

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**CIÊNCIA DO SOLO**

**TESE**

**Manejo da Cobertura do Solo e Adubação com P e S  
na Cultura da Mandioquinha-salsa.**

**Carla Andreia da Cunha Martins**

**2009**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
CIÊNCIA DO SOLO**

**MANEJO DA COBERTURA DO SOLO E ADUBAÇÃO COM P E S NA  
CULTURA DA MANDIOQUINHA-SALSA**

**CARLA ANDREIA DA CUNHA MARTINS**

*Sob a Orientação do Professor*  
**Eduardo Lima**

*e Co-orientação do Professor*  
**Everaldo Zonta**

Tese submetida como requisito  
parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Ciências** em  
Agronomia, Área de Concentração  
em Ciência do Solo

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2009

635.226  
M386m  
T Martins, Carla Andreia da Cunha, 1973-  
Manejo da cobertura do solo e adubação com P E S na  
cultura da mandioquinha-salsa / Carla Andreia da Cunha  
Martins – 2009.  
105 f. : il.

Orientador: Eduardo Lima.

Tese (doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio  
de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia e  
Ciência do Solo.

Bibliografia: f. 96-105.

1. Mandioquinha-salsa - Cultivo – Teses. 2.  
Mandioquinha-salsa – Adubos e fertilizantes - Teses. 3.  
Adubação verde - Teses. 4. Solos – Teor de fósforo –  
Teses. 5. Solos – Teor de enxofre – Teses. I. Lima,  
Eduardo, 1955-. II. Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Agronomia e Ciência  
do Solo. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Tese, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA CIÊNCIA DO SOLO**

**CARLA ANDREIA DA CUNHA MARTINS**

Tese submetida ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia Ciência do Solo, área de Concentração em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, em Agronomia.

TESE APROVADA EM 28/02/2009

---

Eduardo Lima. Dr. UFRRJ  
(Orientador)

---

Dejair Lopes de Almeida. Dr. Embrapa-Agrobiologia

---

Ricardo Trippia dos Guimarães Peixoto. Dr. Embrapa-Solos

---

Eliane Maria Ribeiro da Silva. Dr<sup>a</sup>. Embrapa-Agrobiologia

---

Everaldo Zonta. Dr. UFRRJ

O homem come planta (arroz, feijão) ou planta transformada (carne, leite, ovos);  
Somente se a planta for alimentada será possível alimentar o homem;  
Sem planta viva o homem não vive.

O limite de crescimento da humanidade não será ditado pelo esgotamento dos minerais estratégicos ou pelo das reservas de combustíveis fósseis como pretende ou pretendia o clube de Roma, pois para esses há alternativas técnicas e econômicas;

A humanidade poderá crescer enquanto houver no solo fósforo para ser aproveitado e enquanto o homem puder transferir esse elemento da litosfera para a biosfera servindo como comida, insubstituível para a planta e para os animais;  
Pois o fósforo é vida e sem ele teríamos um planeta silencioso.

(Eurípedes Malavolta)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho  
aos produtores rurais – agricultores familiares.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida ...

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade de estudo.

Ao CPGA-CS pelo auxílio durante o estudo.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo e da taxa de bancada que muito contribuiu para a realização dos trabalhos.

A Embrapa-Agrobiologia pelas sementes de adubos verdes utilizadas no estudo.

Aos membros da banca examinadora pela disponibilidade em data tão inusitada, muito obrigada.

Ao professor e coordenador do curso de Ciência do Solo Nelson Moura pela disponibilidade da data inusitada para presidir esta defesa de tese, obrigada pelo carinho.

Ao professor Eduardo Lima pela orientação, incentivo, amizade, e carinho.

Ao professor Everaldo Zonta pela orientação, paciência, amizade e ajuda em todas as horas, até mesmo no último momento.

Ao produtor rural Amauri e Jones Bom, pelo apoio e mudas de mandioquinha-salsa utilizada em parte deste trabalho, muito obrigada.

Ao Eng. Agrônomo Vinicius Vitoi pelo apoio, ajuda, orientação, carinho e amizade no decorrer desses anos, muito obrigada.

Ao professor Adelson Araújo pelas conversas e pelo bom senso das discussões das análises estatísticas que muito contribuíam para realização deste trabalho.

A pesquisadora Dra. Eliane Maria Ribeiro da Silva pela atenção e carinho nos poucos encontros no decorrer destes anos.

Ao professor Ricardo Berbara pela amizade e sugestões sempre que necessárias.

Ao professor Marcos Gervasio pelas dicas nos momentos solicitados e amizade.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo pelos conhecimentos e ensinamentos ao longo desses anos.

Ao Giovane Leal pela ajuda e companheirismo ao longo de todos os trabalhos.

Aos estagiários do laboratório de fertilidade do solo e demais acadêmicos que participaram das coletas Giovane, Elisabete, Roselaine, Lara, Aijânio, Renato, Selma, Daniel, Bruno, Iara e Rodrigo, pela ajuda nos trabalhos.

Ao Moraes responsável pelo nosso transporte agradeço a presteza durante todas as idas ao campo, ao carinho, descontração e amizade.

À amiga e professora Rita de Cássia pelo convívio agradável de partilha de espaço, carinho e ajuda com os abstracts deste trabalho, obrigada.

Ao Sr. Antônio pelo carinho e pelo acolhimento em sua propriedade e a autorização para utilizar sua propriedade para realização de parte deste trabalho, muito obrigada.

Ao Sr. Percio e Sra. Nelci pelo carinho, amizade, apoio e acolhimento em grande parte de todo trabalho, muito obrigada.

Ao Valnei e João, agricultores que muito contribuíram nas práticas agrícolas.

Aos laboratoristas e funcionários do Departamento de Solos, Jair, Renato, Bruno, Irani, Luciene (Lú), Marcos (Marquinho), Roberto, Moraes, Alexandre, Cristiane, Lorival, Valdeir e Pedro, obrigada pela paciência e ajuda no que foi preciso.

Aos colegas de curso pelo convívio e companheirismo durante esses anos, agradeço o carinho.

Ao primo-irmão Adilson Pereira que tenho como referência em dedicação e competência com o trabalho, meu agradecimento especial pela ajuda com os abstracts.

Ao Adriano pelo carinho, paciência, estímulo, orientação e discussões em todo trabalho com mandioquinha-salsa no decorrer desses anos. Essa conquista é nossa!!!

Aos meus familiares pelo amor e carinho, eu amo todos vocês.

Aos meus companheiros peludos Tofi, Chuchu, Lili, Peteca, Cuca (*in memoriam*), Kika e Fumaça (*in memoriam*) pelas alegrias, brincadeiras nos momentos de estresse e a companhia incondicional. Amor puro e verdadeiro!

A todos aqueles que por ventura esqueci de mencionar, mas que no coração estão presentes e, que muito colaboraram para a realização deste trabalho, muito obrigada.

## **BIOGRAFIA**

Carla Andreia da Cunha Martins, filha de Luiz Carlos Martins e Marilza da Cunha Martins, nasceu no Rio de Janeiro em abril de 1973. Concluiu os estudos de primeiro grau na Escola Estadual Itália, e o segundo grau em Formação Geral no Centro Educacional de Duque de Caxias, ambos no Estado do Rio de Janeiro. Em 1997 iniciou o curso de Engenharia Agrônoma na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, foi bolsista de iniciação científica pelo programa PIBIC/CNPq no Departamento de Solos em parceria com a Embrapa Agrobiologia, nos anos de 2000 a 2002, diplomando-se em outubro de 2002. Em 2003 ingressou no curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo da UFRRJ, no nível de mestrado, concluindo-o em fevereiro de 2005. Em março de 2005 ingressou no curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo da UFRRJ, no nível de Doutorado.

## RESUMO GERAL

MARTINS, Carla Andreia da Cunha. **Manejo da cobertura do solo e adubação com P e S na cultura da mandioquinha-salsa**. 2009. 105f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

O interesse pelo consumo de alimentos saudáveis vem despertando maior atenção da população. Práticas alternativas de cultivo visando à agricultura agroecológica vêm se destacando em função da sustentabilidade dos sistemas agrícolas e ambientais. O manejo dos fertilizantes orgânicos e minerais buscando a eficiência de uso de nutrientes está diretamente relacionado a questões de importância social, econômica e ambiental. O melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, conseqüentemente, levará a uma melhor qualidade da produção agrícola e uma maior rentabilidade para o produtor rural. Os experimentos referentes aos capítulos um e dois foram instalados na Fazenda Córrego Frio e na Fazenda Santo Antônio de Estrela, em Nova Friburgo – RJ. O primeiro trabalho em parceria com a Pesagro-Nova Friburgo, objetivou o estudo da produção da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) consorciada com plantas de cobertura. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições e quatro tratamentos de manejo: convencional (testemunha), vegetação espontânea, aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) e consórcio aveia-preta+ervilhaca (*Vicia villosa*). A variedade usada foi Amarela de Carandaí (AC). Os resultados mostraram que os acúmulos de massa seca na planta e nas suas partes foram menores nos tratamentos com aveia e aveia + ervilhaca. A produção de raízes comerciais foi maior aos 12 meses após plantio (MAP) para o tratamento convencional e vegetação espontânea. O acúmulo de nutrientes de modo geral foi maior nos tratamentos convencional e vegetação espontânea aos 12 MAP. O segundo experimento objetivou avaliar a resposta da mandioquinha-salsa a doses crescentes de fósforo, com duas fontes do fertilizante fosfatado. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 4 repetições e 12 tratamentos, os tratamentos constaram de 2 fontes de fósforo (superfosfato simples, SS; e fosfato de rocha, FR) e 6 doses de fósforo (40, 80, 120, 240 e 480 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) e uma testemunha. A variedade usada foi AC. A maior produção de raízes totais e raízes comerciais foi verificada nos tratamentos com a fonte de P, FR. Os maiores teores totais de enxofre nas plantas foram encontrados nos tratamentos com SS. No acúmulo de nutrientes totais observou-se semelhança nas respostas das duas fontes de fósforo estudadas. Um terceiro estudo foi realizado em casa-de-vegetação no Departamento de Solos-IA da UFRRJ, em Seropédica – RJ. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições e seis tratamentos. Os tratamentos constaram de doses de gesso (CaSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O) a seguir: 12,5; 25; 50; 100; 200 kg ha<sup>-1</sup> de S e, uma testemunha. O material de solo usado foi de um Argissolo Amarelo e a variedade cultivada foi a Amarela de Senador Amaral (ASA). O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta da mandioquinha-salsa à adubação sulfatada. As determinações foram: peso de matéria seca da planta e teores de N, P, K e S no tecido vegetal. O acúmulo de matéria seca de folhas + pecíolos aumentou em função das doses crescentes de enxofre. Quanto ao acúmulo de enxofre houve resposta em função das doses nas três partes da planta de mandioquinha-salsa. Em uma conclusão prévia, por ser o trabalho conduzido em casa-de-vegetação, a ASA responde à adubação sulfatada.

**Palavras-chave:** *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. Adubos verdes. Macronutrientes.

## GENERAL ABSTRACT

MARTINS, Carla Andreia da Cunha. **Management of soil cover and mineral fertilization with P and S in the arracacha crop.** 2009. 105p. Thesis (Doctor Science in Agronomy, Soil Science). Agronomy Institute, Soils Department, University Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

Population in general is getting more interested in consuming healthy food. Alternative eco-agricultural cropping practices are being emphasized, thanks to the benefits to sustainable agricultural and environment systems. Management of organic and mineral fertilizers, in search of nutrient efficiency, is directly related to environmental, social and economical issues. As plants become more efficient to absorb nutrients, the farmer can count on better products quality and, consequently, to better economic results. The experiments described in the chapters one and two of this study were conducted, respectively, in Fazenda Córrego Frio and in Fazenda Santo Antônio de Estrela, both in Nova Friburgo municipality, Rio de Janeiro State. The first one was accomplished in partnership with Pesagro-Nova Friburgo, and it aimed to evaluate the production of the arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) plant associated with covering plants. The experimental design was of random blocks with four repetitions, and four management treatments: conventional (control), spontaneous vegetation, black oats (*Avena strigosa* Schreb), and consortium black oats + *Villosa villosa*. The arracacha variety tested in both studies was the “Amarela de Carandaí” (AC). The results showed that in the treatments with oats and oat + *Villosa villosa*, the accumulation of dry mass in the plant and their parts was smallest. The production of commercial roots was higher at 12 months after the planting (MAP) for the conventional and spontaneous vegetation treatments. The second experiment aimed to evaluate the yield of the arracacha crop submitted to increasing doses of phosphorus, with two sources of the fertilizer. The experimental design was of randomly blocks with 4 repetitions and 12 treatments, that consisted of 2 phosphorous sources (simple super phosphate and rock phosphate), and 6 phosphorous doses (0 - without phosphorus - control), 40, 80, 120, 240 and 480 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>). The largest production of total and commercial roots was verified in the treatments with rock phosphate as source of P. The highest total levels of sulfur in the plants were found in the treatments with simple super phosphate. Concerning the accumulation of total nutrients, it was observed a similarity between the two sources of phosphorous. A third experiment was conducted in a greenhouse, located in Seropédica municipality - RJ. The experimental design was of randomly blocks with four repetitions and six treatments. The treatments consisted of increasing doses of gypsum (CaSO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O) as following: 12.5; 25; 50; 100; 200 kg ha<sup>-1</sup> of S and a control without gypsum. The soil material was sampled from an Udult soil and the cultivated variety was “Amarela de Senador Amaral” (ASA). The objective of the study was to evaluate the effect of the sulphur addition in the crop yield. There were determinate: plant dry matter weight; and the levels of N, P, K and S in the plant tissue. The highest doses of S increased the dry matter accumulated in leaves + petioles. Concerning the sulfur accumulation, it was dose dependent for the three parts of the arracacha plant. Despite the conditions in which this research was conducted (greenhouse), it was possible to conclude preliminarily that the ASA is responsive to sulphur fertilization.

**Key words:** *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. Green manure species. Macronutrients.

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Resultados da análise química do solo correspondente a profundidade de 0 a 20 cm, onde m-saturação por Al; n-saturação por Na. ....	12
<b>Tabela 2.</b> Análise granulométrica do solo. ....	12
<b>Tabela 3.</b> Resultados da análise química do solo correspondente a profundidade de 0 a 20 cm, onde m-saturação por Al; n-saturação por Na. ....	14
<b>Tabela 4.</b> Peso de matéria seca de folha+pecíolo de mandioquinha-salsa, em gramas, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia preta e aveia preta + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições. ....	19
<b>Tabela 5.</b> Peso de matéria seca de propágulo de mandioquinha-salsa, em gramas, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia preta e aveia preta + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições. ....	20
<b>Tabela 6.</b> Peso de matéria seca de raiz de mandioquinha-salsa, em gramas, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições. ....	21
<b>Tabela 7.</b> Peso de matéria seca da planta inteira de mandioquinha-salsa, em gramas, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições. ....	22
<b>Tabela 8.</b> Produção de raízes comerciais de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições. ....	23
<b>Tabela 9.</b> Teor de nutrientes nas folhas+pecíolos de mandioquinha-salsa, em g kg <sup>-1</sup> , correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições. ....	24
<b>Tabela 10.</b> Teor de nutrientes no propágulo de mandioquinha-salsa, em g kg <sup>-1</sup> , correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições. ....	26
<b>Tabela 11.</b> Teor de nutrientes na raiz de mandioquinha-salsa, em g kg <sup>-1</sup> , correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições. ....	27
<b>Tabela 12.</b> Teor de nutrientes na planta inteira de mandioquinha-salsa, em g kg <sup>-1</sup> , correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições. ....	28
<b>Tabela 13.</b> Acúmulo de nutrientes nas folhas+pecíolos de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições. ....	30
<b>Tabela 14.</b> Acúmulo de nutrientes no propágulo de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições. ....	31
<b>Tabela 15.</b> Acúmulo de nutrientes na raiz de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições. ....	32
<b>Tabela 16.</b> Acúmulo de nutrientes na planta inteira de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições. ....	33

<b>Tabela 17.</b> Resultados da análise química do solo correspondente à profundidade de 0 a 20 cm, onde m-saturação por Al; n-saturação por Na. ....	43
<b>Tabela 18.</b> Análise granulométrica do solo. ....	43
<b>Tabela 19.</b> Matéria seca de folha+pecíolo de plantas de mandioquinha-salsa, em gramas por planta ( $\text{g planta}^{-1}$ ), a partir do quarto mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições. ....	46
<b>Tabela 20.</b> Teor total de nitrogênio, em gramas por kg ( $\text{g kg}^{-1}$ ), em plantas de mandioquinha-salsa do quarto ao décimo segundo mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições. ....	50
<b>Tabela 21.</b> Teor total de fósforo, em gramas por kg ( $\text{g kg}^{-1}$ ), em plantas de mandioquinha-salsa do quarto ao décimo segundo mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições. ....	51
<b>Tabela 22.</b> Teor total de potássio, em gramas por kg ( $\text{g kg}^{-1}$ ), em plantas de mandioquinha-salsa do quarto ao décimo segundo mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições. ....	52
<b>Tabela 23.</b> Teor total de enxofre, em gramas por kg ( $\text{g kg}^{-1}$ ), em plantas de mandioquinha-salsa do quarto ao décimo segundo mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições. ....	53
<b>Tabela 24.</b> Custo de produção por ha da mandioquinha-salsa com uso do fertilizante superfosfato simples. ....	74
<b>Tabela 25.</b> Custo de produção por ha da mandioquinha-salsa com uso do fertilizante fosfato de rocha.....	75
<b>Tabela 26.</b> Teores aproximados das principais vitaminas presentes na mandioquinha-salsa.	81
<b>Tabela 27.</b> Resultados da análise química do solo correspondente à profundidade de 0 a 30 cm, onde m-saturação por Al; n-saturação por Na. ....	85
<b>Tabela 28.</b> Análise granulométrica do solo. ....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Croqui do experimento do consórcio mandiоquinha-salsa com plantas de cobertura – adubos verdes invernais, explicando o manejo realizado no experimento.....	15
<b>Figura 2.</b> Manejo dos adubos verdes, consórcio aveia-preta + ervilhaca (A e B), acamamento dos adubos verdes (C) e tratamento de cobertura do solo com vegetação espontânea (D). .....	16
<b>Figura 3.</b> Crescimento da aveia-preta à esquerda e da vegetação espontânea à direita em consórcio com plantas de mandiоquinha-salsa. ....	18
<b>Figura 4.</b> Detalhe do tratamento entre aveia-preta + ervilhaca consorciada com plantas de mandiоquinha-salsa, evidenciando a competição por luz entre as plantas companheiras. .....	18
<b>Figura 5.</b> Acamamento dos adubos verdes consorciados com plantas de mandiоquinha-salsa. .....	18
<b>Figura 6.</b> Matéria seca de propágulo de plantas de mandiоquinha-salsa, em gramas por planta (g planta <sup>-1</sup> ), a partir do quarto mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	47
<b>Figura 7.</b> Matéria seca de raiz de plantas de mandiоquinha-salsa, em gramas por planta (g planta <sup>-1</sup> ), a partir do quarto mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	48
<b>Figura 8.</b> Matéria seca total de plantas de mandiоquinha-salsa, em gramas por planta (g planta <sup>-1</sup> ), a partir do quarto mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	49
<b>Figura 9.</b> Acúmulo de nitrogênio em folha+pecíolo de plantas de mandiоquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	54
<b>Figura 10.</b> Acúmulo de nitrogênio em propágulos de plantas de mandiоquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	55
<b>Figura 11.</b> Acúmulo de nitrogênio em raízes de plantas de mandiоquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	56
<b>Figura 12.</b> Acúmulo de fósforo em folha+pecíolo de plantas de mandiоquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	57
<b>Figura 13.</b> Acúmulo de fósforo em propágulos de plantas de mandiоquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	58
<b>Figura 14.</b> Acúmulo de fósforo em raízes de plantas de mandiоquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	59
<b>Figura 15.</b> Acúmulo de potássio em folha+pecíolo de plantas de mandiоquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	60
<b>Figura 16.</b> Acúmulo de potássio em propágulos de plantas de mandiоquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	61

<b>Figura 17.</b> Acúmulo de potássio em raízes de plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	62
<b>Figura 18.</b> Acúmulo de enxofre em folha+pecíolo de plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	63
<b>Figura 19.</b> Acúmulo de enxofre em propágulos de plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	64
<b>Figura 20.</b> Acúmulo de enxofre em raízes de plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	65
<b>Figura 21.</b> Acúmulo de nitrogênio total em plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	66
<b>Figura 22.</b> Acúmulo de fósforo total em plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	67
<b>Figura 23.</b> Acúmulo de potássio total em plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	68
<b>Figura 24.</b> Acúmulo de enxofre total em plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	69
<b>Figura 25.</b> Acúmulo de nutrientes totais, nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , durante o ciclo da cultura. Média de quatro repetições. ....	70
<b>Figura 26.</b> Acúmulo de nutrientes totais, nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nas duas fontes de fósforo, SS – superfosfato simples e FR – fosfato de rocha. Média de quatro repetições. ....	70
<b>Figura 27.</b> Produção de raiz comercial de plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	71
<b>Figura 28.</b> Produção de raiz total (comercial e não comercial) de plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições. ....	72
<b>Figura 29.</b> Produção de raiz comercial de plantas de mandioquinha-salsa, aos 12 meses de ciclo, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo, superfosfato simples (SS) e fosfato de rocha (FR). Média de quatro repetições.....	73
<b>Figura 30.</b> Produção de propágulos de plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha <sup>-1</sup> , nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha <sup>-1</sup> ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.....	73
<b>Figura 31.</b> Matéria seca de folha+paciolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) em plantas de mandioquinha-salsa (g planta <sup>-1</sup> ), nos tratamentos com doses crescentes de S (kg ha <sup>-1</sup> ), aos 3 meses após plantio. Média de quatro repetições. ....	87
<b>Figura 32.</b> Matéria seca de folha+paciolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) em plantas de mandioquinha-salsa (g planta <sup>-1</sup> ), nos tratamentos com doses crescentes de S (kg ha <sup>-1</sup> ), aos 5 meses após plantio. Média de quatro repetições. ....	88

<b>Figura 33.</b> Matéria seca total em plantas de mandioquinha-salsa ( $\text{g planta}^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), aos 3 e 5 meses após plantio (MAP). Média de quatro repetições.....	88
<b>Figura 34.</b> Acúmulo de nitrogênio em folha+pacíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandioquinha-salsa ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), aos 3 meses após plantio. Média de quatro repetições. ....	88
<b>Figura 35.</b> Acúmulo de nitrogênio em folha+pacíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandioquinha-salsa ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), aos 5 meses após plantio. Média de quatro repetições. ....	89
<b>Figura 36.</b> Acúmulo de fósforo em folha+pacíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandioquinha-salsa ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), aos 3 meses após plantio. Média de quatro repetições. ....	89
<b>Figura 37.</b> Acúmulo de fósforo em folha+pacíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandioquinha-salsa ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), aos 5 meses após plantio. Média de quatro repetições. ....	90
<b>Figura 38.</b> Acúmulo de potássio em folha+pacíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandioquinha-salsa ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), aos 3 meses após plantio. Média de quatro repetições. ....	90
<b>Figura 39.</b> Acúmulo de potássio em folha+pacíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandioquinha-salsa ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), aos 5 meses após plantio. Média de quatro repetições. ....	91
<b>Figura 40.</b> Acúmulo de enxofre em folha+pacíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandioquinha-salsa ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), aos 3 meses após plantio. Média de quatro repetições. ....	92
<b>Figura 41.</b> Acúmulo de enxofre em folha+pacíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandioquinha-salsa ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), aos 5 meses após plantio. Média de quatro repetições. ....	92

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I A RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO DE MANDIOQUINHA-SALSA (<i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft) COM PLANTAS DE COBERTURA .....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>5</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
1.1 Mandioquinha-salsa – Batata Baroa .....	6
1.2 Plantas de Cobertura .....	7
1.3 Cobertura Vegetal – Competição por Luz .....	10
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>17</b>
3.1 Matéria Seca nas Partes da Planta.....	17
3.2 Produção de Raízes Comerciais.....	22
3.3 Teores de Macronutrientes nas Partes da Planta.....	23
3.4 Acúmulos de Macronutrientes nas Partes da Planta .....	29
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO II - O EFEITO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA MANDIOQUINHA-SALSA .....</b>	<b>35</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>36</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>37</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>38</b>
1.1 Adubação da Mandioquinha-salsa - Fósforo .....	38
1.2 Rocha Fosfática.....	40
1.3 Fontes de Fósforo.....	41
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>43</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
3.1 Matéria Seca nas Partes da Planta.....	45
3.2 Teores de Nutrientes Totais .....	49
3.3 Acúmulo de Nutrientes nas Partes da Planta .....	53
3.4 Produção de Raiz Comercial.....	70
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>76</b>
<b>CAPÍTULO III - A ADUBAÇÃO SULFATADA NA CULTURA DA MANDIOQUINHA-SALSA .....</b>	<b>77</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>78</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>79</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>80</b>
1.1 Formas de Enxofre – Ocorrência .....	81
1.2 Exigências de Enxofre pelas Plantas.....	83
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>85</b>
2.1 Determinações e Avaliações.....	86
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>87</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>93</b>
<b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>94</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>96</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

A mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) é uma das culturas americanas mais antigas, originária dos países Andinos, é uma das principais fontes de alimento para a população daqueles Países. A cultura de mandioquinha-salsa, também conhecida no Brasil como batata-baroa, batata-salsa, cenoura amarela, ou simplesmente mandioquinha tem mostrado bons resultados em clima tropical e subtropical amenos em áreas de elevada altitude e mais recentemente nas regiões centro-sul do país (SANTOS, 1993).

A produção de mandioquinha-salsa no Brasil é recente e os primeiros relatos são do início do século passado na região serrana do Estado do Rio de Janeiro. Atualmente o Brasil é o maior produtor de mandioquinha-salsa com uma área de cultivo de aproximadamente 25 mil hectares onde sua produção chega a 120 mil toneladas por ano.

Sua importância econômica está ligada ao seu consumo “in natura” assim como para a indústria de alimentos, que a utiliza como matéria-prima para fabricação de sopas, papas para bebês, entre outros preparados. A planta de mandioquinha-salsa é rústica, pode ser plantada o ano todo, dependendo da região de cultivo, e pode esperar no solo por melhores preços, com colheitas parciais. É uma hortaliça alternativa, com raízes de valor nutritivo elevado, rica em fósforo, cálcio, ferro e vitaminas do complexo B, além do seu amido ser de alta digestibilidade, o que a faz um alimento importante na dieta de crianças, idosos e convalescentes. Suas folhas podem ser utilizadas para alimentação de animais monogástricos, e no seu local de origem na região andina também é utilizada em saladas verdes e sopas para o consumo humano.

O cultivo desta hortícola é basicamente através da agricultura familiar, porém não é dada atenção merecida aos tratos culturais, o que ocasiona grandes perdas de produtividade. Durante o processo de seleção das futuras mudas é imprescindível os cuidados com a qualidade fitossanitária dos propágulos e procedência dos mesmos. No preparo das mudas, o corte dos propágulos em bisel utilizado para a prática do pré-enraizamento, garante uma melhor distribuição das raízes (pela maior área) evitando o seu enovelamento e conseqüente deformação que prejudica a produção, com perdas na sua produtividade. O tempo de pré-enraizamento da mandioquinha-salsa é de 45 a 60 dias, onde a partir deste inicia-se a formação das raízes de reserva.

Essa hortaliça faz parte do grupo de alimentos nutricionalmente ricos, de fácil cultivo e produção, e custo de implantação relativamente baixo. As características dessa cultura permitem o cultivo em terrenos declivosos, com alta densidade populacional, a sua consorciação com outras culturas e também a utilização para alimentação animal. Ressalta-se também seu expressivo valor social e econômico, decorrente do processo produtivo dessa hortaliça, tanto pelo uso intensivo de mão-de-obra (familiar ou não) quanto pelo retorno financeiro positivo que proporciona aos agricultores.

Atualmente, um dos grandes problemas na produção mundial de alimentos está no melhor gerenciamento dos recursos naturais disponíveis e na sustentabilidade dos ecossistemas produtivos. Com isso há uma necessidade de buscar novas formas de manejo cultural com o objetivo de utilizar os benefícios de associações com microrganismos presentes nos solos a fim de promover um uso mais racional e eficiente dos recursos naturais. Sistemas de agricultura alternativa de produção estão sendo cada vez mais utilizados e, não podem ser desconsiderados do contexto, até por se encontrarem em ampla discussão e debate, principalmente por algumas dificuldades como a produção em larga escala. Entretanto, outros

estudos englobando características da espécie e limitações, como também a viabilidade econômica e ambiental merece uma avaliação, mesmo antes da sua implantação.

Os objetivos propostos pelo trabalho foram avaliar a produção comercial da mandioquinha-salsa consorciada com espécies utilizadas como plantas de cobertura (adubos verdes); determinar uma curva de resposta para aplicação de fósforo utilizando a variedade Amarela de Carandaí; firmar a intenção de obter parâmetros que permitam a produção agroecológica futura da mandioquinha-salsa e, a resposta a aplicação de enxofre na variedade Amarela de Senador Amaral devido a sua importância para a cultura.

O estudo foi organizado em três capítulos para atingir os objetivos da proposta. O capítulo I enfoca a produção da mandioquinha-salsa consorciada com plantas de cobertura do solo – adubos verdes; o Capítulo II se concentra no manejo da adubação fosfatada na cultura da mandioquinha-salsa; e por último o Capítulo III enfoca o estudo do enxofre na variedade Amarela de Senador Amaral (ASA) em casa-de-vegetação.

## **CAPÍTULO I**

# **A RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO DE MANDIOQUINHA-SALSA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) COM PLANTAS DE COBERTURA**

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a produção da mandioquinha-salsa consorciada com plantas de cobertura. O experimento foi conduzido em campo na Fazenda Córrego Frio, Distrito de Nova Friburgo – RJ em parceria com a Pesagro de Nova Friburgo. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições e quatro tratamentos de manejo consorciado com espécies utilizadas como culturas de cobertura, que foram: convencional (testemunha – ausência de vegetação), vegetação espontânea, aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) (cobertura com gramínea) e consórcio aveia-preta+ervilhaca (*Vicia villosa*) (cobertura com gramínea e leguminosa). A variedade usada foi a Amarela de Carandaí, com espaçamento entre plantas de 0,4m e entre linhas de 0,8m (0,32 m<sup>2</sup>). Nos tratamentos com os adubos verdes a densidade de plantio foi de 100 kg ha<sup>-1</sup> tanto para a aveia solteira como para a mistura aveia + ervilhaca (consórcio). A distribuição foi a lanço em duas linhas entre a linha útil das plantas de mandioquinha-salsa para cada parcela, o tratamento com vegetação espontânea foi estabelecido naturalmente a partir dos próprios propágulos existentes na área. O pré-enraizamento foi realizado em canteiros com espaçamento usado de 0,05 x 0,05 m, durante o período de 45 dias. A adubação utilizada foi de 10 t ha<sup>-1</sup> de “composto formulado”, sendo 0,31 kg planta<sup>-1</sup> comum a todos os tratamentos. As coletas foram realizadas aos 10, 11 e 12 meses após o plantio, onde foram coletadas 6 plantas em cada época de amostragem. As determinações foram peso de matéria seca das três partes da planta (folha+pecíolo, propágulo e raiz); produção de raízes comerciais; os teores e acumulação de N, P, K e S no tecido vegetal. Os acúmulos de massa seca na planta e nas partes foram menores nos tratamentos com aveia e aveia+ervilhaca. A colheita aos 12 MAP originou os melhores acúmulos de massa seca da planta. A produção de raízes comerciais foi maior aos 12 MAP e para os tratamentos convencionais e vegetação espontânea. Os tratamentos de manejo aplicados não proveram grandes diferenças significantes entre os níveis de nutrientes na planta. A acumulação de nutrientes foi em geral maior nos tratamentos convencional e vegetação espontânea aos 12 MAP.

**Palavras chave:** Batata baroa. Adubos verdes. Macronutrientes.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the production of the Peruvian carrot associated with different covering plants. The experiment was conducted in a field in Córrego Frio Farm, District of Nova Friburgo – RJ, in partnership with Pesagro Research Station. The experimental design was of random blocks with four repetitions and four management treatments, associated with the covering plants: conventional (control – without vegetation), spontaneous vegetation, black oats (*Avena strigosa* Schreb) (grass cover), and consortium black + *Villosa addicts* (grass and leguminous cover). The variety tested was the “Amarela de Carandaí”, planted with 0.4m among plants and 0.8m among lines (0.32 m<sup>2</sup>). In the treatments with green manure the density for the crop was of 100 kg ha<sup>-1</sup>, for oat and for the mixture oat + *Villosa addicts*. The planting was by throwing the seeds, in two lines among the line of the arracacha plants, for each plot. The treatment with spontaneous vegetation was naturally established from the existent corms in the area. The arracacha pre-rooting was accomplished in germination beds spaced of 0.05 x 0.05 m, during 45 days. The fertilization was done using 10 t ha<sup>-1</sup> of a “*formulated mixture*”, applied in the dosage of 0.31 kg plant<sup>-1</sup> in all treatments. Six plants were sampled at 10, 11 and 12 months after planting. There were determinate: dry matter weight of three plant parts (leave + petiole, corm and root); production of commercial roots; levels and accumulation of N, P, K, and S in the vegetable tissue. The dry mass accumulations in plants and the plant parts were smallest in the treatments with oats and oat + villosa. The harvesting at 12 MAP provided the highest plant dry mass accumulation. The production of commercial roots was largest at 12 MAP, and for the conventional treatments and spontaneous vegetation. The management treatments used did not result in significant differences among levels of nutrients in the plant. The accumulation of nutrients, in general, was largest in the conventional treatments and spontaneous vegetation at the 12 MAP.

**Key words:** Arracacha. Green manure species. Macronutrients.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Mandioquinha-salsa – Batata Baroa

A mandioquinha-salsa por ser uma cultura em que se explora suas raízes de armazenamento (parte econômica), necessita de solos friáveis com boa estrutura e facilmente drenados, possibilitando um bom crescimento das raízes comerciais e que ainda facilitem a colheita, proporcionando um melhor aspecto comercial às raízes. Neste caso também é prática comum na cultura o levantamento de leiras que facilitam a colheita e evita à possibilidade de excesso de umidade, prejudicial para planta. Um bom preparo do solo torna-se fundamental para uma boa produtividade. Contudo, métodos alternativos de produção, podem combinar uma menor compactação do solo (menor trânsito de máquinas), diminuir a infestação e o controle de plantas espontâneas, aumentar a quantidade de matéria orgânica, e proteger o solo evitando a erosão.

A consorciação de culturas apresenta destaque como uma alternativa promissora, principalmente para pequenos produtores que atuam sob recursos estruturais e financeiros limitados (OLIVEIRA et al., 2004).

A grande maioria das pesquisas nos Estados de SP, RJ, MS e MG, sobre diversos fatores no cultivo consorciado de hortaliças, evidenciaram a superioridade do consórcio sobre a monocultura, principalmente devido a complementaridade espacial e/ou temporal (PORTO et al., 2006). Em pesquisa científica realizada por PORTO et al. (2006), sobre o cultivo consorciado de hortaliças, no Brasil, a alface, a cenoura e a rúcula foram as culturas frequentemente presentes, estando em, respectivamente, 32,1 %, 24,2 % e 13,7 % dos consórcios realizados. Destas, porém, a alface e a cenoura foram as culturas mais pesquisadas com presença em 30,7 % e 20,0 % respectivamente, dos consórcios realizados.

ZÁRATE et al. (2006), estudaram a produção agrônômica e a renda bruta da mandioquinha-salsa ‘Amarela de Carandaí’, cultivada solteira e em consórcio com a cenoura ‘Brasília’ e o coentro ‘Tipo Português’ e, observaram que a altura das plantas (42,3 cm) e as massas frescas de raízes total (9,07 t ha<sup>-1</sup>) e comercial (6,55 t ha<sup>-1</sup>) da cenoura sob consórcio com a mandioquinha-salsa tiveram aumentos significativos de 4,4 cm; 2,34 t ha<sup>-1</sup> e 1,73 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, em relação às plantas cultivadas solteiras; já no coentro, a altura (24,0 cm) e a massa fresca de folhas (2,98 t ha<sup>-1</sup>) das plantas cultivadas solteiras foram significativamente maiores que as consorciadas. Resultados semelhantes foram constatados na cultura da mandioquinha-salsa, onde os maiores valores de massas frescas, em t ha<sup>-1</sup>, de folhas (17,84), rebentos ou propágulos (4,07), coroas (3,99) e, de raízes total (14,04), comerciais (10,46) e não comerciais (3,58) foram obtidos com o cultivo solteiro. Segundo os autores, o consórcio mandioquinha-salsa e cenoura foi considerado efetivo, uma vez que a RAE (expressão da razão de área equivalente) foi 1,47 e o consórcio mandioquinha-salsa e coentro foi inefetivo porque a RAE foi 0,76. No entanto, os autores ao relacionarem a renda bruta, observaram que os dois consórcios não devem ser recomendados para o produtor de mandioquinha-salsa porque induziriam perdas de R\$ 8.650,00 e R\$ 7.011,25, respectivamente.

Atualmente, Minas Gerais é o maior produtor brasileiro de mandioquinha-salsa, com produtividade média de 10,95 t ha<sup>-1</sup>, sendo a sua produtividade média superior à média nacional (GRANATE et al., 2006). Estes autores, com o objetivo de selecionar oito clones precoces e produtivos de mandioquinha-salsa de raízes amarelas no sistema tradicional com produtividade superior a 11 t ha<sup>-1</sup>, para quatro importantes regiões produtoras do Estado de Minas Gerais. Verificaram que aos 6 meses após o plantio (MAP) as médias de produtividade de raízes comerciais, em todos os locais, foram inferiores à média estadual, aos 8 MAP a

maior média de produtividade (13,46 t ha<sup>-1</sup>) foi observada em Araçuaia no clone de mandioca-salsa BGH 5742, já aos 10 MAP o clone 'Araçuaia' apresentou média de produtividade de 24,48 t ha<sup>-1</sup> na cidade de Sete Lagoas e, aos 12 MAP o clone BGH 6525 em Caldas teve 29,48 t ha<sup>-1</sup>, somente nesta época não houve entre os clones testados médias inferiores a 10 t ha<sup>-1</sup>.

Deve-se, logo, adequar novas práticas e técnicas com a implantação de leguminosas e gramíneas de pré-cultivo, com o objetivo de recobrir o solo antes e/ou durante parte do ciclo da mandioca-salsa, favorecendo a cobertura do solo e contribuindo com o desenvolvimento da planta. A escolha das culturas de cobertura deve ser estudada e avaliada com a época de plantio (verão-inverno) da mandioca-salsa e o manejo empregado no seu plantio. Quando se utiliza o pré-enraizamento da mandioca-salsa, período de formação das mudas, existe a possibilidade de se implantar uma pré-cultura na área do futuro plantio definitivo com o objetivo de fechar o dossel, podendo-se simplesmente cortar ou tombar com a finalidade de cobrir o solo antes do plantio da mandioca-salsa.

Atualmente, a preocupação com o avanço do processo degradativo instalado em grande parte dos solos brasileiros, e com a prevenção da degradação de novas áreas, tem conduzido a necessidade do uso de práticas de adição de matéria orgânica no solo. Entre essas, se destaca a adubação verde, reconhecida como alternativa viável na busca de sustentabilidade dos solos agrícolas. A utilização de leguminosas conduz a um aumento e a manutenção do teor de N no solo, correlacionado diretamente com a presença de matéria orgânica (ANDRADE et al., 1984).

## 1.2 Plantas de Cobertura

A família das leguminosas é a mais utilizada como adubos verdes e de acordo com MIYASAKA et al. (1984), a principal razão para esta preferência está na capacidade de fixar o N atmosférico mediante a simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* nas raízes, promovendo alto teor de compostos orgânicos nitrogenados na planta, e consequentemente uma baixa relação C/N, quando comparada a plantas de outras famílias. Estes aspectos, aliados à grande presença de compostos solúveis, favorecem sua decomposição e mineralização por microrganismos do solo e a reciclagem de nutrientes (ZOTARELLI, 2000). Por outro lado, o emprego de não-leguminosas na adubação verde pode amenizar as perdas de N mediante imobilização temporária deste nutriente em sua biomassa (ANDREOLA et al., 2000). Além disso, resíduos de gramíneas, em virtude de sua baixa taxa de decomposição, determinam melhor proteção do solo (BORTOLINI et al., 2000), mas também a nutrição das plantas, quando combinado com o aporte de N pela mistura com leguminosas via fixação biológica de nitrogênio.

Entre os efeitos da adubação verde na fertilidade do solo estão o aumento do teor de matéria orgânica, a maior disponibilidade de nutrientes, a maior capacidade de troca de cátions efetiva do solo, o favorecimento da produção de ácidos orgânicos, de fundamental importância para a solubilização de minerais, a diminuição dos teores de Al trocável através de sua complexação, e o incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis que estejam na camada mais profunda do perfil (CALEGARI et al., 1993).

Na região serrana fluminense, além do cultivo de adubos verdes tropicais de verão, as baixas temperaturas que ocorrem no inverno possibilitam o plantio de espécies de clima temperado, aumentando o número de opções para o agricultor daquela região. BARRADAS et al. (2001), observaram que independente das condições de fertilidade do solo, o tremoço branco e aveia-preta destacaram-se quanto à produção de fitomassa seca e à acumulação de N na parte aérea em ensaios de campo em Nova Friburgo-RJ.

BORKERT et al. (2003), verificaram que a aveia-preta e a ervilhaca reciclam grande quantidade de K, e a ervilhaca, a mucuna-preta, o tremoço e o guandu reciclam grande quantidade de N. Os autores também comentam que todas as espécies avaliadas reciclavam quantidades apreciáveis de Ca, Mg e micronutrientes, porém baixas quantidades de P.

GOUVEIA & ALMEIDA (1997), avaliando características agrônomicas de adubos verdes de inverno no município de Paty de Alferes-RJ, observaram que a aveia-preta e o tremoço-branco proporcionaram maior período de cobertura do solo e maior produção de matéria seca. Salientando que mesmo com bom desempenho do tremoço-branco, tanto na cobertura do solo, como na produção de fitomassa, houve uma contribuição da vegetação companheira de 23,6 % na matéria seca acumulada na fitomassa total e 17,4 % do nitrogênio acumulado na matéria seca total.

Os benefícios proporcionados pelos adubos verdes favorecem uma maior aquisição de nutrientes, principalmente o nitrogênio, fornecido pelas plantas da família das leguminosas, através da fixação biológica de N<sub>2</sub> atmosférico, a cobertura do solo fornecendo um aporte de material orgânico e diminuindo os impactos que acarretam na erosão do solo, a contribuição da dinâmica de microrganismos edáficos nos diferentes compartimentos da matéria orgânica, assim como o aumento da atividade da fauna do solo, a menor incidência, se não total da presença da vegetação espontânea e, tantas outras relações que as práticas do consórcio e/ou da rotação de culturas de cobertura verde com leguminosas e/ou gramíneas contribuem.

