro, com o mesmo teor de P no tecido.

No estudo dos níveis de adubação com fósforo aplicado para cada clone de café conilon, vê-se que a eficiência de utilização de fósforo é crescente em relação aos níveis de  $P_2O_5$  aplicados ao solo, ajustando, assim, o modelo linear (Figura 12; Tabela 16). Evidenciando, que a máxima eficiência de utilização de fósforo pelos

clones de café conilon ocorre na dose de 150% do recomendado de  $P_2O_5$  para a cultura, dentro do intervalo estudado (Figura 12).

Não foi possível ajustar um modelo de regressão para EFU de P para o clone CV-09.





**Figura 12** – Eficiência de utilização de fósforo ( $g^2 mg^{-1}$ ) de treze clones de café conilon, que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142”, influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura). <sup>[a]</sup>CV-01; <sup>[b]</sup>CV-02; <sup>[c]</sup>CV-03; <sup>[d]</sup>CV-04; <sup>[e]</sup>CV-05; <sup>[f]</sup>CV-06; <sup>[g]</sup>CV-07; <sup>[h]</sup>CV-08; <sup>[i]</sup>CV-09; <sup>[j]</sup>CV-10; <sup>[k]</sup>CV-11; <sup>[l]</sup>CV-12; e <sup>[m]</sup>CV-13.

**Tabela 16** – Equações de regressão, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), de eficiência de utilização de fósforo ( $g^2 mg^{-1}$ ) em função dos níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura), para cada clone de café conilon que compõe a cultivar “Vitória Incaper 8142”

Clone	Equação Eficiência de utilização de fósforo ( $g^2 mg^{-1}$ )	$R^2$
CV-01	$\hat{Y} = 0,0616^* P + 41,944$	0,82
CV-02	$\hat{Y} = 0,1585^* P + 21,943$	0,80
CV-03	$\hat{Y} = 0,1575^* P + 25,780$	0,83
CV-04	$\hat{Y} = 0,1377^* P + 24,868$	0,96
CV-05	$\hat{Y} = 0,1298^* P + 32,254$	0,76
CV-06	$\hat{Y} = 0,1217^* P + 38,125$	0,91
CV-07	$\hat{Y} = 0,1343^* P + 36,389$	0,95
CV-08	$\hat{Y} = 0,1572^* P + 35,878$	0,99
CV-09	$\hat{Y} = \bar{Y} = 46,450$	-
CV-10	$\hat{Y} = 0,1056^* P + 31,437$	0,94
CV-11	$\hat{Y} = 0,1940^* P + 21,828$	0,93
CV-12	$\hat{Y} = 0,1714^* P + 23,309$	0,84
CV-13	$\hat{Y} = 0,1486^* P + 26,934$	0,97

Significativo, pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Para a EFU de P em clones de café conilon, nota-se que todos os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) são superiores a 0,75, e que o coeficiente angular de todas as regressões são significativos ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste t, verificando o adequado ajuste do modelo aos níveis de  $P_2O_5$  aplicados (Tabela 16).

Pressupõe-se que os clones de café conilon podem apresentar potencial genético para utilizar o fósforo translocado nos seus tecidos, acima dos níveis do que foi praticado neste estudo, devido ao vigor e rusticidade da espécie, como foi relatado por Ferrão et al. (2008). Todavia, encontra-se na literatura ressalvas quanto a essa hipótese.

De acordo com Silva et al. (1996), a eficiência de utilização diminui com o aumento da disponibilidade do nutriente no substrato, uma vez que, nesta condição, a produção de biomassa pelas plantas não sofre incremento na mesma proporção da absorção e acúmulo do nutriente nos tecidos, havendo, nesse caso, um declínio na utilização interna do nutriente para a produção de biomassa.

Para Moura et al. (1999), as altas concentrações de P nos tecidos podem reduzir a fotossíntese, em função da exportação excessiva de trioses-P do cloroplasto para o

citossol, reduzindo também os intermediários do ciclo de Calvin e, conseqüentemente a produção de fotoassimilados. Esse fato leva a diminuição da eficiência de utilização de P pelas plantas, devido ao menor acúmulo de MST e também ao maior conteúdo de P nos tecidos, sendo estes, respectivamente, numerador e denominador da relação de eficiência de utilização.

Além do citado por Silva et al. (1996) e por Moura et al. (2001), conjectura-se que o aumento da adubação fosfatada, a fim de potencializar a eficiência de utilização de P pelos clones, pode secundariamente suprimir outras variáveis como a expansão do sistema radicular e até mesmo diminuir a eficiência de absorção de nutrientes.

