



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA-POSAGRO

MARINA KEIKO WELTER

DOSES DE PÓ DE BASALTO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE
FRUTEIRAS NATIVAS DA AMAZÔNIA

BOA VISTA
RORAIMA - BRASIL
2010

MARINA KEIKO WELTER

DOSES DE PÓ DE BASALTO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE FRUTEIRAS NATIVAS DA AMAZÔNIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo.

Boa Vista
Roraima - Brasil
2010

**Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Roraima**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

W464d Welter, Marina Keiko.
Doses de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de fruteiras nativas da Amazônia / Marina Keiko Welter. – Boa Vista, 2010.
152 f.: il.
Orientador: Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

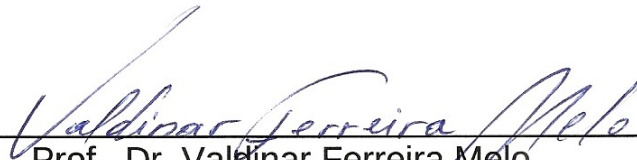
1 – Rochagem. 2 – Camu-Camu. 3 – Açaí. 4 – Murici. I - Título. II – Melo, Valdinar Ferreira (orientador).

CDU – 634.1

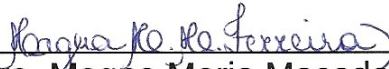
Doses de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de fruteiras nativas da Amazônia

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

Aprovada: 02 de agosto de 2010




Prof. Dr. Valdirar Ferreira Melo
Orientador – UFRR



Profa. Dra. Magna Maria Macedo Ferreira
UFRR



Profa. Dra. Sandra Cátia Pereira Uchôa
UFRR



Pesquisador Dr. Edvan Alves Chagas
Embrapa Roraima

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais, Lauro e Alice.

À meu irmão Maurício.

À meu namorado Miguel.

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelas conquistas concedidas, tornando-me confiante após mais uma etapa superada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal da Universidade Federal de Roraima, pela formação e firmeza da vida acadêmica.

À Universidade Federal de Roraima e EMBRAPA Roraima, por me acolherem em mais uma jornada da minha vida acadêmica.

Ao Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo, pela orientação e amizade, contribuindo para meu aprendizado e amadurecimento. A Prof^a. Dr^a. Sandra Cátia Pereira Uchôa, pelo incentivo, confiança e contribuição na execução deste trabalho. Ao Prof. Dr. Frank James Araújo Pinheiro, pela paciência e imensurável colaboração com o programa Sigma Plot 11.0.

Aos técnicos do Laboratório de Nutrição de Plantas da UFV, Domingos Sávio da Silva e Itamar Duarte Santos, e à técnica do Laboratório de Fertilidade da UFRR, Semiramys Moreira, pela grande colaboração e amizade.

À minha família, pela educação, carinho, amizade, paciência e motivação na minha formação profissional.

Ao meu amado e amigo namorado Miguel Torres Chang, por sua compreensão e motivação as quais foram muito importantes para a consolidação deste trabalho.

Aos Professores Magna Maria Macedo Ferreira e Edvan Alves Chagas, pelas importantes contribuições.

A todos os professores do programa de Mestrado, pelo conhecimento passado e grandioso incentivo.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

A todos os meus colegas do mestrado, bolsistas, servidores, ajudantes de campo e alunos do curso de Agronomia, pelo inestimável apoio e convívio.

BIOGRAFIA

MARINA KEIKO WELTER, filha de Lauro Aloisio Welter e Alice Taeko Yassue Welter, nasceu em 18 de setembro de 1984, na cidade de Boa Vista, estado de Roraima.

Concluiu o segundo grau na Escola Estadual Gonçalves Dias, no ano de 2002, na cidade de Boa Vista, Estado de Roraima.

Ingressou no Curso de Agronomia na Universidade Federal de Roraima – UFRR no ano de 2003. Foi bolsista do Programa de Iniciação Científica Institucional (PICI/UFRR) no ano de 2005 e concluiu o curso no ano de 2007.

Ingressou no curso de especialização em Agroambiente, em setembro de 2006, na Universidade Federal de Roraima- UFRR, concluindo-o em fevereiro de 2008.

Em março de 2008, iniciou o curso de mestrado em Agronomia, do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, na Universidade Federal de Roraima-UFRR.

WELTER, Marina Keiko. **Doses de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de fruteiras nativas da Amazônia**. 2010. 152 p. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2010.

RESUMO

O incentivo à produção de mudas de fruteiras nativas é um importante passo para a preservação das espécies, para sua exploração comercial sustentável, gerando emprego e renda para a população local. A utilização de fertilizantes alternativos como pó de basalto, propicia a obtenção de um substrato com maior fertilidade, pois é rico em macro e micronutrientes, sendo que a liberação gradativa dos nutrientes reduz os custos com mão-de-obra e com a reposição de adubação. Com o objetivo de estudar o desenvolvimento inicial de mudas de fruteiras nativas, em função de doses de pó de basalto, conduziu-se o presente trabalho no Campo Experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima, em Casa de Vegetação. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 5 repetições em esquema fatorial ($5 \times 2 + 1$), sendo 5 doses de pó de basalto (0,42, 1,04, 2,08, 4,17 e 8,33 g kg⁻¹), 2 granulometrias (0,05 e 0,10 mm) e uma testemunha. Foram usados vasos de polietileno com capacidade de 14 kg, preenchido com substrato composto por 20% de vermicomposto e 80% de um Latossolo Amarelo Distrófico. Utilizou-se dose padrão 1,04 g kg⁻¹ de pó de granito e 0,058 g kg⁻¹ de superfosfato triplo como fontes de K e P, respectivamente. A incubação do substrato dos vasos teve duração de 120 dias e após esse período fez-se o transplante das plântulas de açaí, camu-camu e murici. Determinou-se os teores e conteúdos de nutrientes foliares, a altura, o diâmetro do coleto, o número de ramos e de folhas, a biomassa seca da parte aérea e de raízes, e os índices morfológicos das mudas. Concluiu-se que o pó de basalto com granulometria 0,05mm proporcionou maiores teores de Ca, Mg, Fe e Zn, melhor capacidade de troca catiônica, menor acidez potencial, acidez trocável e saturação por Al⁺³ no substrato. No geral, mudas de açaí e camu-camu submetidas às doses com granulometria de 0,05 mm apresentaram melhor crescimento e as mudas de murici de melhor qualidade foram obtidas nas doses com granulometria mais grossa.

Palavras-chave: Fertilizante alternativo, açaí, camu-camu, murici, rochagem

WELTER, Marina Keiko. Doses of powder basalt in the initial development of seedlings of native fruits of the Amazon. 2010. 152 p. Master's Degree Dissertation in Agronomy – Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2010.

ABSTRACT

The incentive to produce seedlings of native fruits is an important step towards the preservation of species, for their commercial development, generating employment and income for local people. The use of alternative fertilizers such as powdered basalt, allows obtaining a substrate with higher fertility, it is rich in macro and micronutrients, and the slow release of nutrients reduces the cost of manpower and the replacement of fertilization. With the aim of studying the early development of seedlings of native fruit trees to different levels of powdered basalt, we conducted this study at the Experimental Center of Agrarian Sciences, Federal University of Roraima, in a greenhouse. The experimental design was randomized blocks with five replications in a factorial (5x2 +1), 5 doses of basalt powder (0.42, 1.04, 2.08, 4.17 and 8.33 g kg⁻¹), two particle sizes (0.05 and 0.10 mm) and a witness. Vessels were used polyethylene with a capacity of 14 kg, filled with substrate composed of 20% of a Latosol Typic Dystrophic and 80% of vermicompost. We used standard dose 1.04 g kg⁻¹ of granite powder and 0.058 g kg⁻¹ of superphosphate as sources of P and K, respectively. The substrate incubation vessel lasted 120 days and thereafter became the transplant seedlings Açaí, Camu-camu and Murici. It was determined the contents and leaf nutrient, height, diameter, number of branches and leaves, the dry matter of shoots and roots, and morphological indices of seedlings. It was concluded that the basalt powder with particle size 0.05 mm resulted in higher levels of Ca, Mg, Fe and Zn, the better cation exchange capacity, lower potential acidity, exchangeable acidity and Al⁺³ saturation in the substrate. Overall, seedlings of Açaí and Camu-camu subjected to doses with size 0.05 mm showed better growth, seedling Murici of better quality were obtained at doses with coarser grain size.

Key-words: Alternative fertilizer, açaí, camu-camu, murici, stonemeal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 PÓ DE ROCHA	3
2.2. A PRODUÇÃO DE MUDAS	7
2.3. AÇAÍ	8
2.4. CAMU-CAMU	8
2.5 MURICI	9
3. CAPÍTULO 1 – EFEITO DE DOSES DE PÓ DE BASALTO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE AÇAÍ (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.)	
3.1. RESUMO	11
3.2. INTRODUÇÃO.....	13
3.3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.3.1 Processamento dos frutos.....	16
3.3.2 Processamento da rocha	17
3.3.3 Delineamento Experimental do ensaio	18
3.3.4 Descrição dos Tratamentos	18
3.3.5 Descrição das parcelas	19
3.3.6 Descrição das Variáveis.....	20
3.3.7 Análise Estatística	22
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
3.4.1 Avaliação das características químicas e físico-químicas do substrato	23
3.4.2 Avaliação das características de crescimento	30
3.4.3 Avaliação da concentração e conteúdo de nutrientes	34
3.4.4 Índices morfológicos.....	43
3.5. CONCLUSÕES	47
4. CAPÍTULO 2 - EFEITO DE DOSES DE PÓ DE BASALTO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE CAMU-CAMU (<i>Myrciaria dubia</i> H.B.K. McVaugh)	
4.1. RESUMO e ABSTRACT.....	48

4.2. INTRODUÇÃO.....	50
4.3. MATERIAL E MÉTODOS	52
4.3.1 Processamento dos frutos.....	52
4.3.2 Processamento da rocha	53
4.3.3 Delineamento Experimental do ensaio	54
4.3.4 Descrição dos Tratamentos	54
4.3.5 Descrição das parcelas	55
4.3.6 Descrição das Variáveis	56
4.3.7 Análise Estatística	57
4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4.4.1 Avaliação das características químicas e físico-químicas do substrato	58
4.4.2 Avaliação das características de crescimento	65
4.4.3 Avaliação da concentração e conteúdo de nutrientes	69
4.4.4 Índices morfológicos.....	77
4.5. CONCLUSÕES	81

5. CAPÍTULO 3 – EFEITO DE DOSES DE PÓ DE BASALTO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE MURICI [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.]

5.1. RESUMO	82
5.2. INTRODUÇÃO.....	84
5.3. MATERIAL E MÉTODOS	87
5.3.1 Processamento dos frutos.....	87
5.3.2 Processamento da rocha	88
5.3.3 Delineamento Experimental do ensaio	89
5.3.4 Descrição dos Tratamentos	89
5.3.5 Descrição das parcelas	90
5.3.6 Descrição das Variáveis	91
5.3.7 Análise Estatística	92
5.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
5.4.1 Avaliação das características químicas e físico-químicas do substrato	93
5.4.2 Avaliação das características de crescimento	100
5.4.3 Avaliação da concentração e conteúdo de nutrientes	104
5.4.4 Índices morfológicos.....	110

5.5. CONCLUSÕES	113
6. CONCLUSÕES GERAIS	114
REFERÊNCIAS	115
APÊNDICES	125
APÊNDICE A - Classes de interpretação de fertilidade do solo para macronutrientes, micronutrientes e complexo de troca catiônica	126
APÊNDICE B - Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo disponível (P) de acordo com o teor de argila do solo e para o potássio disponível (K)	126
APÊNDICE C - Classes de interpretação para a acidez ativa do solo (pH*)	127
APÊNDICE D - Teores foliares de macro e micronutrientes considerados adequados para pupunheira (análises de folhas)	127
APÊNDICE E - Classes de interpretação dos teores foliares para macronutrientes e micronutrientes (NOVAIS et al., 2007)	128
APÊNDICE F - Classes de interpretação dos teores foliares para macronutrientes e micronutrientes	128
ANEXOS	129
ANEXO A - Equações de regressão e coeficiente de determinação (R^2) dos nutrientes do substrato nas granulometrias 0,05 e 0,10mm, avaliadas aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias	130
ANEXO B - Equações de regressão e coeficiente de determinação (R^2) das características químicas e físico-químicas do substrato nas granulometrias 0,05 mm, avaliadas aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias	131
ANEXO C - Equações de regressão e coeficiente de determinação (R^2) das características químicas e físico-químicas do substrato nas granulometrias 0,10 mm, avaliadas aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias	132

LISTA DE TABELAS**RELAÇÃO DE TABELAS CAPÍTULO 1**

TABELA 3.1	Teores de elementos traço* em amostras de pó de rocha e de pó de granito. Valores médios \pm desvio padrão (n=3).....	17
TABELA 3.2	Características químicas, carbono orgânico (CO) e relação C/N do vermicomposto.....	18
TABELA 3.3	Características químicas e textural do solo antes da instalação do experimento	18
TABELA 3.4	Descrição dos tratamentos compostos pela combinação entre granulometrias e doses de pó de rocha	19
TABELA 3.5	Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento de mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	30
TABELA 3.6	Médias estimadas das variáveis de crescimento de mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	31
TABELA 3.7	Resumo da análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes das mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	35
TABELA 3.8	Médias estimadas dos teores foliares de macro e micronutrientes das mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	35
TABELA 3.9	Resumo da análise de variância dos conteúdos foliares de macro e micronutrientes das mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	40