Tanto a escolha da espécie a ser utilizada como adubo verde como o grau de sucesso obtido com a utilização dessa prática é altamente dependente da quantidade de fitomassa adicionada ao solo (KUO et al., 1997). A determinação da população ótima de diversas leguminosas, para produção de fitomassa com fins de incorporação ao solo, é fundamental para a maximização dos efeitos da prática de adubação verde (FERNANDES et al., 1999), os autores mencionam que a densidade de semeadura das leguminosas apresenta forte influência sobre o controle de plantas daninhas, em decorrência do maior ou menor sombreamento.

Em estudo de 2 anos agrícolas 2000/01 e 2001/02 de rendimento de matéria seca e da taxa de decomposição e de liberação de N de resíduos culturais provenientes de sete plantas de cobertura: milho pérola (*Pennisetum americanum* sin. *Tiphoides*), braquiária (*Brachiaria brizantha*), sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), crotalária juncea (*Crotalaria juncea*) e aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), TORRES et al. (2005), verificaram no primeiro ano agrícola 2000/01, que o milho foi a planta que apresentou a maior produção de massa seca (MS) (10,3 Mg ha<sup>-1</sup>) e o guandu a menor produção (1,6 Mg ha<sup>-1</sup>). As demais coberturas apresentaram rendimentos intermediários com produção de MS variando de 2,00 a 7,00 Mg ha<sup>-1</sup>. Dentre as coberturas, as gramíneas foram as que apresentaram a maior produção de MS, a aveia-preta apresentou 2,4 Mg ha<sup>-1</sup> de MS, valores inferiores aos verificados por AITA et al. (2001) e por HEINRICHS et al. (2001), que foram 4,41 Mg ha<sup>-1</sup> e 4,91 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. TORRES et al. (2005), atribuíram esta diferença de produtividade em relação com o clima mais quente do que o ideal para a aveia-preta. No segundo ano agrícola 2001/02, os autores verificaram que as produções de MS foram inferiores às verificadas em 2000/01, fato atribuído as condições climáticas adversas destacando-se a baixa precipitação pluviométrica (1.200 mm) enquanto em 2000/01 (1.970 mm), já para o ano de 2001/02 as menores produções de MS foram do guandu e braquiária, 2,7 Mg ha<sup>-1</sup> e 2,1 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Houve um destaque no aumento da produção de resíduos vegetais da aveia-preta (3,36 Mg ha<sup>-1</sup>), evidenciando ser esta planta mais adaptada às condições hídricas mais adversas.

AITA et al. (2001), avaliaram o potencial de algumas plantas de cobertura do solo (invernais) no fornecimento de N ao milho no sistema de plantio direto, durante o período de 1990/94, observaram que as duas espécies que produziram a maior quantidade de matéria seca foram o tremoço azul (5,228 kg ha<sup>-1</sup>) e a aveia-preta (4,417 kg ha<sup>-1</sup>), seguidas do chícharo,

ervilha forrageira e ervilhaca comum. Enquanto a ervilhaca comum e, principalmente a ervilha forrageira foram as que apresentaram a menor produção de MS 2,527 kg ha<sup>-1</sup> e 2,754 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. De acordo com HEINRICHS et al. (2001), a aveia e a ervilhaca são as principais culturas de cobertura de solo utilizadas durante o inverno na região Sul do Brasil, os autores, admitem que o cultivo consorciado de aveia e ervilhaca proporcione uma fitomassa que se decomponha mais lentamente no solo do que a ervilhaca solteira protegendo-o dos agentes erosivos e, ao mesmo tempo, forneça mais N ao milho em sucessão do que a aveia solteira.

O manejo dos adubos verdes deve ser realizado de acordo com a espécie utilizada e a finalidade do seu uso. A não incorporação da biomassa, pelo seu menor contato com o solo, pode tornar mais lenta a decomposição e conduzir efeitos no solo por um prazo maior do que quando se faz a incorporação. O uso simultâneo de leguminosas e gramíneas pode ser benéfico pela maior disponibilidade de nutrientes de uma e maior permanência sobre o solo de outra, favorecendo tanto a mineralização da fitomassa, liberando nutrientes, quanto a proteção do solo, pela manutenção da palhada. O nitrogênio acumulado pelas leguminosas através da fixação biológica com as bactérias do gênero *Rhizobium* também pode beneficiar o crescimento de não-leguminosas, em cultivos mistos, através da transferência de N pelas raízes (GILLER et al., 1991). Um melhor balanço na relação C:N também pode ser observado quando se cultivam culturas de cobertura mistas, onde plantas com alta relação C:N (gramíneas) plantadas simultaneamente com plantas de baixa relação C:N (leguminosas), propiciou menor imobilização (BENNETT & CREAMER, 1997).

Outra vantagem do uso de culturas de cobertura do solo mistas são os efeitos alelopáticos causados nas plantas espontâneas, favorecendo um melhor controle destas, diminuindo consideravelmente a mão-de-obra e gastos com produtos químicos para seu controle. O “mulching” é uma das melhores estratégias ambientais para o controle de plantas espontâneas, diminuindo a necessidade de cultivos e herbicidas e evitando problemas associados a estas práticas, podendo ainda aumentar a produção da cultura explorada economicamente.

Muitos sistemas de consorciamento previnem a concorrência por parte das ervas adventícias, principalmente porque as grandes áreas de cobertura das folhas de seus complexos dosséis, evitam que a luminosidade atinja espécies de ervas sensíveis. Em geral, o ponto a partir do qual as ervas adventícias começam a representar um problema depende dos tipos de culturas e da proporção das diferentes espécies cultivadas, sua densidade, onde são plantadas, fertilidade do solo e práticas de manejo. A eliminação das ervas adventícias pode ser feita nos cultivos consorciados acrescentando-se espécies que inibam sua germinação ou desenvolvimento através da alelopatia (ALTIERI, 2004).

A adição de resíduos orgânicos na cultura da mandioquinha-salsa é considerada favorável por fornecer nutrientes para a planta, melhorar as condições físicas do solo, contribuir com o aumento da atividade biológica no solo e diminuir os teores de Al-trocável. Podem ser utilizados vários tipos de materiais, desde esterco bovino, de aviário e compostos orgânicos, com recomendações de 2 a 12 Mg ha<sup>-1</sup>. Resíduos orgânicos ainda terão efeito benéfico quando aplicados em cobertura no solo, como auxiliar na manutenção de água, evitando o aquecimento e mantendo um controle sobre a população de plantas invasoras, especialmente importantes na fase inicial de desenvolvimento das mudas no campo, logo após o plantio (VIEIRA & CASALI, 1997).

THEISEN & VIDAL (1999), estudando a mortalidade de sementes de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) colocadas sob cinco níveis (0 a 10 t ha<sup>-1</sup>) de resíduo de aveia-preta (*Avena strigosa*) sobre o solo, verificaram que os níveis de palha na superfície do solo inferiores a 5,2 t ha<sup>-1</sup> aceleram a mortalidade de sementes.

As adubações verdes, com leguminosas e gramíneas, e mais recentemente o plantio direto sobre a palhada, têm sido vislumbrados como alternativas para o produtor de mandiocinha-salsa. A substituição da capina de toda a área de cultivo por uma capina mais localizada, sobre a leira de plantio, deixando crescer a vegetação espontânea nas entrelinhas é um exemplo de novas práticas de manejo da cultura.

Como a cultura da mandiocinha-salsa é de ciclo longo é importante o controle de plantas espontâneas, principalmente início do desenvolvimento. PEREIRA (1995), comenta que o período crítico de interferência das plantas espontâneas é longo, situando-se em torno do primeiro ao sexto mês. Como ainda não há herbicidas registrados para a mandiocinha-salsa e o custo de mão-de-obra para as diversas capinas é alto, pode-se com a adubação verde implantar uma cobertura viva e/ou morta com a finalidade de recobrir o solo até o período em que a mandiocinha-salsa possa desenvolver sem a interferência destas plantas espontâneas. Após 120 dias do plantio a cultura já apresenta capacidade própria de sombreamento do solo, diminuindo o crescimento das plantas espontâneas e logo não há mais necessidade de capinas. SILVA & NORMANHA (1963), recomendam que a cultura seja capinada até o fechamento das entrelinhas, o que ocorre, em geral, aos 120 dias após o plantio.

### 1.3 Cobertura Vegetal – Competição por Luz

Os consórcios de plantas podem ser caracterizados por sistemas diversificados com espécies distintas compartilhando espaço, solo, água, nutrientes, luz, microrganismos, numa interação dinâmica do ciclo da vida das espécies.

Por si só os cultivos diversificados – consórcios – apresentam associações de espécies diferentes de plantas com características e habilidades competitivas distintas, na escolha das espécies seria interessante à escolha por um arranjo espacial que minimize a competição por luz, assim como a utilização de plantas com sistemas radiculares com características diferentes, com (que) exploração de área distinta de solo.

A competição entre plantas ocorre tanto abaixo como acima do solo, e deve-se considerar que existe uma associação entre estes dois ambientes. Plantas com elevada habilidade competitiva acima do solo podem não dominar determinada área, se não dispões de recursos do solo. Da mesma forma, plantas com elevada capacidade de absorção de nutrientes, mesmo em solos férteis, podem ser desfavorecidas pelo sombreamento exercido por outras de maior produção de biomassa aérea (ZANINE & SANTOS, 2004).

A competição das espécies pode ocorrer de duas formas: a *intraespecífica* – competição das plantas entre si – e, *interespecífica* – competição com outras plantas. Esta disputa ocorre pelos recursos do meio como: luz, água, nutrientes, CO<sub>2</sub> entre outros. O período (relacionado a duração da) de duração que exista a competição pode acarretar prejuízos ao crescimento, desenvolvimento e, conseqüentemente a produção das culturas de interesse econômico. Uma redução considerável no crescimento de espécies, tanto em combinações intra e como interespecíficas, é resultante da competição espacial entre grupos de plantas que ocupam o mesmo local em um determinado período de tempo (CASTRO & GARCIA, 1996; ZANINE & SANTOS, 2004). A reação das espécies vegetais a cada tipo de competição ocorre de maneira diferente,

PARK et al. (2001) relatam dois tipos de competição assimétrica e simétrica, na primeira a competição acontece quando um número pequeno de indivíduos grandes utiliza de forma desproporcional grande parte dos recursos disponíveis em detrimento do crescimento do vizinho menor; já no segundo caso, o crescimento de cada planta está em proporção ao seu tamanho.

A competição assimétrica geralmente, conduz a uma maior desigualdade de biomassa dentro de uma população. De acordo com PARK et al. (2003), existem interações complexas entre o arranjo de espaço de plantas, a natureza do recurso, a heterogeneidade de espaço do

recurso, a disponibilidade do recurso, a fisiologia da planta e a resposta morfológica para níveis de provisão de recurso.

A competição por recursos não deverá ser interpretada como alelopatia. Uma definição de alelopatia é “qualquer efeito direto ou indireto danoso ou benéfico que uma planta (incluindo microrganismos) exerce sobre outra pela produção de compostos químicos liberados no ambiente” (RICE, 1984; apud FERREIRA & AQUILA, 2000).

Os objetivos do trabalho foram: determinar a produção de matéria seca das partes da planta de mandioquinha-salsa consorciada com as plantas de cobertura; determinar o acúmulo dos nutrientes N, P, K e S nas partes da planta de mandioquinha-salsa; avaliar a produção de raízes comerciais da mandioquinha-salsa consorciada com plantas de cobertura; avaliar o consórcio entre mandioquinha-salsa e plantas de cobertura - o manejo da cobertura do solo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento com adubação verde foi instalado no sítio Córrego Frio 42,32° W. Gr., 22,17° S. Equador, na região de Nova Friburgo, Rio de Janeiro, em cooperação com a PESAGRO-Friburgo. A altitude aproximada é de 1.100 m, 1200 mm de precipitação média anual e 20 °C de média de temperatura anual.

O solo foi classificado como Cambissolo com textura média. A análise química do solo foi efetuada de acordo com método descrito em EMBRAPA (1999), sendo realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos – IA da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Seropédica, RJ), os resultados encontram-se na Tabela 1. A análise granulométrica do solo seguiu o método da Pipeta (EMBRAPA, 1997), sendo realizada no Laboratório de Gênese e Morfologia do Solo também na UFRRJ, com os seguintes resultados apresentados na Tabela 2.

**Tabela 1.** Resultados da análise química do solo correspondente a profundidade de 0 a 20 cm, onde m-saturação por Al; n-saturação por Na.

Solo	Na	Ca	Mg	H + Al	Al	S	T	V	m	n	pH	Corg	P	K
	----- Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				----- % -----			1:2,5	g kg <sup>-1</sup>	--mg L <sup>-1</sup> --				
Cambissolo T. Média	0,021	3,0	2,6	11,9	0,1	5,86	17,76	33	23,89	0	5,8	48,6	18	94

**Tabela 2.** Análise granulométrica do solo.

Amostra	Argila Natural	Argila Total	Areia Total	Areia Fina	Silte
	-----g kg <sup>-1</sup> -----				
Cambissolo T. Média	90	280	610	50	110

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com 4 repetições e 4 tratamentos com espécies utilizadas como culturas de cobertura. Os tratamentos foram: 1 - limpo – testemunha (ausência de vegetação), 2 - vegetação espontânea, 3 – aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) (cobertura com gramínea) e 4 – consórcio aveia-preta + ervilhaca (*Vicia villosa*) (cobertura com gramínea e leguminosa). O preparo da área constou de uma aração utilizando microtrator. Posteriormente prepararam-se as leiras. A variedade (clone) utilizada no ensaio foi a Amarela de Carandaí ou Amarela Comum, com espaçamento entre plantas de 0,4 m e entre linhas de 0,8 m (0,32 m<sup>2</sup>), sendo que as parcelas tiveram dimensões de 2,4 x 10,8 m cada (26 m<sup>2</sup>).

Os tratamentos com os adubos verdes foram semeados na primeira semana de julho de 2006, a densidade de plantio utilizada foi de 100 kg ha<sup>-1</sup> da mistura aveia-preta e ervilhaca (3:1), distribuindo-se 270 g de sementes de aveia e junto com as sementes de aveia 90 g de sementes de ervilhaca (3:1) por parcela, no tratamento do consórcio aveia-preta + ervilhaca. Para o tratamento somente com aveia a densidade de plantio permaneceu a mesma, isto é, 100 kg ha<sup>-1</sup> de aveia preta (solteira), distribuindo-se 360 g de aveia preta por parcela. Considerou-se uma taxa de germinação em torno de 72 % tanto para aveia preta quanto para a ervilhaca. Em cada parcela havia três linhas de plantio de mandioquinha-salsa e entre a linha útil (linha central – plantas coletadas para avaliação no experimento) foram distribuídos a lanço as

sementes dos adubos verdes, em duas faixas (Figura 1). As sementes de ervilhaca foram inoculadas com produto biológico (inoculante para rizóbio específico para ervilhaca) na proporção de 500 g de sementes de ervilhaca para 50 g de produto biológico.

Foi realizada a coleta aleatoriamente de algumas plantas de ervilhaca, verificando-se a presença de nódulos nas raízes das plantas de ervilhaca. Empiricamente, foi realizado o corte dos nódulos, observou-se a presença da coloração rósea na região central do nódulo, indicando a produção de leghemoglobina.

Manejo dos adubos verdes: cem (100) dias após o plantio dos adubos verdes foi realizado o acamamento das plantas, que consistiu em um pisoteio das plantas (deitando-as no solo, alinhando o tombo no sentido da entre linha, sem realizar corte) formando uma cama sobre o solo. Naturalmente, por funções fisiológicas, a aveia tende a levantar as pontas e também ocorre uma pequena rebrota como efeito da perda da dominância apical, mas este efeito não ocorre de forma intensa e também não prejudica o trabalho. Após esse efeito fisiológico será realizado um novo acamamento, pisoteando (amassando) novamente as plantas. O crescimento inicial da ervilhaca é lento e a massa da aveia acaba “sufocando” um pouco a ervilhaca, o crescimento desta se dará quando a aveia começar a morrer. Como o hábito de crescimento da ervilhaca é trepador, ou seja, é uma planta trepadeira, quando foi realizado o acamamento da aveia foi necessário deslocar a ervilhaca para a entre linha evitando o crescimento da planta sobre a mandioquinha-salsa (Figuras 2C). Em ambientes naturais, a ervilhaca cresce logo depois das ervas do inverno, onde não há neve, ela cresce devagar entre as ervas que começam a morrer, como é uma trepadeira vai se apoiando sobre as ervas e depois cresce por cima das outras plantas.

O tratamento com vegetação espontânea foi estabelecido naturalmente a partir dos próprios propágulos existentes na área. Quanto ao manejo da vegetação espontânea, realizou-se o mesmo procedimento de acamamento (pisoteio) empregado para os adubos verdes (Figuras 1 e 2D).

As mudas de mandioquinha-salsa foram oriundas da região de Nova Friburgo – RJ, cultivadas no mesmo local onde foi instalado o experimento. O preparo das mudas constou de cortar os filhotes em bisel, padronizando o seu tamanho, posteriormente foram deixadas à sombra por 24 horas (correspondendo a uma cicatrização do tecido). Para o pré-enraizamento foram preparados canteiros utilizando o mesmo solo do experimento, sem qualquer aplicação de fertilizantes. O espaçamento usado foi de 0,05 x 0,05 m, sendo o período do pré-enraizamento de 45 dias, realizado no mês de abril de 2006. Nenhum tratamento fitossanitário foi realizado neste período, a manutenção da umidade no canteiro foi efetuada com as regas suplementares. O transplante das mudas para área experimental (plantio definitivo) foi realizado na primeira quinzena do mês de junho de 2006.

A irrigação utilizada foi através do sistema de aspersão.

Na adubação se utilizou um “*composto formulado*” que foi obtido da seguinte forma: coletou-se um resíduo proveniente de uma indústria de sabão no Campo do Coelho – Nova Friburgo. Esse resíduo originou-se da seguinte maneira: a água que é originada do cozimento dos ossos (essa água é rica em resíduos orgânicos, proteínas, resíduos de carne e cartilagem – “*caldo nutritivo*” – que se descartado no ambiente pode causar a eutrofização do córrego) para a retirada de sebo (que será utilizado na fabricação do sabão) foi colocada – irrigando – sobras de madeira, pó de serra e maravalha, como uma cama (como o “*caldo nutritivo*” apresenta nitrogênio, em pouco tempo começa o desenvolvimento de bactérias) que ficou compostando durante aproximadamente seis meses. Após recolhido esse primeiro material “*cama de maravalha decomposta*” adicionou-se esterco bovino. A proporção foi de quatro partes (volumes) de “*cama de maravalha decomposta*” para uma parte (volume) de esterco bovino (4:1 v/v), esse material ficou compostando por mais três meses. Ao final foi acrescentado fosfato natural YORIM na quantidade de 5 kg fosfato natural para cada 1 m<sup>3</sup> de

composto pronto. Então, definimos o produto como “*composto formulado*”. A quantidade utilizada no experimento foi de 10 t ha<sup>-1</sup> do “*composto formulado*”, sendo 0,31 kg planta<sup>-1</sup> comum a todos os tratamentos.

A análise química do “*composto formulado*” foi realizada pelo Centro de Análises da UFRRJ, Campus Dr. Leonel Miranda, obtendo-se o resultado a seguir: pH em água (1:2,5) = 5,6; Al<sup>+3</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 0,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup> = 25,74 g kg<sup>-1</sup>; Mg<sup>+2</sup> = 5,77 g kg<sup>-1</sup>; N = 18,90 g kg<sup>-1</sup>; P = 17,83 g kg<sup>-1</sup>; K = 19,11 g kg<sup>-1</sup>; C = 216,00 g kg<sup>-1</sup>; Na = 1,66 g kg<sup>-1</sup>; Fe = 10880,0 mg kg<sup>-1</sup>; Cu = 24,0 mg kg<sup>-1</sup>; Zn = 116,0 mg kg<sup>-1</sup>; Mn = 335,0 mg kg<sup>-1</sup>.

Foi feita uma capina geral, em todo experimento para uniformizar os tratamentos antes do plantio dos adubos verdes. Na primeira quinzena do mês de agosto de 2006 foi realizada a primeira capina considerando a distribuição dos tratamentos, sendo somente efetuada a capina nos tratamentos limpo – testemunha (entre leiras) e, nas leiras de todos os tratamentos para que não houvesse competição da vegetação espontânea com a mandioquinha-salsa.

Após cinco meses da adubação orgânica – aplicação do “*composto formulado*” foi realizada uma nova amostragem da área experimental. O resultado da análise química do solo à profundidade de 0 a 20 cm, efetuada pelo método descrito em EMBRAPA (1999), depois da aplicação do “*composto formulado*” foi a seguinte (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resultados da análise química do solo correspondente a profundidade de 0 a 20 cm, onde m-saturação por Al; n-saturação por Na.

Solo	Na	Ca	Mg	H + Al	Al	S	T	V	m	n	pH	Corg	P	K
	----- Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				----- % -----			1:2,5	g kg <sup>-1</sup>	--mg L <sup>-1</sup> --				
Cambissolo	0,044	6,2	2,2	7,8	0,0	8,61	16,41	52	23,89	0	6,2	52,20	80	63
T. Média														

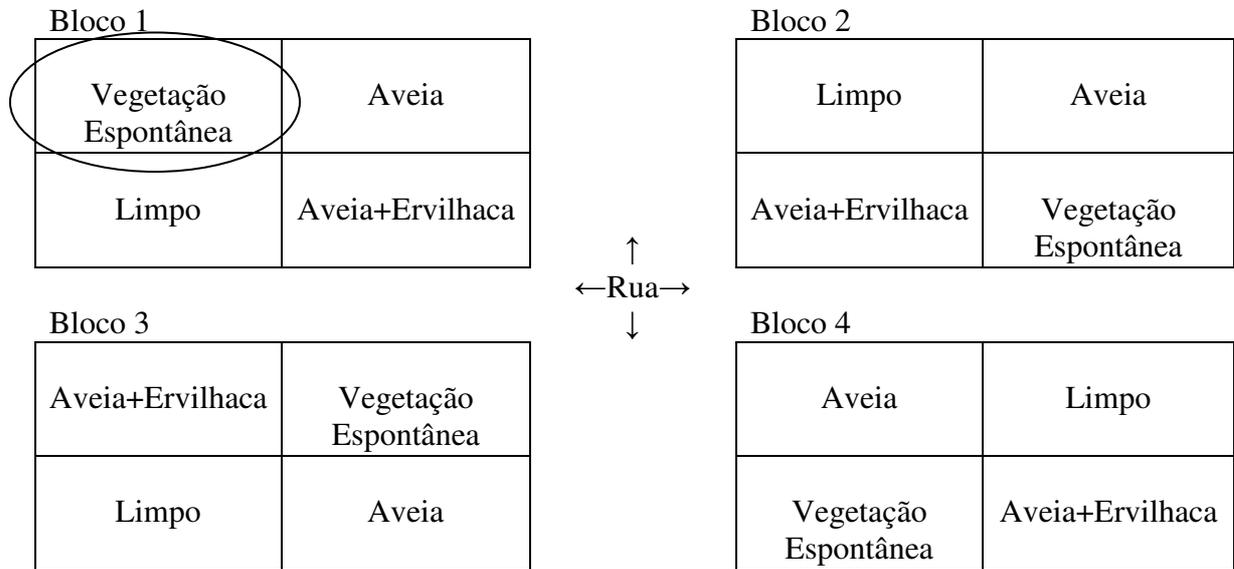
As coletas foram realizadas aos 10, 11 e 12 meses após o plantio, onde foram coletadas 6 plantas em cada época de amostragem.

Foi avaliada a matéria seca das plantas de mandioquinha-salsa, que neste trabalho as partes foram subdivididas e analisadas da seguinte maneira: parte aérea sendo definida como folha + pecíolo, propágulo que é o órgão de propagação vegetativa da espécie e raiz que é a parte de interesse comercial da cultura. Avaliou-se os teores e acumulação de N, P, K e S das partes da mandioquinha-salsa (folha + pecíolo, propágulos e raízes comerciais), a metodologia utilizada foi a proposta por TEDESCO et al. (1995).

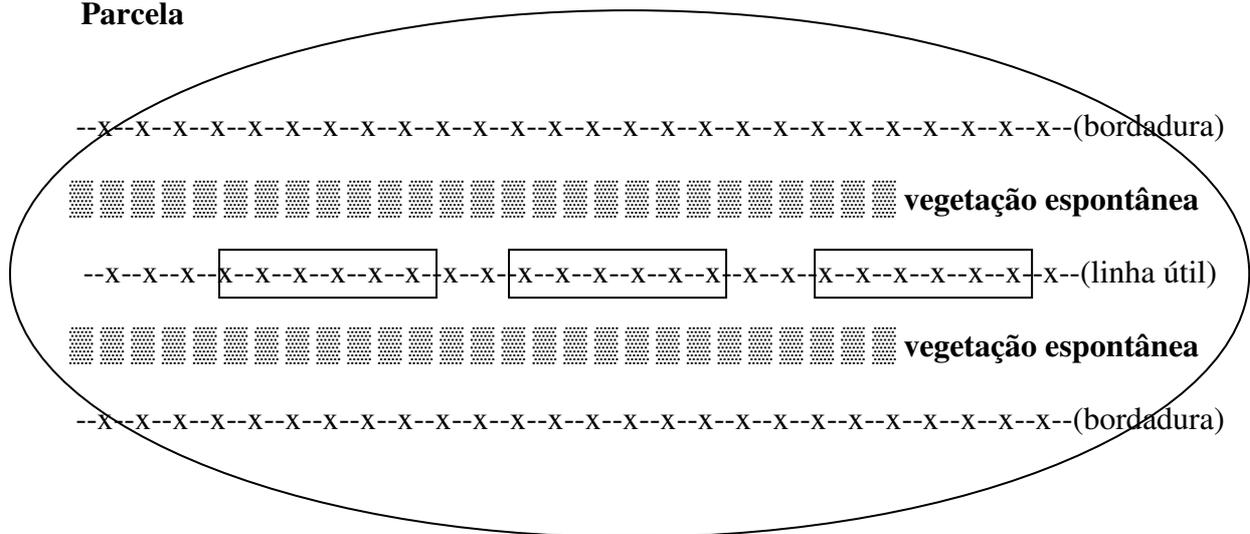
Tanto a matéria seca das partes da planta quanto os teores e acumulação dos nutrientes citados foram determinados aos 10, 11 e 12 meses após plantio (MAP). Foi ainda determinada a produção de raízes comerciais aos 10, 11 e 12 (MAP).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (teste de Lilliefors) e homogeneidade de variância (teste de Bartlett). Foi realizada a análise de variância (ANOVA) pelo teste F (Fisher), posteriormente às médias foram comparadas pelo teste de Duncan. O programa estatístico utilizado foi o SAEG<sup>®</sup>.

### Croqui do experimento



### Parcela



**Figura 1.** Croqui do experimento do consórcio mandioquinha-salsa com plantas de cobertura – adubos verdes invernais, explicando o manejo realizado no experimento.



**A**



**B**



**C**



**D**

**Figura 2.** Manejo dos adubos verdes, consórcio aveia-preta + ervilhaca (A e B), acamamento dos adubos verdes (C) e tratamento de cobertura do solo com vegetação espontânea (D).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Matéria Seca nas Partes da Planta

O comportamento do acúmulo de massa nas partes da planta de mandioquinha-salsa é diferenciado entre as suas partes e já foi comentado em diversos trabalhos por outros autores (CÂMARA et al., 1985; MESQUITA FILHO, 1996; PORTZ, 2001), onde a parte aérea (fonte) apresenta um máximo (ápice) em torno dos 6-7 meses e decresce com o passar do ciclo da planta enquanto o propágulo e as raízes (drenos) são responsáveis pelo maior acúmulo de massa no final do ciclo anual da planta.

Observou-se que na matéria seca da parte aérea houve interação significativa entre os tratamentos de manejo avaliados e as épocas de colheita, Tabela 4. Não houve diferenças significativas de massa seca da parte aérea entre as coletas nos tratamentos convencional e vegetação espontânea, e, nos tratamentos aveia e aveia+ervilhaca as menores médias de massa seca da parte aérea foram observadas aos 10 MAP. Aos 10MAP a maior média de massa seca da parte aérea foi observada no tratamento vegetação espontânea, não havendo diferenças nas médias entre os tratamentos aos 11 e 12 MAP.

Aparentemente as menores médias de massa seca da parte aérea foram observadas nos tratamentos com aveia e aveia+ervilhaca, o que pode indicar uma possível competição dos adubos verdes durante o ciclo da mandioquinha-salsa. A falta de dados referentes a consórcios com adubos verdes na cultura da mandioquinha-salsa, espaçamentos diferenciados, manejo e época de corte, densidade de sementes, etc., são ainda resultados a serem pesquisados para avaliar melhor o potencial desta prática na cultura. Na época do acamamento dos adubos verdes neste experimento, aos 100 dias, foi observado visualmente um grande desenvolvimento em altura destes e um grande recobrimento do solo o que provavelmente influenciou no desenvolvimento inicial da mandioquinha-salsa (Figura 3), indicando uma possível competição por luz (Figura 4 e 5A) e certamente de água e nutrientes. Este fato pode ter influenciado determinadamente nas médias de acúmulo de massa seca da mandioquinha-salsa no experimento. De acordo com GLIESSMAN (2001), formas de interferência entre os membros da comunidade de culturas benéficas em uma época podem trazer riscos em outra e, se os recursos no sistema de cultivo forem limitados, a cobertura pode criar interferência competitiva. Se ficarem demasiadamente densas, algumas espécies de plantio de cobertura podem ser alelopáticas para a cultura.

Após o florescimento da aveia-preta foi realizado o acamamento deste adubo verde, mantendo-o sobre o solo entre as leiras da mandioquinha-salsa (Figura 5A e 5B). Parte desta gramínea se ergueu novamente, sendo necessário, após algumas semanas, nova fase de acamamento das plantas.

Após uma a duas semanas do acamamento da aveia-preta, as plantas de ervilhaca, que apresentam crescimento prostrado, ocuparam os espaços entre as da aveia-preta, porém de forma lenta. Foi observado desenvolvimento muito lento da ervilhaca, também a leguminosa não cobriu bem os espaços entre leiras da mandioquinha-salsa. Portanto, não atuou como uma cobertura verde homogênea, ao contrário do esperado. Provavelmente pode ter ocorrido um abafamento das sementes de ervilhaca, devido a fitomassa de aveia-preta, dificultando assim a germinação da ervilhaca. E um próximo ensaio há de se considerar uma mudança na semeadura e no manejo entre as duas plantas de adubos verdes. Possivelmente, se a semeadura da ervilhaca ocorrer após o acamamento e não junto com a aveia-preta como foi neste trabalho, os resultados possam ser diferentes.



**Figura 3.** Crescimento da aveia-preta à esquerda e da vegetação espontânea à direita em consócio com plantas de mandioquinha-salsa.



**Figura 4.** Detalhe do tratamento entre aveia-preta + ervilhaca consorciada com plantas de mandioquinha-salsa, evidenciando a competição por luz entre as plantas companheiras.



**A**



**B**

**Figura 5.** Acamamento dos adubos verdes consorciados com plantas de mandioquinha-salsa.

Dentre as plantas presentes no tratamento de vegetação espontânea, foi possível identificar as seguintes espécies com maior presença: picão preto (*Bidens pilosa* L.), tiririca (*Cyperus rotundus* L.), guanxuma (*Sida cordifolia* L.), serralha (*Sonchus oleraceus* L.), bela-emília (*Emilia sonchifolia* (L.) DC.), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), botão-de-ouro (*Jaegeria hirta* (Lag.) Less.), estrelinha (*Melampodium perfoliatum* (Cav.) Kunth), dentre as espécies descritas o predomínio foi do picão preto.

**Tabela 4.** Peso de matéria seca de folha+pecíolo de mandioquinha-salsa, em gramas, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia preta e aveia preta + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições.

MAP	Tratamentos				Médias
	Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca	
	----- g planta <sup>-1</sup> -----				
10	124,94abA**	154,61aA	75,15bB	35,23cB	97,49
11	162,74aA	154,50aA	146,80aA	94,91aA	139,74
12	138,62aA	142,77aA	119,69aA	139,57aA	135,16
Médias	142,10	150,63	113,88	89,91	

\*\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, na coluna, não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

O propágulo e a raiz que são órgãos de acúmulo de carboidratos apresentam um crescimento grande ao longo do ciclo, caracterizando os drenos de fotoassimilados da parte aérea. Na Tabela 5, observa-se o acúmulo crescente de massa seca no decorrer das épocas de coleta em todos os tratamentos.

Para o peso de matéria seca de propágulo, os tratamentos convencional e vegetação espontânea não diferiram significativamente entre si, porém foram significativamente maiores aos tratamentos aveia-preta e aveia-preta+ervilhaca (Tabela 5). Entre as épocas a maior média foi observada aos 12 MAP, com diferença significativa para as demais épocas (Tabela 5).

O propágulo da mandioquinha-salsa, composto da cepa ou planta mãe e seus rebentos ou filhotes, apresenta um desenvolvimento inicial lento até os 4 a 6 meses de ciclo da mandioquinha-salsa, entrando então em fase de rápido crescimento, por ser um órgão de reserva de carboidratos da planta e dreno de fotoassimilados da parte aérea. Foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos de manejo avaliados e entre as épocas isoladamente (Tabela 5). Aos 12 MAP foi observada a maior média de massa seca de propágulos, corroborando os dados de outros autores que indicam um maior acúmulo desta parte no final do ciclo vegetativo da planta (CÂMARA et al., 1985; VIEIRA, 1995; MESQUITA FILHO, 1996; PORTZ, 2001; PORTZ, 2005). Quanto aos tratamentos, novamente se observaram menores médias de massa seca do propágulo naqueles com adubos verdes, ou seja, aveia e aveia + ervilhaca. A competição entre as plantas de mandioquinha-salsa e os adubos verdes pode ter interferido no maior acúmulo de massa nesta parte da planta.

**Tabela 5.** Peso de matéria seca de propágulo de mandioquinha-salsa, em gramas, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia preta e aveia preta + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições.

MAP	Tratamentos				Médias
	Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca	
10	235,20	252,37	140,06	60,16	171,95C**
11	426,77	417,14	241,20	158,26	310,84B
12	566,39	490,97	375,40	333,34	441,52A
Médias	409,45a**	386,82a	252,22b	183,92b	

\*\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, na coluna, não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

O peso de matéria seca das raízes de mandioquinha-salsa apresentou considerável aumento em todos os tratamentos nas coletas aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP), Tabela 6. Resultados semelhantes foram encontrados por VIEIRA (1995), em que as massas fresca e seca de raízes comercializáveis apresentaram um crescimento linear durante o período do estudo. A planta de mandioquinha-salsa é estruturada de forma que suas reservas são localizadas na sua parte subterrânea (CÂMARA et al., 1995). O que caracteriza no contínuo acúmulo de fotoassimilados na raiz até o final do ciclo produtivo, neste caso 12 MAP. De acordo com VIEIRA (1995) e PORTZ (2001), as reservas das raízes são atribuídas à translocação preferencial dos fotoassimilados das folhas (fontes) para as raízes (drenos).

Na massa seca de raiz (Tabela 6) também foram observadas diferenças significativas entre as coletas, 10-11-12 MAP, e entre os tratamentos de manejo. Observou-se que a maior média de massa seca de raiz foi aos 12 MAP, superior a 2,5 vezes da massa seca observada aos 10 MAP. Este resultado indica e comprova que a variedade escolhida, a Amarela de Carandaí, não é uma variedade precoce e sua maior produção ocorre no final do ciclo anual da cultura. Quanto aos tratamentos, foram observados maiores médias de massa seca da raiz nos tratamentos convencional e vegetação espontânea. Este resultado novamente indica menor acúmulo de massa neste órgão de armazenamento da planta, provavelmente devido à interferência dos tratamentos de aveia e aveia+ervilhaca no desenvolvimento das plantas de mandioquinha-salsa.

Em sistemas de cultivo, as plantas espontâneas são basicamente consideradas prejudiciais, por competirem com a espécie principal e, em consequência, reduzirem o rendimento (GLIESSMAN, 2001). O autor relata que, já foi claramente mostrado que, em muitas circunstâncias as plantas espontâneas e outras plantas não cultivadas podem beneficiar a comunidade de culturas por suas reações no ambiente. As plantas espontâneas exercem influências benéficas de uma forma muito semelhante aos plantios de cobertura e, com frequência, preenchem as mesmas funções ecológicas.

**Tabela 6.** Peso de matéria seca de raiz de mandioquinha-salsa, em gramas, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições.

MAP	Tratamentos				Médias
	Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca	
10	302,28	399,71	195,47	46,96	236,11C**
11	464,85	599,45	387,60	274,25	431,54B
12	839,69	613,34	545,68	467,47	616,55A
Médias	535,61a**	537,50a	376,25b	262,90c	

\*\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, na coluna, não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

Semelhante ao que foi observado nas partes da planta a matéria seca total foi influenciada pelos tratamentos aveia e aveia + ervilhaca, com acúmulo menor nestes dois tratamentos, quando comparado ao manejo convencional e a vegetação espontânea. Houve interação significativa entre os tratamentos de manejo avaliados e as épocas de colheita (Tabela 7). Observou-se que para todos os tratamentos as maiores médias de massa seca total foram aos 12 MAP, indicando que a planta teve um maior acúmulo de massa somente no final do ciclo, conforme comentado anteriormente, de que se trata de uma variedade não precoce. Observou-se também que as maiores médias de massa seca total ocorreram nos tratamentos convencional e vegetação espontânea, demonstrando que provavelmente os adubos verdes promoveram alguma forma de competição com as plantas de mandioquinha-salsa, ocasionando um menor acúmulo de massa seca na cultura.

O manejo da cultura de mandioquinha-salsa no consórcio com adubos verdes deve ser melhor estudado e se buscar alternativas para o problema de competição provavelmente por luz aqui observado. O plantio direto por sobre a palhada do adubo verde pode ser uma alternativa interessante para a mandioquinha-salsa, evitando-se desta forma o revolvimento do solo, proporcionando cobertura do mesmo e auxiliando na manutenção de água para a cultura. No entanto também é de se esperar que os benefícios da adubação verde não sejam totalmente observados no primeiro ciclo, e sim, após algum tempo do sistema ser empregado. Segundo ESPÍNDOLA et al. (1997), a adubação verde consiste numa prática capaz de manter a fertilidade do solo, colaborando para o aumento da produtividade agrícola. No entanto, não se deve esperar respostas imediatas uma vez que os benefícios oriundos da adição de matéria ao solo são mais significativos a médio e longo prazo. Essa técnica deve ser avaliada ainda em função das vantagens relacionadas à fixação biológica de nitrogênio, proteção e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo.

**Tabela 7.** Peso de matéria seca da planta inteira de mandioquinha-salsa, em gramas, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições.

MAP	Tratamentos				Médias
	Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca	
10	662,43aC**	806,70aB	410,68bB	142,36cC	505,54
11	1054,35abB	1171,09aAB	775,60bA	527,43cB	882,12
12	1544,70aA	1247,08abA	1040,78bA	940,39bA	1093,24
Médias	1087,16	1074,96	742,35	536,72	

\*\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, na coluna, não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

### 3.2 Produção de Raízes Comerciais

A produção de raízes comerciais apresentou diferenças significativas pelo teste de Duncan a 1% entre os tratamentos de manejo (Tabela 8). Observa-se um aumento gradativo da produção de raízes comerciais dos 10 até 12 MAP nos tratamentos. O ciclo da mandioquinha-salsa varia de 10 a 12 meses, podendo, eventualmente, ser colhida aos 8 meses, segundo as condições de cultivo e os preços praticados na ocasião (CÂMARA, 1997). Segundo SANTOS (1997), a colheita da mandioquinha-salsa é realizada, normalmente, aos 11-12 meses de ciclo, no entanto, o produtor, esperando melhores preços, pode colher até aos 14 meses de ciclo. De acordo com o mesmo autor, o período entre o arranquio das raízes e a colocação do produto no mercado atacadista não ultrapassa 24 horas, em razão da rápida deterioração das raízes.

A produção verificada aos 11 MAP nos tratamentos foi abaixo do esperado, principalmente nos tratamentos aveia preta e aveia preta+ervilhaca. Segundo PORTZ (2005), a cultivar Amarela de Carandaí apresenta produções médias na região de Nova Friburgo – RJ de 8 a 10 Mg ha<sup>-1</sup>. Aos 12 MAP as produções apresentaram-se dentro da média para a região, e mesmo no tratamento aveia preta+ervilhaca a produção manteve-se bem próxima da média.

As maiores médias de produção de raízes comerciais foram observadas nos tratamentos convencional e vegetação espontânea, refletindo o que foi observado no acúmulo de massa seca das partes da planta e na planta inteira, comentados anteriormente.

Os resultados observados refletem que num primeiro momento houve diminuição de produção de raízes comerciais quando se utilizou o consórcio com adubos verdes, e o tratamento com a gramínea e a leguminosa promoveu a menor produção de raízes comerciais.

Observou-se que no tratamento convencional e no tratamento de aveia+ervilhaca a produção de raízes comerciais aos 12 MAP praticamente dobrou, quando comparada à produção aos 11 MAP. Este fato deve estar relacionado com o efeito de planta ou amostra coletada, pois houve grande variabilidade de produção das plantas entre as coletas.

**Tabela 8.** Produção de raízes comerciais de mandioquinha-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições.

MAP	Tratamentos				Médias
	Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca	
10	5964,29	7114,45	3039,43	756,45	4218,65C**
11	7724,46	10849,46	6736,11	4278,27	7397,08B
12	14490,33	10887,90	9660,22	7937,74	10744,05A
Médias	9393,02a**	9617,27a	6478,59b	4324,16c	

\*\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, na coluna, não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

Conseqüentemente ao menor acúmulo de massa nas partes das plantas de mandioquinha-salsa obteve-se menor produção nos tratamentos com aveia e aveia+ervilhaca, reflexo da provável competição entre as plantas dentro desses dois tratamentos. Também foi observada, na colheita, a presença de algumas galhas de nematóides em algumas plantas dentro da área experimental, independente dos tratamentos avaliados. Assim como verificado por PORTZ (2005), isto pode ter influenciado diretamente no desenvolvimento das mudas após o plantio, no crescimento das plantas e na produção de raízes de absorção e comerciais. Porém, não foram observados sintomas visuais de deficiência nutricional durante o desenvolvimento das plantas.

A adaptação da mandioquinha-salsa a cultivos orgânicos pode ser viável, desde que sejam utilizadas doses adequadas de adubo orgânico e seja feita a associação com adubos minerais (VIEIRA & CASALI, 1997), considerando a forma de aplicação dentre outras práticas de cultivo. Os autores alertam para o caso do uso de doses de adubos orgânicos, que visando atender às exigências nutricionais das hortaliças, em geral, elas seriam tão altas que poderiam causar desequilíbrio entre nutrientes ou estimular muito o desenvolvimento vegetativo.