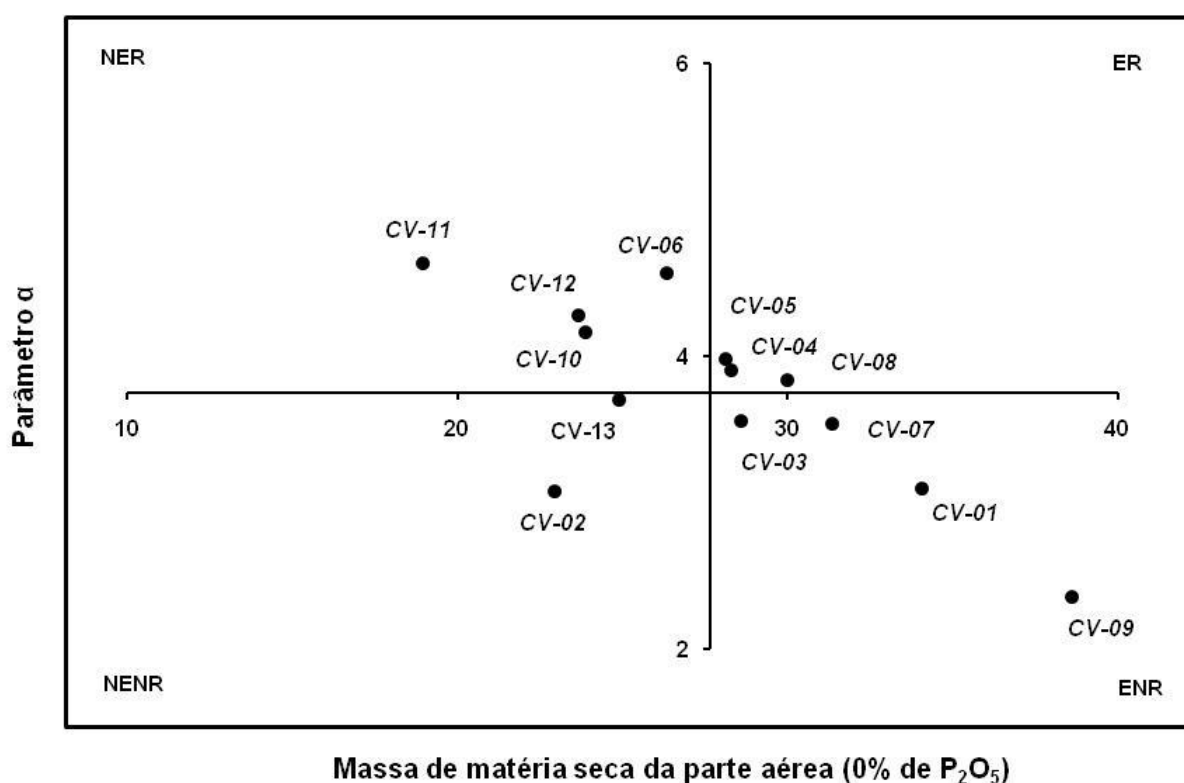
Em outro prisma, é notório que o modelo da curva de eficiência de utilização de P, no geral, mostra-se diferenciado dos modelos de eficiência de absorção e translocação de P, para os clones de café conilon, dentro dos níveis de  $P_2O_5$  estudados. Nota-se, com isso, que a eficiência de utilização de P, também está relacionada a outros aspectos, e não só a constituição genética dos clones.

Neste sentido, Amaral et al. (2011) evidenciaram que a eficiência de utilização, além de possuir correlação direta com os valores médios de massa de matéria seca total (MST), possui afinidade significativa com as características vegetativas, tais como número de folhas (NF) e área foliar (AF).

Assim, pressupõe-se que além da influência genética ligada à utilização de P para transformação do mesmo, e dos demais nutrientes, em biomassa (GABELMAN; GERLOFF, 1983), a influência dos valores médios de MST, e secundariamente dos valores de NF e AF, influenciam na adequação do modelo matemático, de eficiência de utilização de P para os clones de café conilon.

### 4.3 EFICIÊNCIA E RESPOSTA DE CLONES DE CAFÉ CONILON AO FÓSFORO

A Figura 13 apresenta a eficiência e responsividade dos clones de café conilon, em relação ao nível 0 e 150% do recomendado de  $P_2O_5$ , de acordo com o conceito proposto por Fox (1978).