TABELA 3.10	Médias estimadas dos conteúdos foliares de macro e micronutrientes das mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	40
TABELA 3.11	Resumo da análise de variância dos índices morfológicos das mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	43
TABELA 3.12	Médias estimadas do índice morfológico BSPA/BSR de mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	44

RELAÇÃO DE TABELAS CAPÍTULO 2

TABELA 4.1	Teores de elementos traço* em amostras de pó de rocha e de pó de granito. Valores médios \pm desvio padrão (n=3).....	53
TABELA 4.2	Características químicas, carbono orgânico (CO) e relação C/N do vermicomposto.....	54
TABELA 4.3	Características químicas e textural do solo antes da instalação do experimento	54
TABELA 4.4	Descrição dos tratamentos compostos pela combinação entre granulometrias e doses de pó de rocha	55
TABELA 4.5	Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento de mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	65
TABELA 4.6	Médias estimadas das variáveis de crescimento de mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	66
TABELA 4.7	Resumo da análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes das mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	69

TABELA 4.8	Médias estimadas dos teores foliares de P e Fe das mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	72
TABELA 4.9	Resumo da análise de variância dos conteúdos foliares de macro e micronutrientes das mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	73
TABELA 4.10	Médias estimadas dos conteúdos foliares de macro e micronutrientes das mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	74
TABELA 4.11	Resumo da análise de variância dos índices morfológicos das mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	77
TABELA 4.12	Médias estimadas dos índices morfológicos de mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10mm	78

RELAÇÃO DE TABELAS CAPÍTULO 3

TABELA 5.1	Teores de elementos traço* em amostras de pó de rocha e de pó de granito. Valores médios \pm desvio padrão (n=3).....	88
TABELA 5.2	Características químicas*, carbono orgânico (CO) e relação C/N do vermicomposto.....	89
TABELA 5.3	Características químicas e textural do solo antes da instalação do experimento	89
TABELA 5.4	Descrição dos tratamentos compostos pela combinação entre granulometrias e doses de pó de rocha	90
TABELA 5.5	Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento de mudas de murici submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10mm	101

TABELA 5.6	Médias estimadas das variáveis de crescimento de mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	101
TABELA 5.7	Resumo da análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes de mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	104
TABELA 5.8	Média estimada do teor de Mg de mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	105
TABELA 5.9	Resumo da análise de variância dos conteúdos foliares de macro e micronutrientes de mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10mm	107
TABELA 5.10	Média estimada do conteúdo de Mg de mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10mm	108
TABELA 5.11	Resumo da análise de variância dos índices morfológicos das mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	110
TABELA 5.12	Médias estimadas dos índices morfológicos de mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm	111

LISTA DE FIGURAS

RELAÇÃO DE FIGURAS CAPÍTULO 1

- FIGURA 3.1** Valores de Ca (A e B), Mg (C e D) e K trocáveis (E e F) e P disponível no substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometrias (G e H) 0,05mm e 0,10mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias 24
- FIGURA 3.2** Valores de Fe (A e B) e Zn (C e D) disponíveis no substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias..... 26
- FIGURA 3.3** Valores de soma de bases (A e B), saturação por base (C e D), capacidade de troca de cátions total (CTC_T) (E e F) e capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_t) (G e H) do substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometria 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias..... 27
- FIGURA 3.4** Valores pH (A e B), Al^{+3} trocável (C e D), $Al^{+3}+H^+$ (E e F) e saturação por Al^{+3} (G e H) do substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometria 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias 29
- FIGURA 3.5** Altura (A), diâmetro do caulículo (B), biomassa seca da parte aérea remanescente (C), biomassa seca de raízes (D) e biomassa seca total (E) de mudas de açaí, em função de doses crescentes de pó de basalto, com granulometrias 0,05 (G1) e 0,10 mm (G2), avaliadas 180 dias após o transplante..... 33
- FIGURA 3.6** Teores de Ca (A), Mg (B), K (C), P (D), N Total (E) e Fe (F) acumulados na parte aérea remanescente das mudas de açaí, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 180 dias após o transplante 38

- FIGURA 3.7** Conteúdo de Ca (A), Mg (B), K (C), P (D), N Total (E), Fe (F) e Zn (G) acumulados na parte aérea remanescente das mudas de açaí, em função de doses crescentes de pó de basalto, nas granulometrias 0,05 (G1) e 0,10 mm (G2), avaliadas 180 dias após o transplante 42
- FIGURA 3.8** Índices morfológicos das relações biomassa seca da parte aérea remanescente e biomassa se Ca de raízes (BSPA/BSR – A), altura e biomassa seca da parte aérea remanescente (ALT/BSPA – B), altura e diâmetro do caulículo (ALT/DM – C) Índice de Dickson (IQD – D) de mudas de açaí, em função de doses crescentes de pó de basalto, nas granulometrias 0,05 (G1) e 0,10 mm (G2), avaliadas 180 dias após o transplante 45

RELAÇÃO DE FIGURAS CAPÍTULO 2

- FIGURA 4.1** Valores de Ca (A e B), Mg (C e D) e K trocáveis (E e F) e P disponível no substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometrias (G e H) 0,05mm e 0,10mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias 59
- FIGURA 4.2** Valores de Fe (A e B) e Zn (C e D) disponíveis no substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias..... 61
- FIGURA 4.3** Valores de soma de bases (A e B), saturação por base (C e D), capacidade de troca de cátions total (CTC_T) (E e F) e capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_t) (G e H) do substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometria 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias..... 62
- FIGURA 4.4** Valores pH (A e B), Al⁺³ trocável (C e D), Al⁺³+H⁺ (E e F) e saturação por Al⁺³ (G e H) do substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometria 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias 64

- FIGURA 4.5** Altura (A), diâmetro do coleto (B), biomassa seca da parte aérea remanescente (C), biomassa seca de raízes (D) e biomassa seca total (E) das mudas de camu-camu, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante 68
- FIGURA 4.6** Teores de Ca (A), Mg (B), P (C), N Total (D) e Fe (E) acumulados na parte aérea das mudas de camu-camu, em função de doses crescentes de pó de basalto, com granulometria 0,05 e 0,10 mm, avaliadas 150 dias após o transplante 70
- FIGURA 4.7** Conteúdo de Ca (A), Mg (B), K (C), P (D) e N Total (E) acumulados na parte aérea das mudas de camu-camu, em função de doses crescentes de pó de basalto, com granulometria 0,05 (G1) e 0,10 mm (G2), avaliadas 150 dias após o transplante..... 75
- FIGURA 4.8** Conteúdo de Fe (A) e Zn (B) acumulados na parte aérea das mudas de camu-camu, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante 76
- FIGURA 4.9** Índices morfológicos das relações biomassa seca da parte aérea remanescente e biomassa se Ca de raízes (BSPA/BSR – A), altura e biomassa seca da parte aérea remanescente (ALT/BSPA – B), altura e diâmetro do caulículo (ALT/DM – C) Índice de Dickson (IQD – D) de mudas de camu-camu, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante 80

RELAÇÃO DE FIGURAS CAPÍTULO 3

- FIGURA 5.1** Valores de Ca (A e B), Mg (C e D) e K trocáveis (E e F) e P disponível no substrato em função de doses de pó de basalto com granulometrias (G e H) 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias 94
- FIGURA 5.2** Valores de Fe (A e B) e Zn (C e D) disponíveis no substrato em função de doses de pó de basalto com granulometrias 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias..... 96

- FIGURA 5.3** Valores de soma de bases (A e B), saturação por base (C e D), capacidade de troca de cátions total (CTC_T) (E e F) e capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_t) (G e H) do substrato em função de doses de pó de basalto com granulometria 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias 97
- FIGURA 5.4** Valores pH (A e B), Al^{+3} trocável (C e D), $Al^{+3}+H^+$ (E e F) e saturação por Al^{+3} (G e H) do substrato em função de doses de pó de basalto com granulometria 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias 99
- FIGURA 5.5** Altura (A), diâmetro do coleto (B), biomassa seca da parte aérea remanescente (C), biomassa seca das raízes (D) e biomassa seca total (E) das mudas de murici, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante 103
- FIGURA 5.6** Teor foliar de Ca (A), N Total (B), Fe (C) e Zn (D) acumulados na parte aérea das mudas de murici, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante 106
- FIGURA 5.7** Conteúdo foliar de Ca (A), Mg (B), K (C), N Total (D), Fe (E) e Zn (F) acumulados na parte aérea das mudas de murici, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante 109
- FIGURA 5.8** Índice morfológico ALT/BSPA de mudas de murici, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante 112

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia é a maior região do Brasil, possuindo condições de clima e solo favoráveis para a produção de frutas tropicais. Apresenta uma abundância de recursos hídricos para irrigação e possui localização privilegiada em relação aos países do oeste e norte da América do sul (Bolívia, Equador, Peru, Chile, Colômbia e Venezuela) e América Central.

Esta região se caracteriza pela sua diversidade em espécies vegetais (SCHULTES, 1979), muitas das quais são produtoras de frutos comestíveis (CAVALCANTE, 1976) usados pelos ameríndios durante milênios, sendo que algumas foram parcialmente domesticadas por eles (LEON, 1968; CLEMENT, 1983).

O uso sustentável das fruteiras nativas da Amazônia, com a produção e os beneficiamentos de seus frutos, torna-se uma alternativa viável ao desenvolvimento regional, como fonte de alimentos e meio de agregar valor aos recursos naturais disponíveis na região, melhorando a renda das pequenas comunidades rurais e favorecendo a preservação das espécies nativas.

Esses frutos são consumidos sob diferentes formas pelas populações locais e constituem, ainda, uma importante fonte de alimentos para animais silvestres (pássaros, roedores, tatus, canídeos, etc.) e mesmo para o gado (CHAVES, 2003). No entanto, a maioria das espécies frutíferas nativas tem sido aproveitada de maneira extrativista, ou seja, não há uma preocupação com a propagação e o cultivo comercial dessas espécies, a fim de evitar o seu desaparecimento do meio natural.

A formação de mudas constitui-se numa etapa crucial do processo de produção e pode possibilitar aos agricultores a obtenção, em viveiro, de plantas com melhor performance para suportar as condições adversas de campo. Expressivos aumentos no crescimento e qualidade de mudas podem ser alcançados através da fertilização adequada, com reflexos no melhor desenvolvimento, na precocidade e na maior sobrevivência em campo (BARBOSA et al. 2003). O incentivo à produção de mudas de fruteiras nativas é uma importante estratégia para a preservação das espécies, favorecendo a exploração comercial sustentável, gerando emprego e renda para a população local.

Na tentativa de achar um fertilizante que contenha tanto macro quanto micronutrientes, e principalmente que seja de baixo custo, muitos materiais têm sido

testados. Dentre essas alternativas, está a rocha de basalto que, além dessas características citadas, ainda contribui para o aumento do pH do substrato (KNAPIK, 2005).

A adição de pó de rocha, especialmente os provenientes de rochas vulcânicas, propicia a obtenção de um substrato com maior fertilidade, pois são ricas em macro e micro elementos importantes para o desenvolvimento das plantas (THEODORO, 2000).

Muitos anos são necessários para a natureza fragmentar as rochas, para então, em contato com a água, ácidos e calor, ocorrer a mineralização, disponibilizando os minerais para as plantas. Os organismos do solo também desempenham papel importantíssimo na intemperização físico-química das rochas, sendo os fungos e bactérias os principais responsáveis por se desenvolverem nesse meio e liberar nutrientes dos minerais do solo (COUTINHO, 1999). Dentre os materiais ricos em microorganismos, cita-se o húmus de minhoca, material que também fornece nutrientes e tem potencial para armazenar umidade (KNAPIK, 2005).

Supõe-se, neste trabalho, que, ofertando ao substrato a rocha basáltica, rica em nutrientes, na forma de pó, a superfície de contato com os agentes citados será aumentada, o que irá acelerar a disponibilização dos nutrientes da rocha, funcionando como um fertilizante no solo. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses crescentes de pó de rocha com diferentes granulometrias na composição de substratos para o desenvolvimento inicial de mudas de açai (*Euterpe oleracea* Mart.), camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) e murici [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.].

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. PÓ DE ROCHA

Os basaltos são considerados rochas básicas, tidas como um importante material de origem de solos, contribuindo para sua fertilidade em função do predomínio de minerais facilmente intemperizáveis e ricos em cátions, destacando-se os feldspatos cálcio-sódicos e piroxênios (RESENDE et al., 2002). Para a agricultura, portanto, o basalto é uma rocha importantíssima, pois o produto de sua decomposição é uma argila de coloração avermelhada que origina solos férteis. Cristan (2002) exemplifica que os solos mais ricos e férteis do mundo tiveram sua origem na rocha basáltica, como os solos das encostas do Monte Vesúvio, na Itália, onde a produção de uvas é muito farta. Este autor explica que, segundo geólogos e pedólogos, são necessários cerca de 200 a 300 anos para se formar, na natureza, 01 cm de solo oriundo de basalto, a partir da decomposição da rocha.

A atuação modificadora sobre o material de origem, fenômeno conhecido como intemperismo, pode ser dividida em física, química e biológica. O intemperismo físico caracteriza-se pela atuação de fenômenos físicos sobre o material de origem, promovendo a pulverização da rocha-mãe. Assim, com partículas cada vez de menor diâmetro de colo, há um aumento na superfície de contato, agilizando a atuação do intemperismo químico e biológico (LUCHESE et al., 2002).

O produto principal da pedreira é a brita e o pó de basalto é considerado um resíduo do processo de moagem, sendo desprezado no ambiente do entorno da pedreira.