Há carência de informações relativas ao cultivo consorciado de gramíneas e leguminosas em relação à adubação verde de inverno na região serrana do Estado do Rio de Janeiro. Por isso, o melhor aproveitamento de suas potencialidades e a identificação de práticas de manejo que possam aumentar a produtividade das culturas, ainda é um desafio.

### 3.3 Teores de Macronutrientes nas Partes da Planta

Foi verificada diferença significativa no teor de nitrogênio nas folhas + pecíolos entre tratamentos a 5% pelo teste de Duncan, e entre as épocas de coleta (MAP) a 1% pelo mesmo teste, e a maior média observado no teor de nitrogênio foi no tratamento aveia + ervilhaca e a menor média no tratamento convencional (Tabela 9). O maior teor de nitrogênio foi verificado aos 10 MAP, isso provavelmente indica um efeito de diluição com o passar do tempo. Segundo TEDESCO et al. (1995), o teor de nitrogênio varia com a espécie, variedade, parte, desenvolvimento e estado nutricional da planta. Em geral, situa-se entre 0,5 e 5%.

Para o teor de fósforo nas folhas + pecíolos observou-se apenas diferença significativa para época (MAP) (Tabela 9). Segundo TEDESCO et al. (1995), o teor de P no tecido vegetal varia em geral entre 0,08 e 1,5%.

Observou-se diferença significativa no teor de potássio nas folhas + pecíolos entre tratamentos a 5% e entre épocas a 1% pelo teste de Duncan. As médias de teor de potássio nas folhas+pecíolos apresentaram-se semelhante aos resultados encontrados por outros autores

(MESQUITA FILHO & SOUZA, 1996; PORTZ, 2001; PORTZ 2005). Segundo TEDESCO et al. (1995), o teor de potássio no tecido vegetal varia na maior parte dos casos entre 0,2 e 10%.

Não foi verificada diferença significativa para o teor de enxofre nas folhas + pecíolos das plantas de mandioquinha-salsa (Tabela 9). Observou-se que as médias foram menores, que o teor de fósforo encontrado na mesma parte da planta. O teor de enxofre é comparável ao do fósforo, variando entre 0,05 a 1,2% (TEDESCO et al., 1995).

**Tabela 9.** Teor de nutrientes nas folhas + pecíolos de mandioquinha-salsa, em g kg<sup>-1</sup>, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições.

		Tratamentos				
		Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca	
MAP		----- g kg <sup>-1</sup> -----				Médias
Nitrogênio	10	28,6	26,9	25,9	27,0	27,1A**
	11	20,0	24,0	20,6	28,1	23,2B
	12	20,1	23,8	23,2	23,6	22,7B
	Médias	22,9b*	24,9ab	23,2b	26,3a	
MAP		----- g kg <sup>-1</sup> -----				Médias
Fósforo	10	5,2	5,3	5,5	5,5	5,4A**
	11	4,4	4,4	4,4	4,7	4,5B
	12	3,0	4,2	4,6	4,4	4,3B
	Médias	4,5	4,6	4,9	4,9	
MAP		----- g kg <sup>-1</sup> -----				Médias
Potássio	10	38,27	47,78	44,53	41,59	43,04A*
	11	36,83	42,00	41,59	36,70	39,28B
	12	43,87	47,15	41,28	41,75	43,51A
	Médias	39,66b*	45,64a	42,46ab	40,01b	
MAP		----- g 100g <sup>-1</sup> -----				Médias
Enxofre	10	2,54 <sup>ns</sup>	2,42	2,37	2,55	2,47 <sup>ns</sup>
	11	2,53	2,20	2,46	2,49	2,42
	12	2,34	2,44	2,27	2,46	2,38
	Médias					

\*\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

<sup>ns</sup> Não significativo.

Nos dados na Tabela 10, não foi observada diferença significativa para o teor de nitrogênio no propágulo das plantas de mandioquinha-salsa. O teor encontrado nesta parte da planta foi menor que o verificado nas folhas + pecíolos. Resultados semelhantes foram obtidos por MESQUITA FILHO & SOUZA (1996) e PORTZ (2001).

O teor de fósforo no propágulo apresentou diferença significativa para época a 1% de probabilidade pelo teste de Duncan (Tabela 10). Assim como observado para o teor do mesmo nutriente nas folhas + pecíolos.

Para o teor de potássio no propágulo da mandioquinha-salsa houve interação significativa a 1% entre os tratamentos. As coletas onde maiores teores de potássio neste órgão da planta foram encontrados foram nos tratamentos aveia + ervilhaca e aveia aos 10 MAP. NAKAGAWA & ROSOLEM (2005), considerando os teores de macronutrientes na folha bandeira da aveia-preta obtiveram a seguinte ordem:  $N > K > Ca > S > P > Mg$ .

O teor de enxofre no propágulo foi significativo a 1% pelo teste de Duncan para época (Tabela 10), onde a maior média foi observada aos 10 MAP.

Como verificado em outros estudos, os teores de nitrogênio, fósforo e potássio nas raízes foram menores do que os encontrados nas outras duas partes da planta. O teor de nitrogênio na raiz foi significativo a 1% entre os tratamentos e entre as épocas. O maior teor de N na raiz foi observado aos 12 MAP e no tratamento aveia + ervilhaca. (CÂMARA, 1985; PORTZ, 2001; PORTZ et al., 2003).

Já o teor de potássio na raiz apresentou diferença significativa a 1% somente entre as épocas, onde a maior média observada foi aos 10 MAP (Tabela 11). Para o teor de fósforo e enxofre nas raízes não foram observadas diferenças significativas (Tabela 11). Os teores decrescentes de nitrogênio, fósforo e potássio encontrados nas folhas + pecíolos, propágulos e raízes (Tabelas 9, 10 e 11), concordam com os resultados dos trabalhos sobre a cultura verificados por CÂMARA (1984), LIMA et al. (1985), PORTZ (2001; 2005).

O uso do nutriente enxofre não é prática comum no manejo de adubação das culturas, a não preocupação com o nutriente provavelmente deve-se ao fato do elemento ser parte da formulação de alguns fertilizantes que indiretamente é levado ao solo em pequenas quantidades. Na cultura da mandioquinha-salsa ainda é um nutriente pouco estudado, mas resultados de pesquisa revelam valores acumulados bem próximos aos de nitrogênio (PORTZ, 2001). O autor supõe que, os elevados teores de enxofre encontrados na planta tenham sido influenciados pela fonte de adubo fosfatado, superfosfato simples, que possui relevantes concentrações de enxofre na sua formulação, além do adubo orgânico adicionado no plantio. A utilização de adubação com sulfato de zinco realizada no plantio, que é prática recomendada para a cultura, também deve ter influenciado no maior acúmulo do S na cultura de mandioquinha-salsa.

Quanto ao teor de enxofre nas três partes da planta os resultados foram inferiores aos observados por PORTZ (2001), que verificou média em torno de  $12,0 \text{ g kg}^{-1}$  de S nos propágulos aos 10 meses de ciclo. Segundo o mesmo autor, os teores de enxofre apresentaram-se variáveis ao longo do ciclo da cultura de mandioquinha-salsa, como os dos outros macronutrientes, sendo maiores no propágulo e parte aérea em todo o ciclo comparado ao teor da raiz.

O enxofre participa de dois aminoácidos essenciais, a cistina e a metionina, a sua deficiência interrompe a síntese de proteínas (RAIJ, 1991). As folhas + pecíolos e os propágulos da mandioquinha-salsa são órgãos ligados a processos fisiológicos de síntese e armazenamento de aminoácidos, por isso é de se esperar que os teores de enxofre nestes dois órgãos tenderiam estar mais elevados.

Uma possível explicação para os baixos teores de enxofre encontrados neste estudo. É que, segundo RAIJ (1991), existem três fatores que dificultam a permanência do enxofre, na forma de sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), na camada arável do solo. O primeiro é presença de teores maiores de matéria orgânica, que reduzem a adsorção por óxidos e aumentam a carga negativa do solo, portanto repelindo sulfatos. O segundo é aplicação frequente de calcário, causando o aumento do pH e a liberação de sulfatos adsorvidos. E finalmente, os fosfatos aplicados em adubações ocupam preferencialmente as posições de troca que seriam ocupados por sulfatos.

Os teores de nutrientes encontrados neste experimento na planta inteira foram em ordem decrescente: potássio > nitrogênio > fósforo > enxofre (Tabela 12). MESQUITA FILHO & SOUZA (1996), considerando a planta inteira constataram que os maiores teores

em ordem decrescente foram:  $K > N > Ca > Mg \geq P$ . A mesma ordem para os macronutrientes encontrada pelos dois autores também são confirmadas por ORTIZ et al. (1998) e PORTZ (2001).

Para o teor de N na planta inteira houve diferenças significativas a 1% entre os tratamentos e as épocas, onde maior média de teor de N foi observada aos 10 MAP e a maior média nos tratamento aveia + ervilhaca, sendo superior apenas ao tratamento aveia solteira. Maior teor de P na planta inteira foi observado aos 10 MAP. Para o teor de potássio na planta inteira houve interação significativa a 1% entre tratamentos e épocas de coleta, onde se observou que maiores teores de K ocorreram nos tratamentos aveia + ervilhaca e aveia aos 10 MAP. O teor de enxofre na planta inteira apresentou diferença significativa a 1% somente entre as coletas e maior média foi observada aos 10 MAP (Tabela 12).

**Tabela 10.** Teor de nutrientes no propágulo de mandioquinha-salsa, em  $g\ kg^{-1}$ , correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições.

	Época	Tratamentos				Médias
		Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca	
Nitrogênio	MAP	----- $g\ kg^{-1}$ -----				
	10	17,4 <sup>ns</sup>	16,2	16,5	17,2	16,8 <sup>ns</sup>
	11	13,6	15,8	14,4	15,5	14,8
	12	15,9	17,6	14,5	15,0	15,7
	Médias	15,6 <sup>ns</sup>	16,5	15,1	15,9	
Fósforo	MAP	----- $g\ kg^{-1}$ -----				
	10	5,1	5,9	5,7	5,5	5,5A**
	11	4,4	5,3	4,7	5,3	4,9B
	12	4,2	4,1	4,3	4,1	4,2C
	Médias	4,6	5,1	4,9	5,0	
Potássio	MAP	----- $g\ kg^{-1}$ -----				
	10	34,48 Ba**	39,34 bA	43,94 bA	54,45 aA	43,05
	11	30,20 aA	38,23 aA	32,79 aB	34,57 aB	33,95
	12	28,75 aA	31,11 aA	27,56 aB	27,66 aB	28,77
	Médias	31,14	36,23	34,77	38,89	
Enxofre	MAP	----- $g\ kg^{-1}$ -----				
	10	4,01	3,93	3,81	3,80	3,89A**
	11	2,81	2,97	2,66	2,89	2,83B
	12	2,53	3,49	2,30	2,30	2,65B
	Médias	3,12	3,46	2,92	2,99	

\*\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

<sup>ns</sup> Não significativo.

**Tabela 11.** Teor de nutrientes na raiz de mandioquinha-salsa, em  $\text{g kg}^{-1}$ , correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições.

		Tratamentos				
		Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca	
MAP		----- $\text{g kg}^{-1}$ -----				Médias
Nitrogênio	10	4,9	3,3	4,7	5,1	4,5B**
	11	3,4	4,1	2,7	4,4	3,7B
	12	5,9	4,6	5,1	7,9	5,9A
	Médias	4,7b**	4,0b	4,2b	5,8a	
			Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca
MAP		----- $\text{g kg}^{-1}$ -----				Médias
Fósforo	10	2,0 <sup>ns</sup>	1,9	2,2	2,0	2,0 <sup>ns</sup>
	11	1,9	2,0	2,0	1,9	1,9
	12	2,1	2,0	2,0	1,9	2,0
	Médias	2,0 <sup>ns</sup>	2,0	2,1	1,9	
			Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca
MAP		----- $\text{g kg}^{-1}$ -----				Médias
Potássio	10	19,13	21,78	22,53	22,09	21,38A**
	11	16,85	19,96	17,60	17,15	17,89B
	12	17,78	18,62	17,16	18,56	18,03B
	Médias	17,62	20,12	19,10	19,27	
			Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca
MAP		----- $\text{g kg}^{-1}$ -----				Médias
Enxofre	10	1,19 <sup>ns</sup>	0,96	1,34	1,28	1,19 <sup>ns</sup>
	11	1,14	1,25	1,17	1,32	1,22
	12	1,27	1,12	1,42	1,21	1,25
	Médias	1,20 <sup>ns</sup>	1,11	1,31	1,27	
			Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca
MAP		----- $\text{g kg}^{-1}$ -----				Médias

\*\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

<sup>ns</sup> Não significativo.

**Tabela 12.** Teor de nutrientes na planta inteira de mandioquinha-salsa, em g kg<sup>-1</sup>, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições.

		Tratamentos				
		Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca	
Nitrogênio	MAP	----- g kg <sup>-1</sup> -----				Médias
	10	14,4	12,1	12,7	15,7	13,7a**
	11	10,1	11,1	9,7	12,0	10,7B
	12	10,8	11,9	10,6	12,7	11,5B
	Médias	11,8ab**	11,7ab	11,0b	13,5a	
Fósforo	MAP	----- g kg <sup>-1</sup> -----				Médias
	10	3,8	3,9	4,0	4,4	4,0A**
	11	3,3	3,5	3,3	3,4	3,4B
	12	3,0	3,1	3,2	3,1	3,1B
	Médias	3,4	3,5	3,5	3,6	
Potássio	MAP	----- g kg <sup>-1</sup> -----				Médias
	10	28,61Ba**	32,61bA	33,96bA	40,68aA	33,97
	11	25,29aA	29,56aA	26,99aB	25,80aB	26,91
	12	24,09aA	26,79aA	23,75aB	25,28aB	24,98
	Médias	26,00	29,65	28,23	30,59	
Enxofre	MAP	----- g kg <sup>-1</sup> -----				Médias
	10	2,60	2,25	2,37	2,66	2,47A**
	11	2,03	1,99	1,88	2,00	1,97B
	12	1,82	2,17	1,84	1,78	1,90B
	Médias	2,15	2,14	2,03	2,15	

\*\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

### 3.4 Acúmulos de Macronutrientes nas Partes da Planta

O acúmulo dos nutrientes nas três partes da planta de mandioquinha-salsa (folha+pecíolo, propágulo e raiz) como na planta inteira seguiu a seguinte ordem decrescente:  $K > N > P > S$  (Tabelas 13, 14, 15 e 16). O resultado é consonante aos obtidos por MESQUITA FILHO & SOUZA (1996), ORTIZ et al. (1998) e PORTZ (2001), que observaram maior acúmulo de potássio seguido de nitrogênio e fósforo. Mesmo em condições diversas de cultivo, manejo e cultivares os valores de acúmulo dos nutrientes encontrados pelos autores variaram pouco e são semelhantes aos aqui apresentados.

Observa-se na Tabela 13, interação significativa a 1% entre os tratamentos e as épocas, para o acúmulo dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre nas folhas+pecíolos das plantas. Entre os tratamentos analisados o convencional e a vegetação espontânea foram maiores do que na aveia-preta e aveia-preta+ervilhaca aos 10 MAP para acúmulo de nitrogênio nas folhas+pecíolos (Tabela 13). Menor acúmulo de N nas folhas+pecíolos foi observado aos 10 MAP no tratamento aveia+ervilhaca (Tabela 13).

Nas folhas+pecíolos o acúmulo de fósforo entre os tratamentos foi distinto aos 10 e 11 MAP, porém entre as épocas obteve-se diferença nos tratamentos vegetação espontânea, aveia-preta e aveia-preta+ervilhaca (Tabela 13).

Para o acúmulo de potássio e enxofre na mesma parte da planta, os resultados são semelhantes, com diferenças significativas a 1% entre os tratamentos aos 10 e 11 MAP e, entre épocas para aveia-preta e aveia-preta+ervilhaca (Tabela 13).

Quanto à distribuição na planta, o propágulo foi o órgão que apresentou o maior acúmulo de N, K, P e S (Tabela 14), quando comparado às outras partes da planta, folhas+pecíolos e raízes. Maiores acúmulos de P e K na coroa também foram observados por MESQUITA FILHO & SOUZA (1996). O propágulo é o órgão de reprodução vegetativa da espécie, acredita-se que por estratégia a planta acumule maiores quantidades de nutrientes neste órgão, tendo em vista que, o ciclo da mandioquinha-salsa é bianual.

Para o acúmulo dos nutrientes no propágulo, observaram-se o decréscimo de N, P, K e S sempre na mesma ordem entre os tratamentos analisados, ou seja: convencional > vegetação espontânea > aveia-preta > aveia-preta+ervilhaca, independente da época de colheita (Tabela 14). Analisando a época, o maior acúmulo de N, P, K e S foram sempre observados aos 12 MAP.

**Tabela 13.** Acúmulo de nutrientes nas folhas+pecíolos de mandioca-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições.

		Tratamentos				
Épocas		Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca	
Nitrogênio	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				Médias
	10	21,08aA**	24,69aA	11,58bA	5,65bB	15,75
	11	19,02aA	22,05aA	17,97aA	15,82aA	18,71
	12	16,60aA	20,19aA	16,60aA	19,72aA	18,28
	Médias	18,90	22,31	15,39	13,73	
Fósforo	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				Médias
	10	3,87aA**	4,86aA	2,49bB	1,16cB	3,09
	11	4,21aA	4,01aAB	3,84abA	2,67bA	3,68
	12	3,17aA	3,56aB	3,30aAB	3,62aA	3,41
	Médias	3,75	4,14	3,21	2,48	
Potássio	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				Médias
	10	28,82bA**	44,34aA	19,90bcB	8,77cC	25,45
	11	35,83aA	38,68aA	36,89aA	20,56bAB	32,99
	12	36,49aA	40,17aA	29,57aAB	34,69aA	35,23
	Médias	33,71	41,06	28,78	21,34	
Enxofre	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				Médias
	10	1,86aA**	2,23aA	1,06bB	0,53bB	1,42
	11	2,46aA	2,02abA	2,14aA	1,41bA	2,01
	12	1,91aA	2,07aA	1,62aAB	2,05aA	1,91
	Médias	2,08	2,11	1,61	1,33	

\*\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

<sup>ns</sup> Não significativo.

**Tabela 14.** Acúmulo de nutrientes no propágulo de mandioquinha-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições.

	Épocas	Tratamentos				Médias
		Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca	
Nitrogênio	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
	10	24,18	24,51	13,94	6,19	17,20C**
	11	34,64	38,57	20,65	14,65	27,13B
	12	52,92	51,62	32,38	29,63	41,64A
	Médias	37,25a**	38,23a	22,32b	16,82b	
Fósforo	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
	10	7,47	8,96	4,81	20,5	5,82B**
	11	10,98	12,95	6,79	4,95	8,92A
	12	14,19	11,90	9,65	8,14	10,97A
	Médias	10,88a**	11,27a	7,08b	5,05b	
Potássio	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
	10	49,09	59,36	36,95	19,84	41,31C**
	11	74,61	93,10	47,07	32,55	61,83B
	12	95,94	90,37	61,81	54,61	75,68A
	Médias	73,21a**	80,95a	48,61b	35,67c	
Enxofre	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
	10	5,43	5,95	3,21	1,36	3,99B**
	11	7,05	7,44	3,81	2,72	5,26B
	12	8,49	10,38	5,12	4,57	7,14A
	Médias	6,99a**	7,92a	4,05b	2,88b	

\*\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

<sup>ns</sup> Não significativo.

Os menores acúmulos de nutrientes foram observados nas raízes da mandioquinha-salsa. Houve interação significativa a 1% entre tratamentos e época para o acúmulo de nitrogênio e enxofre nas raízes (Tabela 15). O acúmulo de nitrogênio nas raízes foi maior no tratamento convencional, a diferença observada refere-se aos 12 MAP entre a testemunha (tratamento convencional) e os tratamentos de consórcio (vegetação espontânea, aveia-preta e aveia-preta+ervilhaca). Entre as épocas estudadas todos os tratamentos apresentaram diferença significativa, sendo maior o acúmulo aos 12 MAP.

Quanto ao acúmulo de enxofre na raiz a diferença entre tratamentos foi observada em todas as épocas (10, 11 e 12 MAP). Onde o maior acúmulo desse nutriente pode ser observado aos 12 MAP no tratamento convencional (Tabela 15).

O acúmulo de fósforo e potássio nas raízes nos tratamentos convencional e vegetação espontânea são iguais estatisticamente, diferindo da aveia e aveia+ervilhaca (Tabela 15). Observando as épocas, os dois nutrientes apresentam acúmulo crescente nas raízes dos 10 aos 12 MAP (Tabela 15).

Na planta inteira, o acúmulo dos nutrientes N, P, K e S cresce conforme aumenta o ciclo da cultura, isto é, o maior acúmulo dos nutrientes citados foi observado aos 12 MAP, independente do tratamento de manejo (Tabela 16). Entre os tratamentos convencional e vegetação espontânea, o acúmulo de N, P, K e S na planta inteira mentem-se igual estatisticamente, os dois tratamentos anteriores diferem significativamente dos tratamentos aveia e aveia+ervilhaca (Tabela 16).

**Tabela 15.** Acúmulo de nutrientes na raiz de mandioquinha-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições.

	Épocas	Tratamentos				Médias
		Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca	
Nitrogênio	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
	10	8,69aB**	7,57aB	5,67aB	1,45aB	5,84
	11	9,38aB	14,40aAB	6,21aB	7,20aB	9,30
	12	29,01aA	16,80bA	16,92bA	20,96bA	20,92
	Médias	15,69	12,92	9,87	9,60	
Fósforo	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
	10	3,74	4,58	2,57	0,58	2,87C**
	11	5,20	7,26	4,57	3,04	5,02B
	12	10,52	7,44	6,53	5,29	7,45A
	Médias	6,49a**	6,43a	4,56ab	2,97b	
Potássio	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
	10	35,24	51,38	26,10	6,31	29,76C**
	11	46,21	70,41	40,63	27,90	46,29B
	12	88,94	68,30	56,12	51,24	66,15A
	Médias	56,80a**	63,37a	40,95b	28,48c	
Enxofre	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
	10	2,12aB*	2,21aB	1,53abB	0,35bB	1,56
	11	3,18abB	4,50aA	2,70bB	2,14bA	3,13
	12	6,37aA	4,15bA	4,54bA	3,36bA	4,61
	Médias	3,89	3,62	2,93	1,95	

\*\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

<sup>ns</sup> Não significativo.

**Tabela 16.** Acúmulo de nutrientes na planta inteira de mandioquinha-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, correspondente aos tratamentos convencional, vegetação espontânea, aveia e aveia + ervilhaca, aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP). Médias de quatro repetições.

	Épocas	Tratamentos				Médias
		Convencional	Veg. Espontânea	Aveia	Aveia + Ervilhaca	
Nitrogênio	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
	10	53,94	56,77	31,19	13,29	38,80C**
	11	63,03	75,02	44,83	37,67	55,14B
	12	98,52	88,60	65,90	70,32	80,84A
	Médias	71,83a**	73,46a	47,31b	40,43b	
Fósforo	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
	10	15,08	18,40	9,86	3,79	11,78C**
	11	20,40	24,22	15,19	10,66	17,62B
	12	27,87	22,91	19,49	17,05	21,83A
	Médias	21,12a**	21,84a	14,85b	10,50c	
Potássio	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
	10	113,15	155,08	82,95	34,92	96,52C**
	11	156,65	202,20	124,59	81,01	141,11B
	12	221,37	198,85	147,49	140,54	177,06A
	Médias	163,72a**	185,38a	118,34b	85,49c	
Enxofre	MAP	----- kg ha <sup>-1</sup> -----				
	10	9,42	10,39	5,80	2,25	6,97C**
	11	12,68	13,96	8,66	6,27	10,39B
	12	16,77	16,61	11,27	9,97	13,66A
	Médias	12,96a**	13,65a	8,58b	6,17b	10,34

\*\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 1 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

\*As médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas, e maiúsculas, nas colunas, não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Duncan.

<sup>ns</sup> Não significativo.

## 4 CONCLUSÕES

O tratamento que apresentou maior produção de matéria seca foi o convencional.

As maiores produções de raízes comerciais foram obtidas nos tratamentos, convencional e vegetação espontânea.

Houve aumento da produção de raízes comerciais com o tempo.

O acúmulo dos nutrientes nas folhas + pecíolos, propágulos e raízes da planta de mandioquinha-salsa e, planta inteira foi de ordem decrescente:  $K > N > P > S$ .

Dentre as partes da planta de mandioquinha-salsa o propágulo foi o órgão que apresentou o maior acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre.

Os acúmulos dos nutrientes de N, P, K e S no propágulo decresceram na seguinte ordem dos tratamentos: convencional > vegetação espontânea > aveia-preta > aveia-preta + ervilhaca, independente da época de colheita.

O tratamento aveia-preta + ervilhaca contribuiu para o maior teor de nitrogênio nas raízes de mandioquinha-salsa.

O consócio entre mandioquinha-salsa e os adubos verdes favoreceu o controle das plantas espontâneas, mas causou competição com a cultura, afetando principalmente, a produção de propágulos e raízes comerciais.

A competição por luz nos tratamentos com os adubos verdes (aveia-preta e aveia-preta + ervilhaca) e as plantas de mandioquinha-salsa, foi consequência da densidade de semeadura dos adubos verdes e/ou espaçamento utilizado na entre linha das plantas de mandioquinha-salsa.

## **CAPÍTULO II**

### **O EFEITO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA MANDIOQUINHA-SALSA**

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta da mandioquinha-salsa a doses crescentes de fósforo em duas fontes do fertilizante fosfatado. Este experimento foi instalado na Fazenda Santo Antônio de Estrela, região de Nova Friburgo, Rio de Janeiro, a cerca de 1.100 m de altitude. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 4 repetições e 12 tratamentos, os tratamentos constaram de 2 fontes de fósforo (superfosfato simples e fosfato de rocha) e 6 doses de fósforo (0 – ausência de fósforo (testemunha), 40, 80, 120, 240 e 480 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>). A aplicação do fosfato de rocha foi realizada antecedendo a calagem. A variedade utilizada foi a Amarela de Carandaí, com espaçamento entre plantas de 0,3 m e entre linhas de 0,7 m (0,21 m<sup>2</sup>), com parcela de (12,24 m<sup>2</sup>). Os propágulos de mandioquinha-salsa foram pré-enraizados em canteiros com espaçamento de 0,05 x 0,05 m durante um período de 45 a 60 dias. O sistema de irrigação usado foi o de microaspersão. A aplicação do superfosfato simples com as respectivas doses descritas acima foi realizada uma semana antes do plantio. A adubação de cobertura com nitrogênio e potássio na dose correspondente a 140 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (cloreto de potássio) e 40 kg de N ha<sup>-1</sup> (uréia), respectivamente, foram realizadas dois meses após o plantio das mudas. Foram coletadas 3 plantas aos 4, 6 e 8 meses após o plantio e 6 plantas aos 10, 11 e 12 meses após o plantio (MAP) onde também foi avaliada a produção comercial. Foram determinadas a matéria seca das partes da planta (folha+pecíolo, propágulo e raiz), o teor e acúmulo dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, e enxofre, a produção comercial aos 10, 11 e 12 MAP. As respostas de massa seca total e nas partes (folha+pecíolo, propágulo e raiz) da planta de mandioquinha-salsa nas duas fontes de fósforo estudada durante o ciclo da cultura foram quadráticas. Na matéria seca de folha+pecíolo, propágulo, raiz e planta inteira (massa seca total) a diferença no acúmulo de massa proporcionada pelas doses de fósforo foi observada entre a testemunha e a dose de 480 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. A maior produção de raízes totais e raízes comerciais foram verificadas nos tratamentos com a fonte de P, fosfato de rocha. Os maiores teores totais de enxofre nas plantas foi encontrado nos tratamentos com superfosfato simples. Quanto ao acúmulo de nutrientes totais observou-se semelhança nas respostas das duas fontes de fósforo estudadas.

**Palavras - chave:** Batata baroa. Fósforo. Fontes de fosfato.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the yield of arracacha crop submitted to increasing doses of phosphorus with two sources of the fertilizer. This experiment was carried out in Fazenda Santo Antônio de Estrela at 1,100 m of altitude, located in Nova Friburgo municipality, State of Rio de Janeiro. The experimental design was randomly blocks with 4 repetitions and 12 treatments that consisted of 2 phosphorus sources (simple super phosphate and rock phosphate) and 6 phosphorous doses (0 - without phosphorus, control; 40; 80; 120; 240; and 480 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>). The application of rock phosphate preceded the liming. The variety used was the “Amarela de Carandaí”, with the following spaces: 0.3m among plants and 0.7m among lines (0.21 m<sup>2</sup>), with an experimental unit of 12.24 m<sup>2</sup>. The arracacha corms were pre-rooted in germination beds spaced of 0.05 x 0.05 m, during 45 to 60 days. The overhead irrigation system was by micro sprinkling. The application of the simple super phosphate doses was accomplished one week before planting. The fertilizing by covering with potassium (140 kg of K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> - potassium chloride) and nitrogen (40 kg of N ha<sup>-1</sup> - urea), was made two months after planting of the seedlings. Three plants were collected at 4, 6 and 8, and 6 plants at 10, 11 and 12 months after planting (MAP), when the commercial production was also evaluated. There were determinate: dry matter weight of parts of the plants (leave + petiole, corm and root); the levels and accumulation of the nutrients nitrogen, phosphorous, potassium and sulfur; and the commercial production into the 10, 11 and 12 MAP. The yields of the total dry mass and of the parts (leave + petiole, corm and root) of arracacha plant, with the two phosphorus sources, during the crop cycle showed a quadratic pattern. For the dry matter of leave + petiole, corm, root and complete plants (total dry mass), there was a difference in the accumulated mass between the control and the P dose of 480 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. The largest production of total and commercial roots were verified in the treatments with rock phosphate as source of P. Greatest total levels of sulphur in the plants were found in the treatments with simple super phosphate. Concerning the accumulation of total nutrients, it was observed a similarity between the two sources of phosphorous studied.

**Key words:** Arracacha. Phosphorus. Phosphate sources.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Adubação da Mandioquinha-salsa - Fósforo

Estudos relevantes à adubação da mandioquinha-salsa iniciaram na década de 60 em São Paulo e depois se estenderam para as demais regiões produtoras, mas, contudo, até nos dias atuais não se observa uma uniformidade nas respostas aos nutrientes aplicados e aos diferentes ambientes de cultivo. Uma melhor nutrição da mandioquinha-salsa, aliada com a utilização de novos clones, irrigação e manejo cultural pode contribuir com a redução de seu ciclo, chegando-se a colher raízes comerciais com 8 a 10 meses após o plantio.

LIMA et al. (1985) verificaram que o maior acúmulo de matéria seca e nutrientes foi aos 11 meses com a seguinte ordem em função dos órgãos: raiz > propágulo > parte aérea > cepa. Quanto à distribuição na planta, verificaram que as maiores quantidades de N, P, K e Zn estavam presentes nos propágulos; Ca, Mg, Cu e Mn nas raízes e Fe na parte aérea. PORTZ (2001) verificou maiores acúmulos na planta inteira aos sete meses após o plantio na seguinte ordem decrescente: K, S, N, Ca, P e Mg com 274, 135, 133, 51, 38 e 27 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

MESQUITA FILHO et al. (1996), não observaram respostas a doses crescentes de nitrogênio aplicadas no plantio, mas resposta quadrática para doses crescentes de fósforo na produção de raízes comerciais, em Latossolo no Cerrado. PORTZ (2001) observou resposta negativa na produção de raízes comerciais com a aplicação de doses crescentes de nitrogênio e não observou respostas com a aplicação de fósforo e potássio. O autor, no entanto, observou correlações de alta magnitude entre a produção de raízes comerciais e o acúmulo de matéria seca na parte aérea e o acúmulo nos propágulos. Indicando que tratamentos que favoreçam o desenvolvimento destes dois órgãos da planta podem também favorecer a produção de raízes comerciais.

PORTZ et al. (2003), trabalhando com crescimento e produção de raízes comercializáveis de mandioquinha-salsa em resposta à aplicação de nutrientes, verificaram que aos 300 dias após o plantio, não foi observada resposta significativa às doses de fósforo e potássio sobre a produtividade de raízes comerciais. Sendo observada uma tendência quadrática nas respostas de fósforo e potássio. Os autores evidenciam que a disponibilidade destes nutrientes no solo, somando à adição de matéria orgânica, podem ter mascarado uma melhor diferenciação das respostas destes nutrientes. E em relação à aplicação de nitrogênio foi verificada resposta significativa sendo a dose de 60 kg N ha<sup>-1</sup> superior à dose de 120 kg N ha<sup>-1</sup>, mas não diferindo da testemunha.

CÂMARA (1990) verificou que o cálcio e o magnésio são nutrientes essenciais para a mandioquinha-salsa e que a omissão destes nutrientes alterou os teores dos demais nutrientes na planta.

O zinco e o boro podem se tornar elementos limitantes na cultura (SANTOS & CARMO, 1998; SANTOS & CÂMARA, 1995; CARMO et al., 1995), e assim a prática de adubação com 5 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco e 15 a 20 kg ha<sup>-1</sup> de bórax devem ser consideradas.

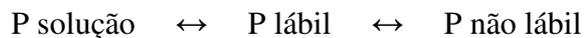
O fósforo é também um nutriente de grande importância na cultura. A aplicação de fertilizantes fosfatados será limitada num futuro próximo devido à redução dos recursos naturais e reservas, reduzindo a oferta e aumentando o preço (RUNGE-METGER, 1995), com isso uma melhor eficiência na utilização e reciclagem dos recursos e reservas de fósforo será necessária. Plantas com alta eficiência do uso de fósforo no solo, além dos outros nutrientes, devem ser cultivadas para manter um uso sustentável do solo em sistemas de baixa utilização

de nutrientes. A mandioquinha-salsa por ser uma cultura de ciclo longo pode se beneficiar do uso de fertilizantes fosfatados de solubilidade mais lenta, aproveitando o nutriente de maneira mais eficiente até o período de maior absorção da planta, situado em torno dos 6 a 7 meses após o plantio.

Os solos brasileiros apresentam-se em sua grande maioria intemperizados devido aos processos sofridos ao longo do tempo. Em geral, quanto maior a acidez, o teor de argila e, principalmente, quanto maior a concentração de óxidos de Fe e Al na fração argila, mais intenso é o processo de fixação de P nos solos dos trópicos (MALAVOLTA, 1981; LOPES, 1983; RAIJ, 1991; NOVAIS & SMYTH, 1999).

O fósforo apresenta uma tendência a formar compostos de solubilidade muito baixa com ferro, alumínio e cálcio, entre outros elementos. A afinidade com esses três cátions, tão abundantes em solos, é a razão pela qual o fósforo inorgânico ocorre ligado ao ferro, alumínio e cálcio. A proporção relativa dos compostos inorgânicos de fósforo, com ferro, alumínio e cálcio, é condicionada pelo pH e pelo tipo e quantidade de minerais existentes na fração argila. Em solos ácidos, com predomínio de caulinita e óxidos de ferro e alumínio, são mais importantes as combinações de fósforo com ferro e alumínio, enquanto em solos neutros ou calcários aparecem mais fosfatos de cálcio de ordem elevada e baixa solubilidade (RAIJ, 1991).

Quando se fala em “fósforo fixado” o que passou para a parte sólida, se tem uma idéia de perda, de uma não reposição do elemento, o que de imediato não é bem verdade, pois não se pode generalizar. Na realidade, os fosfatos adsorvidos pelo solo não formam imediatamente ligações muito estáveis, permanecendo por bastante tempo, até por muitos anos, em uma forma lábil, que pode retornar à solução do solo (RAIJ, 1991; SILVA & RAIJ, 1999; NOVAIS & SMYTH, 1999). Estabelecendo-se o seguinte equilíbrio:



A maneira de se tentar minimizar a adsorção de fosfatos ao solo pode ser através do uso de fonte não solúvel em água, como os fosfatos naturais ou fosfatos de rocha. Que precisam de um ambiente de acidez para sua solubilização e devido a isso são liberados gradativamente apresentando um poder residual no solo.

O fósforo acelera a formação de raízes, aumenta a frutificação, acelera a maturação dos frutos, aumentam o teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas, ajuda a fixação simbiótica de nitrogênio (MALAVOLTA et al., 1997).

A quantidade de P exigida por culturas altamente produtivas é grande. Manter a planta toda bem nutrida com P é um fator primordial para obtenção de altas produtividades. Devido ao fato de o P ser tão fortemente ligado aos processos metabólicos da planta, ele é móvel nos tecidos da planta e fica concentrado nas áreas mais ativas de crescimento. Como resultado, a maior parte do P absorvida pela planta é transferida e armazenada no fruto ou no grão (ou seja, é colhida) (STAUFFER & SULEWSKI, 2004). O crescimento e o desenvolvimento de plantas submetidas à deficiência de fósforo são retardados de maneira geral, e persistindo ocasiona influência drástica na produção agrícola, principalmente de frutos e grãos (RAIJ, 1991; STAUFFER & SULEWSKI, 2004). O fósforo em quantidades adequadas estimula o desenvolvimento radicular, é essencial para a boa formação de frutos e sementes e incrementa a precocidade da produção (RAIJ, 1991; MALAVOLTA, 2004).

O fósforo apesar de exigido em menores quantidades do que nitrogênio e potássio são os nutrientes que mais limitam a produtividade de culturas na maioria dos solos não adubados anteriormente ao plantio. Porém, solos de alta fertilidade natural podem não necessitar de adubações nos primeiros anos de cultivo. No Brasil, o consumo médio de P por hectare era

marginal até a década de 70, mas desde esta época tem flutuado entre 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (PPI/PPIC, 2003 appud STAUFFER & SULEWSKI, 2004).

A maior parte dos solos brasileiros é deficiente em fósforo e, portanto, apresenta respostas à adubação fosfatada. Os efeitos das adubações fosfatadas sobre as culturas são especialmente acentuados em solos, de baixa fertilidade natural, nunca antes adubados. Contudo, mesmo em solos já adubados anteriormente, a deficiência de fósforo ainda é importante (RAIJ, 1991).

## 1.2 Rocha Fosfática

Mais de 99 % dos fertilizantes fosfatados, no mundo, são produzidos a partir de rochas fosfáticas e apenas uma quantidade muito pequena é fornecida na forma de escórias básicas, um subproduto da indústria do aço.

Com maior frequência o fósforo é encontrado sob a forma de cristais de estrutura complexa da família das apatitas. As apatitas, são fosfatos de cálcio contendo OH, F e Cl e as fosforitas, que são fosfatos de cálcio com substituição parcial do PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> por CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Mg e Na. Nas jazidas de origem sedimentar predominam as apatitas do tipo francolita, enquanto nas jazidas magmáticas prevalece a fluorapatita. No Brasil, as apatitas, em sua maioria, são constituídas por uma mistura entre a fluorapatita e a hidroxapatita.

As apatitas são originadas por ação vulcânica ao longo de zonas de fraqueza na crosta terrestre, o que é o caso típico das formações apatíticas no Brasil Central, Canadá, Rússia e África do Sul. Já as fosforitas originam-se de depósitos sedimentares no leito dos oceanos, usualmente em áreas costeiras rasas que, subsequentemente, tornaram-se solo, o que caracteriza os depósitos de rochas fosfáticas do norte da África, China, Oriente Médio e Estados Unidos. Atualmente, cerca de 85 % da produção mundial de P vem de depósitos sedimentares de minas de superfície e 15 % de depósitos magmáticos. Os maiores depósitos explorados localizam-se na África, Estados Unidos, China, ex-União Soviética e Oriente Médio (LOPES et al., 2004).

Nos depósitos atuais, o teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pode variar de mais de 40 % até menos de 5 %. As rochas fosfáticas são, em geral, beneficiadas para remoção de impurezas e obtenção dos chamados concentrados fosfáticos para atingir concentrações que podem variar de 1,5 a 9 vezes mais P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ou seja, de 26 % a 34 %, em média, a até 42 % (LOPES et al., 2004). Os principais depósitos de rochas fosfáticas podem ser classificados em três grupos, conforme o arranjo mineralógico: 1) fosfatos de ferro-alumínio (wavelita, variscita e estrengita); 2) fosfatos de cálcio-ferro-alumínio (crandalita e milisita); 3) fosfato de cálcio (apatitas). Estas três classes constituem uma seqüência natural de intemperização dos depósitos de rocha fosfática, na qual as formas estáveis de fosfatos de ferro-alumínio representam o estágio mais avançado de intemperismo e o fosfato de cálcio representa a rocha matriz (GREMILLI & McCLELLAN, 1980; LEHR, 1980). O fosfato de cálcio é o grupo de maior importância econômica sendo mais conhecido como rocha fosfática ou simplesmente, fosfato natural.

O fosfato brasileiro, diferentemente do existe nos grandes produtores no resto do mundo, é obtido principalmente pelo mineral apatita. São jazidas extremamente complexas do ponto de vista mineralógico, de composição e características variáveis com tempo e local de exploração. Os teores são menores que os das jazidas sedimentares. O processo utiliza a flotação como operação unitária de separação e o amido como depressor da calcita, sequestrador dos íons carbonato em solução e ativador do fosfato (CHAVES, 2002).

As rochas fosfáticas não tratadas são relativamente estáveis e bastante insolúveis em água. Importantes fontes de P comerciais contem de 11 % a 18 % de P total. A efetividade da rocha fosfática como fertilizante diretamente aplicado ao solo depende da sua reatividade química, que por sua vez depende do grau de substituição do carbonato por fosfato na estrutura da apatita (TISDALE et al., 1985).

Os fosfatos naturais podem ser poucos reativos, quando as apatitas não têm, ou têm pouquíssimas substituições isomórficas, como a maioria dos fosfatos naturais brasileiros, em decorrência de sua origem geológica ígnea ou metamórfica; ou reativos, de origem sedimentar, com alto grau de substituição isomórfica do fosfato por carbonato na apatita, resultando em um cristal imperfeito e poroso e com baixa energia entrópica, podendo ser facilmente hidrolisado (KAMINSKI & PERUZZO, 1997).

### 1.3 Fontes de Fósforo

Os fertilizantes fosfatados comercializáveis são classificados como acidulados ou termo-processados. Dentre os acidulados, que são os mais relevantes, tem-se o ácido fosfórico, os superfosfatos, os fosfatos de amônio, os fosfatos nítricos dentre outros. O ácido fosfórico é manufaturado pelo tratamento da rocha fosfática com ácido sulfúrico ou pela queima de fósforo elementar a pentóxido de fósforo e reação com água. O ácido fosfórico com 24 % de P (55 %  $P_2O_5$ ) é usado para acidular rochas fosfáticas para produção de superfosfato triplo e é neutralizado com amônia na manufatura de fosfatos de amônio, que são completamente solúveis em água (MELAMED et al., 2007).

O modelo de fertilização implantado no Brasil é baseado em produtos de alta solubilidade, como aqueles adotados em países de clima temperado. Este modelo importado não atende às peculiaridades de nossos solos, gerando um desperdício desta preciosa ferramenta de aumento de produtividade agrícola e, pior ainda, problemas ambientais que se tornam cada vez mais graves e evidentes (CHAVES & OBA, 2004).