**Figura 13** – Classificação de clones de café conilon quanto à eficiência e à resposta à adubação fosfatada. ER = eficiente e responsivo; ENR = eficiente e não-responsivo; NER = não-eficiente e responsivo; e NENR = não-eficiente e não-responsivo.

Os clones CV-04, CV-05 e CV-08 comportaram-se como eficientes e responsivos (ER). Os ER são os que mais produziram em condições de baixa dose de fósforo e também responderam bem ao incremento deste elemento no solo. Já os clones de café conilon CV-06, CV-10, CV-11 e CV-12 foram classificados como não eficientes e responsivos (NER). Os clones NER, embora tenham respondido bem ao aumento

dos níveis de fósforo, não alcançam a produção de massa de matéria seca dos clones classificados como ER e ENR, no nível testemunha.

No quadrante que classifica os clones como eficientes e não responsivos (ENR), aloca-se os clones CV-01, CV-03, CV-07 e CV-09. Levando a inferir que apesar de produzirem significativamente no nível testemunha, têm menor resposta ao aumento do suprimento de fósforo no solo.

Os clones CV-02 e CV-13 foram classificados como não eficientes e não responsivos, devido à baixa produção de massa de matéria da parte aérea, em função do aumento dos níveis de  $P_2O_5$  aplicados (Tabela 9). Esses clones figuram os grupos de médias de MSPA inferiores, nos níveis 0 e 150% de adubação fosfatada.

Na literatura, o parâmetro de estudo quanto à eficiência e resposta aos nutrientes por diferentes genótipos, proposto por Fox (1978), é amplamente utilizado, como cita Fageria (1989), Lana et al. (2006) e Rotili et al. (2010). Todavia, não há um consenso sobre quais índices de eficiência nutricional apresentam maior influência.

Segundo Lana et al. (2006), a eficiência de translocação de P foi a que mais influenciou a resposta dos genótipos de feijoeiro. Para Rotili et al. (2010), a eficiência de utilização do fósforo apresentou maior influência nas respostas de variedades de arroz cultivados em solos de várzea irrigado. Fageria (1989), em sua revisão, relata a existência de correlação positiva entre todas as formas de estudo de eficiência nutricional em relação à responsividade de genótipos da mesma espécie ao estresse nutricional. Entretanto, o autor pondera que nas condições de solo do Brasil, a eficiência de absorção de P pode ser a principal forma de obter respostas em relação ao crescimento e produção das culturas, visto a capacidade que o sistema radicular possui para se adaptar às condições adversas.

## 5 CONCLUSÕES

1. Nas condições estudadas, os treze clones de café conilon que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142” apresentam comportamento significativamente diferenciado em relação às variáveis de crescimento vegetativo (NF, AL, DC e AF), de massa de matéria seca (MSR, MSPA e MST) e, também, de eficiência de absorção (EFA), translocação (EFT) e utilização (EFU) de fósforo em cada nível de adubação de  $P_2O_5$ .
2. Os valores médios das variáveis de crescimento vegetativo (NF, AL, DC e AF) e de massa de matéria seca (MSR, MSPA e MST) dos clones de café conilon estudados, aumentam linearmente em função do acréscimo da adubação com  $P_2O_5$ , dentro do intervalo de níveis estudados.
3. As curvas de eficiência de absorção de fósforo, em função dos níveis de  $P_2O_5$  aplicados, para os clones de café conilon, apresentam ajuste ao modelo quadrático.
4. A eficiência de translocação de fósforo, em função dos níveis de  $P_2O_5$  aplicados, é diferenciada para os clones de café conilon, com característica linear e também quadrática.
5. A eficiência de utilização de fósforo dos clones de café conilon aumenta com característica linear, em função do acréscimo dos níveis de  $P_2O_5$  estudados.
6. Para o clone CV-09 não foi possível ajustar nenhum modelo de regressão para os índices de eficiência nutricional de P.
7. Os clones de café conilon CV-04, CV-05 e CV-08 apresentam-se eficientes e responsivos a adubação fosfatada.

## 6 REFERÊNCIAS

ABICHEQUER, A.D.; BOHNEN, H. Eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p.21-26, 1998.

ALVES, V.M.C.; PARENTONI, S.N.P.; VASCONCELLOS, C.A.; PITTA, G.V.; FRANÇA, C.C.M. Cinética de absorção de fósforo e crescimento do sistema radicular de genótipos de milho contrastantes para eficiência a fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.1, p.85-92, 2002.