Na busca de se imitar o funcionamento da natureza, utiliza-se os pós de rocha que, segundo Khatounain (2001), estão entre os mais antigos materiais utilizados para fertilizar terrenos. A adição de rocha triturada ao solo com finalidade agrícola já era conhecida na mais remota antiguidade, onde “Plínio” relata em detalhe o processo de calagem usada na Gália. No século XVIII, “James Hutton”, fundador das ciências geológicas, não só recomendava como também fazia o uso de margas e rochas similares na sua fazenda, na Escócia, para que a fertilidade fosse aumentada (LEONARDOS et al., 1976).

Autores como Leonardos et al. (1976) apontam para o uso de rocha moída, principalmente o basalto, recomendando-o como uma possível fonte de macro e micronutrientes, que podem levar ao rejuvenescimento de solos muito intemperizados. Segundo Resende et al. (2002), os basaltos são considerados rochas básicas, tidas como um importante material de origem de solos, contribuindo para sua fertilidade em função do predomínio de minerais facilmente intemperizáveis e ricos em cátions, destacando-se os feldspatos cálcio-sódicos e piroxênios.

O pó de rocha pode ser aplicado ao solo apenas de quatro em quatro anos, visto a liberação gradativa dos nutrientes. Já a reposição da adubação convencional, precisa ocorrer anualmente, e com dosagens gradativamente maiores (GUIMARÃES, 1955; CRISTAN, 2002).

De acordo com Theodoro (2000), o custo do pó de basalto é quase 20 vezes menor do que a aplicação de insumos convencionais, pois quase todas as regiões brasileiras possuem depósitos de rocha vulcânica, rica em nutrientes. Ainda há a opção da reciclagem de rejeitos de minerações e pedreira, responsáveis por impactos ambientais em todo o país.

O autor Hensel (2003), que teve sua obra original publicada em 1998, já considerava o pó do basalto como o único processo natural capaz de aumentar a produção das plantas, aliada ainda à diminuição das doenças do homem e animais com a produção de alimentos saudáveis. O autor enfatiza que com a adubação com pó de rocha, os solos desgastados devido ao excesso da produtividade poderiam ser renovados mais rapidamente, processo este que na natureza levaria mil anos para ocorrer.

De acordo com Gliessmann (2001), uma vez que a composição química do pó de basalto tem variação mínima independente da região, deve-se dar uma maior importância para a granulometria do produto, ressaltando que quanto menor a granulometria melhor será a sua atividade e a sua área de superfície. Pós, com granulometria menor que 0,01 mm, quando adicionados ao solo nas quantidades de 0,5 a 2,0 t ha⁻¹, fornecem resultados visíveis em relação à fertilidade do solo e resistência das plantas em poucos meses, diz o autor.

Utilizando pó basalto em granulometria grosseira, e aplicação em área total em solo arenoso e de baixa fertilidade, Cristan (2002) conseguiu equilibrar nutricionalmente um pomar de pêras coroas na cidade de Ribeirão Bonito – São Paulo, onde antes aplicações de zinco via foliar não propiciavam bons resultados.

Após anos de pesquisa, nesta mesma região, a granulometria foi aperfeiçoada com moagem do basalto, obtendo-se um produto singular com 55% das partículas finas, o que permitiu um efeito nutricional mais rápido.

O autor Evans (1947) obteve aumento de 33,7% e 56,7% na produção de matéria seca com o cultivo de aveia em vaso, aplicando pó de basalto nas doses equivalente a 247 e 497 t ha⁻¹, respectivamente.

Segundo Amparo (2003), a utilização da farinha de rocha traz várias vantagens, sendo uma delas a diminuição da mão-de-obra, pois com sua aplicação não há necessidade de se adubar frequentemente devido ao seu efeito prolongado. Isso porque, não sendo a farinha de rocha prontamente solúvel em água, o produto não é lixiviado pela água da chuva ou irrigações intensas. Outras vantagens são citadas pelo autor, como a correção do pH, a não-salinização do solo, a não-absorção em excesso de potássio, o que beneficia a absorção de cálcio e magnésio e a diminuição da fixação do fósforo solúvel pela presença da sílica.

Com base nos níveis de P disponíveis, pode-se constatar que a aplicação de 40 t ha⁻¹ de pó de basalto foi suficiente para elevar o P disponível do nível muito baixo para suficiente, comportando-se como uma adubação corretiva (MOTTA e FEIDEN, 1993).

Os autores Costa et al. (2007) trabalharam com arroz (*Oryza sativa* L.), na presença de fungos solubilizadores de fosfato (FSF), submetido a doses de pó de basalto, verificaram incremento linear da matéria seca da parte aérea e de raízes, volume e extensão radicular da cultura à medida que aumentaram as doses de pó de basalto.

Conforme Kavaleridze (1978), o pó de basalto é rico em sesquióxidos de Ferro e Alumínio (Fe_2O_3 e Al_2O_3), e no que se refere à sua parte coloidal, é bastante pobre em sais e sílica. No entanto, essa sílica, que apresenta-se em estado coloidal, possui carga elétrica negativa, enquanto que os sesquióxidos de Ferro e Alumínio, dependendo do meio, podem evidenciar carga negativa ou positiva. Mas, se adicionado matéria orgânica, rica em ácidos, que possuem carga elétrica negativa, pouco a pouco esses ácidos mudam as propriedades do pó de basalto, aumentando a disponibilidade de cátions metálicos (Ca, Mg, K, etc.) pela rocha e diminuindo o H⁺ e a deficiência em colóides negativos do complexo coloidal do solo.

O autor ainda explica que a função específica dos colóides negativos e, portanto, também da sílica no solo, é reter por adsorção os cátions dos sais nutrientes: Ca, Mg, K, etc, mantendo os nutrientes no solo e impedindo que esses sejam levados pela água. Assim, aumenta-se a condutividade do solo, aumentando a porção coloidal eletro-negativa através da aplicação da lava basáltica triturada e reduzida a pó. Desse modo, não só se está aumentando a fração sílica coloidal, na forma de ácido monossilícico $\text{Si}(\text{OH})_4$, para garantir maior capacidade de adsorção dos cátions metálicos, mas ao mesmo tempo se está fornecendo ao solo apreciáveis quantidades de sais nutrientes indispensáveis.

De acordo com Scheller (1998), na degradação estrutural dos silicatos primários por meio de ácidos orgânicos, todos os elementos contidos são liberados, além do potássio, principalmente magnésio, ferro, alumínio e óxido de silício. Acima de pH 5, alumínio e óxido de silício normalmente são imediatamente fixados na estrutura dos argilominerais. Devido a isso, a concentração de alumínio não passa de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ da solução do solo. Somente abaixo de pH 5,0 a concentração de alumínio cresce significativamente. Assim, se a taxa de transformação dos silicatos for alta, geralmente há uma boa disponibilização de nutrientes.

A maior parte da experimentação com pós de rocha foi realizada em solos sob manejo convencional, reduzindo-se a dinâmica de intemperismo aos fatores químicos desse solo. Falta ser realizada uma experimentação de longo prazo, englobando a dinâmica biológica, pois do ponto de vista prático, há uma grande confiança na utilização de pós de rocha associados à ativação biológica do sistema (KHATOUNAIN, 2001).

Muitos organismos produzem substâncias que aceleram a decomposição de rochas, liberando seus nutrientes minerais. De modo semelhante, muitas plantas podem atuar também sobre compostos poucos solúveis, dissolvendo-os e incorporando seus nutrientes. Com relação a fosfatos, por exemplo, há evidências de sua extração por algumas plantas, como as leguminosas tropicais de solos ácidos, as quais conseguem extrair nutrientes, especialmente fósforo, de forma não assimilável por outras plantas. Esse tipo de ação é importante nos exsudados radiculares, principalmente de plantas sob cultivo (KHATOUNAIN, 2001).

Os organismos do solo desempenham papel importantíssimo na fertilidade do mesmo, pois fornecem nitrogênio e esqueletos de carbono, elementos necessários à

existência da microvida. Os fungos e bactérias são os principais responsáveis por se desenvolverem nesse meio e liberar nutrientes dos minerais do solo, como o fósforo, cálcio e ferro, sendo que praticamente todos os nutrientes necessitam da ação de microrganismos em alguma fase de seus ciclos (COUTINHO, 1999).

As raízes das plantas, por serem fontes contínuas de íons de hidrogênio, também desempenham importante função nos processos de intemperismos, pois os íons, em contato com a argila ou a rocha, aceleram as reações químicas, principalmente com cálcio, magnésio e potássio (THEODORO, 2000).

O efeito da raiz vegetal no solo sobre os microrganismos é tanto maior quanto mais pobre for o solo. Quando as condições de crescimento vegetal são precárias, seja por seca, excesso de umidade, ou pobreza, e ainda desequilíbrio entre os nutrientes, a planta não excreta mais as substâncias que mantinham sua microflora na zona da raiz, de modo que os microrganismos morrem ou se tornam parasitas (PRIMAVESI, 1990).

A adição de húmus ao substrato, segundo Rossi e Shimoda (1995), promove um aumento na capacidade de troca de cátion, fornece macro e micronutrientes, diminui o efeito tóxico do alumínio, aumenta a atividade microbiana, diminui a compactação e melhora a aeração e o enraizamento. Os ácidos orgânicos exercem função importante na aceleração do intemperismo dos minerais silicatados, liberando sílica e promovendo a oxidação de elementos metálicos (ANJOS et al., 1999).

2.2. A PRODUÇÃO DE MUDAS

De acordo com Barbosa et al. (2003), a formação de mudas de boa qualidade em viveiro é um dos pontos determinantes do processo de produção, o qual pode possibilitar plantas com melhor desempenho em campo. A produção de mudas atualmente se faz através do sistema de tubetes que, dentre outras vantagens, possibilita a mecanização das operações de produção. No entanto, devido à menor quantidade de substrato utilizado, nesse tipo de recipiente há a obrigatoriedade de adubações, que devem ser frequentes devido à alta lixiviação de nutrientes (GONÇALVES et al., 2000).

A maior demanda de adubações, no entanto, gera um maior custo, muitas vezes desnecessário, o que incentiva a realização de pesquisas com materiais alternativos à adubação mineral extraída quimicamente. Segundo Schumacher et al. (2001), estudos com alternativas ao uso de fertilizantes químicos devem ser sempre aprimorados, em consequência das jazidas de alguns minerais estarem ficando escassas, dos elevados custos para a obtenção de fertilizantes e principalmente pelos adubos químicos contaminarem os recursos hídricos.

2.3. AÇAÍ

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador de palmito do mundo. Dentre as espécies existentes, são encontradas as palmeiras açaí (*Euterpe oleracea*) e juçara (*Euterpe edulis*), sendo 97% do palmito comercializado de origem extrativista, causando, desse modo, uma preocupação na sustentabilidade biológica e econômica (MORSBACH et al., 1998).

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma espécie nativa da Amazônia, sendo encontrada em terrenos de várzea, igapós e terra firme, muitas vezes em formações quase puras. No Brasil, o palmito de açaizeiro é amplamente utilizado; porém, na Amazônia, o principal produto são seus frutos, sendo consumidos *in natura* ou processados na forma de sucos, vinhos, sorvetes, cremes, picolés e licores (OLIVEIRA e FERNANDES, 2001).

2.4. CAMU-CAMU

Algumas frutas nativas têm potencial produtivo, como o camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh).

O camu-camu, conhecido também por caçari ou araçá d'água (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) é uma pequena planta frutífera, da família Myrtaceae, dispersa em quase toda a Amazônia, sendo comumente encontrada, em seu estado natural, às margens dos rios, lagos, em regiões de várzea e igapó (INPA, 2001).

Apresenta alto potencial produtivo, seus frutos são globosos, com 10 a 32 mm de diâmetro, de coloração vermelho-escuro, passando ao roxo-escuro ao final da maturação, possuindo uma polpa ácida com 2 a 3 sementes por fruto.

Nesta fruta ressalta-se, na composição química nutricional do seu fruto, o alto teor de ácido ascórbico, com 2,99 mg/100 mg de polpa, podendo atingir níveis superiores à 5700 mg/100 mg de polpa, além de 0,5 mg/100 mg de proteínas, 4,7 mg/100 mg de carboidratos e do sabor característico bastante agradável, que misturado ao açaí, produz um alimento muito energético. Seus frutos são muito utilizados para fazer doces em massa, geléias, refrescos e ao natural, devendo ser ressaltadas, ainda, as potencialidades agroindustriais e farmacológicas de utilização da polpa destes frutos na produção de cosméticos e tabletes de vitamina C (PICÓN BAOS et al., 1987; VILLACHICA et al., 1996; IIPA, 1997; LORENZI e MATOS, 2002; YUYAMA et al., 2002a; YUYAMA et al., 2002b).

2.5. MURICI

O murici [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.] é uma das espécies mais típicas e abundantes das regiões de savanas, sejam estas setentrionais ou do Brasil Central (SANAIOTTI, 1996). Sua morfologia o assinala sob a forma de uma árvore pequena ou um arbusto perenifólio (altura média de 6 a 16 m), sendo que sua copa pode ser tanto ampla e aberta, quanto irregular.

O murici é também popularmente conhecido por douradinha-falsa, mirixi, muriczinho, orelha-de-burro e orelha-de-veado (estes últimos nomes são dados por causa do formato das folhas). No entanto, estima-se que o gênero *Byrsonima* possua mais de 200 espécies, sendo que 100 delas estão amplamente distribuídas no país. A maioria é encontrada na região Amazônica, onde, na época de sua frutificação, a mata verde fica pintada pelo amarelo do fruto.