Segundo CHAVES (2002), a tecnologia brasileira no setor de extração de rocha fosfática é superior a existente no exterior.

As principais fontes de P utilizadas na agricultura são obtidas industrialmente pelo tratamento de rochas fosfáticas com ácidos e apresentam alta solubilidade em água, como os superfosfatos e os fosfatos de amônio. Nos últimos anos, a utilização de fontes alternativas mais baratas, como os fosfatos naturais reativos na forma farelada, aumentou acentuadamente, embora estes produtos apresentem baixa solubilidade em água, comparados aos fosfatos solúveis (HOROWITZ & MEURER, 2004). Porém, o ganho esta com o tempo, cuja eficiência dos fosfatos naturais aumenta com o tempo decorrido após a sua aplicação.

Alguns fosfatos naturais, os fosfatos naturais reativos, têm demonstrado eficiência semelhante à das fontes mais solúveis, o que pode ser compensador pelo menor custo por unidade do nutriente. A eficiência dos fosfatos naturais relaciona-se, principalmente, com sua origem, tamanho de suas partículas, propriedades do solo, cultura a ser implantada e tempo decorrido da sua aplicação (HOROWITZ & MEURER, 2004).

De acordo com a legislação, até 1992, era estabelecido que fosfatos naturais deveriam ser comercializados moídos, com no mínimo 85 % das partículas sendo menores do que 0,074 mm. Mas, a partir daquele ano, novas portarias definiram que fosfatos naturais de origem sedimentar poderiam ser comercializados na forma farelada, com 100 % das partículas menores do que 4 mm e no mínimo 80 % delas menores do que 2,8 mm, desde que classificados como fosfatos reativos. Ou seja, devem conter pelo menos 28 % de  $P_2O_5$  total e 9 % de  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico a 2 % na relação 1:100. Os fosfatos naturais de origem sedimentar comercializados atualmente no Brasil são provenientes do norte da África e do Oriente Médio (HOROWITZ & MEURER, 2004).

Em função do crescimento das técnicas alternativas de agricultura, como a agricultura agroecológica e especialmente a agricultura orgânica, ocorre um interesse maior no Brasil, quanto à utilização de fertilizantes alternativos aos fertilizantes solúveis classicamente utilizados. Em foco destaca-se o estudo do manejo da aplicação da rocha fosfática, uma fonte alternativa de fertilizante fosfatado comparado às fontes de alta solubilidade. Devido à deficiência de forma generalizada dos solos brasileiros de P, o estudo do nutriente se torna

importante, ainda assim, em uma cultura de ciclo longo de grande importância para a agricultura familiar.

O objetivo deste capítulo foi avaliar diferentes fontes de fósforo com o intuito de fornecer o elemento a planta e verificar curvas de resposta a doses crescentes, sempre visando obter parâmetros para produção agroecológica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi instalado na Fazenda Santo Antônio de Estrela, região de Rio Grande de Cima, Distrito de Nova Friburgo, Rio de Janeiro, a cerca de 1.100 m de altitude.

O solo foi classificado como Nitossolo e a análise química do solo foi efetuada pelo método descrito em EMBRAPA (1999), sendo realizada no Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos – IA da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, correspondendo à profundidade de 0 a 20 cm, com o seguinte resultado apresentado na Tabela 17. A análise granulométrica do solo seguiu o método da Pipeta (EMBRAPA, 1997), sendo realizada no Laboratório de Gênese e Morfologia do Solo na UFRRJ, com os seguintes resultados apresentados na Tabela 18.

**Tabela 17.** Resultados da análise química do solo correspondente à profundidade de 0 a 20 cm, onde m-saturação por Al; n-saturação por Na.

Solo	Na	Ca	Mg	H + Al	Al	S	T	V	m	n	pH	Corg	P	K
	-----			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----			-----	%	-----	1:2,5	g kg <sup>-1</sup>	--mg L <sup>-1</sup>	--
Nitossolo														
T. argilo arenosa	0,016	2,3	0,2	14,7	1,2	2,62	17,32	15	23,89	0	5,3	37,40	6	41

**Tabela 18.** Análise granulométrica do solo.

Amostra	Argila Natural	Argila Total	Areia Total	Areia Fina	Silte
	-----g kg <sup>-1</sup> -----				
Nitossolo					
T. argilo arenoso	70	390	560	40	50

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 4 repetições e 11 tratamentos, os tratamentos constaram de 2 fontes de fósforo (superfosfato simples e fosfato de rocha) e 6 doses de fósforo (0 – ausência de fósforo (testemunha), 40, 80, 120, 240 e 480 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>).

O fosfato de rocha utilizado apresentava a seguinte característica: Fosfato natural reativo Djebel ONK, origem Argélia, com 29 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total.

A aplicação do fosfato de rocha foi realizada cinco meses antes da calagem. As capinas foram realizadas sempre que necessário até a época da aplicação do calcário (calagem) que foi realizada na segunda quinzena de março de 2006.

A variedade utilizada foi a Amarela de Carandaí ou Amarela comum com espaçamento entre plantas de 0,3 m e entre linhas de 0,7 m (0,21 m<sup>2</sup>), com parcela de 5,1 x 2,4 m (12,24 m<sup>2</sup>). Os propágulos de mandioquinha-salsa foram pré-enraizados em canteiros com espaçamento de 0,05 x 0,05 m durante um período de 45 a 60 dias. Tentou-se padronizar a seleção dos propágulos (filhotes) retirados das touceiras, porém não foi feita separação entre as idades fisiológicas que os mesmos se apresentavam. Além de várias pessoas terem trabalhado na separação dos filhotes das touceiras.

O sistema de irrigação usado foi o de microaspersão, que foi montado durante a primeira quinzena de junho de 2006. A aplicação do superfosfato simples com as respectivas

doses descritas acima foi feita em 10/06/2006, antecedendo uma semana do plantio das mudas de mandioquinha-salsa. Nesta mesma data aplicaram-se os fertilizantes: Sulfato de zinco e Ácido bórico,  $5 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente. O plantio definitivo foi em 17/06/2006 e, na primeira quinzena de julho de 2006 realizou-se a substituição de algumas plantas (mudas) que por ventura pendoaram. A adubação de cobertura com nitrogênio e potássio foi feita em agosto de 2006, dois meses após o plantio das mudas, na dose correspondente a  $140 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$  (cloreto de potássio) e  $40 \text{ kg de N ha}^{-1}$  (uréia), respectivamente.

A primeira capina após a instalação de todo o experimento foi feita no final de agosto de 2006, antes da aplicação da adubação de cobertura com nitrogênio e potássio.

Foram coletadas 3 plantas aos 4, 6 e 8 meses após o plantio e 6 plantas aos 10, 11 e 12 meses após o plantio onde também foi avaliada a produção comercial.

Foi determinada a matéria seca das plantas, o teor e acumulação de fósforo (P), nitrogênio (N), potássio (K) e enxofre (S) nas três partes da planta (folha + pecíolo, propágulo e raiz) em todas as épocas amostradas. A metodologia utilizada foi a proposta por TEDESCO et al. (1995).

As análises estatísticas dos dados foram submetidas aos testes de normalidade e homogeneidade de variância (testes de Lilliefors e Bartlett). Foi realizada a análise de variância (ANOVA) através da regressão, escolhendo-se o modelo matemático que melhor expressasse o significado biológico dos dados e, também a análise de variância foi feita pelo teste F (teste de Fisher), sendo depois realizada a comparação de médias pelo teste de Duncan, para as variáveis qualitativas. O programa estatístico usado foi o SAEG<sup>®</sup>.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Matéria Seca nas Partes da Planta

As respostas de massa seca total e nas partes (folha+pecíolo, propágulo e raiz) da planta de mandioquinha-salsa nas duas fontes de fósforo estudadas durante o ciclo da cultura foram quadráticas. Os parâmetros analisados para a determinação do ajuste da equação foram: a significância do teste F, o  $R^2$ , os graus de liberdade da variável independente, e a melhor representação da expectativa biológica.

Observando a matéria seca de folha+pecíolo a partir do 4 MAP, as maiores massas foram obtidas com o fosfato de rocha, porém os ajustes das equações de regressão só foram verificados nas testemunhas para as duas fontes e, na dose de 480 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  o fosfato de rocha (Tabela 19). Para as demais doses das duas fontes não foi encontrada nenhuma equação que se ajustasse aos dados obtidos, pois não houve significância do teste F.

A partir do sétimo mês de ciclo tem-se início a senescência da planta que coincidiu com a perda de massa por um agente externo nesse período, ano agrícola. A diminuição na matéria seca de folha+pecíolo pode ser observada aos 8 MAP para as duas fontes fosfatadas, que provavelmente foi decorrente das fortes chuvas de janeiro, logo após a coleta que representa o 6 MAP. Aos 10 MAP a matéria seca das folhas + pecíolos apresenta um pequeno aumento, que é devido a novas folhas + pecíolos emitidos pela parte aérea da planta (Tabela 19). Para a matéria seca de propágulo e raízes não foi observada queda após o 6 MAP. Isto se deve à fisiologia dessas duas partes da planta, que representam órgãos de reserva, podendo-se atribuir a provável translocação de fotoassimilados das folhas + pecíolos (fonte) para o propágulo e raízes de reserva (drenos). CÂMARA et al. (1985) relatam que os níveis de matéria seca indicam que a planta é estruturada de modo a ter suas reservas na parte subterrânea, menos sujeita a variações climáticas e ao ataque de insetos, garantindo energia para sua fase reprodutiva, considerando o longo período de seu ciclo.

**Tabela 19.** Matéria seca de folha+pecíolo de plantas de mandioquinha-salsa, em gramas por planta (g planta<sup>-1</sup>), a partir do quarto mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

Superfosfato simples	Meses após plantio						
	kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup>	4	6	8	10	11	
Testemunha	9,34	26,94	20,08	23,52	23,71	24,07	y = 6,66836+1,67369x; R <sup>2</sup> = 0,719*
40	13,02	51,21	21,10	27,85	27,57	16,75	s.a.
80	16,32	50,74	30,23	41,67	36,32	29,33	s.a.
120	14,99	77,07	27,53	48,30	36,31	29,30	s.a.
240	14,35	51,21	20,77	36,75	33,89	22,85	s.a.
480	26,39	89,17	50,83	45,98	42,59	38,86	s.a.

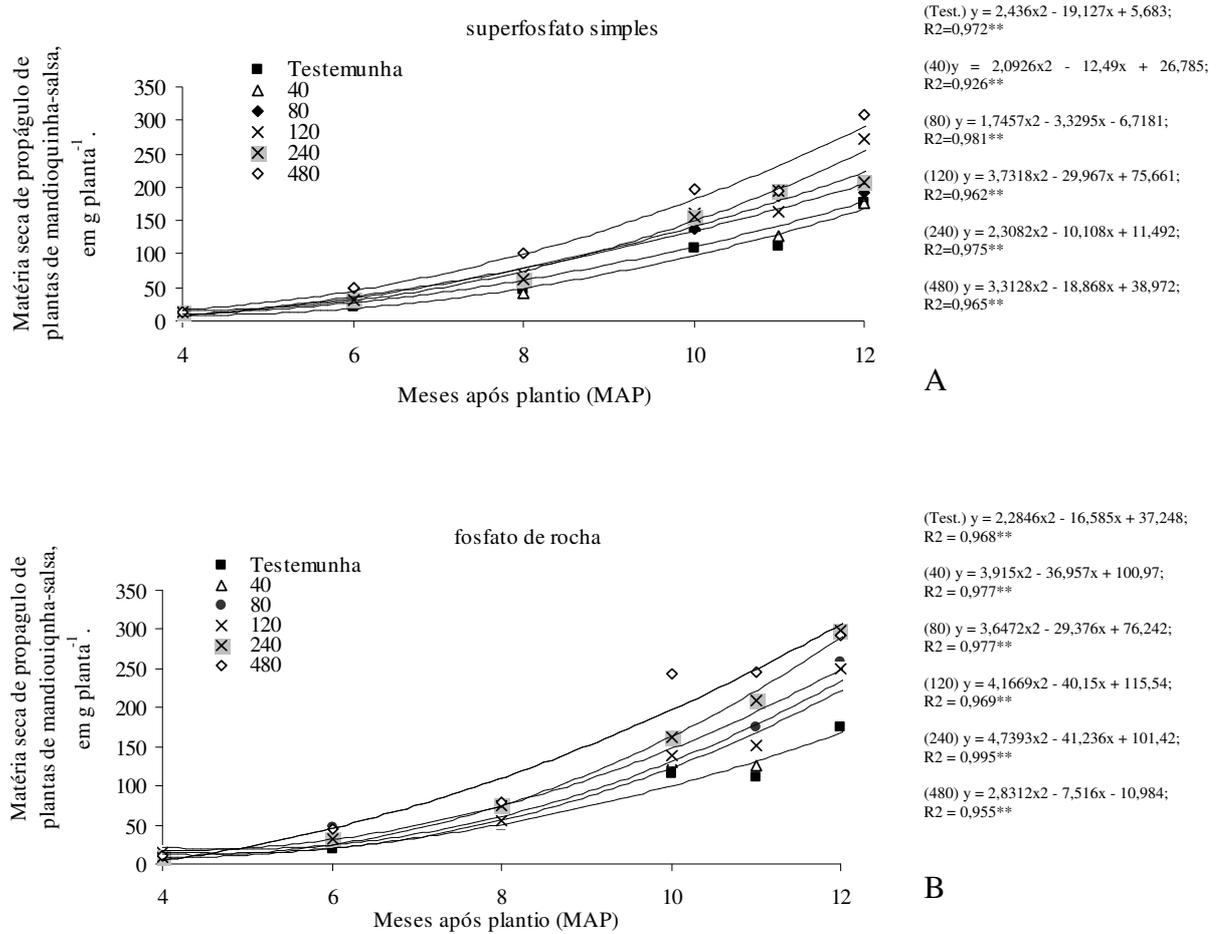
Fosfato de rocha	Meses após plantio						
	4	6	8	10	11	12	
Testemunha	9,34	26,94	20,08	23,52	23,71	24,07	y = 6,66836+1,67369x; R <sup>2</sup> = 0,719*
40	12,99	59,87	26,80	34,17	32,71	27,27	s.a.
80	16,25	70,24	35,93	44,36	38,87	31,32	s.a.
120	17,52	69,31	21,80	35,42	35,49	33,35	s.a.
240	16,35	62,31	31,80	44,63	51,32	42,64	s.a.
480	22,09	82,57	33,43	52,02	50,19	34,28	y = -,328+37,9329x; R <sup>2</sup> = 0,930**

\* Significativo a 5%. \*\* Significativo a 1%. ns - não significativo.

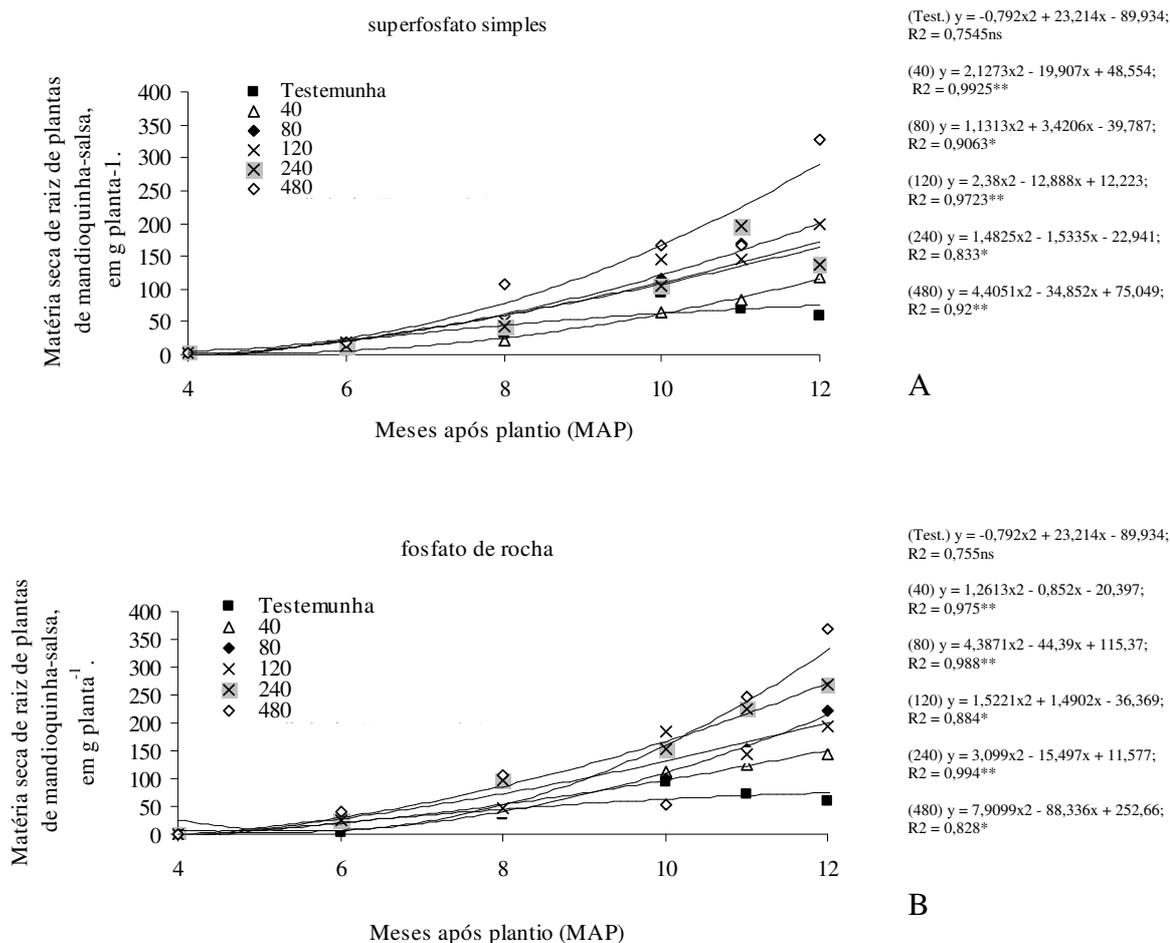
s.a. – sem ajuste de equação de regressão

Na matéria seca de propágulo a tendência de resposta da testemunha e das doses foi a mesma, independente da fonte. Observa-se na Figura 6A e 6B, maior diferença de acúmulo de matéria seca de propágulo, da testemunha para as doses 240 e 480 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>.

Os resultados de matéria seca de raiz (Figura 7), apresentam a mesma tendência de resposta observada para a matéria seca de propágulo. É nítida a diferença entre a testemunha e a dose de 480 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> para este parâmetro (Figura 7A), observa-se que a dose de 40 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> apresenta resultados semelhantes à testemunha. Na Figura 7B, se verifica uma tendência semelhante ao da Figura 6A, no acúmulo de matéria seca de raízes, com uma diferença para a dose de 240 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, que apresenta resultados próximos ao da dose mais elevada, no fosfato de rocha.



**Figura 6.** Matéria seca de propágulo de plantas de mandiouinã-salsa, em gramas por planta ( $\text{g planta}^{-1}$ ), a partir do quarto mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.



**Figura 7.** Matéria seca de raiz de plantas de mandioquinha-salsa, em gramas por planta ( $g\ planta^{-1}$ ), a partir do quarto mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P ( $kg\ ha^{-1}$ ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

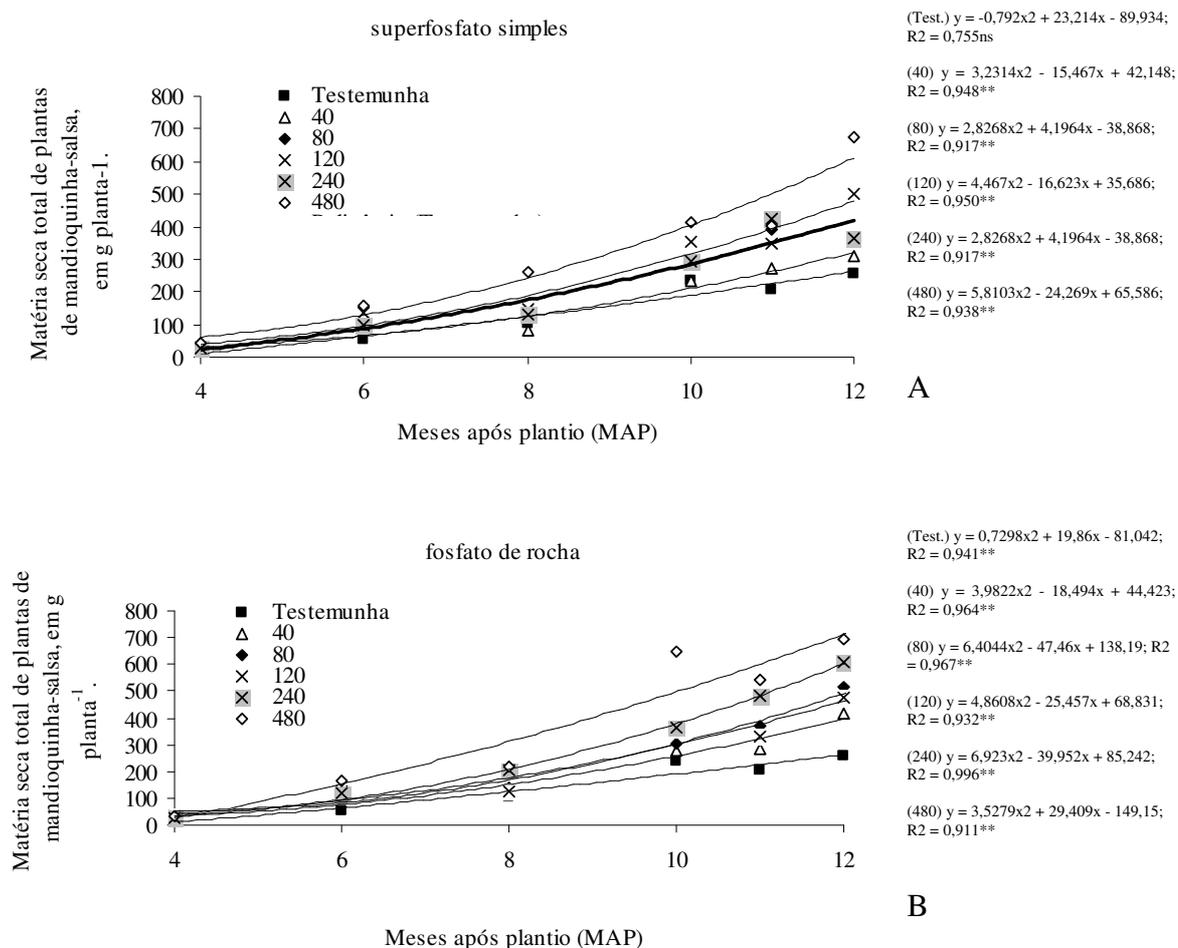
O maior acúmulo de matéria seca total das plantas foi na dose de  $480\ kg\ P_2O_5\ ha^{-1}$  nas duas fontes, superfosfato simples e fosfato de rocha, este se destaca principalmente da testemunha (ausência de P) (Figura 8). Entre as doses intermediárias não se observa grandes diferenças na quantidade de matéria seca total da planta.

Para massa seca de R, observou-se que entre as fontes de P o maior acúmulo foi no fosfato de rocha em todas as doses utilizadas. O fosfato de rocha, que é uma fonte de P de baixa solubilidade nos solos, necessitando de pH mais ácido para favorecer sua disponibilidade para as plantas, é uma fonte de fertilizante mineral de custo mais baixo, que justifica seu uso em cultivos de espécies vegetais de ciclo longo (anuais e/ou perenes). Pois o nutriente é liberado lentamente, com isso tem-se um melhor aproveitamento pela cultura, devido o efeito residual que esta fonte proporciona.

Trabalhando em “Ultisols” de baixa fertilidade em Porto Rico, ORTIZ et al. (1998), constatou que a acumulação de peso seco da planta toda aumentou linearmente até os 198 dias após a emergência, e o propágulo teve maior acúmulo de massa seca comparado aos pecíolos e folhas.

PORTZ et al. (2006), trabalhando com aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio na cultura da mandioquinha-salsa, observaram quanto ao comportamento do acúmulo de massa seca na planta e suas partes tendência de rápido crescimento em massa seca do propágulo e

raízes após os 150 DAP. Ainda, foi notada tendência quadrática do acúmulo de massa seca da parte aérea até o final do ciclo, indicando que o início da senescência da planta situa-se em torno dos seis meses de ciclo. Este padrão também foi observado por CÂMARA (1984), CÂMARA et al. (1985) e VIEIRA (1995). Em trabalho de LIMA et al. (1985), foi determinado o acúmulo de matéria seca em plantas de mandioquinha-salsa colhidas aos 9, 10, 11 e 12 meses após o plantio. Os autores observaram maior acúmulo de matéria seca aos 11 meses com a seguinte ordem em função dos órgãos: raiz > propágulo > parte aérea > cepa.



**Figura 8.** Matéria seca total de plantas de mandioquinha-salsa, em gramas por planta ( $g\ planta^{-1}$ ), a partir do quarto mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P ( $kg\ ha^{-1}$ ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

### 3.2 Teores de Nutrientes Totais

De modo geral os teores totais dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre nas plantas de mandioquinha-salsa apresentaram-se mais elevados com superfosfato simples (Tabela 20, 21, 22 e 23). Os teores de nutrientes encontrados na planta inteira foram em ordem decrescente: potássio, nitrogênio, fósforo. Esses resultados corroboram os encontrados por ORTIZ et al. (1998) e PORTZ (2001).

Os teores dos macronutrientes N, P e K na planta inteira de mandioquinha-salsa decresceram ao longo do ciclo da cultura (Tabelas 20, 21 e 22), isto provavelmente se deve ao efeito de diluição, que com o decorrer do ciclo e desenvolvimento das plantas, o ganho de massa vegetal promove uma menor concentração dos nutrientes.

Dependendo da espécie da planta, estágio de desenvolvimento, e órgão, o conteúdo de nitrogênio requerido para um crescimento ótimo varia entre 2 e 5 % do peso seco da planta. Quando o suprimento é inferior ao adequado, o crescimento é retardado, o nitrogênio é mobilizado em folhas maduras e retranslocado para áreas novas de crescimento. Sintomas típicos de deficiência de nitrogênio, tais como o aumento da senescência de folhas velhas podem ser observados (MARSCHNER, 1997).

CÂMARA (1990) observou que a omissão de nitrogênio em plantas de mandioquinha-salsa, ocasionou uma redução drástica no desenvolvimento das plantas, tanto da parte aérea, quanto do sistema radicular, com aspecto geral bastante deficiente em relação à testemunha, com suprimento normal de N. Segundo o autor, a deficiência de N afetou ainda os teores de Mg, Cu e S, sendo os dois primeiros reduzidos em folhas e pecíolos e o enxofre em folhas e raízes.

**Tabela 20.** Teor total de nitrogênio, em gramas por kg ( $\text{g kg}^{-1}$ ), em plantas de mandioquinha-salsa do quarto ao décimo segundo mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

Superfosfato simples	Meses após plantio						
	4	6	8	10	11	12	
kg de $\text{P}_2\text{O}_5$ $\text{ha}^{-1}$							
Testemunha	21,6	19,61	13,47	15,55	13,11	14,39	$y = 0,1726x^2 - 3,7499x + 34,324$ $R^2 = 0,85^*$
40	18,9	18,12	12,24	14,29	12,91	11,98	$y = 0,0881x^2 - 2,274x + 27,005$ $R^2 = 0,80\text{ns}$
80	18,91	18,84	10,56	13,46	11,72	10,73	$y = 0,1058x^2 - 2,7603x + 29,017$ $R^2 = 0,74\text{ns}$
120	20,48	18,51	11,75	12,09	11,53	10,92	$y = 0,1568x^2 - 3,7616x + 33,618$ $R^2 = 0,92^{**}$
240	20,32	17,53	9,76	12,6	9,4	9,93	$y = 0,1907x^2 - 4,3879x + 35,263$ $R^2 = 0,86^*$
480	20,43	16,85	9,67	11,51	10,77	9,66	$y = 0,2258x^2 - 4,9073x + 36,756$ $R^2 = 0,90^*$
Fosfato de rocha	Meses após plantio						
	4	6	8	10	11	12	
Testemunha	21,6	19,61	13,47	15,55	13,11	14,39	$y = 0,1726x^2 - 3,7499x + 34,324$ $R^2 = 0,85^*$
40	20,34	19,14	11,47	13,66	11,85	12,01	$y = 0,159x^2 - 3,6678x + 33,173$ $R^2 = 0,83^*$
80	20,43	17,25	12,28	13,59	11,92	12,28	$y = 0,1776x^2 - 3,8619x + 33,215$ $R^2 = 0,93^{**}$
120	19,77	16,9	12,23	12,32	12,19	11,7	$y = 0,1671x^2 - 3,6803x + 32,074$ $R^2 = 0,96^{**}$
240	23,74	16,7	10,79	13,3	11,36	11,21	$y = 0,3276x^2 - 6,6569x + 44,836$ $R^2 = 0,93^{**}$
480	21,08	16,01	8,39	9,45	9,48	8,61	$y = 0,3098x^2 - 6,4692x + 42,323$ $R^2 = 0,94^{**}$

\* Significativo a 5%. \*\* Significativo a 1%. <sup>ns</sup>: Não significativo.

O nitrogênio é o mais importante dos macronutrientes, tanto em uso de fertilizantes, em nível mundial, e como em conteúdo nas culturas e nas colheitas (RAIJ, 1991). Apesar de a maioria das culturas o elemento apresentar-se em elevadas quantidades, nas plantas de mandioquinha-salsa observa-se que o potássio é o macronutriente mais exportado (Tabela 22), sendo também verificado por PORTZ (2001; 2005).

Os teores de fósforo no trabalho apresentam semelhança aos teores de enxofre (Tabelas 21 e 23). Na mandioquinha-salsa, a omissão de fósforo causou reduzidíssimo desenvolvimento das plantas, principalmente do sistema radicular, entretanto, os teores dos demais nutrientes foi afetado, com exceção do enxofre (CÂMARA, 1990).

Os teores de fósforo nas plantas são bem mais baixos do que os de nitrogênio e potássio, isso é fato verificado em diversos trabalhos na literatura.

O fósforo participa de um grande número de compostos das plantas, essenciais em diversos processos metabólicos. O elemento está presente, também, nos processos de transferência de energia. O seu suprimento adequado, desde o início do desenvolvimento vegetal, é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas (RAIJ, 1991). Ao contrário dos solos, o fósforo na planta apresenta alta mobilidade, com isso transferindo-se com rapidez de tecidos velhos para novos, processo de translocação.

O requerimento de fósforo para um crescimento ótimo parece situar-se entre 0,3-0,5 % de matéria seca de plantas em geral durante o estágio vegetativo de crescimento (MARSCHNER, 1997).

**Tabela 21.** Teor total de fósforo, em gramas por kg ( $\text{g kg}^{-1}$ ), em plantas de mandioquinha-salsa do quarto ao décimo segundo mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

Superfosfato simples	Meses após plantio						
	4	6	8	10	11	12	
kg de $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$							
Testemunha	1,66	2,26	2,21	1,89	1,61	1,67	$y = -0,0349x^2 + 0,5276x + 0,1933$ $R^2 = 0,77\text{ns}$
40	1,6	2,26	2,01	2,02	1,91	1,62	$y = -0,033x^2 + 0,5216x + 0,1145$ $R^2 = 0,76\text{ns}$
80	1,68	2,45	2,47	2,39	1,93	1,88	$y = -0,0483x^2 + 0,7764x - 0,596$ $R^2 = 0,89^*$
120	1,76	2,59	2,51	2,16	2,35	1,91	$y = -0,0427x^2 + 0,6884x - 0,2158$ $R^2 = 0,75\text{ns}$
240	1,77	2,44	2,6	2,62	2,49	2,32	$y = -0,0372x^2 + 0,6582x - 0,2404$ $R^2 = 0,98^{**}$
480	1,98	2,82	2,88	2,96	2,77	2,44	$y = -0,0481x^2 + 0,8245x - 0,5125$ $R^2 = 0,95^{**}$
Fosfato de rocha	Meses após plantio						
	4	6	8	10	11	12	
Testemunha	1,66	2,26	2,21	1,89	1,61	1,67	$y = -0,0349x^2 + 0,5276x + 0,1933$ $R^2 = 0,77\text{ns}$
40	1,75	2,5	2,15	1,88	1,91	1,68	$y = -0,0323x^2 + 0,4822x + 0,4692$ $R^2 = 0,65\text{ns}$
80	1,73	2,29	2,3	1,88	1,86	1,75	$y = -0,0325x^2 + 0,4985x + 0,3324$ $R^2 = 0,77\text{ns}$
120	1,77	2,34	2,68	1,93	1,98	1,8	$y = -0,0445x^2 + 0,6939x - 0,2432$ $R^2 = 0,74\text{ns}$
240	2,09	2,43	2,48	2,17	2,11	1,78	$y = -0,0322x^2 + 0,4762x + 0,7131$ $R^2 = 0,97^{**}$
480	1,68	2,57	2,66	2,61	2,41	2,23	$y = -0,0481x^2 + 0,8226x - 0,7794$ $R^2 = 0,95^{**}$

\* Significativo a 5%. \*\* Significativo a 1%. ns: Não significativo.

O teor total de potássio nas plantas de mandioquinha-salsa apresentaram-se mais elevados nos tratamentos com as doses de fósforo no superfosfato simples (Tabela 22). Não havendo praticamente diferença das doses de fósforo em relação à testemunha, tanto no superfosfato simples como no fosfato de rocha.

A falta de potássio afeta tanto o crescimento vegetativo das plantas como o desenvolvimento de tecidos e órgãos de armazenamento (PRETTY, 1982). O K pode influenciar diretamente a quantidade da proteína nas plantas, ou pode ter um efeito indireto na qualidade ao reduzir a incidência de uma determinada moléstia. As frutas e verduras para serem consumidas ao natural, precisam ter uma qualidade superior àquelas que serão

industrializadas, por causa da aparência, que irá determinar a escolha do consumidor (PRETTY, 1982).

Segundo RAIJ (1991), o potássio é o segundo macronutriente em teor contido nas plantas. O elemento é absorvido pelas raízes da solução do solo, na forma iônica de  $K^+$ . O potássio é extremamente móvel na planta, ocorrendo transportes a longas distâncias. Assim, tecidos meristemáticos e frutos novos tem altos teores de potássio.

Uma ligeira redução da parte aérea das plantas de mandioquinha-salsa, com maior redução do sistema radicular e acamamento dos pecíolos foi observada com a omissão do elemento por CÂMARA (1990). Podendo ocorrer também uma maior suscetibilidade a doenças e pragas, pela influencia do K na turgidez dos tecidos, regulando a abertura e o fechamento dos estômatos.

**Tabela 22.** Teor total de potássio, em gramas por kg ( $g\ kg^{-1}$ ), em plantas de mandioquinha-salsa do quarto ao décimo segundo mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

Superfosfato simples kg de $P_2O_5\ ha^{-1}$	Meses após plantio						
	4	6	8	10	11	12	
Testemunha	28,46	36,17	30,86	25,88	23,25	21,02	$y = -0,4462x^2 + 5,8275x + 13,842$ $R^2 = 0,86^*$
40	28,69	34,45	29,99	25,11	24,58	20,87	$y = -0,3619x^2 + 4,5875x + 17,303$ $R^2 = 0,88^*$
80	29,14	36,78	30,08	26,92	23,41	21,74	$y = -0,3991x^2 + 5,0777x + 16,846$ $R^2 = 0,83^*$
120	29,12	35,71	28,38	23,93	24,64	18,93	$y = -0,3543x^2 + 4,1985x + 19,504$ $R^2 = 0,82^*$
240	25,31	36,7	27,65	25,72	20,83	17,88	$y = -0,564x^2 + 7,6588x + 5,7935$ $R^2 = 0,78^{ns}$
480	28,62	33,33	27,7	25,38	23,17	18,17	$y = -0,3628x^2 + 4,4263x + 17,522$ $R^2 = 0,92^{**}$
Fosfato de rocha	Meses após plantio						
	4	6	8	10	11	12	
Testemunha	28,46	36,17	30,86	25,88	23,25	21,02	$y = -0,4462x^2 + 5,8275x + 13,842$ $R^2 = 0,86^*$
40	28,63	33,19	25,48	24,08	22,25	16,96	$y = -0,299x^2 + 3,2533x + 21,414$ $R^2 = 0,87^*$
80	26,45	30,52	28,02	24,47	20,72	16,21	$y = -0,459x^2 + 6,0193x + 10,033$ $R^2 = 0,99^{**}$
120	28,45	34,07	28,9	24,48	22,12	16,18	$y = -0,4797x^2 + 6,0368x + 12,841$ $R^2 = 0,95^{**}$
240	28,56	30,04	24,46	22,63	19,72	14,37	$y = -0,2767x^2 + 2,7082x + 22,456$ $R^2 = 0,95^{**}$
480	26,59	29,54	25,39	20,87	18,85	16,79	$y = -0,2592x^2 + 2,7081x + 20,765$ $R^2 = 0,95^{**}$

\* Significativo a 5%. \*\* Significativo a 1%. <sup>ns</sup>: Não significativo.

O enxofre na cultura da mandioquinha-salsa, como acontece também em outras culturas, é um elemento pouco estudado apesar de sua importância no metabolismo da planta.

O teor total de enxofre ao longo do ciclo das plantas de mandioquinha-salsa apresentou-se mais elevado nos tratamentos com a fonte de superfosfato simples (Tabela 23). O que provavelmente pode ser devido à própria diferença entre a fonte dos dois fertilizantes. O superfosfato simples apresenta 12 a 14 % de S em sua composição, enquanto o fosfato de rocha, apresenta ausência desse elemento em sua composição (EIRA et al., 1988).

Portz (2001), observou um grande teor do elemento na planta inteira quando comparado ao cálcio e magnésio, com médias gerais entre tratamentos de adubação e épocas de colheita, chegando a valores próximos aos de nitrogênio. O autor supõe que os elevados teores de enxofre encontrados na planta, tenham sido influenciados pela fonte de adubo fosfatado (superfosfato simples), que possui relevantes concentrações de enxofre na sua

formulação. Além da adubação com sulfato de zinco realizada no plantio que, provavelmente, também pode ter influenciado na maior disponibilidade do elemento para as plantas.

Em trabalho com diferentes clones de mandioquinha-salsa, PORTZ (2005), observou maiores teores de enxofre nos propágulos e nas folhas+pecíolos da planta, e isto pode estar relacionado ao maior teor de proteínas nestes dois órgãos, comparado às raízes. Muitas espécies de plantas contêm pequenas quantidades de componentes ligados ao enxofre, responsáveis por diversas funções, entre elas o aroma e sabor (MENGEL & KIRKBY, 1987). A mandioquinha-salsa apresenta sabor e aroma peculiar e característico podendo ser este um indicativo das maiores quantidades do elemento.

**Tabela 23.** Teor total de enxofre, em gramas por kg ( $g\ kg^{-1}$ ), em plantas de mandioquinha-salsa do quarto ao décimo segundo mês após o plantio, nos tratamentos com doses crescentes de P em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

Superfosfato simples	Meses após plantio						
	4	6	8	10	11	12	
kg de $P_2O_5\ ha^{-1}$							
Testemunha	2,57	2,11	1,94	2,03	1,9	2,04	$y = 0,0212x^2 - 0,4001x + 3,8033$ $R^2 = 0,93^{**}$
40	2,48	2,15	1,95	2,47	2,21	2,08	$y = 0,0109x^2 - 0,1953x + 3,0132$ $R^2 = 0,21^{ns}$
80	2,46	2,04	2,1	2,41	1,98	2,08	$y = 0,0071x^2 - 0,1428x + 2,8236$ $R^2 = 0,25^{ns}$
120	2,72	2,15	2,38	2,27	2,37	1,96	$y = 0,0041x^2 - 0,1207x + 3,0065$ $R^2 = 0,45^{ns}$
240	2,33	2,12	2,08	2,49	2,24	2,44	$y = 0,0133x^2 - 0,1909x + 2,8422$ $R^2 = 0,45^{ns}$
480	2,45	2,26	2,63	2,95	2,82	2,4	$y = -0,0131x^2 + 0,25x + 1,5103$ $R^2 = 0,33^{ns}$
Fosfato de rocha	Meses após plantio						
	4	6	8	10	11	12	
Testemunha	2,57	2,11	1,94	2,03	1,9	2,04	$y = 0,0212x^2 - 0,4001x + 3,8033$ $R^2 = 0,93^{**}$
40	2,07	1,74	1,74	2,07	1,84	1,6	$y = 0,0012x^2 - 0,0446x + 2,1289$ $R^2 = 0,18^{ns}$
80	2,17	1,86	2,05	2,23	1,67	1,69	$y = -0,0091x^2 + 0,1042x + 1,7905$ $R^2 = 0,36^{ns}$
120	2,21	1,66	1,98	2,04	1,83	1,67	$y = 0,0019x^2 - 0,0635x + 2,2898$ $R^2 = 0,23^{ns}$
240	1,99	1,58	1,8	2,13	1,74	1,55	$y = -0,0042x^2 + 0,0492x + 1,7137$ $R^2 = 0,07^{ns}$
480	2,18	1,54	1,67	2,09	1,98	1,76	$y = 0,0167x^2 - 0,2741x + 2,8573$ $R^2 = 0,20^{ns}$

\* Significativo a 5%. \*\* Significativo a 1%. <sup>ns</sup>: Não significativo.