AMARAL, A.S. do, BARROS, U.V., BARBOSA, C.M., MATIELLO, J.B.. Modo de aplicação e granulometria do superfosfato simples usado na cova de plantio do cafeeiro – efeito na produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 26., 2000, Marília. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE/CBP&DCafé/EMBRAPA/SAESP/COOPEMAR/PMM, 2000. p.63-64.

AMARAL, J.F.T. Eficiência de produção de raízes, absorção, translocação e utilização de nutrientes em cultivares de café arábica. 2002. 97 p. **Tese (Doutorado em Fitotecnia)**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-Mg, 2002.

AMARAL, J.F.T.; MARTINEZ, H.E.P.; LAVIOLA, B.G.; FILHO, E.I.F.; CRUZ, C.D. Eficiência na produção de frutos e alocação relativa de nutrientes em cultivares de cafeeiro. **Revista Ceres**, v. 57, n.2, p. 253-262, 2010.

AMARAL, J.F.T; MARTINEZ, H.E.P.; LAVIOLA, B.G.; FILHO, E.I.F.; CRUZ, C.D. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, v.41, n.4, 2011.

ASSIS, R.T. Fontes e doses de fósforo na formação de mudas e produção do cafeeiro. 2010. 66p. **Tese (Doutorado em Fitotecnia)**, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP. 2010.

BAHL, G.S.; PASRICHA, N.S. Efficiency of P utilization by pigeonpea and wheat grown in a rotation, **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v, 51, n, 3, p, 225-229, 1998.

BALIGAR, V.C.; FAGERIA, N.K. **Plant nutrient efficiency: towards the second paradigm**. In: Siqueira, J.O. et al. (Ed.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p. 183 - 204.

BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGA-FILHO, L.J. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, v.20, n.107, p.44-52, 1973.

BIELESKI, R.L.; FERGUSON, J.B.. Physiology and metabolism of phosphate and its compounds. In: PIRSON, A.; ZIMMERMANN, M. H. **Encyclopedia of plant**

**physiology:** inorganic plant nutrition. Berlin: Spring Verlag, New series, 15A. 1983. p. 422-449.

BLAIR, G. Nutrient efficiency – what do we really mean. In: Randall, P.J., Delhaize, E., Richard, R.A.; Munns, R. **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Keuver Academic, Dordrecht, The Netherlands, p. 205-213, 1993.

BLEVINS D.G. **Better Crops**, Norcross, v.83, n.2, p.29, 1999.

BRAGANÇA, S.M. Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre), 2005, 99p. **Tese (Doutorado em Agronomia)**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2005.

BROCH, D.L.; NOLLA, A.; QUIQUI, E.M.D.; POSSENTI, J.C.. Influência no Rendimento de Plantas de Soja pela Aplicação de Fósforo, Calcário e Gesso em um Latossolo Sob Plantio Direto. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.10 n 2, 2008.

BUCHANAN, B.B.; GRUISSSEN, W.; JONES, R.L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville, Maryland: American Society of Plant Physiologists. 2000. 1367 p.

CAIRES, E.F.; ROSOLEM, C.A.. Correção da acidez do solo e desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem. **Bragantia**, v.57, p.175-184, 1998.

CARVALHO, A.; MEDINA FILHO, H.P.; FAZUOLI, L.C.; GUERREIRO FILHO, O.; LIMA, M.M. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, v.14, n.1, p.135-183, 1991.

CASTELLS, A.J.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Considerações referentes à determinação de parâmetros cinéticos de absorção de fósforo. **Revista Ceres**, v.32, n.179, p.85-91, 1985.

CASTRO, G.Y. Eficiência de absorção e utilização de fósforo em batata cultivada *in vitro*, 2009, 54 p. **Dissertação (Mestrado em agronomia)**, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2009.

CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia, Programa de feijão. **Informe Annual**, Cali, Colombia, 1978. p. 12-13.

CLARK, R.B.; DUNCAN, R.R. Improvement of plant mineral nutrition through breeding. **Fiel Crops Resourch**, n.27, p. 219 - 240, 1991.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira. Café: Primeira estimativa da safra brasileira de café Janeiro/2011**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/4cafe08.pdf>>. Acesso em: 22 março. 2011.



CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Estimativa da safra brasileira de café 2010**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/4cafe08.pdf>>. Acesso em: 22 março. 2011.

CORREA, J.B.; GARCIA, A.W.R.; COSTA, P.C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p. 117 - 183.

CORRÊA, J.C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C.A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n.12, p.1231-1237, 2004.