Seu tronco apresenta ramos ascendentes com frequentes ramificações desde o solo. As flores situam-se em raquis ou panículas terminais, sendo estas actinomórficas e os frutos situam-se em infrutescências pendulares, sendo estes uma drupa globosa e polpa carnosas contendo uma única semente (CAVALCANTE, 1991) que atinge o tamanho de 0,5 cm de comprimento, sendo de um marrom-claro.

Tem sabor forte, agridoce e ligeiramente oleoso, podendo ser consumido *in natura*, bem como ser usado na fabricação de doces, sucos, sorvetes e licores.

O murici é frequente nas regiões de terrenos úmidos, próximos a rios e lagoas. Trata-se de uma espécie que é consumida regionalmente, com grande aceitação. A forma de obtenção dos frutos é efetuada por meio de coleta manual, sendo o preço flutuante em função da disponibilidade da polpa e das condições climáticas na safra.

3. CAPÍTULO 1 – EFEITO DE DOSES DE PÓ DE BASALTO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.)

3.1. RESUMO

O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) é um fruto amplamente utilizado, consumido *in natura* ou na forma de sucos, vinhos, sorvetes, cremes, picolés e licores. O incentivo à produção de mudas de fruteiras nativas é um importante passo para a preservação das espécies, para sua exploração comercial sustentável, gerando emprego e renda para a população local. A utilização de fertilizantes alternativos como pó de basalto, propicia a obtenção de um substrato com maior fertilidade, pois é rico em macro e micronutrientes, sendo que a liberação gradativa dos nutrientes reduz os custos com mão-de-obra e com a reposição de adubação. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de açaí, em função de doses de pó de basalto. O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima, em Casa de Vegetação. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 5 repetições em esquema fatorial (5x2+1), sendo 5 doses de pó de basalto (0,42, 1,04, 2,08, 4,17 e 8,33 g kg⁻¹), 2 granulometrias (0,05 e 0,10 mm) e uma testemunha. Foram usados vasos de polietileno com capacidade de 14 kg, preenchido com substrato composto por 20% de vermicomposto e 80% de um Latossolo Amarelo Distrófico. Utilizou-se dose padrão 1,04 g kg⁻¹ de pó de granito e 0,058 g kg⁻¹ de superfosfato triplo como fontes de K e P, respectivamente. A incubação do substrato dos vasos teve duração de 90 dias e após esse período fez-se o transplante das plântulas. Determinou-se os teores e conteúdos de nutrientes foliares, a altura, o diâmetro do caulículo, o número de folhas, a biomassa seca da parte aérea e de raízes, e os índices morfológicos das mudas. Concluiu-se que o pó de basalto com granulometria 0,05 mm proporcionou maiores teores de Ca, Mg, Fe e Zn, melhor capacidade de troca catiônica, menor acidez potencial, acidez trocável e saturação por Al⁺³ no substrato. No geral, mudas de açaí submetidas às doses com granulometria de 0,05 mm apresentaram melhor desenvolvimento e melhor qualidade.

Termos de indexação: Açaizeiro, fertilizante alternativo, propagação, rochagem

EFFECT OF LEVEL OF CRUSHED BASALT IN THE INITIAL DEVELOPMENT OF SEEDLINGS OF AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.)

ABSTRACT

The Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) is a widely used fruit, consumed fresh or as juice, wine, ice cream, cream, popsicles and liqueurs. The incentive to produce seedlings of native fruit trees is an important step towards the preservation of species, for their commercial development, generating employment and income for local people. The use of alternative fertilizers such as powdered basalt, allows obtaining a substrate with higher fertility, it is rich in macro and micronutrients, and the slow release of nutrients reduces the cost of manpower and the replacement of fertilization. The aim of this study was to evaluate the initial development of Açai, in function of doses of powdered basalt. The experiment was conducted at the Experimental Center of Agrarian Sciences, Federal University of Roraima, in a greenhouse. The experimental design was randomized blocks with five replications in a factorial ($5 \times 2^{+1}$), 5 doses of basalt powder (0.42, 1.04, 2.08, 4.17 and 8.33 g kg⁻¹), two particle sizes (0.05 and 0.10 mm) and a witness. Vessels were used polyethylene with a capacity of 14 kg, filled with substrate composed of 20% of a Latosol Typic Dystrophic and 80% of vermicomposto. We used standard dose 1.04 g kg⁻¹ of granite powder and 0.058 g kg⁻¹ of superphosphate as sources of P and K, respectively. The substrate incubation vessel lasted 90 days and thereafter became the transplantation of seedlings. It was determined the contents and leaf nutrient, height, diameter of stem, leaf number, dry biomass of shoots and roots, and morphological indices of seedlings. It was concluded that the basalt powder with particle size 0.05 mm resulted in higher levels of Ca, Mg, Fe and Zn, the better cation exchange capacity, lower potential acidity, exchangeable acidity and Al⁺³ saturation in the substrate. In general, plants subjected to doses of Açai with size 0.05 mm showed a better development and better quality.

Key-words: Açazeiro, fertilizer alternative, ground basalt, propagation

3.2. INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de pedra britada é a segunda maior entre os produtos minerais, ficando atrás apenas da extração de minério de ferro (DNPM, 2008). A pedra britada ou simplesmente brita, como é normalmente chamada, é um dos bens minerais mais abundantes do território nacional, responsável por uma produção de 146 milhões de toneladas em 2006 (DNPM, 2007). Produção esta que varia de região para região, pois depende estritamente da demanda e consumo de cada local, sendo que os grandes centros consumidores encontram-se em regiões geologicamente favoráveis à existência de reservas de rochas-fonte de pedra britada de boa qualidade.

A formação de mudas constitui-se numa etapa crucial do processo de produção e possibilita aos agricultores a obtenção, em viveiro, de plantas com melhor performance para suportar as condições adversas de campo. Expressivos aumentos no crescimento e qualidade de mudas podem ser alcançados através da fertilização adequada, com reflexos no melhor desenvolvimento, na precocidade e na maior sobrevivência em campo (BARBOSA et al. 2003).

Uma alternativa mais ecológica para repor ao solo os nutrientes escassos à agricultura é o uso do pó de rocha (rochagem), um produto adquirido do beneficiamento simples de matérias minerais, de solubilidade mais lenta, disponibilizando os nutrientes para as plantas por um período maior do que o de fertilizantes convencionais (ALBUQUERQUE, 1996). O método de regeneração da fertilidade propugnado com a Revolução Verde é baseado no emprego de adubos minerais de alta solubilidade e revela-se inviável para a ampla maioria das famílias agricultoras em função de seu alto custo e dos impactos ambientais negativos que gera (ALMEIDA et al., 2007a).

O resíduo da britagem de rochas basálticas, rico em elementos nutritivos às plantas, é um material de baixo custo, existente em diversas cidades da região Sul do Brasil, e tem sido indicado como corretivo da fertilidade de solos muito intemperizados (GILLMAN, 1980). Testes com esse material proporcionaram aumentos de rendimentos em cana-de-açúcar e efeito residual significativo após oito anos de cultivos (LEAKE, 1948; MAURITIUS, 1954; DE VILLIERS, 1949). Em condições edafoclimáticas diferentes, Albert (1936), Hilf (1937), Hilf (1938) e Schmitt

(1949) também constataram a melhoria da fertilidade de solos arenosos, sob floresta, após a adição de basalto moído.

Os autores Theodoro e Leonardos (2006), trabalhando em propriedades familiares de um assentamento rural em Minas Gerais, demonstraram que a rochagem é uma tecnologia que apresenta significativas vantagens econômicas, ambientais e produtivas para as culturas de milho, arroz, mandioca, cana-de-açúcar e hortifrutigranjeiros, quando comparada à adubação com fontes minerais altamente solúveis.

Conforme Melamed et al. (2007) os benefícios advindos da utilização de pós-de-rocha são: o fornecimento lento de vários nutrientes (macro e micronutrientes) importantes para a nutrição mineral de plantas cultivadas; aumento da disponibilidade desses nutrientes nos solos cultivados; aumento de produtividade; reequilíbrio do pH do solo; aumento da atividade de microorganismos e de minhocas; aumento da quantidade e da qualidade do húmus; controle da erosão do solo, devido ao melhor desenvolvimento das plantas cultivadas e ao aumento da matéria orgânica do solo; aumento da reserva nutricional do solo; aumento da resistência das plantas à ação de pragas, doenças e geadas, devido à melhoria do seu estado nutricional; diminuição da dependência de fertilizantes, pesticidas e herbicidas, cuja produção exige um elevado consumo de energia.

Segundo Leonardos et al. (2000), a melhoria da fertilidade do solo com rochas constitui uma alternativa viável em termos econômicos e ecológicos devido não a não exigência de qualquer processo de concentração ou ataque químico, pois envolve apenas moagem das rochas usadas na composição do produto e devido à liberação gradual de nutrientes, na qual diminui as perdas por lixiviação e favorece uma ação de longo prazo do insumo aplicado.

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart., família Arecaceae) pode ser considerado como a espécie mais importante do gênero *Euterpe*, da qual se utilizam comercialmente os frutos e o palmito (QUEIROZ e MELÉM JUNIOR, 2001).

Palmeira tipicamente tropical, o açaí é encontrado em estado silvestre e fazendo parte da composição florística das matas de terra firme, várzea e igapó de toda a Amazônia (NASCIMENTO, 2006). Fornece variada matéria-prima, sendo utilizada pelas populações nativas para suprir múltiplas necessidades. Seus frutos são usados para produção do tradicional “vinho de açaí”, suco comestível amplamente utilizado na alimentação popular, caracterizado pelo valor energético e

nutricional (PEREIRA, 2003). No entanto, esta espécie tem sido explorada pelo extrativismo, o que chegou a ameaçar a variabilidade da espécie por extrações predatórias de palmito. Apesar de apresentar brotações laterais, ao contrário da palmeira juçara *Euterpes edulis*, o manejo adotado não preservava plantas adultas que poderiam funcionar como matrizes para repovoamento com plantas jovens. A adoção do manejo agroflorestal sustentável, preservando plantas matrizes, e cortando apenas as hastes com tamanho satisfatório, afetou positivamente o extrativismo (QUEIROZ e MELÉM JÚNIOR, 2001; NASCIMENTO, 2006). Entretanto, com a expansão de uso da polpa de açaí nas diversas regiões brasileiras, a espécie saiu da lista das espécies ameaçadas, visto que são as plantas adultas que fornecem a matéria prima mais valiosa no mercado. A sua introdução ao cultivo está sendo avaliada e diversas pesquisas vêm sendo conduzidas por instituições de ensino e pesquisa (MÜLLER et al., 2004; OLIVEIRA, et al., 2002; SOUZA, 2002; FURLAN JÚNIOR et al., 2003).

No presente trabalho, teve-se como objetivo avaliar a resposta da aplicação de doses de pó de rochas como fertilizantes alternativos no desenvolvimento inicial de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.).

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em Casa de Vegetação do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Roraima - UFRR, localizada no município de Boa Vista - RR, coordenadas geográficas de 2° 52' 15,49" N e 60° 42' 39,89" W. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, com duas estações climáticas bem definidas: uma chuvosa (abril-setembro) e outra seca (outubro-março) (ARAÚJO et al., 2001).

3.3.1. Processamento dos frutos

As sementes de açaí foram obtidas de frutos maduros comercializados na Feira do Produtor, na cidade de Boa Vista – RR.

As sementes foram extraídas manualmente por meio da imersão em água morna ($45^{\circ}\text{C}\pm 5$), durante 15 minutos, e posterior fricção manual em peneira de malha de aço, como recomendado por CUNHA e JARDIM (1995). Em seguida, foram selecionadas por meio de catação manual e eliminadas as sementes danificadas, mal formadas e as muito pequenas, buscando a uniformidade do lote obtido.

Após a seleção, as sementes passaram por um processo de secagem à sombra, sobre papel jornal, em ambiente ventilado até a perda da umidade superficial. Em seguida, as sementes foram armazenadas em sacos plásticos e acondicionadas em um recipiente de vidro hermeticamente fechado à temperatura de 10°C , aguardando a semeadura para a pré-germinação.

A pré-germinação das sementes de açaí seguiu a metodologia da Embrapa (2001), que recomenda o acondicionamento das sementes em sacos de plástico transparente fechados, misturadas com serragem fina (pó de serra), curtida e umedecida, na proporção de uma parte de semente para duas partes de serragem, até o máximo de 1 kg de sementes. Essa mistura foi mantida em condições ambientais.

3.3.2. Processamento da rocha

O pó de basalto foi obtido de rochas basálticas da Formação Apoteri, coletadas na pedreira Boa Vista, situada no município de Boa Vista (RR). As rochas foram fragmentadas com martelo pedológico e passadas em moinho de bolas. Em seguida, tamisado em vibrador de peneiras, cujas malhas finais consistiram nos diâmetros de 0,05 e 0,10 mm, estabelecidos para o estudo. Uma vez que há poucas referências da utilização desse material em substratos, para definir a quantidade a ser usada levou-se em consideração as quantidades recomendadas para solos estudados por Dias et al. (2007) e Escosteguy e Klamt (1998).