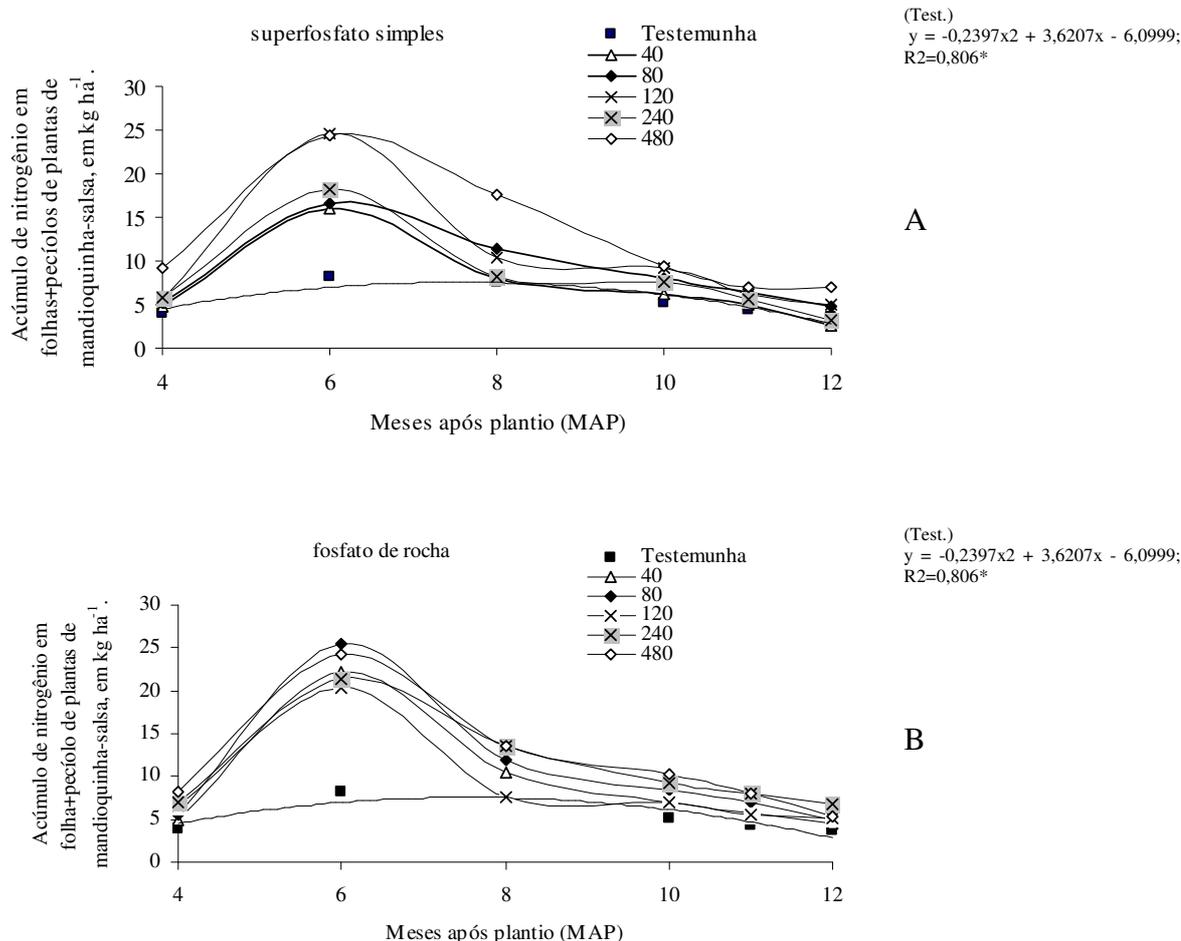
### 3.3 Acúmulo de Nutrientes nas Partes da Planta

Para o acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em folhas+pecíolos de plantas de mandioquinha-salsa não foi observado ajuste da equação de regressão significativo para as doses de fósforo em estudo (Figuras 9, 12, 15 e 18).

Observa-se na Figura (9A e B), que as doses de fósforo influenciaram o acúmulo de nitrogênio nas folhas+pecíolos das plantas comparado à testemunha. Maiores acúmulos de nitrogênio nessa parte da planta podem ser observado nas doses 40, 120 e 240  $kg\ de\ P_2O_5\ ha^{-1}$  na fonte fosfato de rocha (Figura 9B).

Como já mencionado neste trabalho para matéria seca, a planta apresenta o pico de acúmulo de nutrientes na parte aérea também aos seis – sete meses de ciclo, diminuindo consideravelmente com o avanço do ciclo (Figura 9, 12, 15 e 18). Que se deve a senescência da parte aérea com translocação dos nutrientes para o propágulo e raízes, órgão de reserva na cultura.

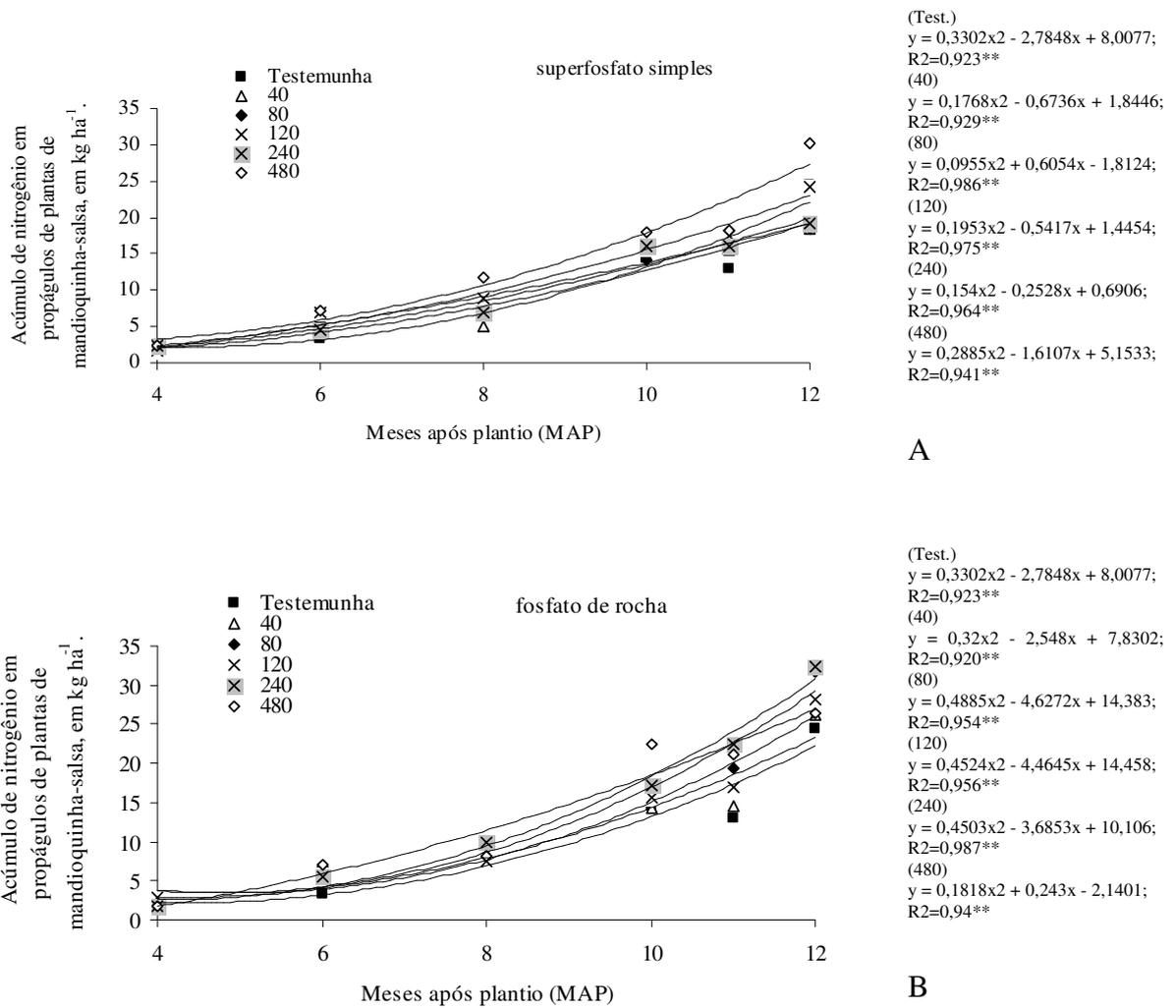
O comportamento do acúmulo durante o ciclo da cultura se mostrou de forma semelhante para os quatro nutrientes analisados, com uma tendência crescente até os seis meses de ciclo, época de maior acúmulo, e com uma diminuição a partir do oitavo mês. A senescência no final do ciclo pode ter influenciado no menor acúmulo, no entanto, observa-se uma nítida mudança das quantidades acumuladas dentro das diferentes partes da planta ao longo do ciclo. Estes dados estão de acordo com os encontrados por PORTZ (2001).



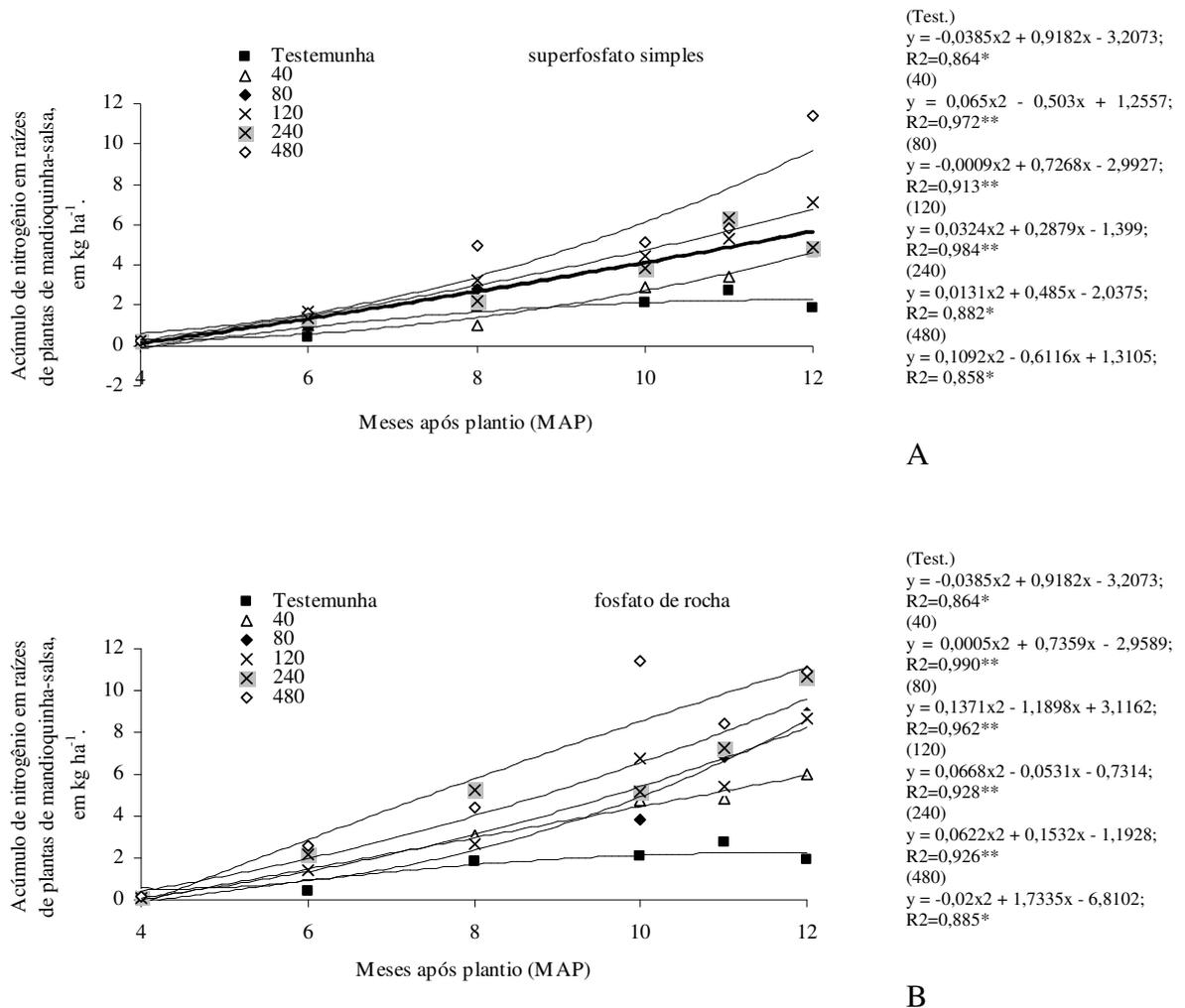
**Figura 9.** Acúmulo de nitrogênio em folha+pecíolo de plantas de mandioquinha-salsa, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , nos tratamentos com doses crescentes de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

O acúmulo de nitrogênio em propágulos de mandioquinha-salsa apresenta-se semelhante entre as duas fontes do fertilizante fosfatado (Figura 10), aumentando continuamente.

O acúmulo de N na raiz pode ser observado na Figura 11. A diferença no acúmulo de nitrogênio entre as doses de fósforo é vista de forma clara, com um baixo acúmulo na testemunha e o maior acúmulo na maior dose do fertilizante aplicado. Não se observa grandes diferenças no acúmulo de nitrogênio entre as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  intermediárias. No fosfato de rocha se verificou uma maior diferença a partir do oitavo MAP no acúmulo de nitrogênio em raízes, porém entre as doses de 80 e 120  $\text{kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$  isso não ocorre (Figura 11B).



**Figura 10.** Acúmulo de nitrogênio em propágulos de plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha<sup>-1</sup>) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.



**Figura 11.** Acúmulo de nitrogênio em raízes de plantas de mandioca-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha<sup>-1</sup>) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

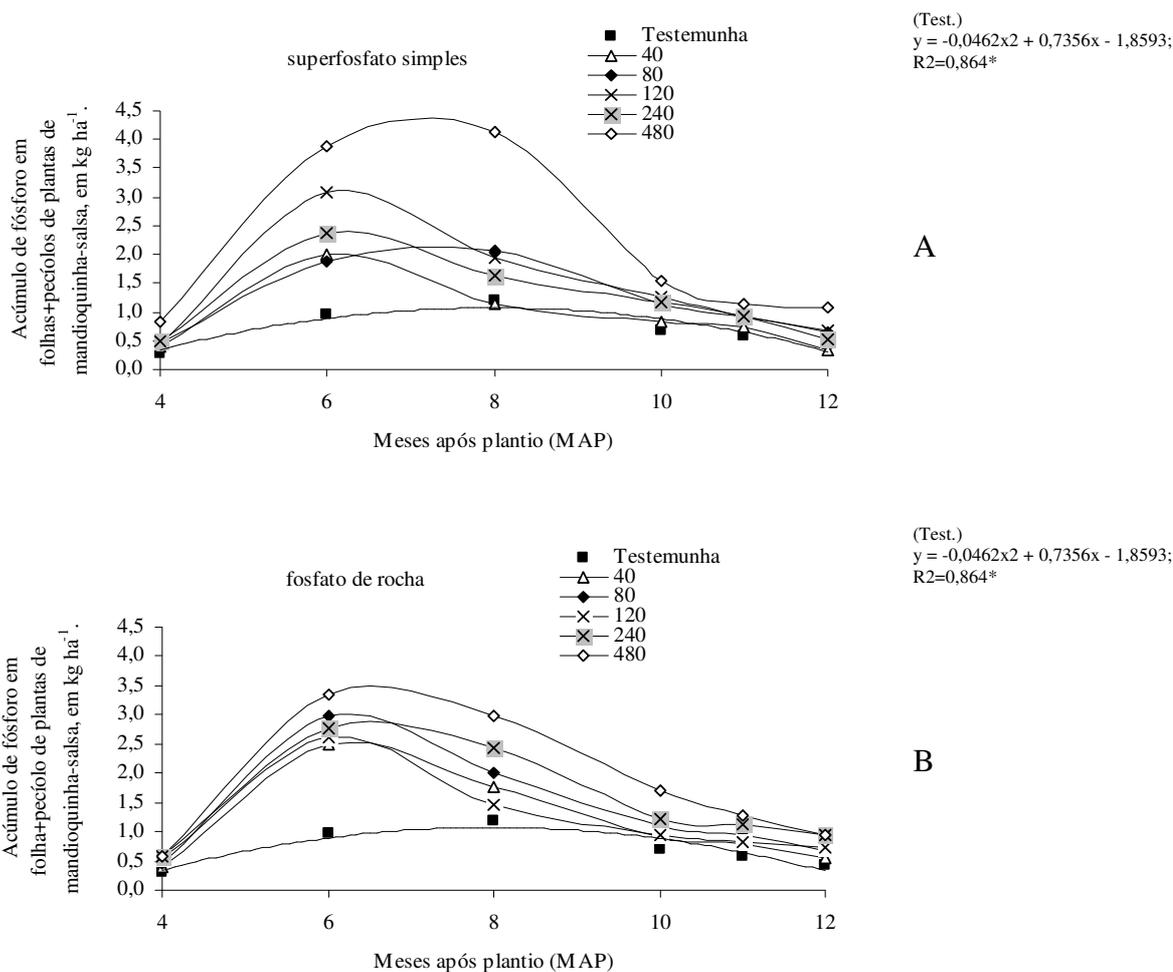
O acúmulo de fósforo nas folhas+pecíolos apresentou maiores diferenças entre as doses de fósforo na fonte superfosfato simples (Figura 12A). Na fonte fosfato de rocha a diferença quanto ao acúmulo de fósforo neste órgão passa a ser minimizada principalmente aos seis MAP (Figura 12B).

O acúmulo de fósforo no propágulo das plantas tem seu destaque na dose mais elevada de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> comparando com a testemunha e as demais doses do fertilizante (Figura 13A). Na fonte fosfato de rocha observou-se uma proximidade da testemunha com as doses de 40 a 120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, havendo maior acúmulo de fósforo no propágulo nas duas doses mais elevadas (Figura 13B).

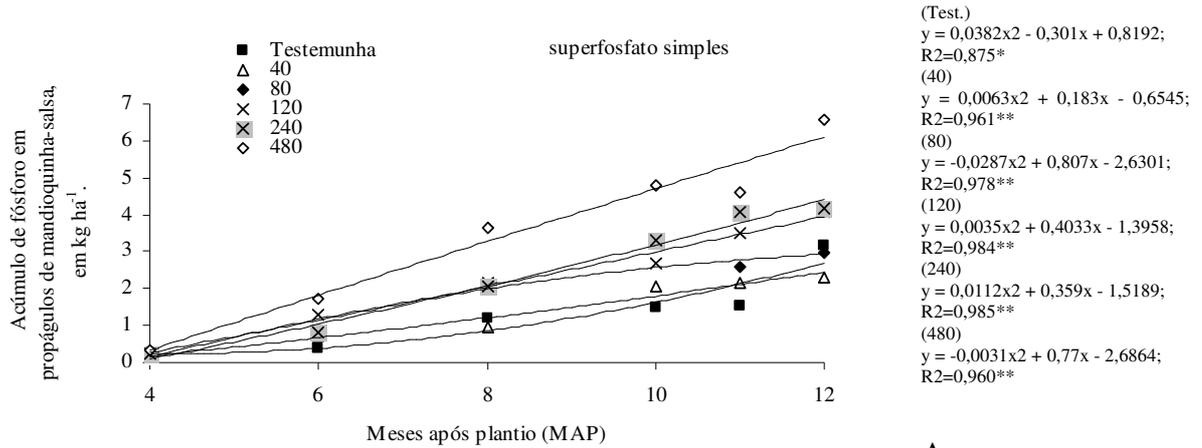
Quanto ao acúmulo de fósforo nas raízes verificou-se já na dose de 40 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> uma maior resposta comparada à testemunha (Figura 14A e B). No superfosfato simples as três doses intermediárias após a dose de 40 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> não apresentam diferença quanto ao acúmulo desse nutriente neste órgão da planta, sendo o destaque para a dose mais elevada (Figura 14A). Já na fonte fosfato de rocha a dose de 240 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> responde quanto ao acúmulo do nutriente comparado as doses menores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 14B). Espera-se que com maiores disponibilidades de nutrientes no solo haja maior crescimento da planta e, conseqüentemente, maiores acúmulos de nutrientes pelas plantas.

Maiores acúmulos de fósforo em clones de mandioquinha-salsa foram observados por PORTZ (2005), no tratamento com termofosfato + 20 Mg ha<sup>-1</sup> de esterco, e menores no tratamento que continha apenas o termofosfato.

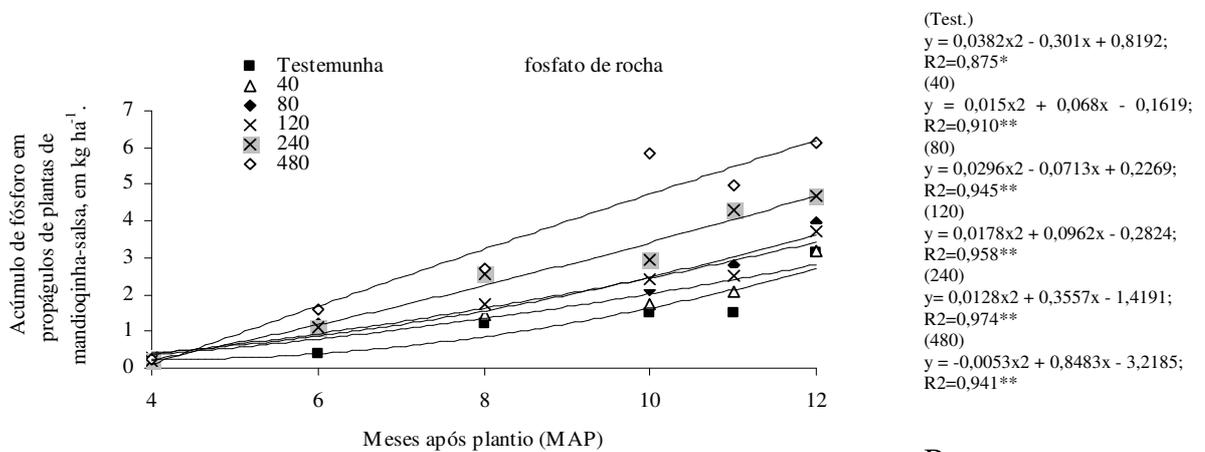
O papel benéfico do P para a melhoria do estabelecimento e do crescimento durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura é naturalmente traduzido em culturas com amadurecimento precoce. Dependendo da cultura e da região, a maturação precoce tem muitas vantagens sem termos de lucro, incluindo menor taxa de umidade no grão, o que propicia menores custos de secagem, a oportunidade de entrega precoce do produto no mercado, particularmente de vegetais e frutas, e de obtenção de melhores preços devido à oferta do produto antes dos concorrentes (SAUFFER & SULEWSKI, 2004).



**Figura 12.** Acúmulo de fósforo em folha+pecíolo de plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha<sup>-1</sup>) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

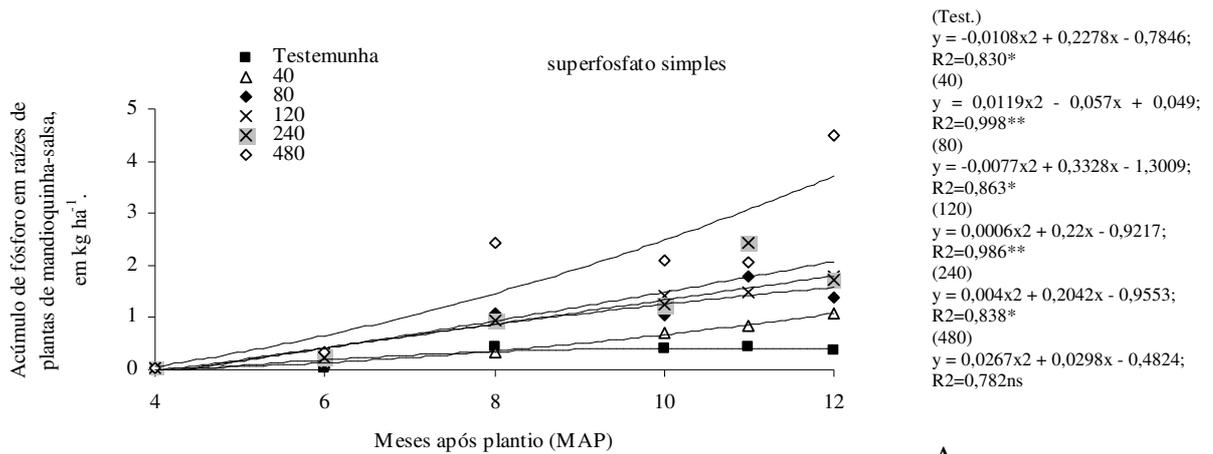


A

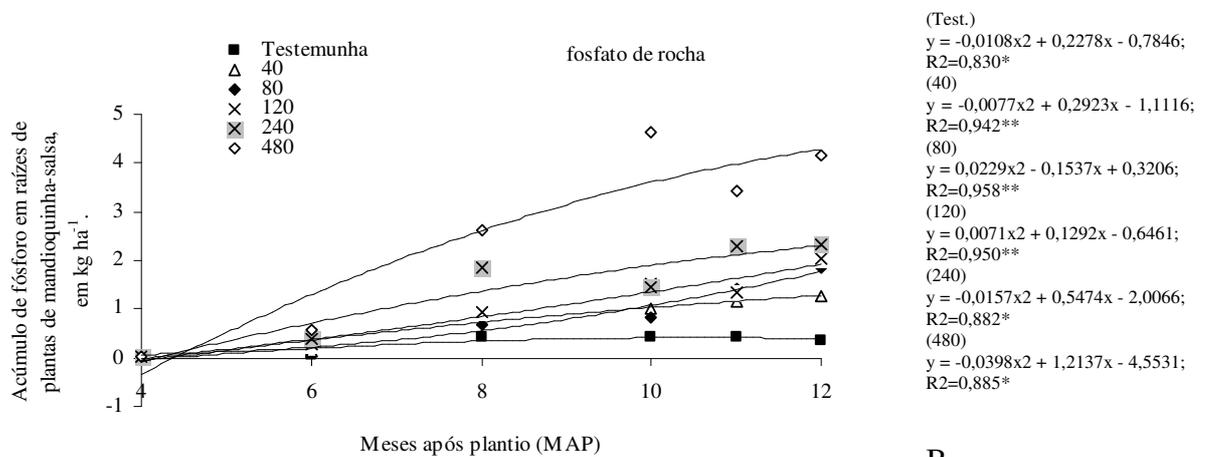


B

**Figura 13.** Acúmulo de fósforo em propágulos de plantas de mandioca-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha<sup>-1</sup>) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.



A

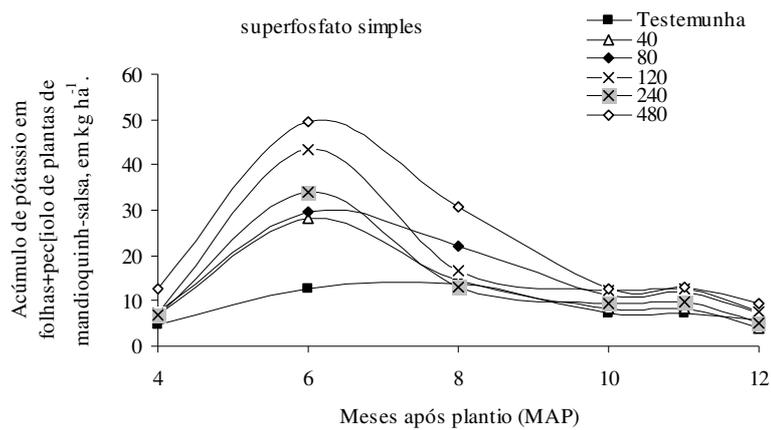


B

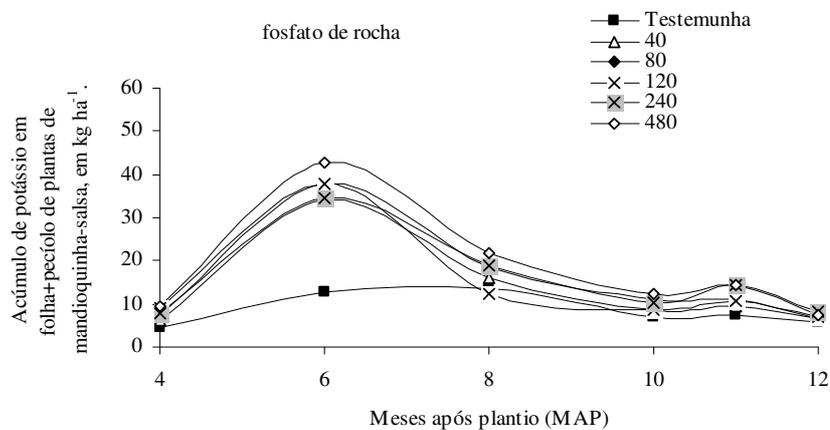
**Figura 14.** Acúmulo de fósforo em raízes de plantas de mandioca-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha<sup>-1</sup>) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

O acúmulo de potássio nas folhas+pecíolos apresentou comportamento semelhante aos acúmulos dos nutrientes nitrogênio e fósforo nesse mesmo órgão (Figura 15).

Foi observado um aumento gradativo no acúmulo de potássio nos propágulos em função das doses do fertilizante (Figura 16), isto é para as duas fontes em estudo. PORTZ (2005) observou menores acúmulos de potássio em clones de mandioca-salsa quando comparado aquele autor em (2001). Condições de ambiente (física, química e climática) e principalmente de planta (genética) interferem diretamente nas respostas das culturas aos nutrientes.

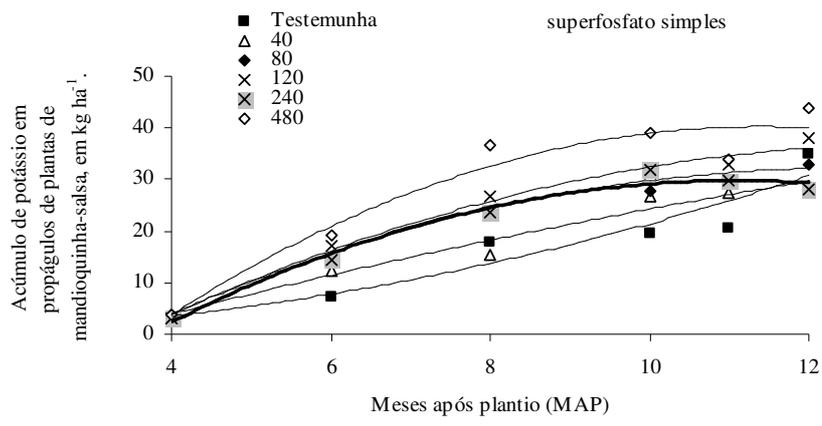


A



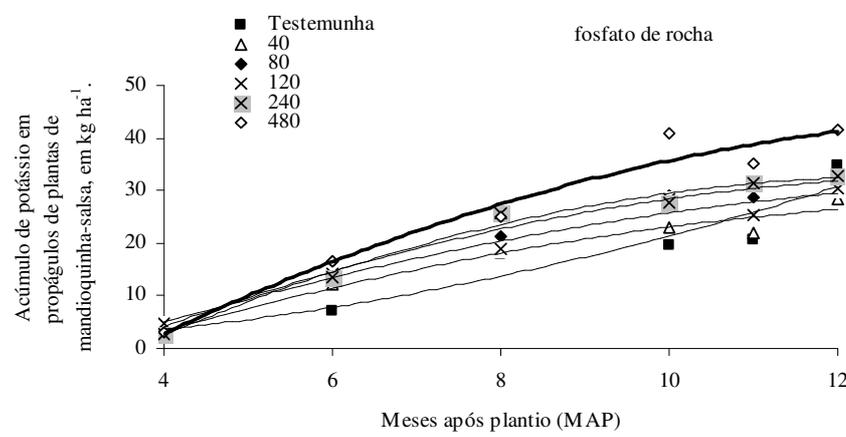
B

**Figura 15.** Acúmulo de potássio em folha+pecíolo de plantas de mandioquinha-salsa, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , nos tratamentos com doses crescentes de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.



(Test.)  
 $y = 0,2141x^2 - 0,0252x + 0,2367$ ;  
 $R^2=0,894^*$   
 (40)  
 $y = -0,0866x^2 + 4,5893x - 12,972$ ;  
 $R^2=0,971^{**}$   
 (80)  
 $y = -0,3963x^2 + 9,8625x - 29,19$ ;  
 $R^2=0,986^{**}$   
 (120)  
 $y = -0,3696x^2 + 9,9548x - 30,156$ ;  
 $R^2=0,987^{**}$   
 (240)  
 $y = -0,5467x^2 + 12,119x - 37,374$ ;  
 $R^2=0,980^{**}$   
 (480)  
 $y = -0,6701x^2 + 15,251x - 46,52$ ;  
 $R^2=0,938^{**}$

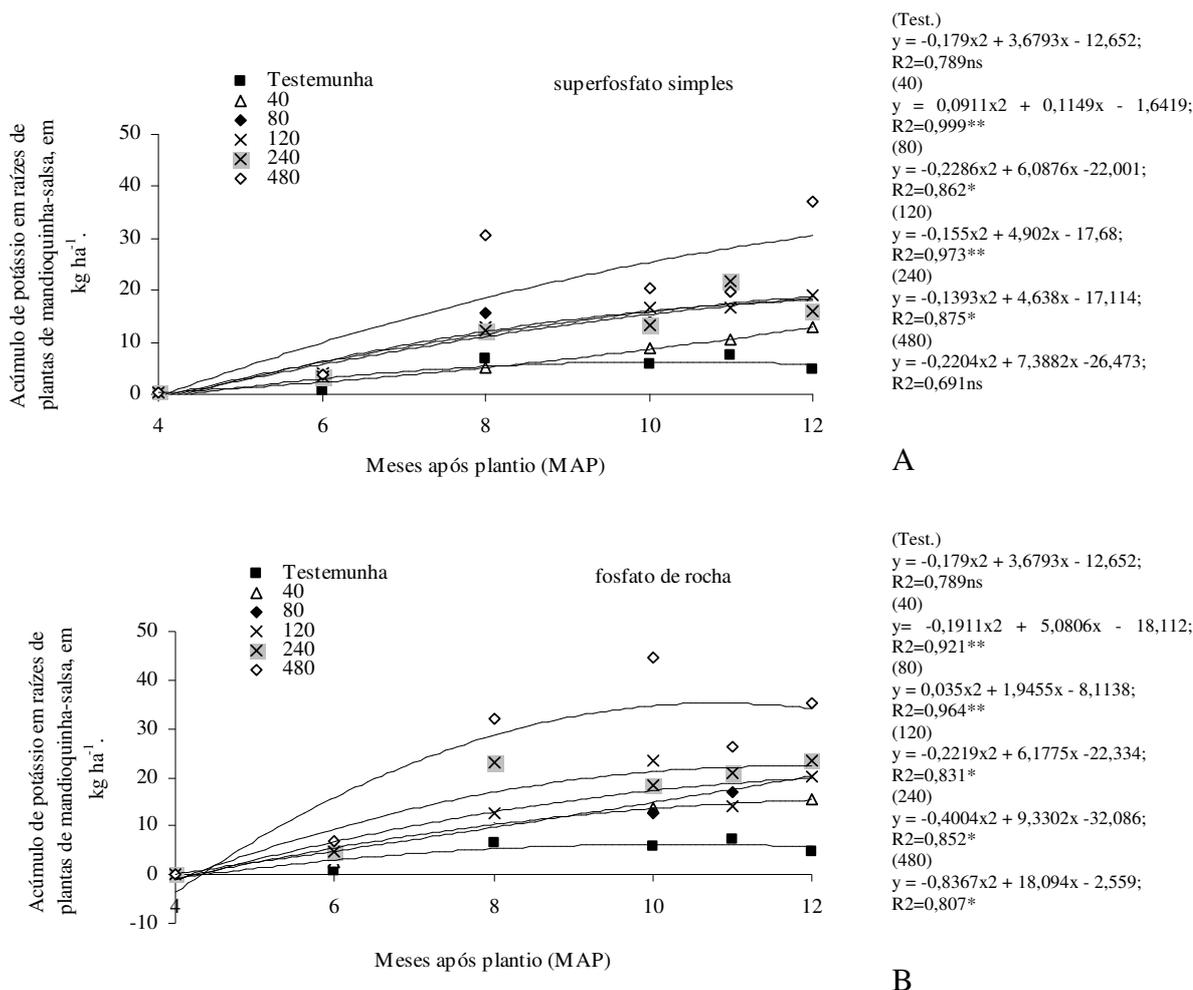
A



(Test.)  
 $y = 0,2141x^2 - 0,0252x + 0,2367$ ;  
 $R^2=0,894^*$   
 (40)  
 $y = -0,2067x^2 + 6,2061x - 18,317$ ;  
 $R^2=0,969^{**}$   
 (80)  
 $y = -0,2939x^2 + 8,1549x - 23,75$ ;  
 $R^2=0,982^{**}$   
 (120)  
 $y = -0,1974x^2 + 6,2306x - 16,806$ ;  
 $R^2=0,963^{**}$   
 (240)  
 $y = -0,3793x^2 + 9,8011x - 30,595$ ;  
 $R^2=0,988^{**}$   
 (480)  
 $y = -0,3375x^2 + 10,2x - 32,571$ ;  
 $R^2=0,960^{**}$

B

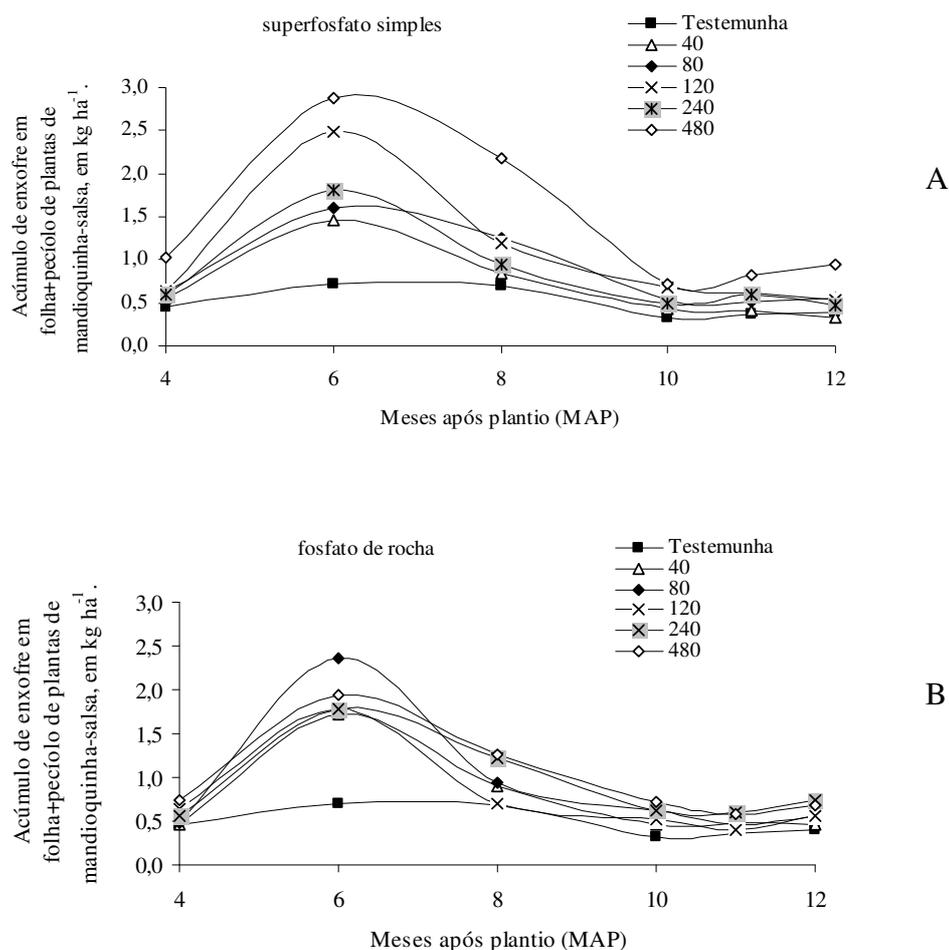
**Figura 16.** Acúmulo de potássio em propágulos de plantas de mandioca-salsa, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , nos tratamentos com doses crescentes de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.



**Figura 17.** Acúmulo de potássio em raízes de plantas de mandioca-salsa, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , nos tratamentos com doses crescentes de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

Apesar do enxofre (S) ser denominado pela legislação de macronutriente secundário, nota-se em muitas plantas de interesse econômico as quantidades extraídas desse nutriente superam as de P (macronutriente primário) (VITTI & HEIRINCHS, 2007).

Os maiores acúmulos de enxofre nas folhas+pecíolos foram observados nas doses de 120 e 480  $\text{kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$  aos seis MAP na fonte superfosfato simples (Figura 18A). Na fonte fosfato de rocha observou-se que o maior acúmulo neste órgão da planta foi obtido na dose de 80  $\text{kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$  aos seis MAP (Figura 18B), sendo que ambas as doses de cada fonte apresentaram maiores acúmulos de enxofre nas folhas+pecíolos comparadas a testemunha.

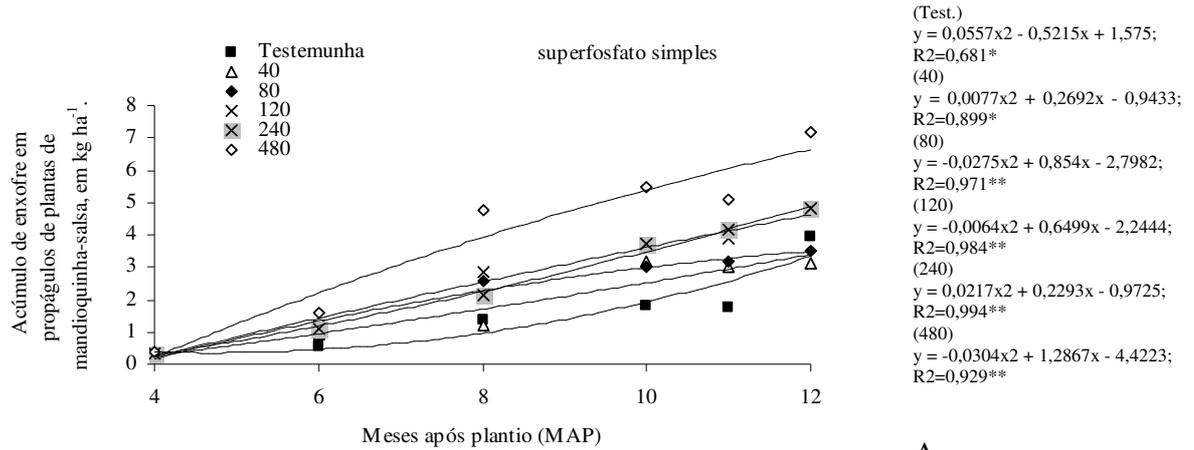


**Figura 18.** Acúmulo de enxofre em folha+pecíolo de plantas de mandioquinha-salsa, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , nos tratamentos com doses crescentes de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

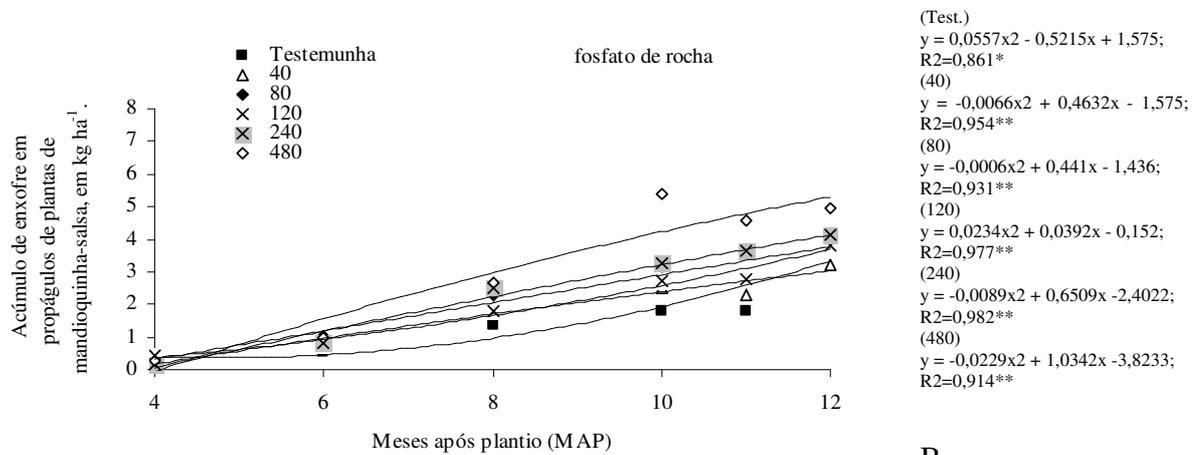
O resultado do acúmulo de enxofre nos propágulos form muito semelhantes entre as duas fontes do fertilizante (Figuras 19A e B).