CRUSCIOL, C.A.C.; MAUAD, M.; CASSIA, R.; ALVAREZ, F.; LIMA, E.V.; TIRITAN, C.S. Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas. **Bragantia**, v.64, n.4, p.643-649, 2005.

DAMATTA, F.M.; RONCHI, C.P.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Braz. Jornal Plant Physiol.**, v. 19, n.4, p. 485-510, 2007.

DOMINGHETTI, A.F.; MENDONÇA, A.C.; GUIMARÃES, A.N.; GLADYSTON, R.C.; BOTELHO, C.E.; GUEDES CARVALHO, J. Absorção, translocação e eficiência no uso dos macronutrientes em cafeeiros (*Coffea arabica* L.) enxertados em Apatã IAC 2258 (*Coffea canephora*). **Interciencia**, v. 35, n. 11, p. 818-822, 2010.

EBERHARDT, D.S.; SILVA, P.R.F.; RIEFFEL NETO, S.R. Eficiência de absorção e utilização de nitrogênio por plantas de arroz e de dois ecótipos de arroz vermelho. **Planta daninha**, v. 17, p. 309-323, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997.

FAGERIA, N.K. Deficiência hídrica em arroz de cerrado e resposta ao fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.15, n.3, p.259-285, 1980.

FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.1, p.6-16, 1998.

FAGERIA, N.K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA-CNPAP, 1989. 425p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: **Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stresses**. Lincoln. Proceedings... Lincoln: University of Nebraska. 1993. p. 142-159.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; EDWARD, D.G. Soil-Plant nutrient relationships at low pH stress. In: BALIGAR, V.C.; DUNCAN, R.R., ed. **Crops as enhancers of nutrient use**. New York: Academic Press, 1990. p.475-507.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. Avaliação preliminar de cultivares de arroz irrigado para maior eficiência de utilização de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.12, p.1709-1712, 1982.

FASSIO, L.H.; SILVA, A.E.S. da. **Importância econômica e social do café Conilon**. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; BRAGANÇA. S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 35-49.

FAULIN, G.D.C. Influência da adubação em doses variadas na produtividade e no estado nutricional da cultura do café (*Coffea arabica* L.). 2010. 104p. **Tese (Doutorado em Fitotecnia)**, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP. 2010.

FAZUOLI, L.C. **Genética e melhoramento do cafeeiro**. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, N.; YAMADA, J. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade do cafeeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.87-113.

FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H.; VERDIM FILHO, A.C.; VOLPI, P.S.; MARQUES, E.M.G.; ZUCATELI, F. **Café conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas**. Vitória, ES: Incaper, 2004, 60 p. (**Circular Técnica, 03-I**).

FERRÃO, R.G.; CRUZ, C.D.; FERREIRA, A.; CECON, P.R.; FERRÃO, M.A.G.; FONSECA, A.F.A.; CARNEIRO, P.C.S.; SILVA, M.F. **Parâmetros genéticos em café Conilon**. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p.61-69, 2008.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FOHSE, D.; CLAASSEN, N.; JUNGK, A. Phosphorus efficiency of plants: External and internal P requirement and P uptake efficiency of different plant species. **Plant and Soil**, v.110, p. 101-109, 1998.

FONSECA, A.F.A. DA, FERRÃO, M.A.G., FERRÃO, R.G., VERDIN FILHO, A.C., VOLPI, P.S., ZUCATELI, F. **Conilon Vitória Incaper 8142 : Variedade Clonal de Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2004a. 24p. (**Documentos, 127**).

FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; FERRÃO, R.G.; VERDIN FILHO, A.C.; VOLPI, P.S.; ZUCATELI, F. **Conilon Vitória - Incaper 8142: improved Coffea canephora var. kouillou clone cultivar for the taste of Espírito Santo**. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, PR, v. 4, n. 4, p. 503-505, 2004b.

FONTES, P.C.R.; FONTES, R.R. Absorção de P e crescimento do tomateiro influenciado por fontes, níveis e posicionamento do fertilizante. **Horticultura Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 11-13, 2009.

FOX, R.H. Selection for phosphorus efficiency in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.9, n.1, p.13-37, 1978.

FOY, C.D. Soil chemical factors limiting plant root-growth. **Advances in Soil Science**, New York, v.19, p.97-149, 1992.

FURLANI, A.M.C.; CLARK, R.B.; MARANVILLE, J.W.; ROSS, W.M. Sorghum genotype differences in phosphorus uptake, phosphorus efficiency, phosphorus mobilization and utilization. **Jornal Plant Nutrition**, v. 7, n.7, p. 1113-26, 1984.

FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C. & AZZINI, L.E. Comportamento diferencial de linhagens de arroz na absorção e utilização de nitrogênio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.51-59, 1986.

FURTINI NETO, A.E. Eficiência nutricional, cinética de absorção e frações fosfatadas em *Eucalyptus* spp. 1994. 99p. **Tese (Doutorado em Fitotecnia)**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1994.

GABELMAN, W.H.; GERLOFF, G.C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. **Plant Soil**, v.72, p.335-350, 1983.

GERLOFF, G.C.; GABELMAN, W.H. **Genetic basics of inorganic plant nutrition**. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R. L. (ed). Inorganic Plant Nutrition. Berlin, Springer-verlag, 1983, p.453-480.

GOMIDE, M.B.; LEMOS, O.V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M.M.; CARVALHO, J.G.; DUARTE, C.S. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuí. **Ciência e Prática**, v.1, n.2, p.118-123, 1977.

GRAHAM, R.D. **Breeding of nutritional characteristics in cereals**. In: TINKER, R.B & LAUCHLIA, Ceds. *Advances in plant nutrition*, New York, Praeger,1984. P.57-102.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Piracicaba: POTAFOS, 2001. p. 1-5. (**Informações Agronômicas, 95**).

GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R.; RIBEIRO, L.F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Item**, n.73, p. 52-61, 2007.

HORST, W.J.; ABDU, M.; WIESLER, F. **Genotypic differences in phosphorus efficiency of wheat**. In: BARROW, N.J. (Ed.). *Plant nutrition - from genetic*

engineering to field practice. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1993. p. 367-370.

HUNT, R. **Basic growth analysis**. London: Unwin Hyman, 1990. 112p.

LANA, R.M.Q.; ZANÃO, L.A.; CORREIA, N.M.; LANA, A.M.Q. Variabilidade entre genótipos de feijoeiro na eficiência no uso do fósforo. **Ciência Rural**. v. 36, n. 3, p. 778-784, 2006.

LANI, J.A.; PREZOTTI, L.C.; BRAGANÇA, S.M. Cafeeiro. In: PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo (5ª aproximação)**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. p. 111-118.

LAUCHLI, A. Soil science in the next twenty five years: Does a biotechnology play a role. **Soil Science Society of America Journal**, v.51, p.405-1409,1987.

LAWLOR, D.W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p.275-294, 2002.

LI, B.; MCKEAND, S.E.; ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, v.37, n.2, p.613-626, 1991.

MACHADO, C.T.T.; FURLANI, A.C.; MACHADO, A.T. Índices de eficiência de variedades locais de melhoradas de milho ao fósforo. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 225-238, 2001.

MACHADO, C.T.T.; MACHADO, A.T.; FURLANI, A.C. Variação intrapopulacional em milho para características relacionadas com a eficiência de absorção e utilização de fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 1, p. 77-91, 2004.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. p. 64-126.

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

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

MARTINEZ, H.E.P.; NOVAIS, R.F.; SACRAMENTO, L.V.S.; RODRIGUES, L.A. Comportamento de variedades de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo. II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 239-244, 1993.

MATIELLO, J.B. **Gosto do meu cafezal**. Publicações Globo Rural, 1997. 139 p.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. **Cultura de café no Brasil**: Novo manual de recomendações. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2005. 434p.

MATIELLO, J.B. **O café, do cultivo ao consumo**. Editora Globo, 1991. 320p.

MATSUMOTO, S.N.; CARVALHO, F.M.; VIANA, A.E.S.; MARCELO RIBEIRO MALTA, CASTRO, L.G. Initial growth of coffee plants (*coffea arabica* L.) submitted to different phosphate doses in nutritive solution. **Coffee Science**, v. 3, n. 1, p. 58-67, jan./jun. 2008.

MELLO, E. **A cafeicultura no Estado do Espírito Santo**, 2010. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/cafeicultura/a-cafeicultura-no-esprito-santo-por-evair-mello>>. Acesso em: 20 jul. 2010.

MILLS, H.A.; JONES JR., J. B. **Plant analysis handbook II**. 2. ed. ,Athens: Micro-Macro-Publishing, 1996. 422 p.

MOURA, W M.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D.; LIMA, P.C. Eficiência nutricional para fósforo em linhagens de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 174-180, 2001.