Foram feitas análises químicas de macro e micronutrientes totais* e disponíveis do pó de rocha *in natura* (Tabela 3.1) e do vermicomposto (Tabela 3.2) no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Tabela 3.1 - Teores de elementos traço* em amostras de pó de rocha e de pó de granito. Valores médios \pm desvio padrão (n=3)

Macronutriente (mg dm ⁻³)	Amostra	
	Pó de basalto	Pó de granito
Cálcio	9.700	
Magnésio	4.800	
Potássio	48	
Fósforo	520	
Enxofre	14	
Micronutriente (mg kg ⁻¹)		
Cobalto	45,48 \pm 2,43	1,68 \pm 0,38
Cobre	218,82 \pm 1,27	101,06 \pm 8,82
Manganês	1033,95 \pm 16,08	233,90 \pm 4,39
Molibdênio	**< 0,05	1,78 \pm 0,16
Zinco	79,70 \pm 0,75	48,68 \pm 1,93

* Método USEPA 3052.

**Valores precedidos do sinal < referem-se ao limite de quantificação do método analítico.

Tabela 3.2 – Características químicas, carbono orgânico (CO) e relação C/N do vermicomposto

pH	K	P	N**	Ca	Mg	Fe	Zn	CO***	C/N
H ₂ O	dag kg ⁻¹			-----ppm-----		%			
5,05	0,32	0,24	1,68	0,60	0,26	1522	246	23,24	13,83

* Teores totais determinados no extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico).

** Método do Kjeldahl.

*** Método Walkley-Black

A caracterização química e física do solo foi realizada antes da instalação do experimento (Tabela 3.3), na qual avaliaram-se pH em H₂O, Ca²⁺+Mg²⁺, K, Al³⁺ trocáveis e P disponível, conforme Embrapa (1999).

Tabela 3.3 – Características químicas e textural do solo antes da instalação do experimento

pH	K	P	Ca + Mg	Al ³⁺	SB	T	MO	Argila	Silte	Areia
H ₂ O	---mg dm ⁻³ ---	-----	cmol _c dm ⁻³ -----	-----	-----	-----	%	-----	dag kg ⁻¹ -----	-----
4,8	15	0,1	0,8	0,9	0,84	3,7	1,7	250	150	600

3.3.3. Delineamento Experimental do ensaio

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 5 repetições, em esquema fatorial (2 x 5 + 1), sendo duas granulometrias e cinco doses de pós de rocha acrescidas de uma testemunha.

3.3.4. Descrição dos Tratamentos

Os tratamentos foram gerados pela combinação de duas granulometrias (G₁=0,05 e G₂=0,10 mm de diâmetros, respectivamente) e cinco doses de pó de rocha (D₁= 0,42 D₂=1,04, D₃=2,08, D₄=4,17 e D₅=8,33 g kg⁻¹) (Tabela 3.4) que equivalem a 10, 25, 50, 100 e 200 t ha⁻¹, respectivamente, e acrescidos de uma

testemunha, sendo: (T₁) substrato com a adição de 0,058 g kg⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo.

Tabela 3.4 – Descrição dos tratamentos compostos pela combinação entre granulometrias e doses de pó de rocha

T ₁ = substrato (testemunha – sem pó de basalto) + adubação com superfosfato triplo + pó de granito	
G ₁ T ₂ = substrato + D ₁ (0,42 g kg ⁻¹)	G ₂ T ₂ = substrato + D ₁ (0,42 g kg ⁻¹)
G ₁ T ₃ = substrato + D ₂ (1,04 g kg ⁻¹)	G ₂ T ₃ = substrato + D ₂ (1,04 g kg ⁻¹)
G ₁ T ₄ = substrato + D ₃ (2,08 g kg ⁻¹)	G ₂ T ₄ = substrato + D ₃ (2,08 g kg ⁻¹)
G ₁ T ₅ = substrato + D ₄ (4,17 g kg ⁻¹)	G ₂ T ₅ = substrato + D ₄ (4,17 g kg ⁻¹)
G ₁ T ₆ = substrato + D ₅ (8,33 g kg ⁻¹)	G ₂ T ₆ = substrato + D ₅ (8,33 g kg ⁻¹)

3.3.5. Descrição das parcelas

As parcelas foram constituídas por vasos de polietileno preto de 14 litros composto por 20% de vermicomposto e 80% de um Latossolo Amarelo Distrófico textura média, coletado na profundidade de 0 – 20 cm no Centro de Ciências Agrárias - CCA, no município de Boa Vista – RR.

A importância da adição de húmus ao substrato se dá pelo fato dos ácidos orgânicos exercem a aceleração do intemperismo dos minerais silicatados, liberando sílica e promovendo a oxidação de elementos metálicos (ANJOS et al., 1999).

O solo foi incubado em vasos com capacidade de 14 litros com o pó de rocha nas granulometria de 0,05 e 0,10 mm em doses crescentes de: 0; 0,42; 1,04; 2,08; 4,17 e 8,33 g kg⁻¹. O pó de granito foi adicionado na dosagem de 1,04 g kg⁻¹, com granulometria de 0,05 mm em todos os tratamentos. A incubação teve duração de 90 dias, compreendendo os meses de janeiro a março. Após este período realizou-se o transplante de 3 plântulas de açaí para cada vaso, onde posteriormente foi selecionada a mais vigorosa e uniformizada para a condução do experimento. O desbaste foi realizado 10 dias após o transplante, deixando-se apenas uma plântula em cada vaso.

Adubação foliar foi realizada 78 dias após o transplante, utilizando uréia como fonte de N, seguindo recomendação da Embrapa (2005), aplicando-se o fertilizante numa concentração de 0,5%. Fez-se também aplicação do defensivo Sevin (i.a.

Carbaryl) na concentração de 0,16% para o combate da lagarta, seguindo as recomendações da Embrapa (2005).

A irrigação foi realizada diariamente para manter a condição de umidade inicial (capacidade de campo) dos vasos.

Foram coletadas amostras do substrato mensalmente, desde o início da incubação até a conclusão das avaliações das mudas. Essas coletas foram tiradas de uma unidade experimental de cada tratamento. No entanto, no momento da realização da avaliação química de macro e micronutrientes, utilizou-se uma amostra composta do substrato coletado, misturando-se duas amostras coletadas mensalmente.

3.3.6. Descrição das Variáveis

A avaliação do desempenho das mudas foi realizada mensalmente, a partir do primeiro mês após o transplante das plântulas, nas quais se realizou medições de altura, diâmetro de coleto e número de folhas de todas as mudas.

Para as medições de comprimento, foi utilizada uma régua milimetrada, sendo a medição realizada a partir do nível do substrato até o ponto entre a flecha e a folha mais nova (a forquilha formada entre a folha flecha, que é numerada de 0, e a primeira folha expandida, que é numerada de +1), seguindo metodologia de Clement e Bovi (2000). Já o diâmetro do caulículo foi determinado a partir do nível do substrato, com auxílio de um paquímetro. Para a determinação do número de folhas, fez-se a contagem somente das folhas verdes completamente expandidas da haste principal. Ignorou-se folhas amarelas ou mortas (CLEMENT e BOVI, 2000).

Ao final de seis meses do transplante das plântulas, fez-se a avaliação da biomassa seca da parte aérea remanescente, biomassa seca de raízes, biomassa seca total, concentração e conteúdo de nutrientes foliares, como macro e micronutrientes da muda por tratamento. Também foram avaliadas as relações biomassa seca da raiz e biomassa seca da parte aérea (BSR/BSPA), relação altura da parte aérea e diâmetro do coleto (ALT/DM), relação altura da parte aérea e biomassa seca da parte aérea (ALT/BSPA) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) o qual foi determinado em função da altura da parte aérea (ALT), do diâmetro do

coleteo (DM), da biomassa seca da parte aérea (BSPA) e da biomassa seca das raízes (BSR), por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{BST}{(ALT/DM) + (BSPA/BSR)}$$

As mudas foram lavadas sobre uma peneira fina, com jatos brandos de água para remoção do substrato aderido nas raízes, com coleta de segmentos de raiz retidos pela peneira. Após esse processo, a muda foi separada em raízes e parte aérea secas em estufa com circulação forçada de ar à 65°C por 72 horas. As amostras foram pesadas separadamente em balança analítica para a determinação da biomassa seca da parte aérea, biomassa seca de raízes e biomassa seca total. Estas atividades foram realizadas no Laboratório de Manejo do Solo, localizado no setor do Centro de Ciências Agrárias da UFRR, Boa Vista – RR.

As análises de concentração de nutrientes foliares foram realizadas com uma amostra composta para cada tratamento, a qual foi preparada com toda a parte aérea das mudas por tratamento. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas da UFV (Universidade Federal de Viçosa), Viçosa – MG. A metodologia utilizada foi a digestão nitro-perclórica, adaptada pela UFV da metodologia da Embrapa (1999). Fez-se a pesagem de 0,5 g de tecido vegetal e despejado em tubo de digestão. Em seguida adicionou-se 2 gotas de querosene e 4 mL de Ácido Nítrico p.a. 65%. Fez-se uma pré-digestão (± 12 horas), tempo suficiente para que o tecido vegetal entre em contato com o Ácido Nítrico. Após esse processo de pré-digestão, levou-se os tubos de digestão ao bloco digestor à temperatura de ± 95 °C. Quando o material vegetal esteve parcialmente digerido e o volume do ácido reduziu-se à metade em relação ao volume inicial, adicionou-se 2 mL de Ácido Perclórico p.a. 70%, aumentando a temperatura do bloco digestor gradativamente até ± 150 °C. Quando o extrato alcançou cor clara, abaixou-se a temperatura para 120 °C e adicionou-se 23 mL de água destilada e em seguida agitou-se o tubo.

3.3.7. Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos programas SAEG 9.0 (RIBEIRO JÚNIOR e MELO, 2008) e SISVAR (FERREIRA, 2000), aplicando-se a análise de variância através do teste F e, em seguida, os dados qualitativos foram comparados através do teste de Tukey e os quantitativos ajustados de acordo com a curva que melhor se ajustem os dados. Os gráficos foram elaborados com o programa SIGMA PLOT 11.0.

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1. Avaliação das características químicas e físico-químicas do substrato

Os dados de Ca, Mg e K, trocáveis; P, Fe e Zn disponíveis, pH em H₂O, CTC (T), CTC (t), saturação por bases (V), saturação por Al³⁺ (m), soma de bases (SB), acidez trocável (Al³⁺) e acidez potencial (H⁺ + Al³⁺), foram comparados com a escala proposta por Neto et al. (2001) (Apêndice A, B e C).

Para todas as variáveis químicas do substrato avaliadas, obteve-se melhores valores no período de 120 dias, como mostram as figuras 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4.

De maneira geral, os teores de Ca no substrato seguiram padrão linear em função das doses de pó de basalto com granulometria de 0,05 mm, sendo que foi aos 120 dias que as doses disponibilizaram mais Ca trocável (Figura 3.1 A), desta forma, os teores estão abaixo do considerado bom pela classe de interpretação utilizada, com exceção apenas da dose 8,33 g kg⁻¹ teores, aos quais alcançaram valores médios. máximos alcançados em 60, 180, 240 e 300 dias foi de 0,88 cmol_c dm⁻³ em média, em resposta a uma dose média de 6,12 g kg⁻¹.

Os teores de Ca no substrato das doses com granulometria mais grossa (0,10 mm), seguiram modelo quadrático, com exceção dos valores de Ca aos 120 dias (Figura 3.1 B). Os teores de Mg seguiram modelo quadrático, com exceção apenas aos 60, 120 e 180 dias na granulometria mais fina (Figura 3.1 C), períodos que atingiram teores de Mg bons aos 60 e 120 dias e médio aos 180 dias (Figura 3.1 C). O teor médio máximo de Mg obtidos nos períodos da avaliação do substrato foi de 0,86 cmol_c dm⁻³, na dose média de 6,12 g kg⁻¹ de pó de basalto, com granulometria mais grossa (Figura 3.1 D). Em relação ao K, os teores mantiveram-se, de forma geral, muito bons durante todo o período de avaliação das mudas de açaí (Figura 3.1 E e F), seguindo modelo linear de resposta, com exceção do período de 180 dias da granulometria 0,05 mm e dos 180, 240 e 300 dias da granulometria mais grossa, o modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados foi quadrático.