PORTZ (2005) verificou maior acúmulo de enxofre no tratamento com aplicação de NPK na forma mineral quando comparado ao tratamento em que foi aplicado o termofosfato. Foi observado pelo autor que maiores acúmulos de enxofre ocorreram quando se associaram tratamentos com maiores doses de nitrogênio e fósforo aplicados no solo.

O acúmulo de enxofre nas raízes das plantas de mandioquinha-salsa começa a apresentar maiores diferenças em resposta a partir dos oito MAP (Figura 20A e B). No superfosfato simples não foi observado diferenças quanto ao acúmulo de enxofre entre as doses de 80, 120 e 240  $\text{kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$  (Figura 20A). Para o fosfato de rocha a diferença quanto ao acúmulo do enxofre não é obserda entre as doses de 80 e 120  $\text{kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$  (Figura 20B).

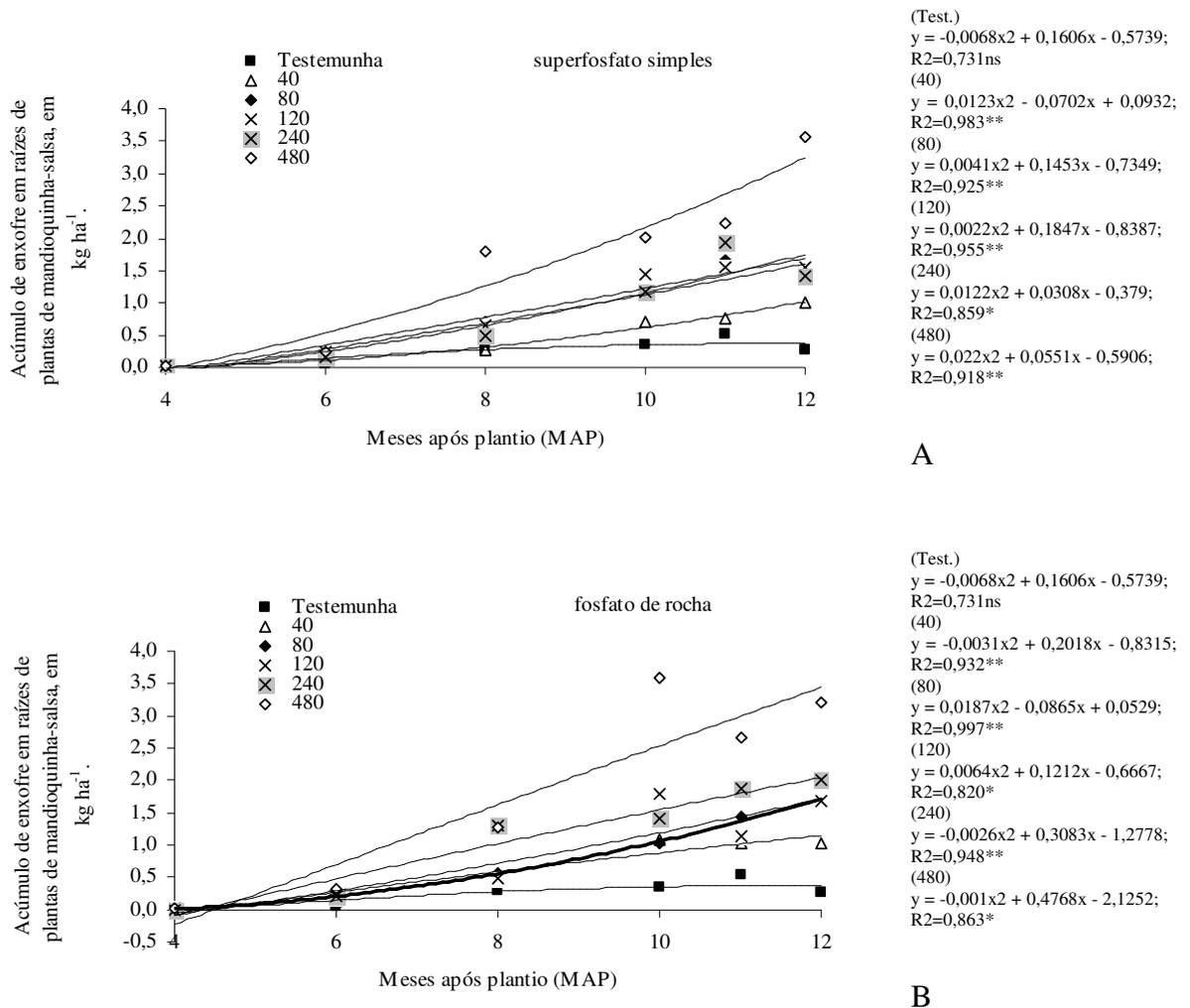


A



B

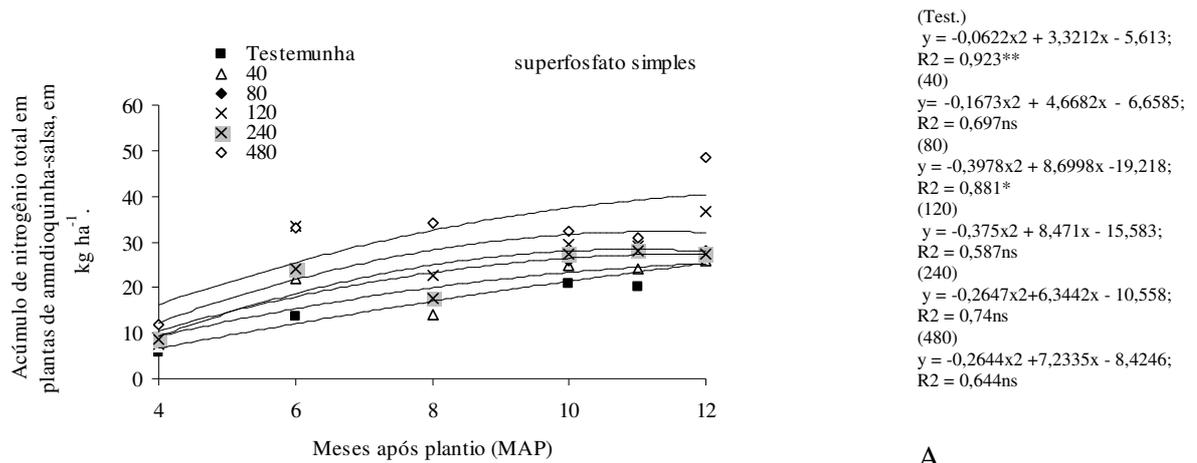
**Figura 19.** Acúmulo de enxofre em propágulos de plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha<sup>-1</sup>) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.



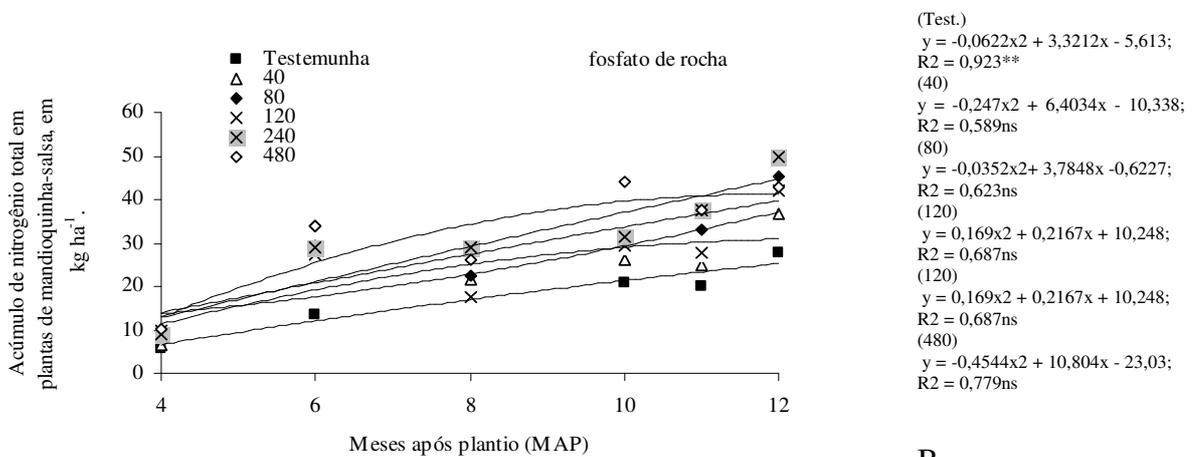
**Figura 20.** Acúmulo de enxofre em raízes de plantas de mandioca-salsa, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , nos tratamentos com doses crescentes de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

No acúmulo total dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre observa-se uma tendência semelhante entre as respostas apresentada pelas duas fontes, superfosfato simples e fosfato de rocha (Figuras 21A e B, 22A e B, 23A e B e 24A e B).

LIMA et al. (1985), verificaram que o maior acúmulo de matéria seca e nutrientes ocorreu aos 11 meses com a seguinte ordem em função dos órgãos: raiz > propágulo > parte aérea > cepa. Quanto à distribuição na planta, verificaram que as maiores quantidades de N, P, K e Zn estavam presentes nos propágulos; Ca, Mg, Cu e Mn nas raízes e Fe na parte aérea. PORTZ (2001) verificou maiores acúmulos (na planta inteira) aos sete meses após o plantio na seguinte ordem decrescente: K, S, N, Ca, P e Mg.

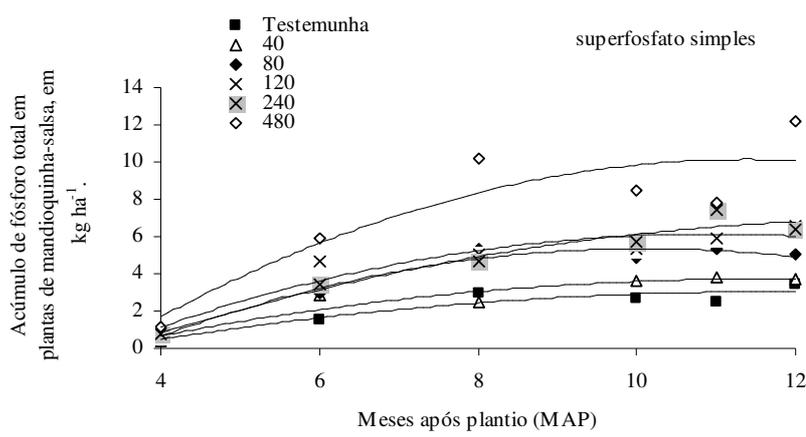


A



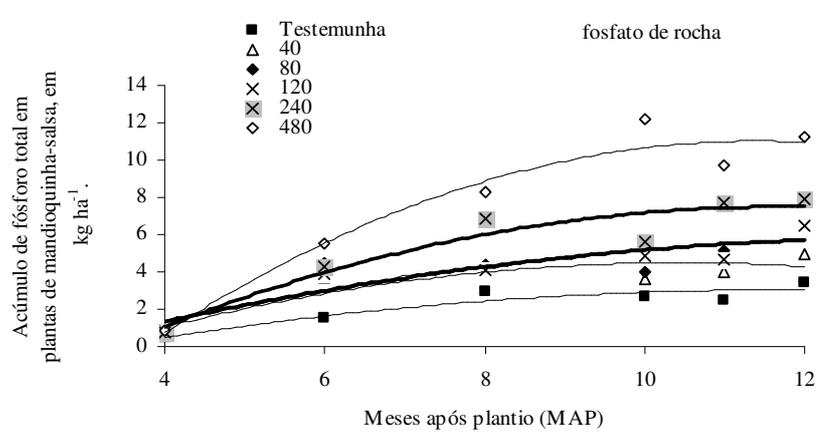
B

**Figura 21.** Acúmulo de nitrogênio total em plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha<sup>-1</sup>) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.



(Test.)  
 $y = -0,042x^2 + 0,9899x - 2,7877;$   
 $R^2 = 0,878^*$   
 (40)  
 $y = -0,0538x^2 + 1,2375x - 3,4113;$   
 $R^2 = 0,876^*$   
 (80)  
 $y = -0,1262x^2 + 2,551x - 7,5383;$   
 $R^2 = 0,969^{**}$   
 (120)  
 $y = -0,1043x^2 + 2,278x - 6,2945;$   
 $R^2 = 0,898^*$   
 (240)  
 $y = -0,0694x^2 + 1,8569x - 5,4965;$   
 $R^2 = 0,955^{**}$   
 (480)  
 $y = -0,1541x^2 + 3,5162x - 9,9143;$   
 $R^2 = 0,788^{ns}$

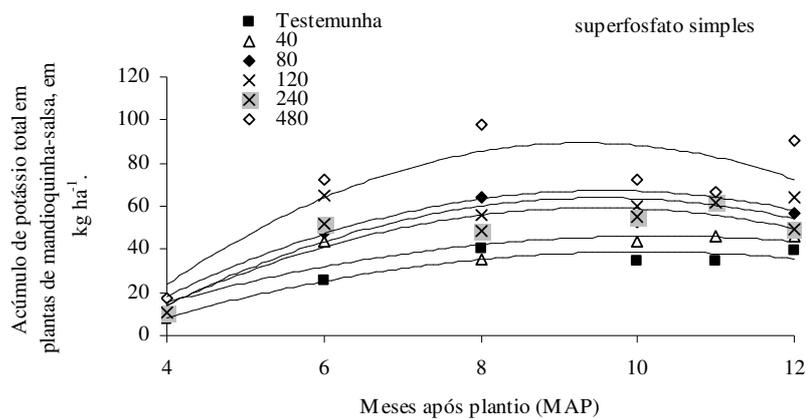
A



(Test.)  
 $y = -0,042x^2 + 0,9899x - 2,7877;$   
 $R^2 = 0,878^*$   
 (40)  
 $y = -0,0822x^2 + 1,7207x - 4,5224;$   
 $R^2 = 0,794^{ns}$   
 (80)  
 $y = -0,0519x^2 + 1,3635x - 3,231;$   
 $R^2 = 0,749^{ns}$   
 (120)  
 $y = -0,0461x^2 + 1,2846x - 3,0637;$   
 $R^2 = 0,853^*$   
 (240)  
 $y = -0,1075x^2 + 2,521x - 7,2895;$   
 $R^2 = 0,901^*$   
 (480)  
 $y = -0,189x^2 + 4,3008x - 13,453;$   
 $R^2 = 0,950^{**}$

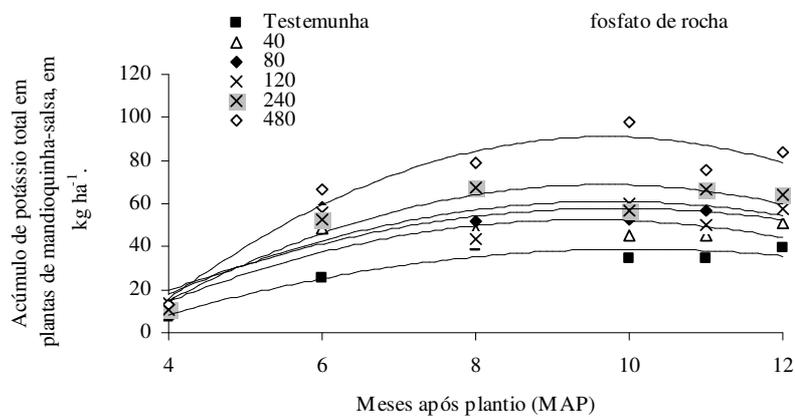
B

**Figura 22.** Acúmulo de fósforo total em plantas de mandiocinha-salsa, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , nos tratamentos com doses crescentes de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.



(Test.)  
 $y = -0,8236x^2 + 16,576x - 44,598$ ;  
 $R^2 = 0,908^*$   
 (40)  
 $y = -0,7866x^2 + 16,134x - 36,592$ ;  
 $R^2 = 0,775^{ns}$   
 (80)  
 $y = -1,6139x^2 + 30,828x - 83,34$ ;  
 $R^2 = 0,911^{**}$   
 (120)  
 $y = -1,5672x^2 + 30,06x - 76,891$ ;  
 $R^2 = 0,767^{ns}$   
 (240)  
 $y = -1,4917x^2 + 28,292x - 74,979$ ;  
 $R^2 = 0,862^*$   
 (480)  
 $y = -2,3207x^2 + 43,218x - 111,9$ ;  
 $R^2 = 0,724^{ns}$

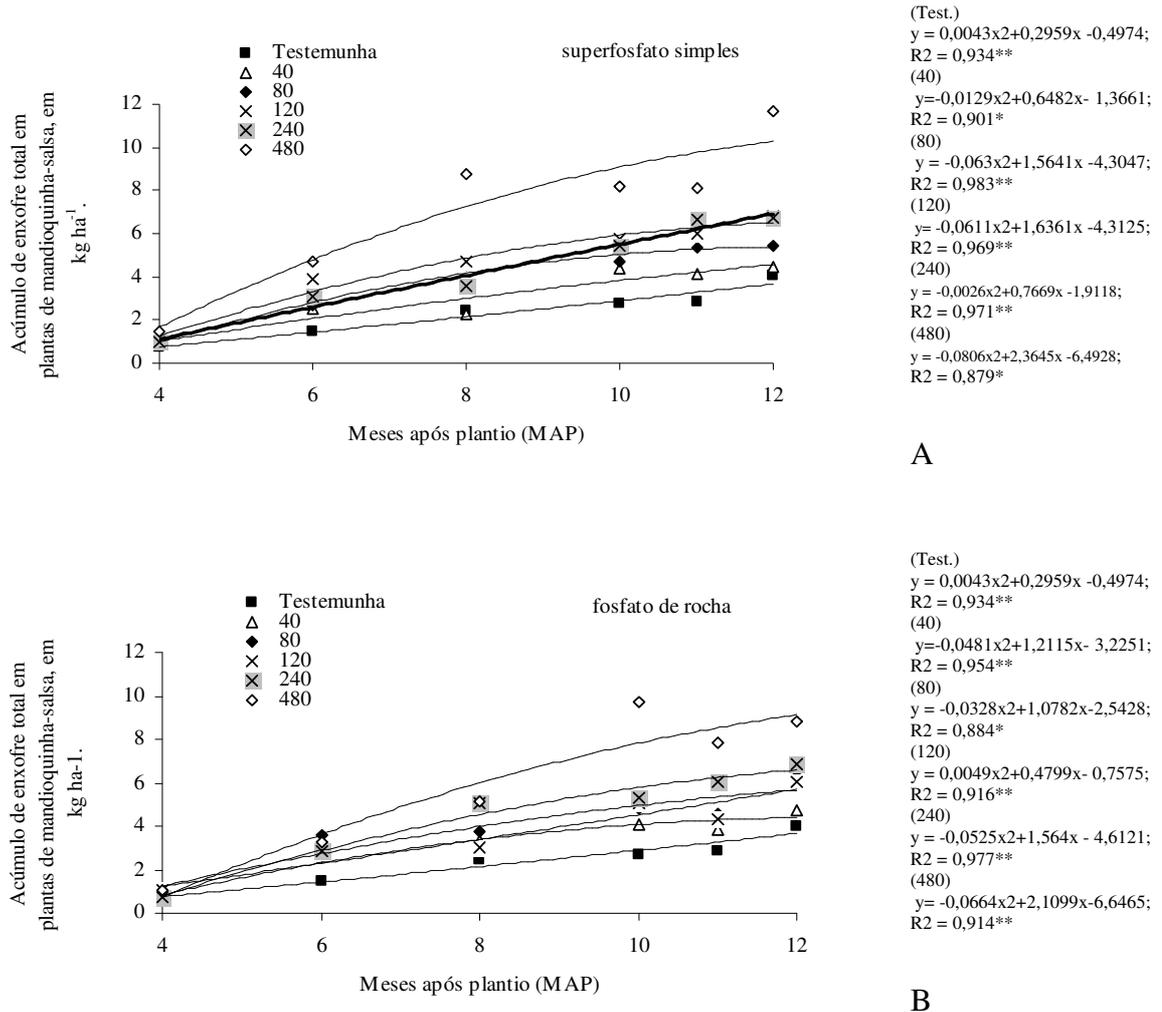
A



(Test.)  
 $y = -0,8236x^2 + 16,576x - 44,598$ ;  
 $R^2 = 0,908^*$   
 (40)  
 $y = -1,2831x^2 + 24,21x - 61,715$ ;  
 $R^2 = 0,786^{ns}$   
 (80)  
 $y = -1,3044x^2 + 25,425x - 62,904$ ;  
 $R^2 = 0,751^{ns}$   
 (120)  
 $y = -1,1213x^2 + 22,04x - 50,541$ ;  
 $R^2 = 0,711^{ns}$   
 (240)  
 $y = -1,6796x^2 + 32,499x - 88,418$ ;  
 $R^2 = 0,893^*$   
 (480)  
 $y = -2,3277x^2 + 45,12x - 127,6$ ;  
 $R^2 = 0,933^{**}$

B

**Figura 23.** Acúmulo de potássio total em plantas de mandioca-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha<sup>-1</sup>) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.



A

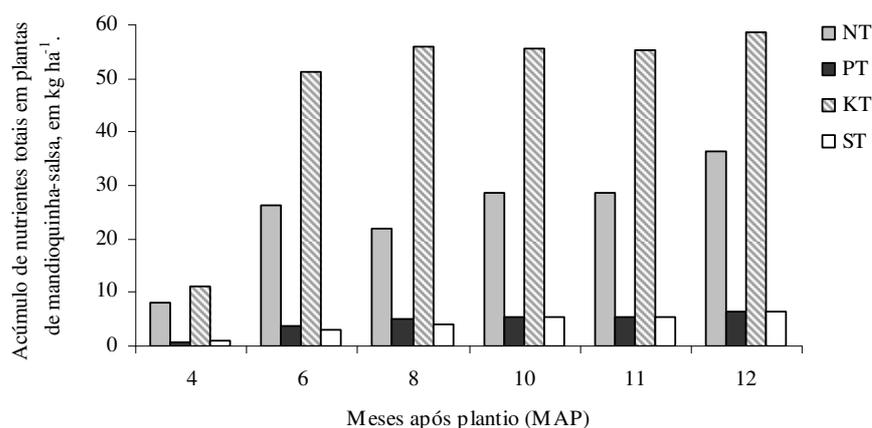
B

**Figura 24.** Acúmulo de enxofre total em plantas de mandioca-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha<sup>-1</sup>) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

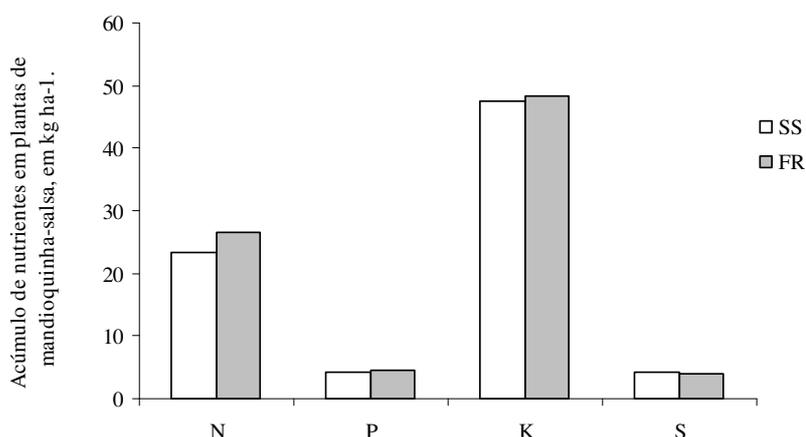
Verificou-se maior acúmulo de nutrientes na seguinte ordem decrescente: potássio > nitrogênio > fósforo > enxofre (Figura 25). Observa-se na mesma figura que os acúmulos de fósforo e enxofre foram muito próximos.

As plantas absorvem o fósforo da solução do solo, na qual ele se encontra em concentrações muito baixa. Decorre daí que a extensão do sistema radicular é de fundamental importância na absorção do elemento (RAIJ, 1991). O autor comenta que, por maior que seja essa extensão, ampliada em muitas plantas pela infecção com os fungos micorrízicos, o volume de solo que pode fornecer fósforo às raízes é apenas uma pequena fração do volume total. A absorção de fósforo pelas plantas depende principalmente da difusão do elemento na solução do solo em torno das raízes (RAIJ, 1991; MALAVOLTA, 2004). Diversas propriedades dos solos, podem alterar a difusão, ora aumentando ora diminuindo a sua intensidade.

Observando as duas fontes fosfatada, nota-se que não houve diferença entre o acúmulo dos nutrientes fósforo, potássio e enxofre e, uma maior quantidade, porém, pequena de nitrogênio nas plantas de mandioca-salsa (Figura 26).



**Figura 25.** Acúmulo de nutrientes totais, nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em plantas de mandioca-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, durante o ciclo da cultura. Média de quatro repetições.



**Figura 26.** Acúmulo de nutrientes totais, nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em plantas de mandioca-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, nas duas fontes de fósforo, SS – superfosfato simples e FR – fosfato de rocha. Média de quatro repetições.

### 3.4 Produção de Raiz Comercial

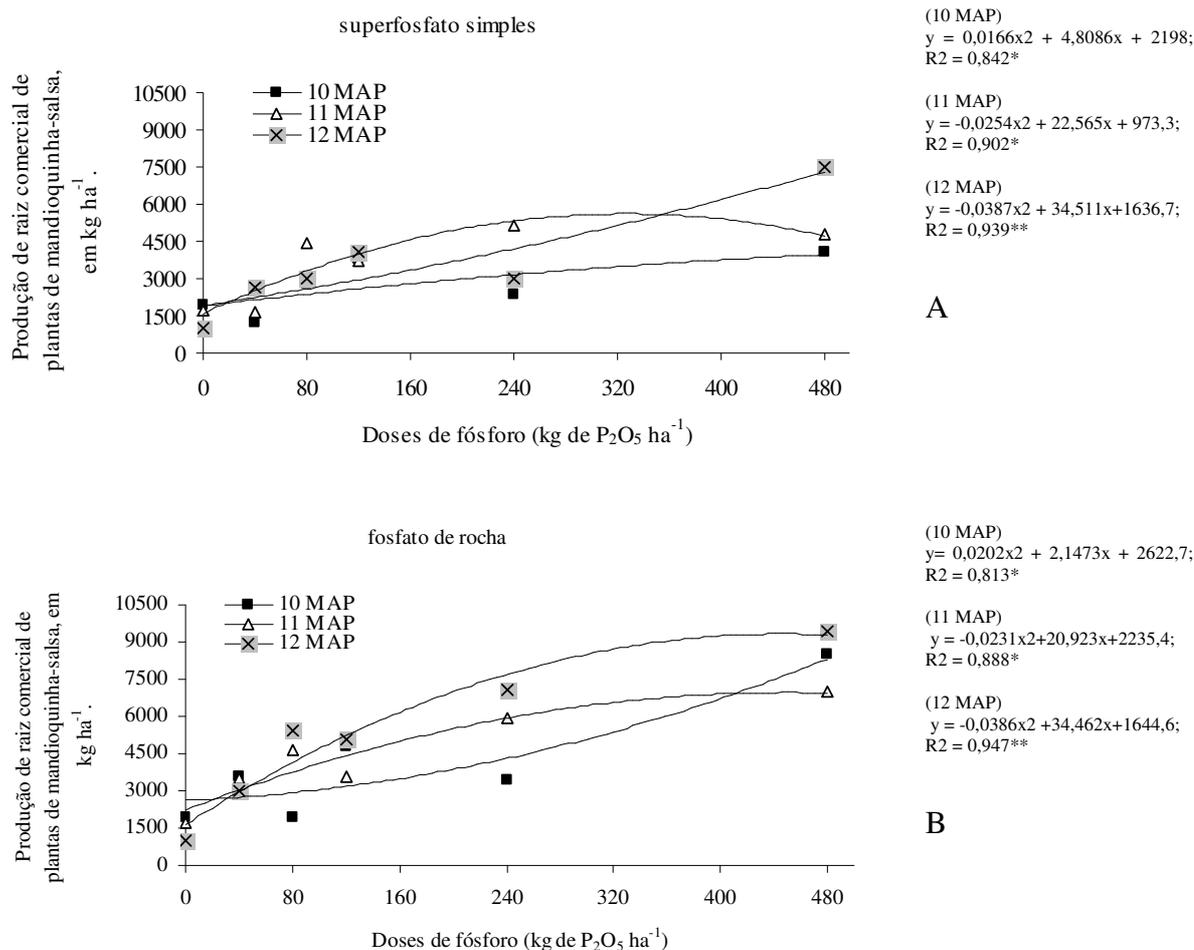
A produção de raiz comercial de mandioca-salsa foi maior na dose de 480 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> das duas fontes do fertilizante fosfatado (Figura 27). As maiores produções de raízes comerciais aos 10, 11 e 12 MAP foram observadas na fonte de fósforo de solubilidade lenta, fosfato de rocha (Figura 27).

Os fosfatos naturais reativos apresentam poder de solubilidade muito aquém dos fosfatos naturais apatíticos brasileiros. Isto pode justificar os resultados encontrados para a maior produção de raízes comerciais de mandioca-salsa no fosfato de rocha. Como o ciclo da cultura é longo, a planta pode se beneficiar do fósforo que será liberado lentamente, por ser esta uma característica da fonte usada. Porém, segundo RAIJ (1991), há casos de fertilizantes fosfatados que se dissolvem lentamente no solo, ou não se dissolvem. O exemplo seria certos fosfatos naturais. Nesses casos, o P permanece como tal no solo, muitas vezes em forma não disponível. De acordo com o autor, quando fosfatos solúveis são adicionados ao solo, a maior parte do fósforo passa para fase sólida, ocasionando aumento nos fosfatos lábeis e em

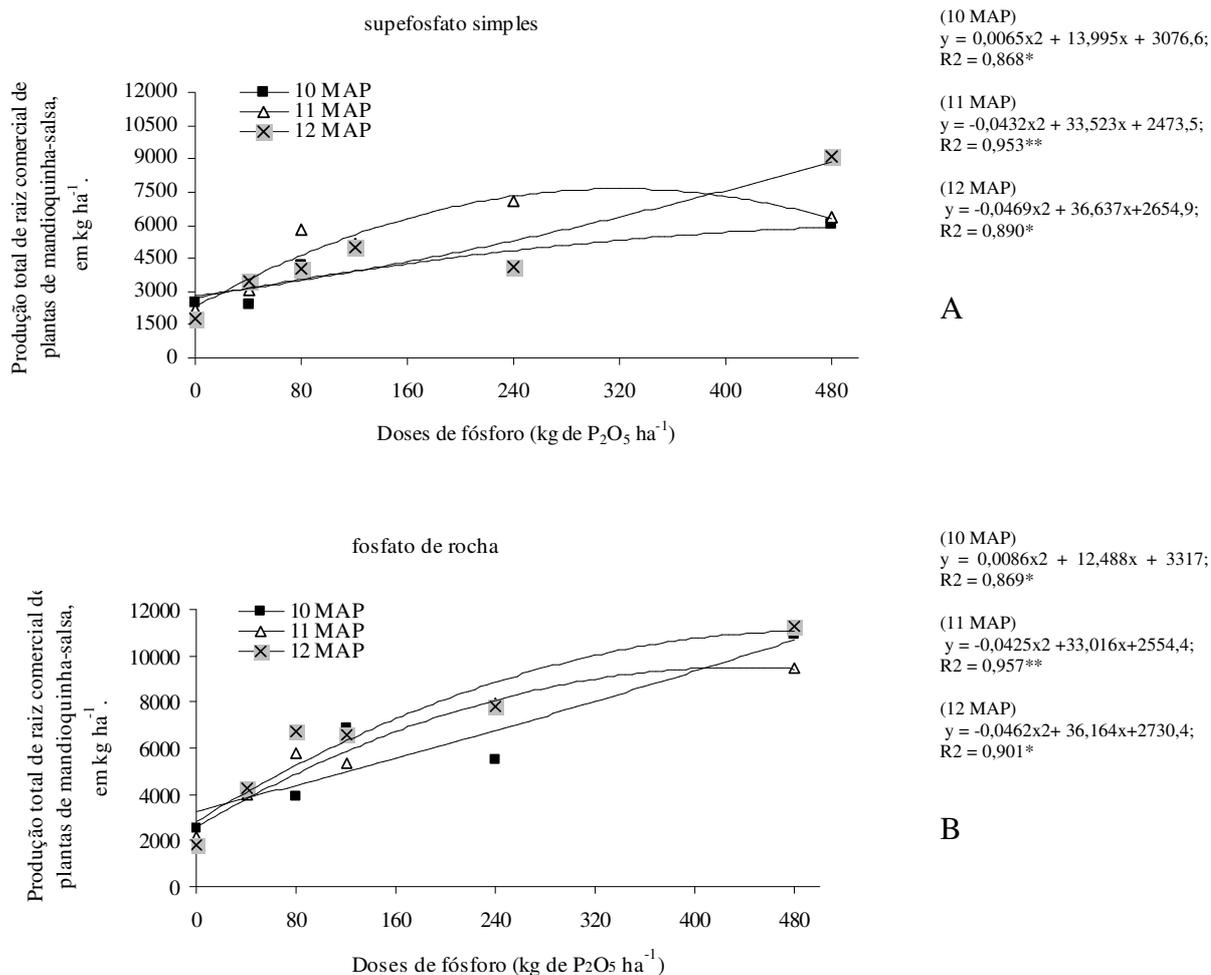
solução. Com o tempo, há um “envelhecimento” dos fosfatos lábeis, que vão adquirindo uma constituição mineralógica mais estável e de solubilização mais difícil. Isto é, fosfatos solúveis adicionados ao solo apresentam a sua eficiência diminuída ao longo do tempo.

A produção de raiz total apresentou a mesma tendência verificada para a produção de raízes comerciais (Figura 28).

MESQUITA FILHO et al. (1996) observaram um efeito quadrático de  $P_2O_5$ , em estudo com adubação nitrogenada e fosfatada para produção comercial de mandioca-salsa, mas não observaram respostas de produção de raízes comerciais à adubação nitrogenada. No entanto, DEL VALLE JUNIOR et al. (1995), em Ultissol observaram aumento de produção até a dose de  $135 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio. Resposta positiva da aplicação de fósforo, combinada com cama de aviário foi encontrada por VIEIRA (1995). Aos 300 dias após o plantio, PORTZ et al. (2003), não observou resposta significativa às doses de fósforo e potássio sobre a produtividade de raízes comerciais, mas uma tendência quadrática nas respostas de fósforo e potássio foi verificada. As grandes variabilidades de condições de cultivo no País associadas aos tipos (classes) de solos e condições climáticas promovem respostas diferentes na produção e desenvolvimento da mandioca-salsa. RODRIGUES et al. (2002), recomendam que para a obtenção de produtividades elevadas nas condições agroclimáticas do Planalto Central, deve-se ressaltar alguns fatores, como o uso de corretivos, exigência de adubação de plantio e em cobertura e irrigação.



**Figura 27.** Produção de raiz comercial de plantas de mandioca-salsa, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , nos tratamentos com doses crescentes de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.



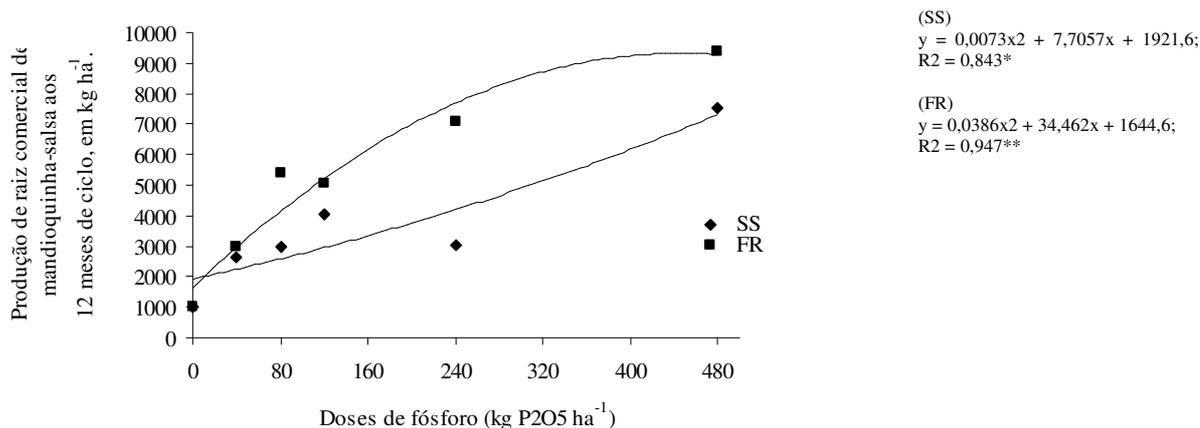
**Figura 28.** Produção de raiz total (comercial e não comercial) de plantas de mandioca-salsa, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , nos tratamentos com doses crescentes de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

Comparando as duas fontes de fertilizante fosfatado (Figura 29), se observa maior produção de raízes comerciais no fosfato de rocha. Comumente a recomendação de P prioriza as fontes superfosfato simples e superfosfato triplo. Atualmente, fontes alternativas de menor solubilidade, como os fosfatos de Catalão, Olinda, Patos de Minas, Piraocaua e Gafsa, tem apresentado bons resultados na produção de diversas culturas. Segundo REIN et al. (1994), em períodos mais longos, há um efeito compensatório do fosfato natural reativo.

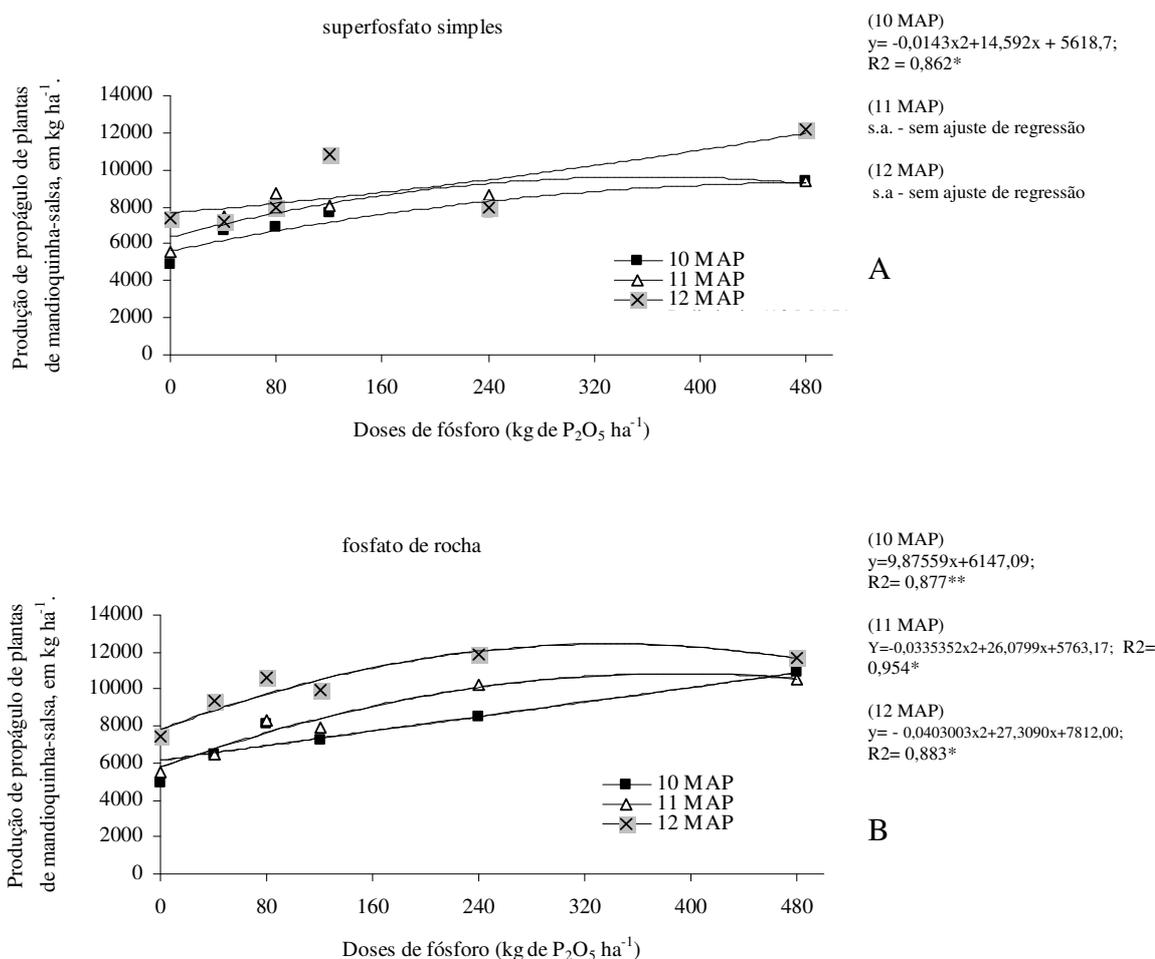
Quanto ao tempo de reação dos fosfatos no solo, as fontes solúveis em água apresentam disponibilidade de P imediata. Para os fosfatos menos solúveis, quanto maior o tempo de reação, maior será a solubilização. Para fosfatos mais reativos, ocorre uma porcentagem de reação rápida, com um posterior decréscimo (SOUZA, 1997). Esse tempo leva a um poder residual maior ou menor, podendo, em alguns casos chegar a anos.

Avaliando o efeito residual de duas fontes de fósforo na cultura da soja, OLIVEIRA JUNIOR et al. (2008) verificaram que a aplicação localizada do superfosfato triplo resultou em resposta semelhante à verificada com a aplicação anual desta fonte. Entretanto, o aumento da eficiência agrônômica foi acentuado quando as duas fontes de fosfato natural reativo Arad e superfosfato triplo foram aplicadas a lanço.

A produção de propágulo foi expressiva no fosfato de rocha (Figura 30). CÂMARA et al. (1985) observaram que aos seis meses o número de mudas por hectare atingiu o máximo. Número seria suficiente para plantar 25 ha, área raramente cultivada por um único agricultor.



**Figura 29.** Produção de raiz comercial de plantas de mandioquinha-salsa, aos 12 meses de ciclo, em kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha<sup>-1</sup>) em duas fontes de fósforo, superfosfato simples (SS) e fosfato de rocha (FR). Média de quatro repetições.



**Figura 30.** Produção de propágulos de plantas de mandioquinha-salsa, em kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos com doses crescentes de P (kg ha<sup>-1</sup>) em duas fontes de fósforo. Média de quatro repetições.

A mandioquinha-salsa armazena energia e nutrientes nas raízes tuberosas e nas coroas, e apresenta rusticidade fisiológica (CÂMARA et al., 1985). Os autores retratam que, as coroas apresentam composição química melhor que a das raízes, incorrendo-se num grande desperdício de alimentos ao se desprezarem as coroas, deixando-as como restos culturais no campo. A parte aérea (folhas+pecíolos e propágulos) das plantas de mandioquinha-salsa pode ser utilizada como complemento a alimentação de animais nas propriedades rurais.

Foi feita uma análise econômica do estudo, onde o custo de produção da mandioquinha-salsa foi relacionado as doses de fósforo das duas fontes do fertilizante usada, todos os demais custos foram considerados fixos.