MOURA, W.M.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D.; LIMA, P.C. Divergência genética em linhagens de pimentão em relação à eficiência nutricional de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 34, p.217-224, 1999.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Universidade Federa de Viçosa, Viçosa, MG. 1999. 399p.

OLIVEIRA, F.A.; CAVALCANTE, L.F.; SILVA, I.F.; PEREIRA, W.E.; OLIVEIRA, J.C.; FILHO, J.F.C. Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.3, p.238-244, 2009.

PAIM LR; NOVELINO JO; INOCÊNCIO MF; SCALON SPQ; PEDROSO FW; MIGLIORANÇA MVS; NORILER AV. Morfometria de plantas de alface em função de doses de material de ninhos de cupins de montículo e de fosfato. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 692-696, 2008.

PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H. D.; SANTIAGO, A.R.; BARROSO, D.G. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.41, n.6, p. 949-954, 2006.

PEREIRA, J.B.D. Eficiência nutricional de nitrogênio e de potássio em plantas de café (*Coffea arabica* L.). 1999. 99 p. **Tese (Doutorado em Fitotecnia)**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1999.

RADIN, J.W.; MATTHEWS, M.A. Water transport properties of cortical cells in roots of nitrogen and phosphorus deficient cotton seedlings. **Plant Physiology**, v. 89, p. 264-268, 1989.

REIS JR. R.A.; MARTINEZ, H.E.P. Adição de Zn e absorção, translocação e utilização de Zn e P por cultivares de cafeeiro. **Scientia agricola**, v.59, n.3, p.537-542, 2002.

REUTER, D.J.; ROBSON, J.B. **Plant analysis: Interpretation manual**. In: kata Press, 1988. 218 p.

RONCHI, C.P.; DAMATTA, F.M. **Aspectos fisiológicos do café conilon**. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A. da; BRAGANÇA, S.M.; FERRÃO, M.A.G.; DEMUNER, L.H. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 95-115.

ROTILI, E.A.; FIDELIS, R.R.; SANTOS, M.M.; BARROS, H.B.; PINTO, L.C. Eficiência do uso e resposta à aplicação de fósforo de cultivares de arroz em solos de terras altas. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 705-710, 2010.

RUIZ, H.A. Estimativa dos parâmetros cinéticos  $K_m$  e  $V_{m\acute{a}x}$  por uma aproximação gráfico-matemática. **Revista Ceres**, v. 32, n.179, p.79-84, 1985.

SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

SILVA, F. C. (Org.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Rio de Janeiro: Embrapa Solo, 1999. 370 p.

SILVA, I.R.; FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R. et al. Eficiência nutricional para potássio em espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 20, p. 257-264, 1996.

SILVA, L.; MARCHIORI, P.E.R.; MACIEL, C.P.; MACHADO, E.C.; RIBEIRO, R.V. Fotossíntese, relações hídricas e crescimento de cafeeiros jovens em relação à disponibilidade de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n. 9, p. 965-972, 2010.

SILVEIRA, J.S.M. Irrigação em café: café conilon irrigado no Espírito Santo. In: SIMPÓSIO ESTADUAL DO CAFÉ, 1., 1995, Vitória –ES, **Anais...** Vitória: Cetcaf, 1996. p. 66-83.

SILVEIRA, J.S.M.; CARVALHO, C.H.S. Efeito da época de irrigação sobre o crescimento do ramo plagiotrópico e da longevidade foliar do café conilon. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22., 1996, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Águas de Lindóia, SP: SDR/Procafé/Embrapa, 1996. p. 99-100. **Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 257 - 264, 1996.

SOUZA, C.A.S.; GUIMARAES, P.T.G.; FURTINI NETO, A.E.; NOGUEIRA, F.D. Efeitos de doses de zinco via solo em três cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 4, p. 890-899, 2001.

SOUZA, M.E. Correlação adulto juvenil para eficiência nutricional e comportamento de clones de *Eucalyptus grandis* em dois níveis de fertilidade do solo. 1994, 102 p.. **Tese (Mestrado em Fitotecnia)**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1994.

SPEAR, N.W.; ASHER, C.J.; EDWARDS, D.G. Response of cassava, sunflower, and maize to potassium concentration in solution, II. Potassium absorption and its relation to growth. **Field Crops Research**, n.1, p. 365-373, 1978.

STAUFFER, M, D.; SULEWSKI, G. Fósforo – Nutriente essencial para a vida. In: YAMADA, T; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). In: SIMPÓSIO DESTACA A ESSENCIALIDADE DO FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. 2003. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafós, Junho/2003. p,1. (Informações Agronômicas, 102).