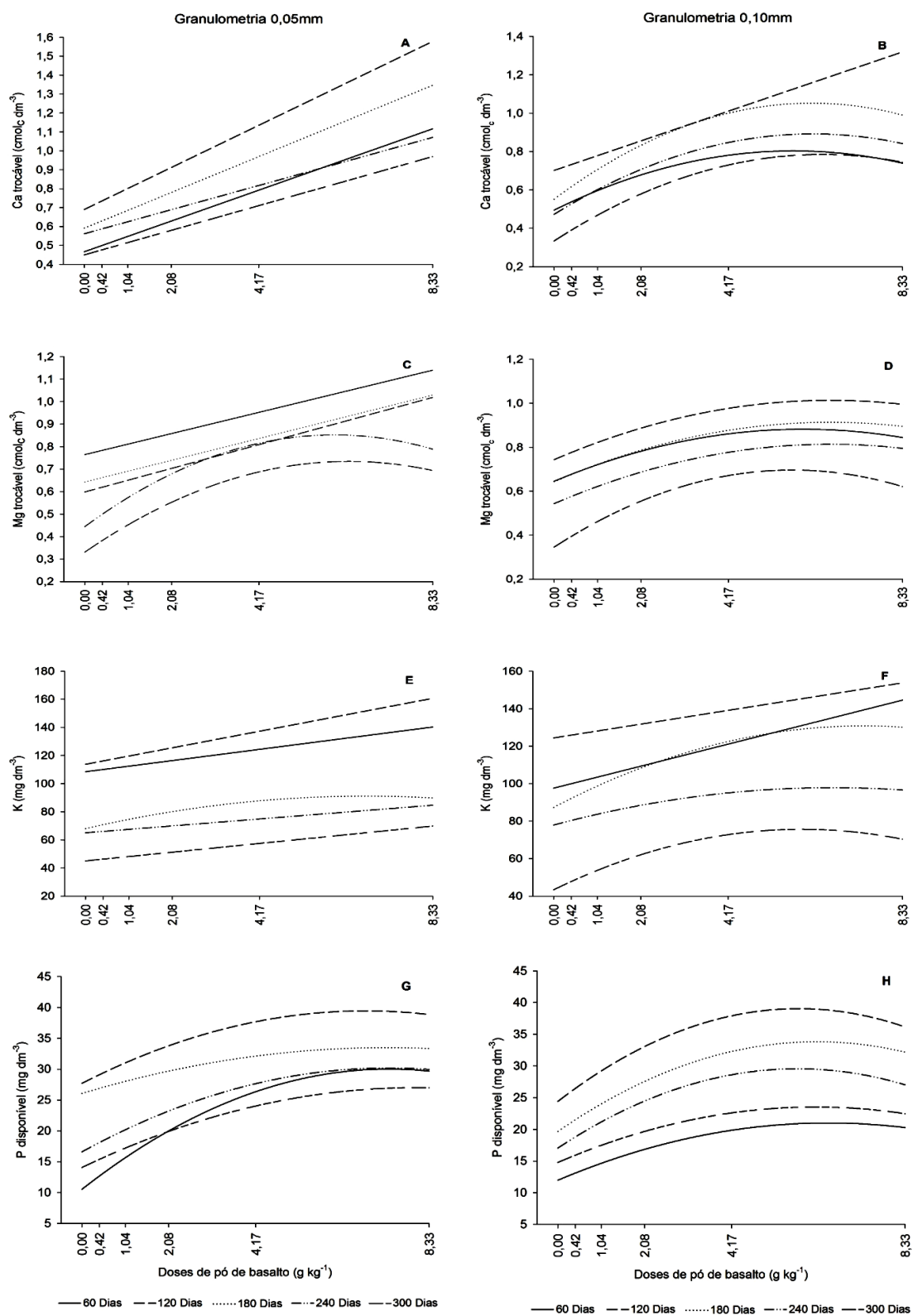


Figura 3.1 – Valores de Ca (A e B), Mg (C e D) e K trocáveis (E e F) e P disponível no substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometrias (G e H) 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias.

Os teores de P disponível, responderam de forma quadrática em resposta as doses de pó de basalto, independentemente da granulometria utilizada, com sua maior disponibilidade aos 60 dias (Figura 3.1 G e H). Possivelmente, essa variação de disponibilidade de P e K ocorreu em função do pó de basalto também ser fonte destes nutrientes, embora não tão significativo quanto Ca e Mg. Na granulometria mais fina (0,05 mm), os teores de P alcançaram média de $31,95 \text{ mmg dm}^{-3}$ na dose média de $7,16 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto, valor considerado muito bom pela classe de interpretação utilizada. No entanto, esse valor está abaixo do observado no período de 120 dias que foi de $39,43 \text{ mmg dm}^{-3}$ na dose $6,79 \text{ g kg}^{-1}$, período de maior disponibilidade de P (Figura 3.1 G). Já na granulometria mais grossa (0,10 mm), o teor médio máximo obtido nos períodos de avaliação do substrato foi de $29,39 \text{ mmg dm}^{-3}$, na dose média de $6,08 \text{ g kg}^{-1}$, sendo que no período de maior disponibilidade de P (120 dias) o teor máximo alcançado foi de $39,04 \text{ mmg dm}^{-3}$, na dose $5,77 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 3.1 H). No substrato, é desejável que haja alta disponibilidade de P, porque mesmo que a planta necessite de uma menor quantidade desse elemento em relação aos elementos N e K, o P apresenta-se pouco solúvel devido ao fenômeno de fixação (KNAPIK, 2005).

O P é um macronutriente que limita o crescimento das plantas na maioria dos solos brasileiros e é muito pouco disponível em condições de alta acidez. Isto porque, em geral, os solos contêm teores elevados de óxidos de Fe, principalmente, e em condições de maior acidez do solo, a superfície desses óxidos está carregada positivamente, atraindo ânions, como o fosfato. Estes ânions formam complexos de superfície de esfera interna com os óxidos de Fe, o que diminui sensivelmente sua disponibilidade para as plantas, fenômeno conhecido como adsorção (NOVAIS et al., 2007). Assim, os teores de P, principalmente aos 120 dias de avaliação do substrato, atingiram valores muito bons.

De modo geral os teores dos macronutrientes foram diminuindo com o tempo, o que pode ter ocorrido em função da absorção destes nutrientes pelas mudas.

A resposta dos teores de Fe em função das doses de pó de basalto foram lineares e ambas granulometrias (Figura 3.2 A e B), as quais estão muito acima do considerado bom pela classe de interpretação proposta por NETO et al. (2001). No entanto, não foram observados sintomas de toxidez deste elemento nas mudas.

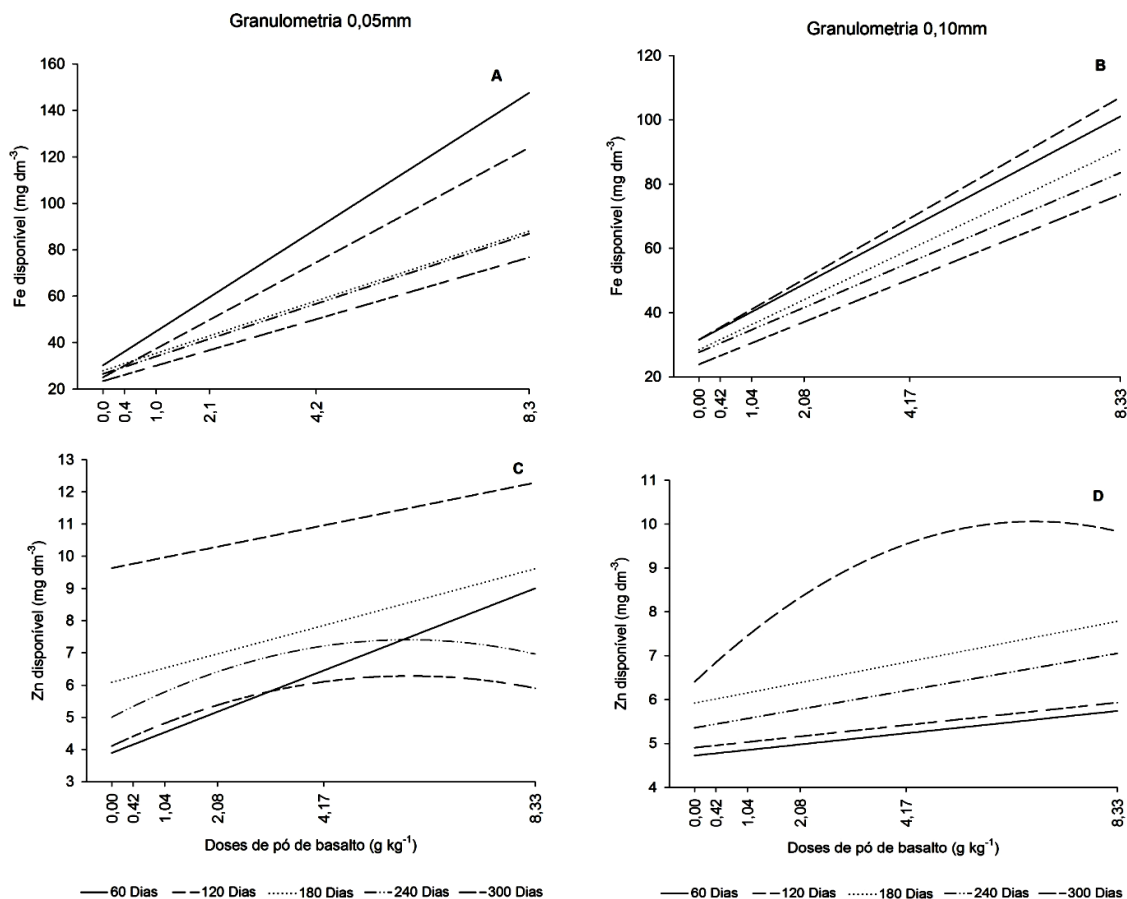


Figura 3.2 – Valores de Fe (A e B) e Zn (C e D) disponíveis no substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias.

A disponibilidade de Zn pelo pó de basalto com granulometria mais fina ocorreu de forma linear dos 60 aos 180 dias (Figura 3.2 C). Já na granulometria mais grossa, essa disponibilidade ocorreu de forma linear aos 60 dias, e dos 180 aos 300 dias de avaliação (Figura 3.2 D). A disponibilidade de Zn pode ser afetada pelo pH do solo, sendo mais evidente em solos com pH baixo. Entretanto, no presente trabalho, verificou-se que o maior teor deste elemento foi observado nos substratos cujo pH estava mais elevado. Possivelmente, esse resultado ocorreu devido ao pó de basalto ser rico em Zn, o que pode ser comprovado pelos altos teores de Zn observados durante toda a avaliação do experimento (Figura 3.2 C e D). A soma de bases (Figura 3.3 A e B) reflete dos os teores das bases trocáveis Ca, Mg e K , sendo que aos 120 dias, atingiu valores considerados muito bons.

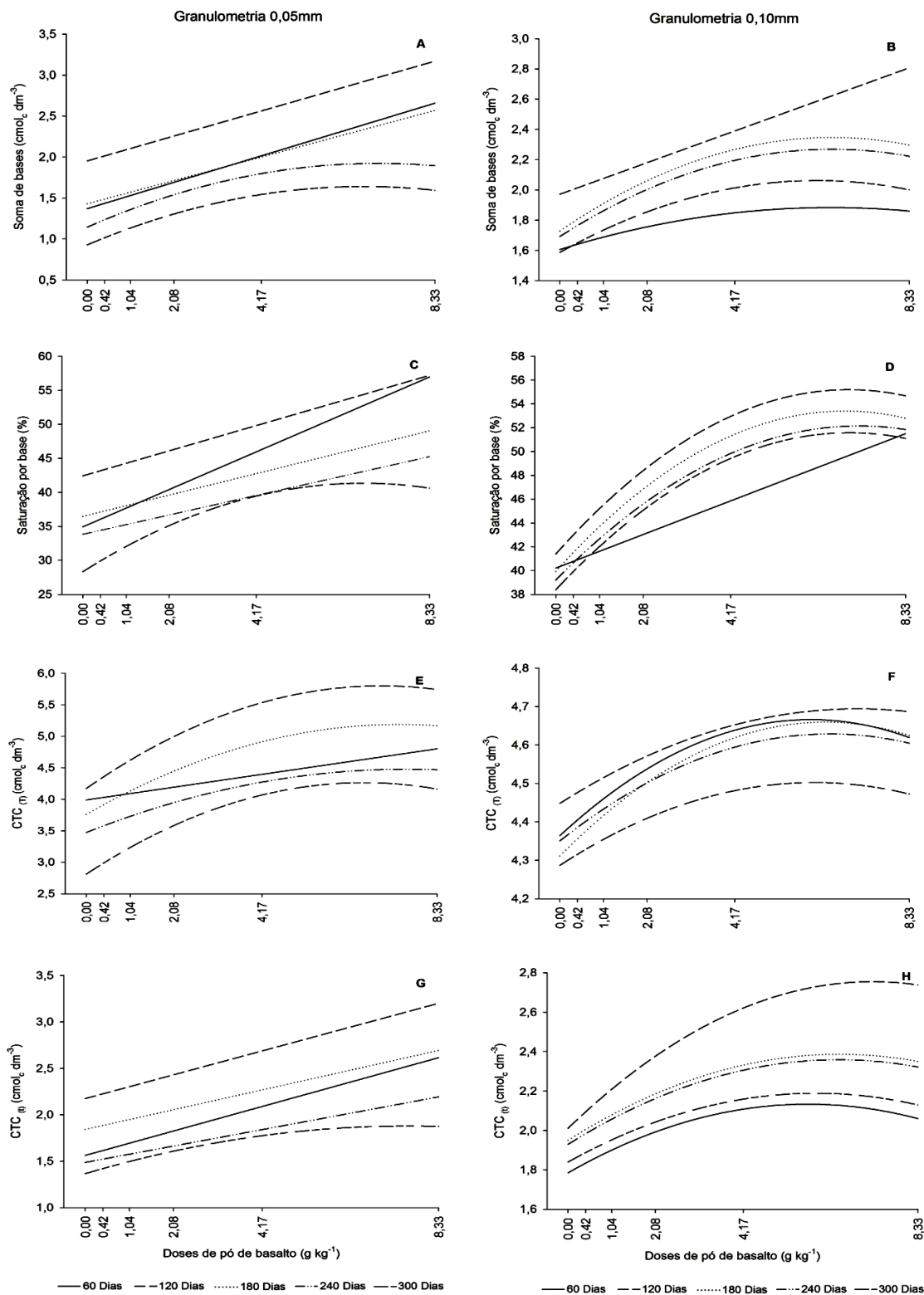


Figura 3.3 – Valores de soma de bases (A e B), saturação por base (C e D), capacidade de troca de cátions total (CTC_T) (E e F) e capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_E) (G e H) do substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometria 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias.

Os resultados de soma de bases também refletiram em valores de saturação de bases maiores nestas doses (Figura 3.3 C e D). Na granulometria 0,10 mm as respostas quadráticas da saturação por bases dos 120 aos 300 dias de avaliação do substrato alcançou média de 53,08% em resposta a uma dose média de 7,02 g kg⁻¹, sendo que no período no qual se obteve maior saturação por bases (120 dias) se obteve valor de 55,19% na dose 6,97 g kg⁻¹ (Figura 3.3 D).