Na cotação de 05/02/2009 para o Estado do Rio de Janeiro o preço da caixa de 22 kg de mandioquinha-salsa foi R\$ 35,00 (Fonte: CEASA-MG). O valor do fosfato de rocha (reativo) foi de R\$ 65,00/saca (Fonte: Portal Agrícola – CEASA-RJ) e do superfosfato simples R\$ 47,00/saca (Fonte: Casa do Adubo – CEASA-RJ).

Na Tabela 24, relacionando-se o custo do adubo com a receita, foi obtida a eficiência do uso do fertilizante. Para o superfosfato simples a melhor eficiência foi verificada na dose de 40 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$ , equivalente a uma eficiência do uso do fertilizante de 22, ou seja, para cada real gasto em adubo se obtém o equivalente em produção. No fosfato de rocha as melhores eficiências econômicas do uso do fertilizante foram verificadas nas doses de 40 e 80 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$ , correspondendo a 26 e a 23, respectivamente (Tabela 25). Os resultados se aplicam à lei dos incrementos decrescentes, onde o maior incremento em produção é obtido com a primeira quantidade do nutriente aplicada. Com aplicações sucessivas de quantidades do nutriente, os incrementos de produção são cada vez menores (RAIJ, 1991).

A lei dos incrementos decrescentes foi desenvolvida por Mitscherlich na primeira década do século XX. Tal como a lei do mínimo, a lei dos retornos decrescentes não é uma “lei natural”, devendo ser considerada como uma expressão matemática de crescimento, que se aplica bem a muitos casos de resultados experimentais de curvas de resposta (RAIJ, 1991). Os seus fundamentos são básicos para a análise econômica de experimentos de adubação.

**Tabela 24.** Custo de produção por ha da mandioquinha-salsa com uso do fertilizante superfosfato simples.

$P_2O_5$ (kg $ha^{-1}$ )	Custo adubo (R\$ $ha^{-1}$ )	Produção (kg $ha^{-1}$ )	Quant. caixa	Receita (R\$ $ha^{-1}$ )	Eficiência econômica do uso do fertilizante
0	0	997	45	1575,00	0
40	188,00*	2619	119	4165,00	22
80	376,00	2990	135	4725,00	12
120	564,00	4047	183	6405,00	11
240	1128,00	3404	154	5390,00	5
480	2256,00	7513	341	11935,00	5

\*Os demais custos foram considerados fixos.

**Tabela 25.** Custo de produção por ha da mandioquinha-salsa com uso do fertilizante fosfato de rocha.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Custo adubo (R\$ ha <sup>-1</sup> )	Produção (kg ha <sup>-1</sup> )	Quant. caixa	Receita (R\$ ha <sup>-1</sup> )	Eficiência econômica do uso do fertilizante
0	0	997	45	1575,00	0
40	179,00*	2976	135	4725,00	26
80	358,00	5396	245	8575,00	23
120	538,00	5079	230	8050,00	15
240	1075,00	7103	322	11270,00	10
480	2150,00	9404	427	14945,00	7

\*Os demais custos foram considerados fixos.

## 4 CONCLUSÕES

As respostas de produção de matéria seca no ciclo da mandioquinha-salsa para as duas fontes fosfatadas foram quadráticas.

A matéria seca de propágulo e raiz não foi influenciada pela excessiva precipitação no mês de janeiro de 2007.

O maior acúmulo de matéria seca total nas plantas de mandioquinha-salsa foi obtido na dose de 480 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  nas duas fontes: superfosfato simples e fosfato natural reativo.

A maior produção de raízes comerciais foi obtida com a maior dose do adubo fosfatado.

Entre as duas fontes de fertilizante, a maior produção de raízes comerciais foi obtida com fosfato natural reativo.

A produção de propágulos (filhotes) de mandioquinha-salsa foi mais expressiva no tratamento com fosfato natural reativo.

O ciclo da mandioquinha-salsa influenciou na eficiência do fosfato natural reativo (quanto a sua disponibilidade).

Os teores dos nutrientes potássio, nitrogênio, fósforo na planta inteira de mandioquinha-salsa decresceram com o ciclo da cultura.

Os teores totais dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre nas plantas de mandioquinha-salsa foram mais elevados no tratamento com superfosfato simples.

O teor total de enxofre nas plantas de mandioquinha-salsa foi mais elevado nos tratamentos com superfosfato simples.

A resposta ao acúmulo total dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre foi semelhante para as duas fontes fosfatadas.

A maior eficiência econômica do uso do fertilizante nas duas fontes de fósforo foi observada na dose de 40 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  para o superfosfato simples e entre 40 e 80 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  para fonte fosfato de rocha.

## **CAPÍTULO III**

### **A ADUBAÇÃO SULFATADA NA CULTURA DA MANDIOQUINHA- SALSA**

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta da planta de mandioquinha salsa a adubação sulfatada. O trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação no Departamento de Solos-IA da UFRRJ, em Seropédica – RJ. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições e seis tratamentos. Os tratamentos constaram de doses crescentes de gesso, sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) a seguir: testemunha (ausência de fertilizante); 12,5; 25; 50; 100; 200  $\text{kg ha}^{-1}$  de S. Na adubação complementar utilizou-se: 240  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na forma de fosfato monoamônico (MAP), 100  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  na forma de cloreto de potássio, 60  $\text{kg ha}^{-1}$  de N na forma de uréia, 15  $\text{kg ha}^{-1}$  de bórax e 5  $\text{kg ha}^{-1}$  de óxido de zinco. As parcelas constaram de cinco vasos, cada vaso de 8 litros contendo uma planta (uma unidade experimental). O solo usado foi um Argissolo Amarelo e a variedade cultivada foi Amarela de Senador Amaral (ASA). O pré-enraizamento das mudas foi realizado em bandejas com areia lavada, durante um período compreendido entre 45 a 60 dias. Realizaram-se duas coletas, aos três e aos 5 meses após o plantio, retirando-se duas plantas na primeira coleta e três plantas na segunda coleta, para cada tratamento, respectivamente. As determinações foram: peso de matéria seca das três partes da planta (folha+pecíolo, propágulo e raiz), análise dos macronutrientes N, P, K e S no tecido vegetal, análise química de solo na última coleta em cada tratamento. O acúmulo de matéria seca de folhas+pecíolos aumentou em função das doses crescentes de enxofre, mostrando que as plantas responderam aos tratamentos das doses desse elemento. Observou-se resposta no acúmulo dos nutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas+pecíolos das plantas em função das doses de enxofre estudadas. Quanto ao acúmulo de enxofre houve resposta em função das doses nas três partes da planta de mandioquinha-salsa. Embora o estudo tenha sido conduzido em casa-de-vegetação, pode ser concluído, de forma preliminar, que a ASA respondeu a adubação sulfatada.

**Palavras – chave:** Batata baroa. Enxofre. Nutriente.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of sulphur fertilizing in the Peruvian root crop yield. The experiment was installed in a greenhouse, in Seropédica municipality - RJ. The experimental design was of random blocks with four repetitions and six treatments. The treatments consisted of increasing doses of gypsum, calcium sulphate ( $\text{CaSO}_4\text{H}_2\text{O}$ ), as following: control (without fertilizer); 12.5; 25; 50; 100; and 200  $\text{kg ha}^{-1}$  of S. In the complement fertilizing the following doses were used: 240  $\text{kg ha}^{-1}$  of  $\text{P}_2\text{O}_5$  (phosphate monoammonium) (MAP), 100  $\text{kg ha}^{-1}$  of  $\text{K}_2\text{O}$  (potassium chloride), 60  $\text{kg ha}^{-1}$  of N (urea), 15  $\text{kg ha}^{-1}$  of borax, and 5  $\text{kg ha}^{-1}$  of zinc oxide. The plots consisted of five vases (with capacity of 8 liters) containing a plant each one (experimental unit). The soil material used was sampled from an Udult soil, and the crop variety used was "Amarela de Senador Amaral" (ASA). The seedling pre-rooting was accomplished in sand trays, during 45 to 60 days. Two samplings were accomplished after planting: the first on three months and the second on five months. In each treatment there were collected two and three plants, respectively, in the first and in the second sampling. There were determinate: dry matter weight of the three plant parts (leave + petiole, corm and root); analysis of the macronutrientes N, P, K and S in the vegetable tissue; and chemical analysis of the soil in the last sampling, for each treatment. Higher doses of sulphur increased the dry matter accumulated in leaves + petioles, showing the effect of the treatments with S in the plants. It was also observed that the nutrients nitrogen, phosphorus and potassium were accumulated in the leaves + petioles of the plants, as a consequence of the doses of sulphur. Concerning the S accumulation, there was a plant response to the dosage applied for the three parts of the arracacha plant. Despite the research being conducted in a greenhouse, it was possible to conclude, preliminarily, that the ASA was responsible to the sulphur fertilizing.

**Key words:** Arracacha. Sulphur. Nutrient.

## 1 INTRODUÇÃO

Pertencente a família Apiaceae (Umbelliferae) a mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) é considerada um alimento basicamente amiláceo (energético), excelente fonte de cálcio, fósforo e ferro (ZANIN et al., 1984), constitui boa fonte de vitamina A, vitaminas do complexo B e niacina, além do seu amido ser de fácil digestibilidade (PEREIRA, 1995). Essas características fazem da mandioquinha-salsa um alimento recomendado para crianças, pessoas idosas e convalescentes (PEREIRA, 1995), além de ser apreciada pelo seu sabor e odor peculiares. As folhas mais novas, com menor porcentagem de celulose, também podem ser utilizadas na confecção de saladas, pois apresentam nutrientes em níveis bastante elevados.

Os primeiros trabalhos com adubação na cultura retratam dados de pesquisa de 1962 realizados no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Utilizando-se os nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, a variação nos resultados indica a necessidade de estudos na área, assim como a investigação de outros elementos que apresentem destaque de alguma forma na cultura. PORTZ (2001, 2005) observaram que a planta de mandioquinha-salsa acumula considerável quantidade de enxofre. A importância deste nutriente se deve a sua presença em aminoácidos e proteínas essenciais para nutrição humana. A mandioquinha-salsa se destaca pelo seu valor nutricional sendo a investigação do enxofre de grande interesse no que diz respeito à associação com aminoácidos e vitaminas.

De maneira geral, existem poucos estudos sobre a resposta das plantas ao enxofre (S). Não sendo reportado nos trabalhos acúmulo desse nutriente nos vegetais, como acontece com os macronutrientes N, P e K. Porém, devido às maiores produções por parte das culturas, maiores quantidades de S estão sendo retiradas do solo pelos cultivos e não está havendo reposição do nutriente, o que vem causando deficiência nos vegetais. Além das perdas por erosão, lixiviação e volatilização.

Quanto à composição química, segundo PEREIRA (1995) a mandioquinha-salsa é um alimento essencialmente energético, tendo em vista os altos teores de carboidratos totais em sua composição, cuja maior fração corresponde ao amido, que representa cerca de 80 %, e açúcares totais, 6 %. É excelente fonte de cálcio, fósforo e ferro e conclui que o consumo diário de 100 gramas dessa raiz é o suficiente para suprir as necessidades de minerais de crianças, adultos, gestantes e nutrízes.

Das vitaminas presentes na mandioquinha-salsa, pode-se ressaltar como as mais importantes a niacina, cujos teores variam de 1.0 a 4.5 mg em 100 g de raízes frescas e a vitamina A, que pode atingir níveis de até 6.800 U.I. (Unidades Internacionais) (2.040 µg de carotenóides em 100 g), de acordo com a maior intensidade da coloração da raiz (PEREIRA, 1997).

A Tabela 26 apresenta os teores aproximados das principais vitaminas presentes na mandioquinha-salsa (SANTOS & PEREIRA, 1994; modificado de PEREIRA, 1997).

Outro fator determinante do uso da mandioquinha-salsa em dietas especiais são as características do seu amido, que contém amilose em torno de 23 %, grânulos arredondados variando de 5 a 27 µm, difícil retrogradação e sinerese, fatores que concorrem para a sua grande digestibilidade (KIBUUKA & MAZZARI, 1981). As fontes mais importantes de amido são os grãos de cereais, representando cerca de 40 a 90 % de seu peso seco, de leguminosas entre 30 e 70 % e os tubérculos, de 65 a 85 % de base seca (PIRES, 2002). De acordo com CASALI & SEDYAMA (1997), o consumo de amido representa cerca de 70 a 80 % das calorias consumidas nas dietas humanas em geral.

As quantidades de nutrientes utilizados na adubação de plantas refletem aumentos e ou quedas na produção das culturas se não manejadas adequadamente. Com isso a composição química presente nas plantas também pode sofrer alterações como consequência desse aporte nutricional.

**Tabela 26.** Teores aproximados das principais vitaminas presentes na mandioquinha-salsa.

Vitaminas	Material Fresco	
	-----mg 100g <sup>-1</sup> -----	
	Média	Varição
Ácido Ascórbico	23,00	18,26 – 28,40
Vitamina A	1.759,87	254,75 – 6.878,53
Tiamina	0,08	0,02 – 0,12
Riboflavina	0,04	0,01 – 0,09
Niacina	3,45	1,00 – 4,50
Piridoxina	0,03	0,01 – 0,07

Fonte: Santos & Pereira (1994).

A adubação sulfatada não é utilizada na grande maioria dos estudos de adubação, sendo o S suprido através da adubação fosfatada. Também através da adubação orgânica, considerável quantidade desse nutriente é adicionada ao solo, pois a maior quantidade de S no solo apresenta-se na forma orgânica. Nos solos brasileiros 60 a 90 % do S total está sob a forma orgânica (VITTI, et al., 2006). Nessas condições, esse elemento se acumula no perfil do solo segundo a distribuição da matéria orgânica (MELLO et al., 1983). Teoricamente segundo os autores, solos com maiores teores de matéria orgânica irão apresentar mais enxofre. A adubação somente com este nutriente não é muito comum.

Na maioria dos laboratórios de análise de solo e planta, a análise de enxofre não é parte da rotina, provavelmente pela dificuldade e complexidade da análise. Em virtude, principalmente, de sua instabilidade vertical e dificuldades na análise química (CHITOLINA et al., 1999).

Os objetivos do presente trabalho foram: determinar a produção de matéria seca das partes da planta de mandioquinha-salsa, adubada com diferentes doses de enxofre; determinar o acúmulo dos nutrientes N, P, K e S nas partes da planta de mandioquinha-salsa; avaliar a resposta da cultura a adubação sulfatada.

## 1.1 Formas de Enxofre – Ocorrência

Mais de 95 % do S encontrado no solo está ligado à matéria orgânica. A maioria das fontes de S é formada por sulfatos, sendo moderadamente ou muito solúvel em água. As formas solúveis também incluem bissulfatos, tiosulfatos e polissulfatos (VITTI et al., 2006). Segundo os autores, a forma mais importante de S insolúvel em água é o S elementar, que precisa ser oxidado a  $S-SO_4^{-2}$  antes de as plantas poderem utilizá-lo. A oxidação bacteriana do S no solo é favorecida por: temperaturas do solo mais elevadas; umidade adequada; aeração do solo; e partículas menores.

O enxofre é absorvido pelas plantas na forma do ânion  $SO_4^{-2}$ . Em muitos solos, esse ânion não é retido no solo e, assim, facilmente lixiviado. Em solos em que predominam óxidos de ferro e alumínio, além de caulinita, pode haver adsorção específica de  $SO_4^{-2}$  no solo. Um fator muito importante nessa adsorção é o pH do solo, que quanto maior o pH, menor será a adsorção (MELLO et al., 1983; RAIJ, 1991).

A adubação com S elementar resulta em resposta mais lenta da cultura do que com fontes na forma de sulfato, por causa de sua insolubilidade em água (VITTI et al., 2006). Para ser eficiente, essa fonte deve ser incorporada ao solo com bastante antecedência às necessidades das culturas. O S elementar não está disponível à planta até que tenha sido convertido no solo a sulfato, um processo que pode levar semanas ou meses (MALAVOLTA, 1996).

Os principais adubos do mercado brasileiro que contém enxofre com o seu teor percentual, respectivamente são: Fosmag – 12 % de S; gesso agrícola – 16 %; sulfato de amônio – 23 %; sulfato de potássio – 18 %; sulfato duplo de potássio e magnésio – 22 %; superfosfato simples -12% de S (MALAVOLTA, 1996).

O enxofre desempenha papel importante no metabolismo vegetal. As plantas, apesar de serem aptas a absorverem S via foliar, na forma de  $\text{SO}_4^{-2}$ , são capazes de absorver também o  $\text{SO}_2$  do ar, fazendo-o, porém, de modo pouco eficiente (VITTI et al., 2006), obtêm a maioria desse elemento via radicular. A maioria do S encontrado nas células é absorvida da solução do solo como  $\text{SO}_4^{-2}$ . O S é transportado até o sistema radicular, principalmente por fluxo de massa (SILVA et al., 2002), ou difusão. Plantas também podem metabolizar dióxido de enxofre capturado na forma gasosa pelos estômatos, entretanto, a exposição prolongada (mais de 8 h) a altas concentrações atmosféricas (maiores do que  $0,3 \text{ mg dm}^{-3}$ ), causa amplos danos nos tecidos devido à formação de ácido sulfúrico (TAIZ & ZEIGER, 2004; EPSTEIN & BLOOM, 2006).

As plantas assimilam N e S por meio de reações bioquímicas envolvendo oxidações e reduções (TAIZ & ZEIGER, 2004; EPSTEIN & BLOOM, 2006). Depois de absorvido, o sulfato é translocado via xilema para as folhas, onde é incorporado a esqueletos carbônicos, em forma oxidada ou reduzida. O enxofre em excesso à demanda para formação de compostos orgânicos é armazenado na forma inorgânica ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) nos vacúolos das células (SILVA et al., 1998).

O enxofre segundo TAIZ & ZEIGER (2004), está inserido no grupo dos nutrientes que fazem parte de compostos de carbono, é encontrado em dois aminoácidos (cisteína, metionina) e é constituinte de várias coenzimas (coenzima A – CoA, tiamina, biotina), além de vitaminas essenciais ao metabolismo (tiamina). Outras funções desempenhadas pelo S podem citar-se sua participação na síntese de clorofila na fotossíntese, na absorção de  $\text{CO}_2$ , e é essencial ainda no processo de fixação do  $\text{N}_2$  pelas leguminosas noduladas (MALAVOLTA, 1985).

A absorção do  $\text{SO}_4^{-2}$  é aparentemente reduzida pela presença de  $\text{Cl}^-$  em excesso; altos teores de Se em alguns solos podem induzir carência de S (VITTI et al., 2006). A velocidade de absorção do  $\text{SO}_4^{-2}$  depende do cátion acompanhante, obedecendo à seguinte série crescente:  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ , (MALAVOLTA, 1979, citado por VITTI et al., 2006).

Os sintomas típicos de deficiência de S são redução do crescimento e clorose. Esses sintomas relembram os de deficiência de nitrogênio, quanto à alteração que causam na coloração das folhas (DECHEN et al., 2007), essa similaridade não é surpreendente, pois enxofre e nitrogênio são ambos constituintes de proteínas (TAIZ & ZEIGER, 2004; EPSTEIN & BLOOM, 2006). A relação entre a concentração de S e de N é que definirá a posição na planta onde os sintomas da deficiência de S ocorrerão primeiramente. Embora seja considerado um elemento de baixa mobilidade no floema (MARSCHNER, 1995), o amarelecimento geralmente inicia-se entre as nervuras das folhas jovens (alto suprimento de N) e gradualmente desenvolve-se na folha inteira, estendendo-se também para as folhas velhas (baixo suprimento de N), confundindo com os sintomas de deficiência de N. Indicando que a taxa de redistribuição de S na planta depende do teor de N, o qual está relacionado com a intensidade da senescência de folhas, causada pela falta de N (MARSCHNER, 1995). Em situações de deficiência menos severa, os sintomas visuais não são aparentes, mas a produção

e a qualidade serão afetadas. As concentrações de enxofre na matéria seca das plantas podem variar entre 0,2 e até mais de 1,0 % (MALAVOLTA, 1996).

O enxofre é exigido para a formação de aminoácidos e de proteínas, para a fotossíntese e para a resistência ao frio (MALAVOLTA, 1996). Segundo VITTI et al. (2006) a tolerância ao frio e à seca parecem ser aumentadas devido aos grupos sulfidrilos (-SH) no tecido vegetal. A mandioquinha-salsa apresenta valores consideráveis de vitaminas, ressaltando-se a vitamina A (teor aproximado de 1.759,87 mg 100g<sup>-1</sup> do material seco) (PEREIRA, 1997; CARMO & SANTOS, 1998), também apresenta resistência ao frio, pois é uma cultura que requer altitude e quando ocorre geada, dependendo do grau, as plantas perdem suas folhas (estratégia de sobrevivência; parece que entram em dormência) e assim que as condições climáticas se tornam novamente favoráveis elas rebrotam. Provavelmente a resistência dessa e de outras culturas ao frio se deva à presença e função deste nutriente (enxofre), além de outras características de adaptação dessas culturas.

## 1.2 Exigências de Enxofre pelas Plantas

A remoção do S pelas colheitas é variável dependendo das quantidades produzidas e dos teores de S das mesmas. A porcentagem do S em alguns produtos agrícolas obedece à seguinte ordem: crucíferas > leguminosas > cereais (MELLO et al., 1983).

A batatinha e muitas outras hortaliças necessitam de grandes quantidades de S e produzem melhor quando esse elemento faz parte do programa de adubação. As leguminosas como o feijão, a soja, a ervilha e as forrageiras exigem S para a nodulação, a fixação de nitrogênio do ar e a produção (MALAVOLTA, 1996).

A necessidade de S para o bom crescimento das plantas varia de 1 a 5 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca vegetal (VITTI et al., 2006). Segundo os autores, as crucíferas são as mais exigentes, com teores nas sementes entre 11 e 17 g kg<sup>-1</sup> de S de tecido seco. O conteúdo de S nas proteínas varia entre frações protéicas de células individuais e entre espécies de plantas, sendo nas proteínas que a maior parte do S (e do N) se incorpora. Em geral, as proteínas das leguminosas contêm menos S do que as proteínas dos cereais, e a relação N/S giram em torno de 40/1 e 30/1 nestas espécies, respectivamente (VITTI et al., 2006).

A necessidade de S pelas culturas varia grandemente entre as espécies. As que requerem S em maiores quantidades (MALAVOLTA, 1996) são as crucíferas (colza, repolho) e liliáceas (alho, cebola): 70 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de S; em segundo lugar (em geral) as leguminosas: 40 kg ha<sup>-1</sup> e depois cereais e plantas forrageiras: 15 a 30 kg ha<sup>-1</sup>, os dados estão de acordo com a ordem de acúmulo de S descrita por MELLO et al. (1983).

Importantes culturas como o algodão, o café, a cana-de-açúcar, a laranja, a batata, o feijão, o tomate, a couve, o repolho, a cenoura, e a ervilha, requerem mais S do que P.

Para culturas exigentes em S, como as brassicáceas, a probabilidade de haver resposta à adubação sulfatada é maior. MALAVOLTA (1984) encontrou resposta para a colza (*Brassica napus* L. olifera) com aplicações de 60 kg ha<sup>-1</sup> na região do cerrado brasileiro. Avaliando a produção de massa seca da parte aérea da canola (*Brassica napus* L. var. napus) em casa-de-vegetação, ALVAREZ (2004) encontrou resposta à adubação sulfatada, obtendo um teor crítico de 24,8 mg dm<sup>-3</sup>. Entretanto ALVAREZ (2004) em experimento de campo, sob Argissolo Vermelho distrófico arênico, não obteve resposta para a canola, enquanto que o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) foi responsivo à fertilização com S, chegando à máxima produção de massa seca com aplicação de 46,4 kg ha<sup>-1</sup> deste nutriente. Para MILLÉO & DONI FILHO (2001), a demanda pelo S na canola ocorre desde os estádios mais precoces até os mais avançados de desenvolvimento, sendo utilizado quase até o fim do ciclo.

De acordo com WALKER & BOOTH (1992 apud SCHERER, 2001), durante o ciclo, uma planta oleaginosa remove entre 20 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de S, enquanto os cereais removem cerca de 10 a 15 kg ha<sup>-1</sup> de S. As leguminosas são importantes produtoras de proteína, absorvendo

elevadas quantidades de S do solo. HICORE & GALLO (1972) citado por OSORIO FILHO (2006), ao aplicar superfosfato simples em Latossolo Roxo distrófico, encontraram aumentos de 49 % na cultura da soja (*Glycine max* L.) com a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>.

Segundo MALAVOLTA (1984), as culturas de tabaco, batata, videira, frutas tenras, hortaliças, flores, árvores coníferas e culturas oleaginosas têm respondido bem à aplicação de sulfato de potássio como fonte de S.

O enxofre na cultura de mandioquinha-salsa, como acontece também em outras culturas, é um elemento pouco estudado apesar de sua importância no metabolismo da planta. PORTZ (2001) observou que os teores de enxofre se apresentaram variáveis ao longo do ciclo da cultura de mandioquinha-salsa, sendo maiores no propágulo e parte aérea em todo o ciclo comparado ao teor da raiz. O autor comenta que estando estes dois órgãos associados a processos fisiológicos de síntese e armazenamento de aminoácidos, os teores de enxofre tenderiam estar mais elevados na parte aérea e propágulo.

PORTZ (2001) comenta que a extração de enxofre é um dado novo em trabalhos relacionados com a cultura de mandioquinha-salsa e não se pode subestimar o valor extraído que de certa forma é bastante significativo (84,2 kg ha<sup>-1</sup> na planta inteira). Segundo o autor, pode-se supor que os elevados teores de enxofre encontrados na planta neste trabalho, tenham sido influenciados pela fonte de adubo fosfatado (superfosfato simples), além do emprego da adubação com sulfato de zinco realizada no plantio que, provavelmente, também deve ter influenciado na maior disponibilidade do elemento para as plantas.

Trabalhando com dez clones de mandioquinha-salsa PORTZ (2005), verificou que os teores de enxofre sempre foram maiores nos propágulos e parte aérea da planta, confirmando o resultado de PORTZ (2001). O autor discute que o elemento deve ser muito importante para a mandioquinha-salsa, já que seus teores são muito próximos aos do fósforo, sendo este um elemento que também é extraído em grandes quantidades e considerado um nutriente fundamental para a produção de raízes comerciais da espécie. Houve diferenças significativas entre os clones de mandioquinha-salsa quando se avaliaram os teores de enxofre em cada uma das partes da planta, sendo os clones 6513 e 92739/039 os que se destacaram com maiores teores de enxofre no propágulo e na raiz (PORTZ, 2005). No mesmo trabalho o autor verificou aos 365 dias após o transplante, que entre os clones estudados o acúmulo de enxofre variou de 8,01 a 26,12 kg ha<sup>-1</sup>, sendo estes valores superiores aos do acúmulo de fósforo nas mesmas plantas. As plantas de maior produtividade também foram as que acumularam maiores quantidades de enxofre.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação, no Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, com as seguintes coordenadas: 22°45' de latitude Sul 43°41' de longitude Oeste, a altitude aproximada é de 33 m.

A variedade utilizada foi a Amarela de Senador Amaral, de plantas provenientes da Bocaína dos Blauts, região de São Pedro da Serra, Nova Friburgo – RJ.

O pré-enraizamento das mudas foi realizado em bandejas com areia de rio lavada, durante um período compreendido entre 45 a 60 dias. Esta técnica consiste no corte em bisel dos propágulos ou filhotes da planta (material vegetativo da mandioquinha-salsa usado para propagação das plantas) em que durante este período irão desenvolver as primeiras raízes e folhas. Ao final do período de pré-enraizamento as mudas são selecionadas de acordo com a sua uniformidade e sem emissão de pendão floral, livres de doenças e com viabilidade de um maior pegamento no plantio definitivo. Esta técnica garante também a precocidade na produção das raízes tuberosas.

O solo utilizado para o plantio das mudas foi um Argissolo Amarelo, com as seguintes características químicas referente à profundidade de 0 a 30 cm (Tabela 27). A análise química do solo foi efetuada pelo método descrito em EMBRAPA (1999), no Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos – UFRRJ. A análise granulométrica do solo seguiu o método da Pipeta (EMBRAPA, 1997), sendo realizada no Laboratório de Gênese e Morfologia do Solo na UFRRJ, com os seguintes resultados apresentados na Tabela 28.

**Tabela 27.** Resultados da análise química do solo correspondente à profundidade de 0 a 30 cm, onde m-saturação por Al; n-saturação por Na.

Solo	Na	Ca	Mg	H + Al	Al	S	T	V	m	n	pH	Corg	P	K
	----- Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				----- % -----				1:2,5	g kg <sup>-1</sup>	--mg L <sup>-1</sup> --			
Argissolo Amarelo T. franco argilo arenoso	0,01	2,0	1,6	3,3	0,7	3,68	6,98	53	23,89	0	4,5	0,71	3	28

**Tabela 28.** Análise granulométrica do solo.

Amostra	Argila Natural	Argila Total	Areia Total	Areia Fina	Silte
	-----g kg <sup>-1</sup> -----				
Argissolo Amarelo T. franco argilo arenoso	120	260	700	40	40

Foram utilizados vasos plásticos com capacidade de 8 litros. Estes foram pintados com tinta aluminada (esmalte sintético alumínio) para diminuir a retenção de calor e formação e crescimento de algas.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 8 tratamentos (doses de fertilizante) e 4 repetições. Os tratamentos constaram de doses crescentes de gesso, sulfato de

cálcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) a seguir: testemunha (0 - ausência de fertilizante); 12,5 kg ha<sup>-1</sup> de S; 25 kg ha<sup>-1</sup> de S; 50 kg ha<sup>-1</sup> de S; 100 kg ha<sup>-1</sup> de S; 200 kg ha<sup>-1</sup> de S. Cada vaso de 8 litros foi considerado como uma unidade experimental, isto é, uma planta por vaso. Sendo que em cada bloco, cada tratamento foi repetido 5 vezes (cinco vasos por tratamento).

A adubação de fósforo foi feita com 240 kg ha<sup>-1</sup> de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na forma de fosfato monoamônico (MAP), 100 kg ha<sup>-1</sup> de  $\text{K}_2\text{O}$  na forma de cloreto de potássio, 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia. Também foram aplicados 15 kg ha<sup>-1</sup> de bórax e 5 kg ha<sup>-1</sup> de óxido de zinco.

Foi utilizada uma manta de sombrite 50 % em toda a área da casa de vegetação (na parte interna da estrutura), além do plástico de cobertura. Nos dias de maior nebulosidade o sombrite era recolhido como uma sanfona, evitando o estiolamento das plantas.

O plantio foi realizado em 10/07/2008, sendo as coletas realizadas em outubro e dezembro de 2008, ou seja, aos 3 e 5 meses após o plantio (MAP). Nas coletas, cada tratamento foi representado por uma média de duas plantas coletadas ao acaso em cada bloco.

## 2.1 Determinações e Avaliações

Foi avaliada a matéria seca das três partes da planta de mandioquinha-salsa (parte aérea= folhas + pecíolos; propágulos; raízes); e o teor e acúmulo dos nutrientes N, P, K e enxofre (S) também nas três partes da planta. As determinações dos nutrientes foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995). Este método (para S) segundo o autor, é executado através da digestão de tecido vegetal e outros materiais orgânicos com  $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$  (digestão nitroperclórica), que é amplamente utilizada na determinação do teor total de vários nutrientes (JOHNSON & ULRICH, 1959; BLANCHARD et al., 1965; TABATABAI & BREMNER, 1970). Os procedimentos adotados variam conforme a sensibilidade desejada, os nutrientes a determinar.

A digestão com  $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$  deve ser feita com cuidado. Apresenta, entretanto as seguintes vantagens: a) não há perda de elementos por volatilização, com exceção de B e Cl, porque a temperatura não ultrapassa o ponto de ebulição do  $\text{HClO}_4$  (203 °C), e b) não ocorre adsorção de elementos metálicos na sílica (o que se observa na queima a 500-600 °C). É, portanto amplamente utilizada para a extração de Zn, Cu, Fe, Mn, Na e S no tecido de plantas e outros materiais (composto, adubos orgânicos, resíduos de origem animal e vegetal, etc.). Outros elementos podem também ser determinados no extrato, como metais pesados (Pb, Ni, Cd, Cr, etc) e macronutrientes (P, K, Ca e Mg). O teor de S é comparável ao do P, variando entre 0,05 a 1,2 % (TEDESCO et al., 1995).

Para determinação de N a digestão utilizada é a Sulfúrica, também de acordo com a metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995).

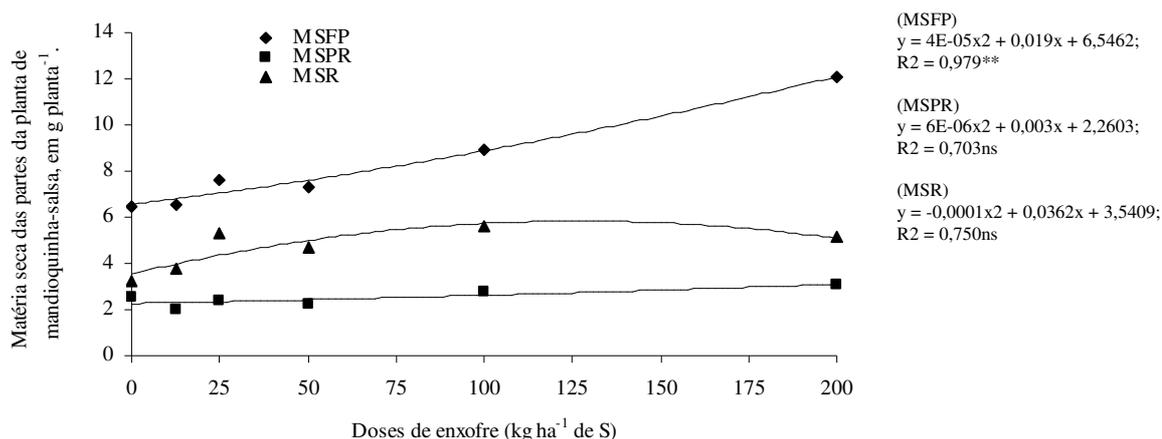
Para a análise estatística os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade de variância (testes de Lilliefors e Bartlett). Foi feita análise de variância (ANOVA) através da regressão, escolhendo-se o modelo matemático que melhor expressasse o significado biológico dos dados. O programa estatístico usado foi o SAEG<sup>®</sup>.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se nas Figuras 31 e 32, que o acúmulo de matéria seca nas folhas + pecíolos aumentou em função da ordem crescente das doses de enxofre. Verificou-se aumento de matéria seca nas três partes (folhas + pecíolos, propágulo e raízes) em relação às duas épocas de avaliação do ciclo da cultura (3 e 5 MAP) (Figuras 31 e 32). Mostrando que as plantas responderam aos tratamentos das doses desse elemento.

A matéria seca total das plantas apresentou a mesma tendência nas duas épocas avaliadas, 3 e 5 MAP. O acúmulo de matéria seca total foi maior aos 5 MAP em todas as doses de enxofre estudadas, evidenciando o maior desenvolvimento das plantas (Figura 33). Em trabalho de PORTZ (2005), as plantas de mandioquinha-salsa que apresentaram as maiores produtividades foram as que tiveram maiores quantidades acumuladas de enxofre.

RHEINHEIMER et al. (2007) verificaram, em estudo sucessivo de seis culturas com doses crescentes de S em diferentes solos, que, a cultura da canola respondeu em produção de matéria seca à aplicação de enxofre, mas para as demais culturas de soja, do feijoeiro, do gergelim, do trevo vesiculoso e do trigo não ocorreram respostas à produção de matéria seca.

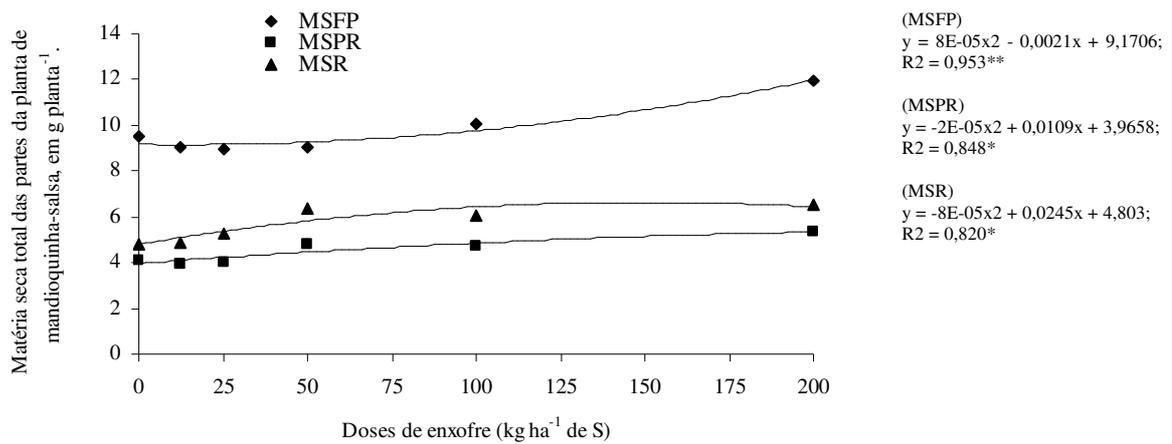


**Figura 31.** Matéria seca de folha + pecíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) em plantas de mandioquinha-salsa ( $g\ planta^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $kg\ ha^{-1}$ ), aos 3 meses após plantio. Média de quatro repetições.

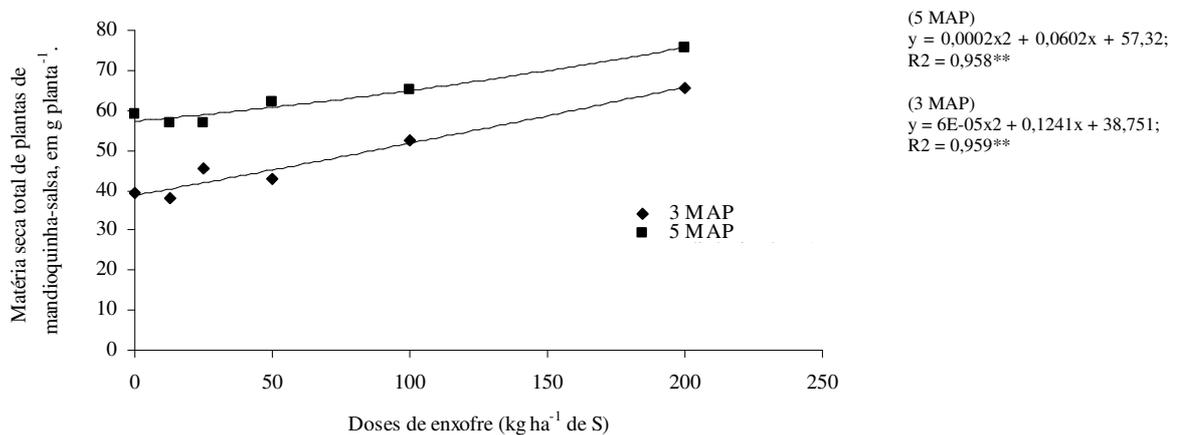
Observou-se resposta no acúmulo dos nutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas+pecíolos das plantas, em função das doses de enxofre. Quanto ao acúmulo de S houve resposta às doses nas três partes da planta de mandioquinha-salsa. Em uma conclusão prévia, por ser o trabalho conduzido em casa-de-vegetação, a ASA respondeu a adubação sulfatada.

O acúmulo dos nutrientes nas partes da planta de mandioquinha-salsa ocorreu na seguinte ordem decrescente: folhas+pecíolos > propágulo > raiz. PORTZ (2001) verificou maior acúmulo dos nutrientes N, P e K até os sete meses de ciclo, comparado às outras partes. Segundo o autor, devido ao período de maior desenvolvimento foliar, seguido de estágio de senescência, a planta translocou seus nutrientes para os drenos de acúmulo, aumentando consideravelmente as quantidades no propágulo e na raiz aos dez meses de ciclo da cultura.

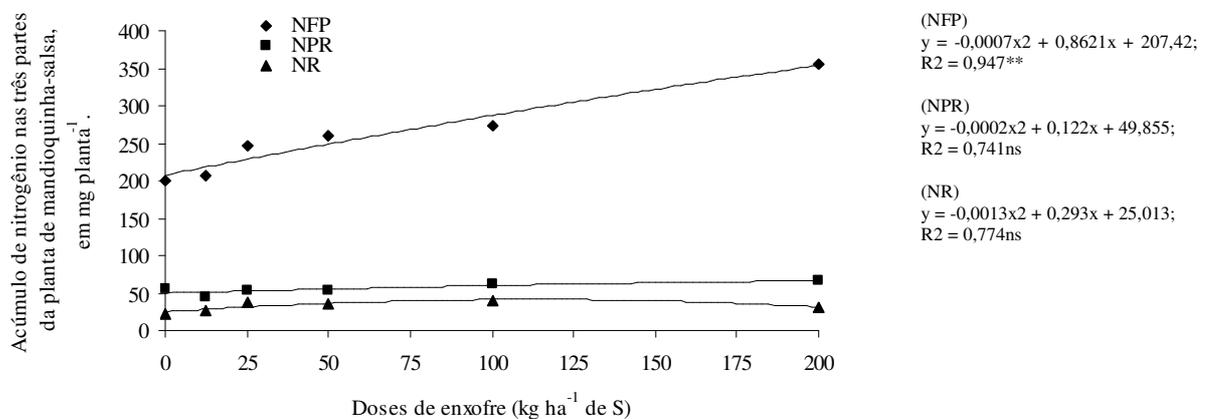
O acúmulo de N nas três partes da planta aumentou da primeira para a segunda coleta (Figuras 34 e 35). Observou-se resposta ao acúmulo desse nutriente em função das doses de S nas folhas + pecíolos das plantas de mandioquinha-salsa. Para o acúmulo de N nos propágulos e raízes das plantas não foi verificado aumento em função das doses de S (Figuras 34 e 35).



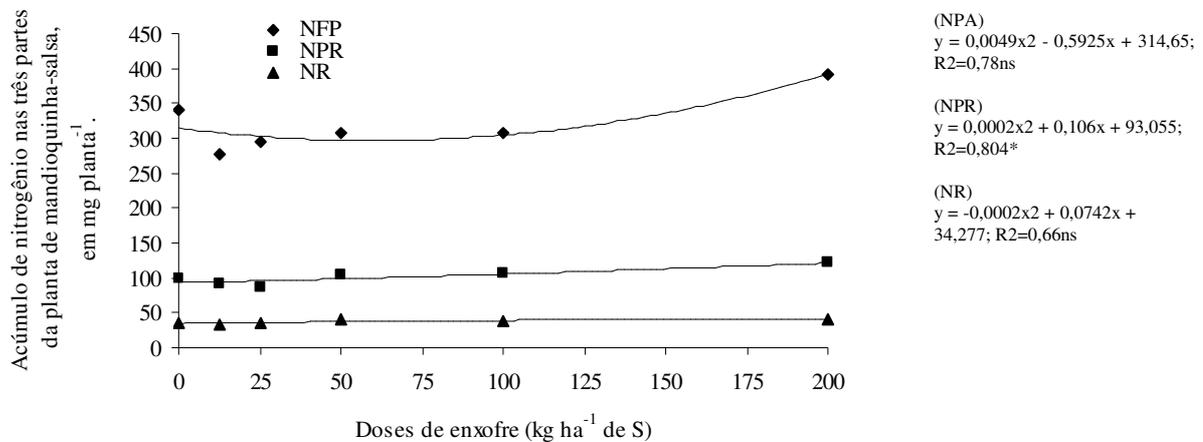
**Figura 32.** Matéria seca de folha + pecíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) em plantas de mandioca-salsa (g planta<sup>-1</sup>), nos tratamentos com doses crescentes de S (kg ha<sup>-1</sup>), aos 5 meses após plantio. Média de quatro repetições.