SWIADER, J.M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F.G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, n.10, p. 1687-1699, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 719 p., 2006.

TEO, Y.H.; BEYROUTY, C.A.; GBUR, E.E. Evaluation of a model to predict nutrient uptake by field-grow rice. **Agronomy Journal**, v.87, n.1, p.7-12, 1995.

TIFFNEY, B.H.; NIKLAS, K.J. Clonal growth in land plants: a palaeobotanical prespective. In: JACKSON, J.B.C.; BUSS, L.W.; COOK, R.E (Ed). **Population biology and evolution of clonal organisms**. New Haven: Yale University Press, 1985. p.35-66.

TOMAZ, M.A.; AMARAL, J.F.T. **Eficiência Nutricional em Plantas**. In: POLANCZYK, R.A.; CECÍLIO, R.A.; MATTA, F.P. (Org.). Estudos Avançados em Produção Vegetal. 1 ed. Alegre - ES: UFES - Centro de Ciências Agrárias, 2008, v. 1, p. 23-42.

TOMAZ. M.A.; MARTINEZ, H.E.P; CRUZ, C.D.; FREITAS, R.S. de.; PEREIRA, A.A.; SAKIYAMA, N.S. Eficiência relaciona a absorção e utilização de nitrogênio, fósforo e enxofre, em plantas de cafeeiros enxertadas, cultivadas em vasos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 993-1001, 2009.

TOMAZ, M.A.; SILVA, S.R.; SAKIYAMA, N.S.; MARTINEZ, H.E.P. Eficiência de absorção, translocação e uso de cálcio, magnésio e enxofre por mudas enxertadas de *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p. 885-892, 2003.

USDA – United States Department of Agriculture. **Production, Supply and Distribution Online Database. 2010**. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline>>. Acesso em: 20 jul. 2010.

WILSON, K. C. **Mineral nutrition and fertilizer needs**. In: CLIFORD, N. N.; WILLSON, K. C. (Ed.) Coffee botany, biochemistry and production of beans and beverage. Croom Helm, 1985. part 6, p. 135-156.

WOODEND, J.J.; GLASS, A.D.M.; PERSON, C.O. Genetic variation under potassium stress. In: GABELMAN, H.W.; LAUGHMAN, B.C., eds. **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1987. p.381-391.

ZABINI, A.V. Seleção, caracterização e tolerância diferencial à deficiência de zinco de progênies de cafeeiros (*Coffea arabica* L.). 2004. 118 p. **Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2004.



## APÊNDICES

**Apêndice A** – Análise de variância das variáveis de crescimento, sendo número de folhas (NF), altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF) de mudas de café conilon que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142” influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura)

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		NF	AP	DC	AF
Clone	12	859,6303*	170,2617*	3,5918*	0,0772*
P	3	14450,0769*	3151,9743*	94,9914*	1,3554*
Clone x P	36	149,3639*	45,8401*	1,3525*	0,0134*
Resíduo	104	3,5128	3,7179	0,2371	0,000113
Média Geral		60,80	38,67	7,79	0,43
CV %		3,08	4,99	6,25	2,44

\*Significativo a 5%.

**Apêndice B** – Análise de variância de variáveis de crescimento, sendo massa de matéria seca da raiz (MSR), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e total (MST) de mudas de café conilon que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142” influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de  $P_2O_5$  recomendado para a cultura)

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		MR	MSPA	MST
Clone	12	96,1050*	137,8369*	380,1784*
P	3	2156,2094*	9133,2910*	20170,7222*
Clone x P	36	24,7074*	44,9901*	87,5455*
Resíduo	104	0,6183*	1,8132	2,6931
Média Geral		14,5374	44,4619	58,9970
CV %		5,41	3,03	2,78

\*Significativo a 5%.

**Apêndice C** – Análise de variância de variáveis de crescimento, sendo eficiência de absorção (EFA), translocação (EFT) e utilização (EFU) de fósforo em mudas de café conilon que compõem a cultivar clonal “Vitória Incaper 8142” influenciadas por níveis de adubação fosfatada (0, 50, 100 e 150% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendado para a cultura)

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		EFA	EFT	EFU
Clone	12	39,1176*	196,0562*	334,6295*
P	3	51,4993*	538,3631*	2740,4558*
Clone x P	36	39,3145*	47,1701*	61,8211*
Resíduo	104	0,8709	1,1163	2,0201
Média Geral		6,71	81,46	41,04
CV %		13,89	1,29	3,46

\*Significativo a 5%.