A CTC total também foi maior aos 120 dias de avaliação do substrato em ambas granulometrias, sendo que na granulometria mais fina, a resposta quadrática atingiu máximo de 5,8 cmol_c dm⁻³ na dose 6,99 g kg⁻¹ (Figura 3.3 E). Na granulometria mais grossa, o máximo alcançado no mesmo período de 120 dias foi de 4,69 cmol_c dm⁻³ na dose 7,08 g kg⁻¹ de pó de basalto (Figura 3.3 F), sendo 21,32% inferior a granulometria 0,05 mm.

A resposta da CTC efetiva para os 120 dias foi linear na granulometria 0,05 mm (Figura 3.3 G) e na granulometria 0,10 mm a resposta foi quadrática, com máximo de 2,75 cmol_c dm⁻³ na dose 7,23 g kg⁻¹ de pó de basalto (Figura 3.3 H).

O efeito de redução da SB nas doses de ambas granulometrias está de acordo com as variações das bases trocáveis, da acidez potencial (H⁺ + Al⁺³), acidez trocável (Al⁺³), saturação por alumínio (m) e do pH (Figura 3.4), as quais apresentaram resultados maiores no 2º período de avaliação do substrato, que foi aos 120 dias. Sendo que a partir dos 180 dias, houve redução dos teores dos macro e micronutrientes, bem como das características químicas e físico-químicas de substrato. Esse efeito pode ter ocorrido em função do transplante das mudas nos vasos, as quais passaram a extrair estes nutrientes, alterando seus teores e as características químicas e físico-químicas de substrato.

A redução de pH e de bases trocáveis e aumento da acidez trocável e acidez potencial foi suficiente para influenciar na redução da CTC (t) e da CTC (T), pois estas variáveis foram diminuindo com o tempo, saindo da classe de interpretação média para a classe baixa. O pH na granulometria 0,05mm alcançou máximo de 5,6 na dose 8,24 g kg⁻¹ de pó de basalto. Já o máximo atingido com a granulometria 0,10 (5,45) na dose 6,80 g kg⁻¹ foi 2,68%, inferior à granulometria mais fina (Figura 3.4 A e B). Com estes resultados, vê-se a importância da adição do pó de basalto ao substrato, pois o pH do solo utilizado antes da implantação do experimento estava em 4,8 (Tabela 3.3) e após a aplicação do pó de basalto o pH atingiu valores de até 5,6, o qual é recomendado para a maioria das culturas.

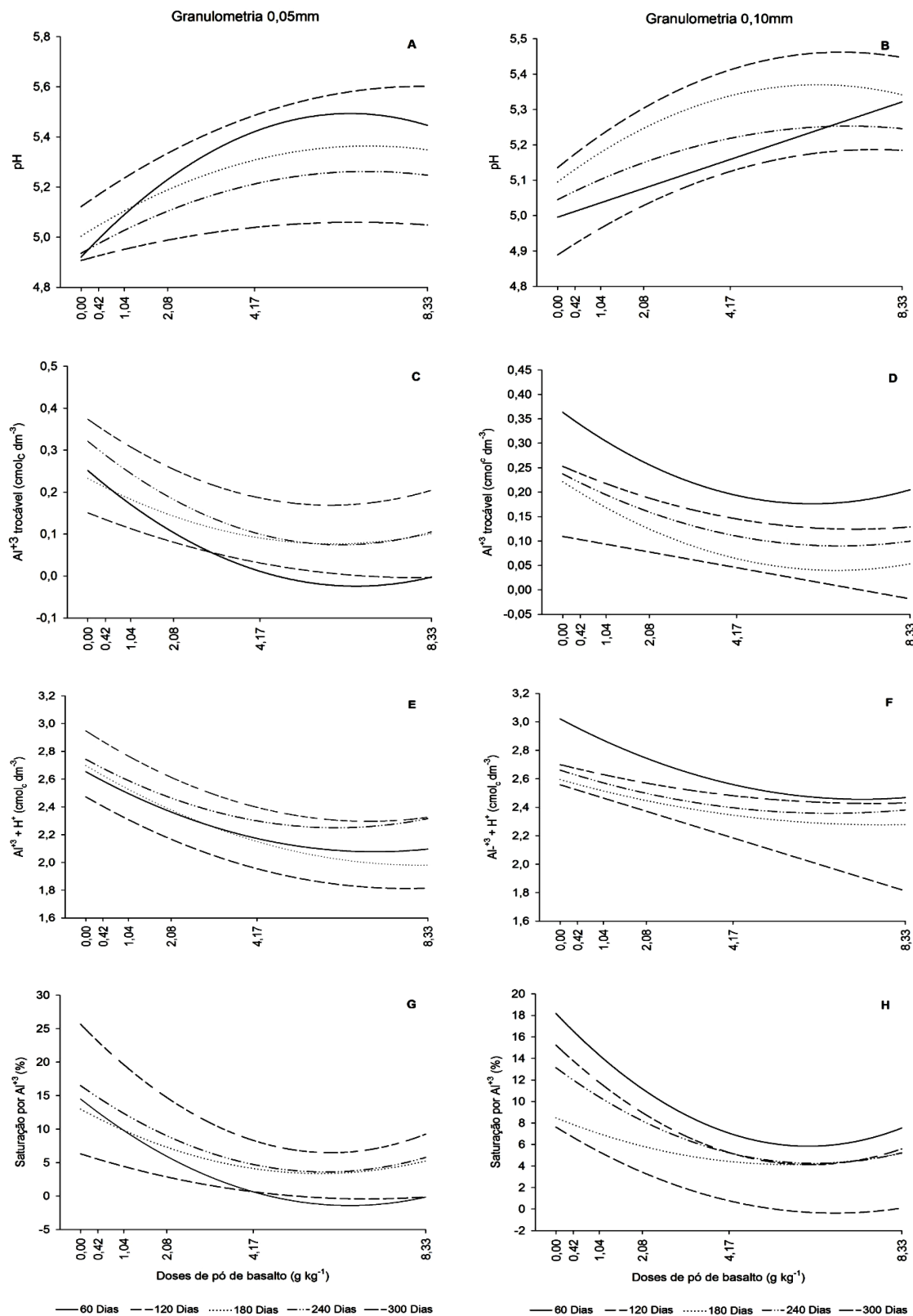


Figura 3.4 – Valores pH (A e B), Al³⁺ trocável (C e D), Al³⁺+H⁺ (E e F) e saturação por Al³⁺ (G e H) do substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometria 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias.

A utilização do vermicomposto também contribuiu para o equilíbrio do pH, pois o produto resultante da ação das minhocas na matéria orgânica é neutro, visto as minhocas possuírem glândulas calcíferas, de acordo com Longo (1987) e Gonçalves e Poggiani (1996) citados por Knapik (2005).

Os valores de acidez trocável, acidez potencial e a saturação por alumínio tiveram queda aos 120 dias da avaliação do substrato, período que coincide com maiores valores de pH, pois a redução da acidez do solo promove a insolubilização de Al. Verificou-se que em valores de pH acima de 5,5-6,0, a solubilidade do Al é mínima (NOVAIS et al., 2007), sendo que os valores mais baixos de Al^{+3} trocável, $H^+ + Al^{+3}$ e saturação por Al^{+3} , na granulometria mais fina (0,05 mm), foram obtidos numa dose média de $7,58 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto (Figura 3.4 C, E e G). Já na granulometria 0,10 mm, a resposta foi linear para Al^{+3} trocável e $H^+ + Al^{+3}$ (Figura 3.4 D e F), com exceção da saturação por Al^{+3} , que atingiu mínimo na dose $6,70 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 3.4 H).

3.4.2. Avaliação das características de crescimento

Observa-se, na Tabela 3.5, que a variável NR não foi influenciada por nenhum dos fatores estudados como dose e granulometria.

Tabela 3.5 – Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento de mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		ALT	DM	NR	BSPA	BSR	BST
DOSE	5	28.856**	11.08**	0.000 ^{ns}	10.60**	1.542**	20.19**
GRAN	1	0.963 ^{ns}	28.21 ^{ns}	0.000 ^{ns}	0.708*	0.691**	2.799**
DOSE*GRAN	5	4.613 ^{ns}	0.142 ^{ns}	0.000 ^{ns}	1.729**	0.498**	4.045**
RESÍDUO	48	4.413	0.686	0.416	0.106	0.023	0.144
CV (%)		11.08	0.437923	16.14	15.25	15.11	12.09

FV – Fontes de Variação; DOSE - Doses de pó de basalto; GRAN – Granulometria; ALT – Altura da muda; DM – Diâmetro do caulículo; NR – Número de ramos; BSPA – Biomassa seca da parte aérea remanescente; BSR – Biomassa seca de raízes; BST – Biomassa seca total; ^{ns} – não significativo, * – significativo a 5%, ** – significativo a 1% de probabilidade.

A interação entre os fatores doses de pó de basalto e granulometrias foi significativa apenas para BSPA, BSR e BST. Diante disso, passou-se a estudar o efeito isolado de cada fator para ALT e DM. Verificou-se que as granulometrias não apresentaram diferenças significativas para ALT, DM e NR. As doses de pó de basalto influenciaram de modo significativo as variáveis BSPA, BSR e BST.

A produção de biomassa seca da parte aérea remanescente (BSPA) variou de 2,03 (granulometria 0,10 mm) a 2,25 g (granulometria 0,05 mm) (Tabela 3.6).

Tabela 3.6 – Médias estimadas das variáveis de crescimento de mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

GRANULOMETRIA	BSPA	BSR	BST
	------(g)-----		
0,05 mm	2,25 a	1,11 a	3,35 a
0,10 mm	2,03 b	0,89 b	2,92 b

BSPA – Biomassa seca da parte aérea remanescente; BSR – Biomassa seca de raízes; BST – Biomassa seca total. Na vertical, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Isso nos mostra que as mudas submetidas à granulometria mais fina de pó de basalto produziram mais biomassa seca. Possivelmente isso ocorreu devido à maior disponibilidade de nutrientes do pó de basalto desta granulometria, pois por ser mais fina, sua superfície específica maior contribuiu para que as reações e interações com o substrato fossem maiores, assim os nutrientes do pó de rocha eram mais rapidamente disponibilizados ao complexo sortivo do substrato. Isso se verifica também para a produção de raízes pelas mudas de açaí e pela avaliação da biomassa seca de raízes (BSR). Novamente a granulometria 0,05mm proporcionou maior desenvolvimento do sistema radicular que alcançou 1,11 g. Já com a granulometria 0,10mm, se obteve 0,89 g.

Esses resultados de BSR menores na granulometria mais grossa podem ser explicados pela baixa disponibilidade de Ca, principalmente, pois tem relação direta com o crescimento de meristema, estimulando o crescimento e funcionamento apropriado dos ápices radiculares (NOVAIS et al., 2007), aumentando assim, a BSR das mudas. Outro fator que possivelmente limitou o desenvolvimento radicular das mudas foi a presença do Al^{+3} , que teve efeito maior devido a obtenção de pH do

substrato menor. Assim, os solos que contêm teores elevados de Al^{+3} , como o utilizado no ensaio, podem apresentar limitações ao bom desenvolvimento e crescimento radicular das plantas.

Os efeitos tóxicos de concentrações elevadas de Al^{+3} podem ser observados, principalmente, no engrossamento das raízes e diminuição nas suas ramificações, prejudicando a absorção de nutrientes e água (NOVAIS et al., 2007). Nas mudas submetidas da granulometria 0,10mm foram observados estes sintomas de toxicidade causada pelo Al^{+3} , pois através dos dados de BSR é notável a sua redução nas mudas produzidas com esta granulometria, nas quais a concentração de Al^{+3} foi significativamente maior.

A BST variou de 2,92 (granulometria 0,10 mm) a 3,35 g (granulometria 0,05 mm), o que corrobora com os resultados de BSPA e BSR da granulometria mais fina de pó de basalto, pois são estatisticamente superiores ao da granulometria mais grossa, uma vez que a BST é o resultado da soma destas duas variáveis já citadas.

As doses de pó de basalto da granulometria 0,05 mm proporcionaram resposta quadrática das variáveis ALT, DM, BSPA, BSR e BST (Figura 3.5). Para a variável altura, obteve-se máximo de 21,26 cm em resposta a uma dose de 6,05 g kg^{-1} (MET) de pó de basalto, com incremento de 23,73% (Figura 3.5 A).

O diâmetro do coleto das mudas de açaí alcançou máximo de 11,95 mm na dose 6,08 g kg^{-1} (MET) de pó de basalto, com incremento de 40,24% (Figura 3.5 B).

A produção de biomassa seca da parte aérea remanescente na granulometria 0,05 mm (G1) atingiu máximo de 4,19 g, em resposta a uma dose de 6,22 g kg^{-1} (MET) de pó de basalto, com incremento de 83,96% (Figura 3.5 C). Já a produção de BSPA na granulometria 0,10 mm (G2), atingiu máximo de 2,93 g na dose 6,20 g kg^{-1} (MET) de pó de basalto, com incremento de 65,46% (Figura 3.5 C).