**Figura 33.** Matéria seca total em plantas de mandioca-salsa (g planta<sup>-1</sup>), nos tratamentos com doses crescentes de S (kg ha<sup>-1</sup>), aos 3 e 5 meses após plantio (MAP). Média de quatro repetições.



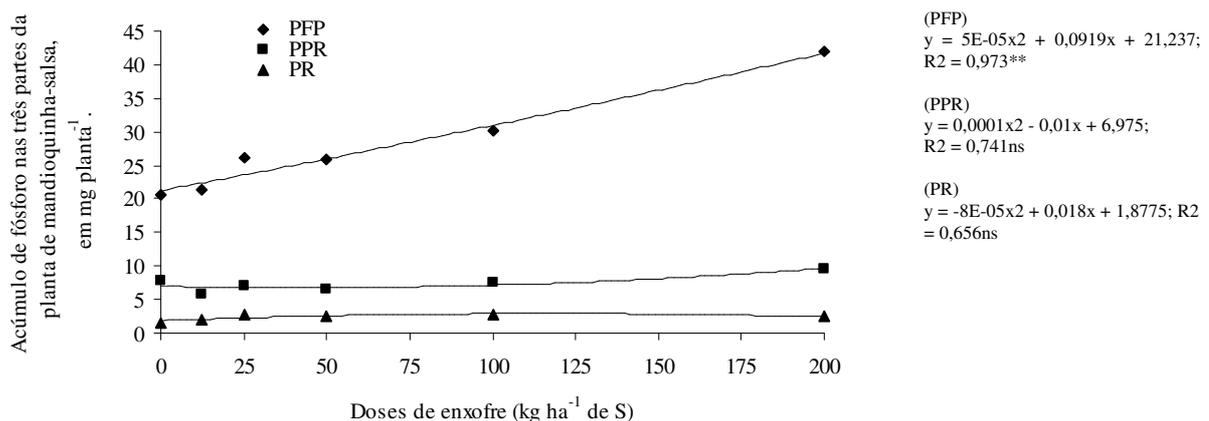
**Figura 34.** Acúmulo de nitrogênio em folha+pacíolo (NFP), propágulo (NPR) e raiz (NR) da planta de mandioca-salsa (mg planta<sup>-1</sup>), nos tratamentos com doses crescentes de S (kg ha<sup>-1</sup>), aos 3 meses após plantio. Média de quatro repetições.



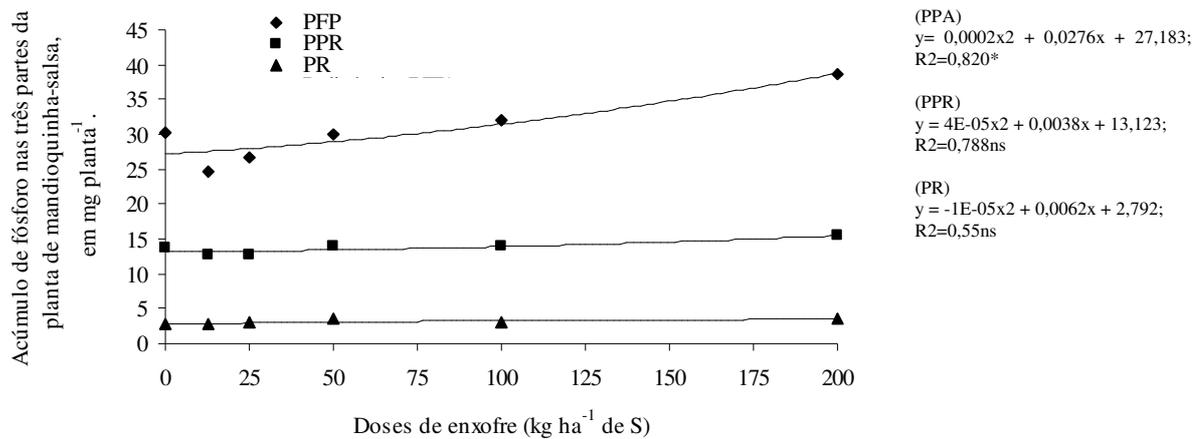
**Figura 35.** Acúmulo de nitrogênio em folha+pecíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandioquinha-salsa (mg planta<sup>-1</sup>), nos tratamentos com doses crescentes de S (kg ha<sup>-1</sup>), aos 5 meses após plantio. Média de quatro repetições.

O acúmulo de fósforo nas folhas+pecíolos também respondeu os tratamentos com as doses de S. Na Figura 36, observou-se o maior acúmulo de fósforo nas folhas+pecíolos com as maiores doses de S. Enquanto que o acúmulo de fósforo nos propágulos e raízes não apresentou variação com o aumento das doses de S.

Aos cinco meses de ciclo observou-se um aumento no acúmulo de fósforo nos propágulos comparado com as raízes (Figura 37). Isso provavelmente deve-se ao efeito de crescimento do órgão. Neste período ainda não havia raízes de reserva, que provavelmente pode ser pelo fato das plantas terem sido cultivadas em vasos. Foi observado durante as coletas, o início da formação das raízes que seriam as futuras raízes comerciais.

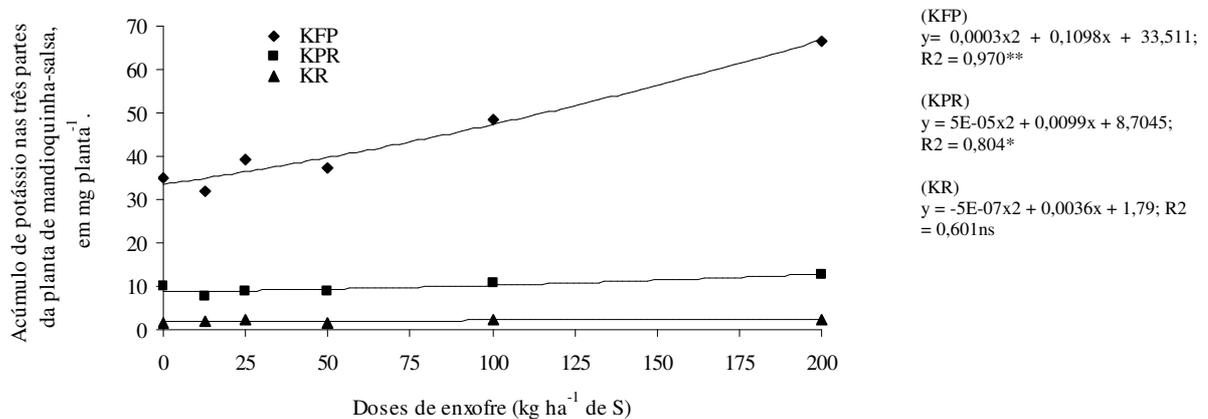


**Figura 36.** Acúmulo de fósforo em folha+pecíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandioquinha-salsa (mg planta<sup>-1</sup>), nos tratamentos com doses crescentes de S (kg ha<sup>-1</sup>), aos 3 meses após plantio. Média de quatro repetições.

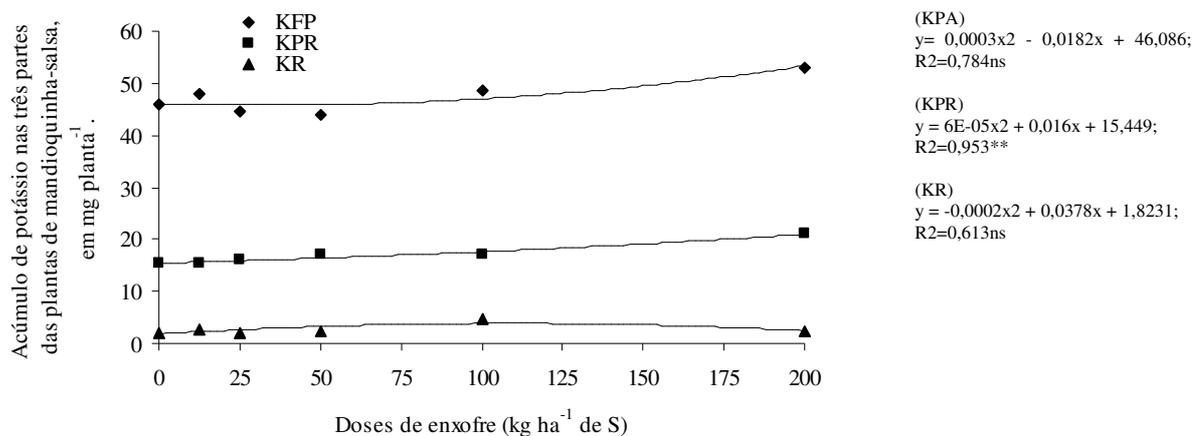


**Figura 37.** Acúmulo de fósforo em folha+pecíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandioca-salsa ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), aos 5 meses após plantio. Média de quatro repetições.

O acúmulo de potássio nas partes da planta apresentou-se semelhante aos dos nutrientes nitrogênio e fósforo. Foi verificado maior acúmulo de potássio nas folhas+pecíolos, com resposta significativa a 1% em função das doses de S na Figura 38. Observou-se na Figura 39, que aos cinco meses de ciclo o acúmulo de potássio nas três partes da planta aumentou consideravelmente. Nesta mesma época, não houve maiores variações quanto ao acúmulo de potássio nas três partes da planta em função das doses de S.



**Figura 38.** Acúmulo de potássio em folha+pecíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandioca-salsa ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), aos 3 meses após plantio. Média de quatro repetições.



**Figura 39.** Acúmulo de potássio em folha+pecíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandioca-salsa ( $\text{mg planta}^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), aos 5 meses após plantio. Média de quatro repetições.

O acúmulo de S nas partes da planta apresentaram-se crescentes em função das doses de S (Figuras 40 e 41). Observou-se que os acúmulos de enxofre nas folhas+pecíolos e nos propágulos, praticamente dobraram dos três para os cinco meses após o plantio. As maiores probabilidades de resposta à aplicação de fertilizantes sulfatados, são encontrados em culturas cultivadas em solos com baixos teores de matéria orgânica e de argila (NASCIMENTO & MORELLI, 1980; WOLFFENBÜTTEL & TEDESCO, 1981; BISSANI, 1985).

Foi verificado por PORTZ (2001), aos 365 dias após o transplantio, que entre os clones estudados o acúmulo de enxofre variou de 8,01 a 26,12  $\text{kg ha}^{-1}$ , sendo estes valores superiores aos do acúmulo de fósforo nas mesmas plantas.

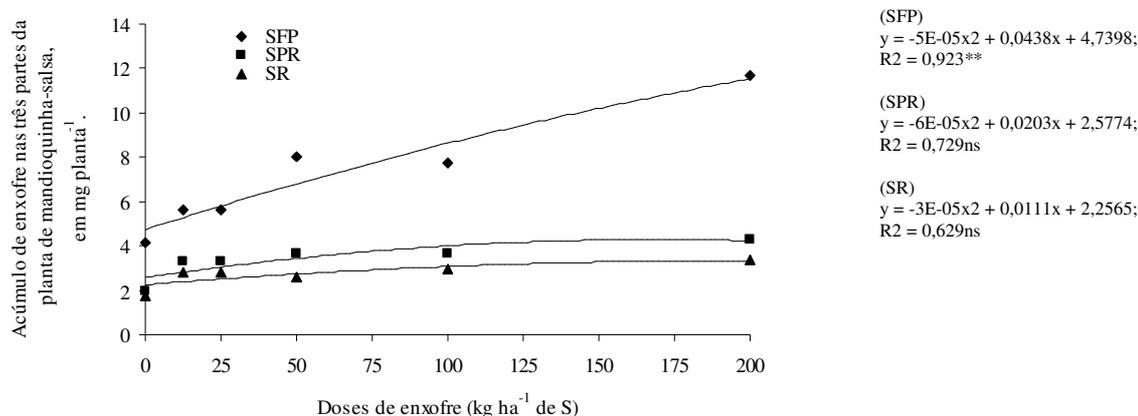
O acúmulo de enxofre nas plantas de mandioca-salsa apresentou-se distribuídos na seguinte ordem decrescente folhas+pecíolos>propágulos>raízes, tanto aos 3 MAP quanto aos 5 MAP. Aos 3 MAP o acúmulo de enxofre nas folhas+pecíolos das plantas de mandioca-salsa apresentou significância ( $P < 0,01$ ), ajustando-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 40). Aos 5 MAP o acúmulo de enxofre nos propágulos e raízes das plantas de mandioca-salsa apresentou significância ( $P < 0,01$ ), ajustando-se também ao modelo quadrático de regressão (Figura 41).

Em estudo com a batatinha cv. 'Atlantic' avaliando o acúmulo de S em duas safras, das águas e da seca, YORINORI (2003) verificou que o acúmulo máximo desse nutriente nas raízes, caules e folhas ocorreu no enchimento de tubérculos e, nos tubérculos, na maturação.

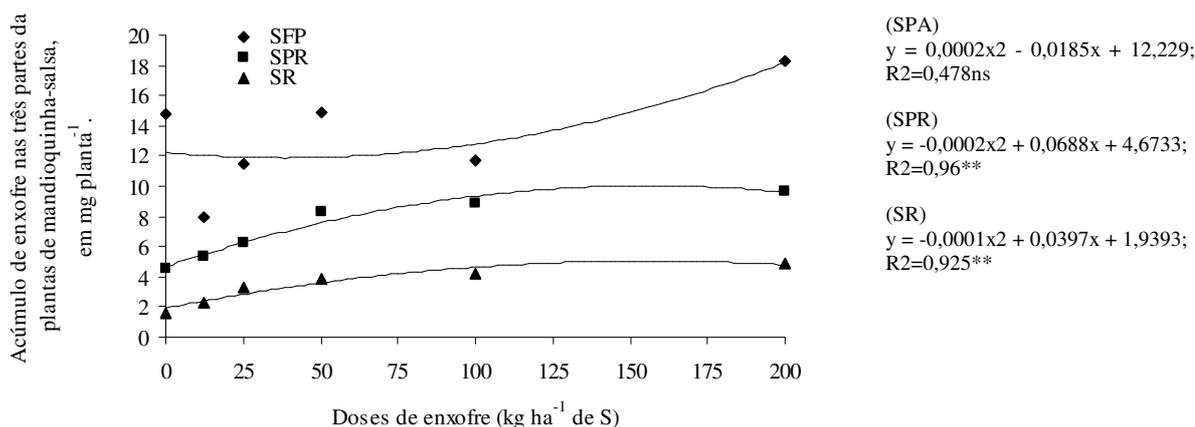
O S está diretamente relacionado ao metabolismo do N, sendo que as plantas bem supridas com estes nutrientes apresentam relação N/S no tecido vegetal de 12 a 15 N para 1 S. Isso se justifica pelo fato dos dois nutrientes estarem diretamente relacionados ao metabolismo de proteínas, e o N fazer parte de todos os aminoácidos das plantas em geral (VITTI & HEIRICHS, 2007). Além do S estar diretamente ligado ao metabolismo do N na formação de proteínas de qualidade, esse nutriente também é co-responsável pela maximização da fixação biológica do  $\text{N}_2$  atmosférico através de sua participação na ferredoxina, enzima geradora do  $\text{H}_2$  que, através da combinação com  $\text{N}_2$  do ar, forma a amônia ( $\text{NH}_3$ ) (VITTI & HEIRINCHS, 2007). MARTINS (2005), em estudo preliminar do levantamento de bactérias diazotróficas na cultura da mandioca-salsa, verificou diferença na presença dos tecidos das plantas de mandioca-salsa em função das duas variedades testadas. Na variedade Amarela de Carandaí foi observada presença nos seguintes órgãos: folhas+pecíolos, propágulos e raízes de absorção (raízes finas), já para variedade Amarela de

Senador Amaral a presença das bactérias foi observada nos propágulos e raízes de absorção, não sendo verificada nas folhas+pecíolos dessa variedade. Em ambas as variedades não houve presença das bactérias diazotróficas nas raízes comerciais (acumuladoras) em nenhum dos meio semi-sólidos. Sendo o nutriente enxofre importante também nesta função para as plantas de mandiоquinha-salsa.

A exportação de S na parte aérea pelas culturas da canola, da soja, do feijoeiro, do trevo vesiculoso e do trigo, com exceção da cultura do gergelim, aumentaram com a fertilização sulfatada, mesmo nas culturas que não apresentaram aumentos em produção de matéria seca (RHEINHEIMER et al., 2007). Segundo os autores, elevadas adições de enxofre no solo podem significar maior absorção pela planta, sem que ocorram correspondentes aumentos na produção de matéria seca.



**Figura 40.** Acúmulo de enxofre em folha+pecíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandiоquinha-salsa ( $mg\ planta^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $kg\ ha^{-1}$ ), aos 3 meses após plantio. Média de quatro repetições.



**Figura 41.** Acúmulo de enxofre em folha+pecíolo (MSFP), propágulo (MSPR) e raiz (MSR) da planta de mandiоquinha-salsa ( $mg\ planta^{-1}$ ), nos tratamentos com doses crescentes de S ( $kg\ ha^{-1}$ ), aos 5 meses após plantio. Média de quatro repetições.

Com estes resultados preliminares presumiu-se que a absorção de S pela mandiоquinha-salsa pode trazer benefícios na produção de massa seca das partes da planta. Porém, mais estudos devem ser realizados para efetivamente medir aumentos da quantidade de raízes comerciais em áreas de produção da cultura.

#### 4 CONCLUSÕES

A variedade Amarela de Senador Amaral respondeu à adubação sulfatada.

O acúmulo dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas + pecíolos foram crescentes em função das doses de enxofre.

As doses crescentes de enxofre aplicados nos tratamentos proporcionaram acúmulos crescentes de N, P e K nas partes da planta de mandioquinha-salsa.

O maior acúmulo de fósforo nas folhas+pecíolos foi verificado nas maiores doses de enxofre.

O acúmulo de enxofre nas plantas da variedade Amarela de Senador Amaral acompanhou o aumento das doses de enxofre aplicadas.

O maior acúmulo de enxofre nas plantas de mandioquinha-salsa decresceu na seguinte ordem folhas + pecíolos>propágulos>raízes aos três e cinco meses de ciclo.

O enxofre foi um elemento importante no acúmulo de massa e nutrientes e no desenvolvimento da mandioquinha-salsa.

A variedade Amarela de Senador Amaral foi mais resistente a baixas altitudes e temperaturas mais elevadas.

## CONCLUSÕES GERAIS

Houve competição entre as plantas utilizadas como adubos verdes e as plantas de mandioquinha-salsa consorciadas.

Os tratamentos com adubos verdes favoreceram o controle das plantas espontâneas até o fechamento do dossel das plantas de mandioquinha-salsa.

O consórcio entre as plantas de vegetação espontânea e as plantas de mandioquinha-salsa foi satisfatório em relação à cobertura do solo e a produção da mandioquinha-salsa.

A maior produção de matéria seca das plantas de mandioquinha-salsa em todos os tratamentos foi aos 12 meses de ciclo.

A produção de raízes comerciais de mandioquinha-salsa foi maior no tratamento convencional.

O consórcio entre aveia-preta + ervilhaca contribuiu para o maior teor de nitrogênio nas raízes de mandioquinha-salsa.

O estado nutricional das plantas de mandioquinha-salsa no consórcio com plantas de cobertura foi considerado normal.

As plantas de mandioquinha-salsa apresentaram menor desenvolvimento no tratamento sem aplicação de fósforo.

O fósforo é um nutriente limitante ao crescimento e desenvolvimentos das plantas de mandioquinha-salsa.

O potássio é o macronutriente mais exportado pelas plantas de mandioquinha-salsa.

O potássio influencia no desenvolvimento dos órgãos de reserva das plantas de mandioquinha-salsa.

O acúmulo de enxofre pelas plantas de mandioquinha-salsa pode ser um indicativo da resistência ao frio pela cultura e, a característica das variedades quanto à preceça mais forte ou mais suave do seu aroma e sabor.

A época de maior acúmulo dos nutrientes N, P, K e S nas plantas de mandioquinha-salsa foi aos 6-7 meses de ciclo da cultura.

O enxofre foi um elemento importante no acúmulo de massa e nutrientes e no desenvolvimento da mandioquinha-salsa.

A variedade Amarela de Senador Amaral respondeu a adubação sulfatada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

É de se considerar que nas condições deste trabalho o consórcio entre os adubos verdes e as plantas de mandioquinha-salsa não foi satisfatório para o aumento de produção, devido à competição gerada no sistema. Novos ensaios devem levar em consideração o manejo com as plantas de cobertura tanto em consórcio com espaçamentos diferenciados entre as plantas companheiras, como em trabalhos utilizando um pré-cultivo antecedendo o plantio definitivo da cultura de interesse agrícola.

Há de se considerar uma estratégia na mistura de espécies de adubos verdes em função das respectivas necessidades específicas da cultura principal, tanto no aspecto nutricional quanto em relação à taxa de crescimento. Tal como a finalidade para melhoria e/ou proteção do solo e efeito para o desenvolvimento da cultura econômica versus plantas espontâneas.

Deve-se considerar que o manejo da cobertura do solo na cultura da mandioquinha-salsa acarreta considerável aumento de produtividade, principalmente quando se usa cobertura morta com uma camada de cerca de 10 cm de altura.

Em relação ao fósforo observou-se que o fosfato de rocha apresentou melhores resultados quanto à produção de raízes comerciais. Indicando necessitar de novos trabalhos utilizando este recurso com plantio consecutivo, ou rotação de culturas, para um melhor aproveitamento do recurso energético, visando a sustentabilidade do agroecossistema.

Quanto ao enxofre é interessante que novos trabalhos sejam desenvolvidos tanto em casa-de-vegetação quanto principalmente a campo. Para poder avaliar o suprimento do S na produção da cultura da mandioquinha-salsa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Infectivity and effectiveness of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi: effect of inoculation type. **Australian Journal Agriculture Research**, v.32, p.631-639, 1981.
- ABBOTT, L.K.; GAZEY, C. An ecological view of the formation of VA mycorrhizas. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.159, p.69-78, 1994.
- AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.157-165, 2001.
- ALLEN, M.F. The ecology of arbuscular mycorrhizas: a look back into the 20 th century and a peek into the 21 st. **Micological Research**, Cambridge, v.100, n.7, p.769-782, 1996.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 110p.
- ALVAREZ, J.W R. **Disponibilidade e resposta de culturas ao enxofre em solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre-RS, UFRGS. 2004. 84f. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo Universidade Federal de Santa Maria, 2004.
- ANDRADE, L.A. de B.; ABRAHÃO, J.T.M.; GODOY, O.P. Efeitos de incorporação de *Crotalaria juncea* L. sobre cana-de-açúcar. I. Efeito no desenvolvimento inicial. **STAB**, Piracicaba, v.2, n.3, p.40-43, 1984.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.867-874, 2000.
- BARRADAS, C.A.A.; FREIRE, L.R.; ALMEIDA, D.L. de; DE-POLLI, H. Comportamento de adubos verdes de inverno na região serrana fluminense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.12, p.1461-1468, 2001.
- BENNETT, M.A.; CREAMER, N.G. Evaluation of cover crop mixtures for use in vegetable production systems. **HortScience**, v.32, n.5, p.866-870, 1997.
- BISSANI, C.A. **Disponibilidade de S para as plantas em solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre-RG, UFRGS. 1985. 198f. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo.
- BORERT, C.M.; GAUDÊNCIO, C.de A.; PEREIRA, J.E.; PEREIRA, L.R.; JUNIOR, A.de O. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.1, p.143-153, 2003.
- BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.897-903, 2000.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANE, E.A.; WILDNER, L. do P.; COSTA, M.B.B. da; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, J.T. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B. da (Coord.) **Adubação verde no sul do Brasil**. 2ª edição. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.

CÂMARA, F.L.A. **Estudo de tecnologias objetivando precocidade de produção de batata-baroa** (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Viçosa-MG, UFV, 1984. 54p. Dissertação de Mestrado.

CÂMARA, F.L.A.; MAFFIA, L.M.; CASALI, V.W.D. Curva de crescimento e utilização da mandioca-salsa na alimentação. **Horticultura Brasileira**, v.3, p.29-33, 1985.

CÂMARA, F.L.A. **Sintomatologia de carências de macronutrientes e boro em mandioca-salsa** (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 1990. 66p. Tese de Doutorado.

CASALI, V.W.D.; SEDIYAMA, M.A.N. Origem e botânica da mandioca-salsa. In: Mandioca-salsa: Alimento energético. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.190, p.13-14, 1997.

CASTRO, C.R.T. de & GARCIA, R. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n.1, p.167-174, 1996.

CHAVES, A.P. Estado da arte em tecnologia mineral no Brasil. **CTMineral, Secretária Técnica do Fundo Setorial Mineral**. Rio de Janeiro, 2002. 178p.

CHAVES, A.P. & OBA, C.A.I. Coletânea fertilizantes VI: Críticas ao modelo brasileiro de fertilizantes fosfatados de alta solubilidade. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004. 25p. (**Série Estudos e Documentos**, 63)

CHITOLINA, J.C.; PRATA, F.; SILVA, F.C. da; MURAOKA, T.; VITTI, A.C. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de solo para análise de fertilidade. In: SILVA, F.C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, p. 12-48, 1999.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (2. Ed.) 1997. 212p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

DECHEN, A.R.; NAVA, G.; BATAGLIA, O.C. Métodos de avaliação do estado nutricional das plantas para nitrogênio e enxofre. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.e; VITTI, G.C. Simpósio sobre nitrogênio e enxofre na Agricultura Brasileira (2006: Piracicaba, SP) **Anais do Simpósio sobre Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**, Piracicaba, INPI Brasil, p.251-275, 2007.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Nitrogênio e enxofre: uma história de dois nutrientes. In: EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina: Editora Planta, p.167-208. 2006.

ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.de. **Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 1997. 20p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 42).

FERNANDES, M.F.; BARRETO, A.C.; EMÍDIO FILHO, J. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.9, p1593-1600, 1999.

FERREIRA, A.G. & AQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. (Edição especial), v.12, p.175-204, 2000.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of the British Mycological Society**, v.46, p.235-246, 1963.

GILLER, K.E.; ORMESHER, J.; AWAH, F.M. Nitrogen transfer from Phaseolus bean to intercropped maize measured using <sup>15</sup>N-enrichment and <sup>15</sup>N-isotope dilution methods. **Soil Biology Biochemistry**, v.23, p.339-346, 1991.

GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **The New Phytologist**, v.94, p.489-500, 1980.

GLIESSMAN, S.R. Interações de espécies em comunidades de culturas. In: GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, p.411-435, 2001.

GOH, T.B.; BANERGLE, M.R.; BURTON, D.L. Vesicular arbuscular mycorrhizae-mediated uptake and translocation of P and Zn by wheat in calcareous soil. **Canadian Journal of Plant Science**, v.77, p.339-346, 1997.

GOUVEIA, R.F.de; ALMEIDA, D.J. Avaliação das características agrônômicas de sete adubos verdes de inverno no município de Paty de Alferes (RJ). Embrapa-CNPAB, **Comunicado Técnico**, n° 20, p.1-7, 1997.

GRACE, C.; STRIBLEY, D.P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, Cambridge, v.95, n.10, p.1160-1162, 1991.

GRANATE, M.J.; SEDIYAMA, M.A.N.; PINTO, F.deS.A.; SINVAL, W.N.; MASCARENHAS, M.H.T.; PÁDUA, J.G.de; PUIATTI, M.; SILVA, D.J.H.da. Seleção de clones precoces e produtivos de mandioquinha-salsa para quatro regiões de Minas Gerais. **Revista da Associação Brasileira de Horticultura** (Journal of the Brazilian Association for Horticultural Science). In: XLVI Congresso Brasileiro de Olericultura, v.24, n.1, Julho 2006, 4p. Suplemento CD Rom

HEINRICH, R.; AITA, C.; AMADO, T.J.C.; FANCELLI, A.L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p.331-340, 2001.

HICORE, R.; GALLO, J.R. Efeito do S na produção da soja. **Bragantia**, Campinas, v.31, p. 11-12, 1972.

HOROWITZ, N. & MEURER, E.J. Eficiência agronômica dos fosfatos naturais. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S. e. **Anais do Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, p.665-687, 2004.

ISHAC, Y.Z.; EL-HADDAD, M.E.; ELDEMERDASH, M.E. Effect of seed inoculation, mycorrhizal infection and organic amendment on wheat growth. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.90, p.373-382, 1986.

KAMINSKI, J. & PERUZZO, G. Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 31p. (**Boletim Técnico**).

KIBUUKA, G.K.; MAZZARI, M.R. Isolamento, caracterização físico-química e perspectivas industriais de amido de batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft Syn.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 21, 1981, Campinas. **Programa e resumos...** Campinas: Sociedade de Olericultura do Brasil, 1981. p.34.

KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, v.92, p.486-488, 1989.

KUO, S.; SAINJU, U.M.; JELLUM, E.J. Winter cover crop effect on soil organic carbon and carbohydrate in soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.61, p.145-174, 1997.

LAMBAIS, M.R.; CARDOSO, E.J.B.N. Response of *Stylosanthes guianensis* to endomycorrhizal fungi inoculation as affected by lime and phosphorus applications. **Plant Soil**, v.129, p.283-289, 1990.

LIMA, L.A.; ZANIN, A.C.W.; MISCHAN, M.M. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes por plantas de mandioca-salsa colhida dos nove aos doze meses de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.3, n.1, p.76, 1985.

LOPES, A.S. **Solos sob “Cerrado”**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: POTAFOS, 1983. 162p.

LOPES, A.S.; SILVA, C.A.P. da; BASTOS, A.R.R. Reservas de fosfatos e produção de fertilizantes fosfatados no Brasil e no mundo. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S. e. **Anais do Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, p.13-34, 2004.

MALAVOLTA, E. **Potássio, Mg e S nos solos e culturas brasileiras**. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, 1979. 92p. (**Boletim Técnico**, 4).

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3ª ed. São Paulo: CERES, 1981. 596p.

MALAVOLTA, E. Efeitos de doses e fontes de enxofre em culturas de interesse econômico. I- Capim colômbio. II- Colza. III- Sorgo Sacarino. Centro de Pesquisa e promoção de Sulfato de Amônio. São Paulo, 1984. 60 p. (**Boletim Técnico**, 3).

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 2 ed. v.1, p.97-114, 1985.

MALAVOLTA, E. Enxofre: o elo que pode faltar – o enxofre é exigido pelas plantas. **Arquivo do Agrônomo**, n.10, 1996. 24p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações**. (2.Ed.), Piracicaba, POTAFOS, p.56-114, 1997.

MALAVOLTA, E. O fósforo na planta e interações com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. S.R.e. Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira (2003: São Pedro, SP), **Anais do Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira**, Piracicaba: POTAFOS, p.35-105, 2004.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2<sup>nd</sup> Edition, San Diego: Academic Press, 1997. 889p.

MARTINS, C.A.C. **Fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioquinha-salsa**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 2005. 99p. Dissertação de Mestrado.

MELAMED, R.; GASPAR, J.C.; MIEKELEY, N. Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. 24p. (**Série Estudos e Documentos**, 72)

MELLO, F. de A.F. de; BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETTO, A.C.; KIEHL, J. de C. O enxofre no solo. In: MELLO, F. de A.F. de; BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETTO, A.C.; KIEHL, J. de C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, p.315-335, 1983.

MESQUITA FILHO M.V.; SOUZA, A.F.; SILVA, H.R.; SANTOS, F.F.; OLIVEIRA, S.A. Adubação nitrogenada e fosfatada para a produção comercializável de mandioquinha-salsa em Latossolo vermelho-amarelo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.2, p.211-215, 1996.

MILLÉO, M.V.R; DONI FILHO, L. Marcha de absorção de enxofre por plantas de canola. **Scientia Agrária**, Brasília, v.2 p.25-30, 2001.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O.A. de; CAVALERI, P.A.; GODOY, I.J. de; WERNER, J.C.; CURI, S.M.; LOMBARDI NETO, F.; MEDINA, J.C.; CERVellini, C.S.; BULISANI, E.A. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo**. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo. Campinas, 1984. Parte 1, p.1-109.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: Editora UFLA, p.473-578, 2002b.

MOSSE, B. Mycorrhiza in a sustainable agriculture. **Biological Agriculture Horticultural**, Oxon, v.3, p.191-209, 1986.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. Teores de nutrientes na folha e nos grãos de aveia-preta em função da adubação com fósforo e potássio. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.3, p.441-445, 2005.

NASCIMENTO, J.A.L.; MORELLI, M. Enxofre em solos do Rio Grande do Sul. I. Formas no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.4, p.131-135, 1980.

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

OLIVEIRA, E.Q. de; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z. de; BARROS JÚNIOR, A.P. Cultivo consorciado com hortaliças no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, 2004.

OLIVEIRA JUNIOR, A.de; PROCHNOW, L.I.; KLEPKER, D. Eficiência agronômica de fosfato natural reativo na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.5, p.623-631, 2008.

ORTIZ, C.A., ORENCO-SANTIAGO, E., ACIN, N.M. Dry weight accumulation and nutrient uptake by arracacha grown under controlled conditions. San Juan: University of Puerto Rico, 1998. 9p. Referência obtida via base de dados: **Embrapa/CNP HHortaliças**, 2000.

OSORIO FILHO, B.D. **Dinâmica do enxofre no sistema solo e resposta das culturas à adubação sulfatada**. Santa Maria-RS, UFSM. 2006. 76f. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo.

PARK, E.S.; BENJAMIN, R.L.; WATKINSON, A.R. The theory and application of plant competition models: na agronomic perspective. **Ecology**. v.82, n.9, p.2525-2535, 2001.

PARK, E.S.; BENJAMIN, R.L.; WATKINSON, A.R. The theory and application of plant competition models: na agronomic. **Annals of Botany**. v.92, p.741-748, 2003.

PEREIRA, A.S. O valor nutritivo da mandioquinha-salsa. In: ENCONTRO NACIONAL DE MANDIOQUINHA-SALSA, 5., 1995, Venda Nova do Imigrante. **Palestras e trabalhos técnicos...** Venda Nova do Imigrante: SOB, p.14-16, 1995.

PEREIRA, A.S. Valor nutritivo da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.190, p.11-12, 1997.

PIRES, T. da C.R. **Identificação e caracterização de enzimas amilolíticas de mandioquinha-salsa** (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Campinas: USP, 2002. 87p. (Dissertação de Mestrado).

PORTO, D.R.Q.; CECÍLIO FILHO, A.B.; REZENDE, B.L.A.; BARROS JÚNIOR, A.P. Evolução da pesquisa científica sobre o cultivo consorciado de hortaliças, no Brasil. **Revista da Associação Brasileira de Horticultura** (Journal of the Brazilian Association for Horticultural Science). In: XLVI Congresso Brasileiro de Olericultura, v.24, n.1, Julho 2006, 4p. Suplemento CD Rom

PORTZ, A. **Determinação de parâmetros nutricionais e produtivos da cultura de mandioquinha-salsa em Nova Friburgo-RJ.** Seropédica-RJ, UFRRJ, 2001. 99p. Dissertação de Mestrado.

PORTZ, A.; MARTINS, C.A.C.; LIMA, E. Crescimento e produção de raízes comercializáveis de mandioquinha-salsa em resposta à aplicação de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.3, p.485-488, 2003.

PORTZ, A. **Produção de clones de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthohirra* Bancroft) em diferentes manejos de fertilizantes.** Seropédica-RJ, UFRRJ. 2005. 118f. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo.

PRETTY, K.M. O potássio e a qualidade da produção agrícola. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R. **Potássio na agricultura brasileira: anais.** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa. Londrina, Fundação IAPAR, p.177-194, 1982.

RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T.; CARMELLO, Q.A.C. A adubação fosfatada no Estado de São Paulo. In: OLIVEIRA, A.J. de. **Adubação fosfatada no Brasil**, Brasília, p.103-136, 1982.

RAIJ, B. van. Macronutrientes secundários. In: RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** São Paulo, Piracicaba: Ceres, Potafos, p.219-226, 1991.

RAIJ, B. van; BATAGLIA, O.C. Análises de laboratório. In: OLIVEIRA, A.J. de; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D. de; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo.** Brasília: EMBRAPA-SEA, p.81-101, 1991.

RAIJ, B. van. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. e. **Anais do Simpósio sobre fósforo na agricultura brasileira.** Piracicaba: POTAFOS, p.107-115, 2004.

REIN, T.A.; SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Eficiência agrônômica do fosfato natural Carolina do Norte em solo de cerrado. Reunião Brasileira de Fertilidade do solo e Nutrição de Plantas. 21. 1994. Petrolina, PE. **Fertilizantes: insumo básico para agricultura e combate à fome – Anais do Simpósio.** Petrolina PE: Embrapa-CPATSA/SBCS. 1995. 273p.

RHEINHEIMER, D. dos S.; RASCHE, J.W.A.; OSORIO FILHO, B.D. Resposta à aplicação e recuperação de enxofre em cultivos de casa de vegetação em solos com diferentes teores de argila e material orgânica. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.37, n.2, p.363-371, 2007.

RICE, E.L. **Allelopathy.** (2nd ed.) New York, Academic Press. 1984. 422p.

RUNGE-METZGER, A. Closing the cycle: obstacles to efficient P management for improved global food security. In: TIESSEN, H. (Ed.) **Phosphorus in the Global Environment.** Wiley, New York, p.27-42, 1995.

SAGGIN JÚNIOR, O.J.; LOVATO, P.E. Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIM, V.; FURTIM NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. **Inter-Relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Soc. Bras. de Ciên. do Solo, Universidade Federal de Lavras, Depart. de Ciên. do Solo, Lavras-MG, p.725-773, 1999.

SANTOS, F.F. dos. Características sócio-econômicas no processo de produção de mandioquinha-salsa no Brasil. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.11, n.1, p.95, 1993. (Resumo).

SANTOS, F.F. dos; PEREIRA, A.S. Características nutricionais de clones de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOT CROPS, 10, 1994, Salvador. **Abstracts...** Salvador: ISTRC, 1994. p.12.

SANTOS, F.F. dos; CÂMARA, F.L.A. **O cultivo da mandioquinha-salsa *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft**. Botucatu: UNESP-CERAT/Brasília: EMBRAPA-CNPB, 1995. 13p. (Série Raízes, 1).

SANTOS, F.F. dos; CARMO, C.A.S. do. **Mandioquinha-salsa: Manejo cultural**. Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa-CNPB, 1998. 79p.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 1991. 371p.

SILVA, J.R.da; NORMANHA, E.S. Cultura da mandioquinha-salsa ou batata-baroa. **O Agrônomo**, Campinas, v.15, n.11/12, p.11-19, 1963.

SILVA, D.J.; ALVAREZ V., V.H.; RUIZ, H.A. Fluxo de massa e difusão de enxofre para raízes de milho em solos ácidos de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.109-114, 1998.

SILVA, F.C. da; RAIJ, B. van. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.267-288, 1999.

SILVA, R.P.da; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N.T.V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* DEG). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v.23, n.2, p.377-381, 2001.

SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, p.1499-1506, 1989.

SOUZA, E.C.A.de. Uso agrônomo do fosfato natural. 2ª ed., **Revista Jaboticabal**, Funep, 1997. 47p.

STAUFFER, M.D.; SULEWSKI, G. Fósforo essencial para a vida. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. S.R.e. Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira (2003: São Pedro, SP), **Anais do Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira**, Piracicaba: POTAFOS, p.1-12, 2004.

ST. JOHN, T.V.; COLEMAN, D.C.; REID, C.P.P. Association of vesicular-arbuscular mycorrhizal hyphae with soil organic particles. **Ecology**, Washington, v.64, p.957-959, 1983.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Nutrição mineral. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, p.95-113, 2004.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. **Boletim Técnico/UFRGS**, Porto Alegre. Departamento de solos, UFRGS, (2.Ed.), n.5, 1995. 174p.

THEISEN, G.; VIDAL, R.A. Efeito da cobertura do solo sobre a mortalidade de sementes de capim-marmelada em duas profundidades no solo. **Planta Daninha**, v. 17, n.3, 1999.

TISDALE, S.L.; BEATON, J.D.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers**. 4 ed. New York: Mac Millan, 1985. 754p.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.609-618, 2005.

VIEIRA, M.C. **Avaliação do crescimento e da produção de clones e efeito de resíduo orgânico e de fósforo em mandioquinha-salsa no Estado do Mato Grosso do Sul**. Viçosa: UFV. 146f. 1995. (Tese doutorado).

VIEIRA, M. do C. & CASALI, V.W.D. Adaptação da cultura da mandioquinha-salsa à adubação orgânica. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.190, p.40-42, 1997.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), p.299-325, 2006.

VITTI, G.C.; HEIRINCHS, R. Formas tradicionais e alternativas de obtenção e utilização do nitrogênio e do enxofre: uma visão holística. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.e; VITTI, G.C. Simpósio sobre nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira (2006: Piracicaba, SP) **Anais do Simpósio sobre Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**, Piracicaba, INPI Brasil, p.109-160, 2007.

WOLFFENBÜTTEL, R.; TEDESCO, M.J. Disponibilidade de S para alfafa em oito solos do Rio Grande do Sul e sua relação com parâmetros do solo. **Agronomia Sulriograndense**. Porto Alegre, v.17, p.357-376, 1981.

YORINORI, G.T. **Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura da batata cv. 'Atlantic'**. Piracicaba-SP, ESALQ. 2003. 66f. Dissertação de Mestrado.

ZANIN, A.C.W., GOLDONI, J.S., LIMA, L.A. Análise química e composição centesimal de raízes de quatro clones de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Banc.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 24, 1984, Jaboticabal. **Resumos...** Jaboticabal: Sociedade de Olericultura do Brasil. 1984. p.180.

ZANINE, A. de M. & SANTOS, E.M. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.11, n.1, p.10-30, 2004.

ZÁRATE, N.A.H.; VIEIRA, M.C.; PONTIM, B.C.A.; FIGUEIREDO, P.G.; QUEVEDO, L.F.; ALMEIDA, S.O. Produção e renda bruta de mandioquinha-salsa, solteira e consorciada com cenoura e coentro. **Revista da Associação Brasileira de Horticultura** (Journal of the Brazilian Association for Horticultural Science). In: XLVI Congresso Brasileiro de Olericultura, v.24, n.1, Julho 2006, 4p. Suplemento CD Rom

ZOTARELLI, L. **Balço de nitrogênio na rotação de culturas em sistemas de plantio direto e convencional na região de Londrina-PR**. 2000. 134p. Dissertação - Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.