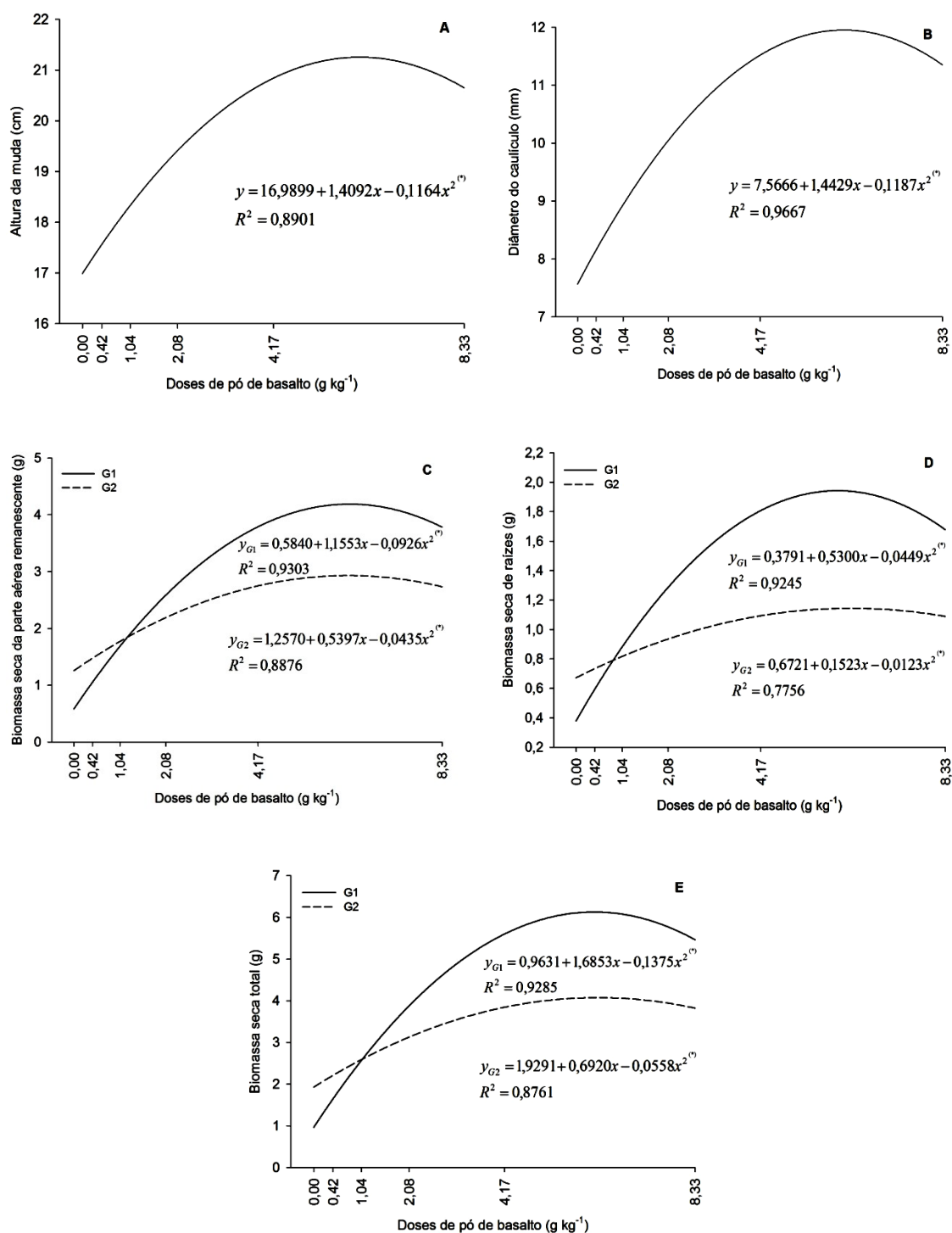


Figura 3.5 – Altura (A), diâmetro do caulículo (B), biomassa seca da parte aérea remanescente (C), biomassa seca de raízes (D) e biomassa seca total (E) de mudas de açaí, em função de doses crescentes de pó de basalto, com granulometrias 0,05 (G1) e 0,10 mm (G2), avaliadas 180 dias após o transplante.

As melhores condições químicas do substrato proporcionadas pelo pó de basalto com granulometria mais fina (0,05 mm) determinaram melhor desenvolvimento do sistema radicular das mudas de açaí, como mostra a Figura 3.5 D, sendo que nesta granulometria se obteve máximo de BSR de 1,94 g, a uma dose de 5,90 g kg⁻¹ (MET) de pó de basalto, com incremento de 79,07% (Figura 3.5 D – G1).

Na granulometria 0,10 mm (G2) o máximo de BSR obtido foi de 1,14 g na dose 6,19 g kg⁻¹ (MET), com incremento de 54,20% (Figura 3.5 D – G2). Já os resultados da BST, a granulometria 0,05 mm (G1) superou a granulometria 0,10 mm (G2), reflexo da maior produção de BSPA e BSR da granulometria mais fina, pois a BST é resultado da soma das duas variáveis anteriormente citadas (Figura 3.5 C e D). O máximo de BST obtido na G1 foi de 6,13 g, em resposta a uma dose de 6,13 g kg⁻¹ (MET) de pó de basalto, com incremento de 82,46% (Figura 3.5 E – G1). Já na G2, a BST atingiu máximo de 4,07 g, na dose 6,20 g kg⁻¹ (MET) de pó de basalto, com incremento de 62,31% (Figura 3.5 E – G2).

Estes resultados mostram que as mudas submetidas a granulometria mais grossa (G2) de pó de basalto tiveram seu desenvolvimento e crescimento prejudicados em função do baixo fornecimento de nutrientes e condições químicas adversas do substrato. Por outro lado, os incrementos obtidos nas variáveis de biomassa seca da G1 atingiram valores acima de 70%, ao contrário dos incrementos da G2, que não atingiram 66%. Isso demonstra o efeito positivo do pó de basalto como fertilizante alternativo, permitindo melhor equilíbrio nutricional das mudas por ser fonte de macro e micronutrientes, notavelmente com a utilização de pó mais fino.

3.4.3. Avaliação da concentração e conteúdo de nutrientes

Os teores de Ca, Mg, K, P N Total, Fe e Zn foram comparados utilizando a escala de Molina (1997), Embrapa (1999) e La Torraca et al. (1984) (Apêndice D).

Observa-se, na Tabela 3.7, que a interação entre os fatores dose de pó de basalto e granulometrias foi significativa apenas para o teor de Ca. Diante disso, passou-se a estudar o efeito isolado de cada fator para teor de Mg, K, P, N Total, Fe e Zn. Verificou-se que as granulometrias não apresentaram diferenças significativas

apenas para teores de K e Zn. As doses de pó de basalto influenciaram de modo significativo as variáveis teor de Ca, Mg, K, P, N Total e Fe.

Tabela 3.7 – Resumo da análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes das mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		Ca	Mg	K	P	N Total	Fe	Zn
DOSE	5	9.767**	0.320**	1.170**	0.075**	2.915**	64287.15**	2320.17 ^{ns}
GRAN	1	0.580**	0.290*	3.205 ^{ns}	1.148**	4.806**	234.38 ^{ns}	27707.10**
DOSE*GRAN	5	1.576**	0.026 ^{ns}	0.185 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.138 ^{ns}	2647.10 ^{ns}	574.88 ^{ns}
RESÍDUO	48	0.039	0.045	0.387	0.013	0.247	3602.608	1865.458
CV (%)		0,82	2.42	2.74	18.62	3.96	14.89	27.84

FV – Fontes de Variação; DOSE - Doses de pó de basalto; GRAN – Granulometria; Ca – Teor de Cálcio; Mg – Teor de Magnésio; K- Teor de Teor de Potássio; P – Teor de Fósforo; N Total – Teor de Nitrogênio Total; Fe – Teor de Ferro; Zn - Teor de Zinco; ^{ns} – não significativo, * – significativo a 5% ** – significativo a 1% de probabilidade.

De acordo com a classe de interpretação utilizada os teores de Ca, Mg e Zn estão adequados. Somente os teores de P e N Total estão inadequados.

Os teores de macronutrientes, como o Ca, Mg, P e N Total da granulometria 0,10 mm foram estatisticamente superiores aos teores obtidos na granulometria 0,05 mm (Tabela 3.8). Estes resultados podem estar relacionados com o efeito de diluição destes nutrientes ao longo da muda.

Tabela 3.8 – Médias estimadas dos teores foliares de macro e micronutrientes das mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

GRANULOMETRIA	Ca	Mg	P	N Total	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----				----mg kg ⁻¹ ----
0,05 mm	23,69 b	8,62 b	0,40 b	12,10 b	189,10 a
0,10 mm	23,99 a	8,84 a	0,83 a	13,00 a	121,15 b

P – Teor de Fósforo; Fe – Teor de Ferro. Na vertical, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Apenas para o teor de Zn não ocorreu esse efeito de diluição, o que pode estar relacionado a maior disponibilidade deste nutriente ao substrato pela granulometria mais fina.

Ao avaliar o efeito da omissão de macronutrientes em açazeiro Viégas et al. (2004) obtiveram nas plantas sem deficiência e nas plantas com deficiência de Ca e Mg teores foliares de 13 e 5 g kg⁻¹ e 6,4 e 2,1 g kg⁻¹, respectivamente, sendo que os teores foliares das mudas de açaí utilizando o pó de basalto foram superiores ao encontrado por estes autores. Resultados inferiores também foram constatados por Silva e Falcão (2002) em pupunheira, nas quais as mudas sem deficiência e as com deficiência apresentaram, respectivamente, concentração de Ca 12,7 e 2,6 g kg⁻¹, de Mg 3,5 e 0,9 g kg⁻¹. Isso nos mostra que o uso do pó de basalto foi suficiente e eficiente fonte de Ca, Mg e Zn para as mudas de açaí.

Os teores de P obtidos variaram de 0,40 (granulometria 0,05 mm) a 0,83 g kg⁻¹, considerados inadequados de acordo com a classe de interpretação utilizada. Durante o ensaio, sintomas mais acentuados da deficiência de P foram observados no tratamento sem pó de basalto, sendo os mesmos sintomas descritos por Dechen e Nachtigall (2007) como plantas menores, folhas torcidas e aparecimento de áreas mortas nas folhas.

Em estudos de plantas com deficiência de fósforo como o de Viégas et al. (2004), estes autores obtiveram teor foliar de 0,6 g kg⁻¹ de P, e nas sem deficiência, 1,7 g kg⁻¹ de P, enquanto que Silva e Falcão (2002) em pupunheira, nas quais as mudas sem deficiência e as com deficiência apresentaram, respectivamente, concentração de P de 3,4 e 1,0 g kg⁻¹, sendo que os teores de P encontrados nas mudas de açaí utilizando o superfosfato triplo como fonte deste nutriente, foram baixos em relação os valores encontrados pelos autores citados.

Para Gonçalves et al. (2000), nas plantas, o P é um elemento essencial, pois melhora todo o seu sistema radicular. Segundo Vilela e Anghinoni (1984), a elevada concentração de P induz a formação de um sistema radicular mais longo e com raízes mais finas, que seriam mais eficientes na absorção de nutrientes do solo. Possivelmente por este fato, constatou-se valores de BSR mais baixos das mudas de açaí, principalmente as submetidas à granulometria mais grossa de pó de basalto. Neste caso, obteve-se valores de pH do substrato inferior quando comparada ao pH do substrato das demais doses de pó de basalto, o que pode ter interferido na disponibilidade de P, devido ao fenômeno de fixação deste às cargas

positivas dos colóides em condições de pH mais ácido. No entanto, a concentração de P nas mudas desta granulometria foram superiores aos das mudas da granulometria mais fina, sendo que neste caso o estudo do conteúdo deste nutriente é que pode explicar melhor o seu acúmulo na biomassa seca das mudas.

De forma geral, os teores de Zn foliares obtidos estão acima do adequado, de acordo com a tabela 10, pois variaram de 121,15 (granulometria 0,10 mm) a 189,10 mg kg^{-1} , com uma diferença de 35,93%. Todavia, sintomas característicos de toxidez de Zn como: pigmentações vermelhas no pecíolo e nas nervuras foram constatadas nas mudas de açaí, independente da granulometria utilizada. Não é normal a ocorrência de toxidez por Zn em solos com pH elevado, já que nesta situação, ocorre imobilização do Zn. Contudo, é possível verificar toxidez de Zn em solos cujo material de origem são rochas ricas desse elemento (DECHEN e NACHTIGALL, 2007), como é o caso do uso de pó de basalto, no qual a disponibilidade de Zn foi alta mesmo em condições de pH mais alcalino (Figuras 3.4 A e B e Figuras 3.2 C e D).

Em estudos como o de Silva e Falcão (2002), a concentração de Fe em pupunheira obtidos por estes autores foi de 33 e 41 mg kg^{-1} , respectivamente, em plantas com deficiência e sem deficiência deste elemento. Estes resultados foram inferiores aos encontrados nas mudas de açaí utilizando pó de basalto, como mostra a Tabela 3.8.

A resposta para os teores de Ca (G1), Mg e P foram melhores descritos por um modelo quadrático, e para os teores de Ca (G2), K, N Total e Fe, o modelo foi o linear (Figura 3.6).

Os teores de Ca alcançaram mínimo de 21,23 g kg^{-1} , a uma dose de 5,78 g kg^{-1} na G1 (Figura 3.6 A – G1). Para o teor de Mg, a dose 6,22 g kg^{-1} , na qual se teve o mínimo 8,35 g kg^{-1} de concentração de nutrientes (Figura 3.6 B), e para o teor de P o mínimo alcançado foi de 0,44 g kg^{-1} , em resposta a uma dose de 6,38 g kg^{-1} (Figura 3.6 D). Nestes casos, as doses nas quais se obtiveram mínimo de concentração de Ca (G1), Mg e P estão muito próximas da dose na qual se obteve máximo de produção de biomassa seca da parte aérea remanescente, que foi de 6,22 g kg^{-1} (Figura 3.5 C – G1), o que corrobora para o efeito de diluição já citado.

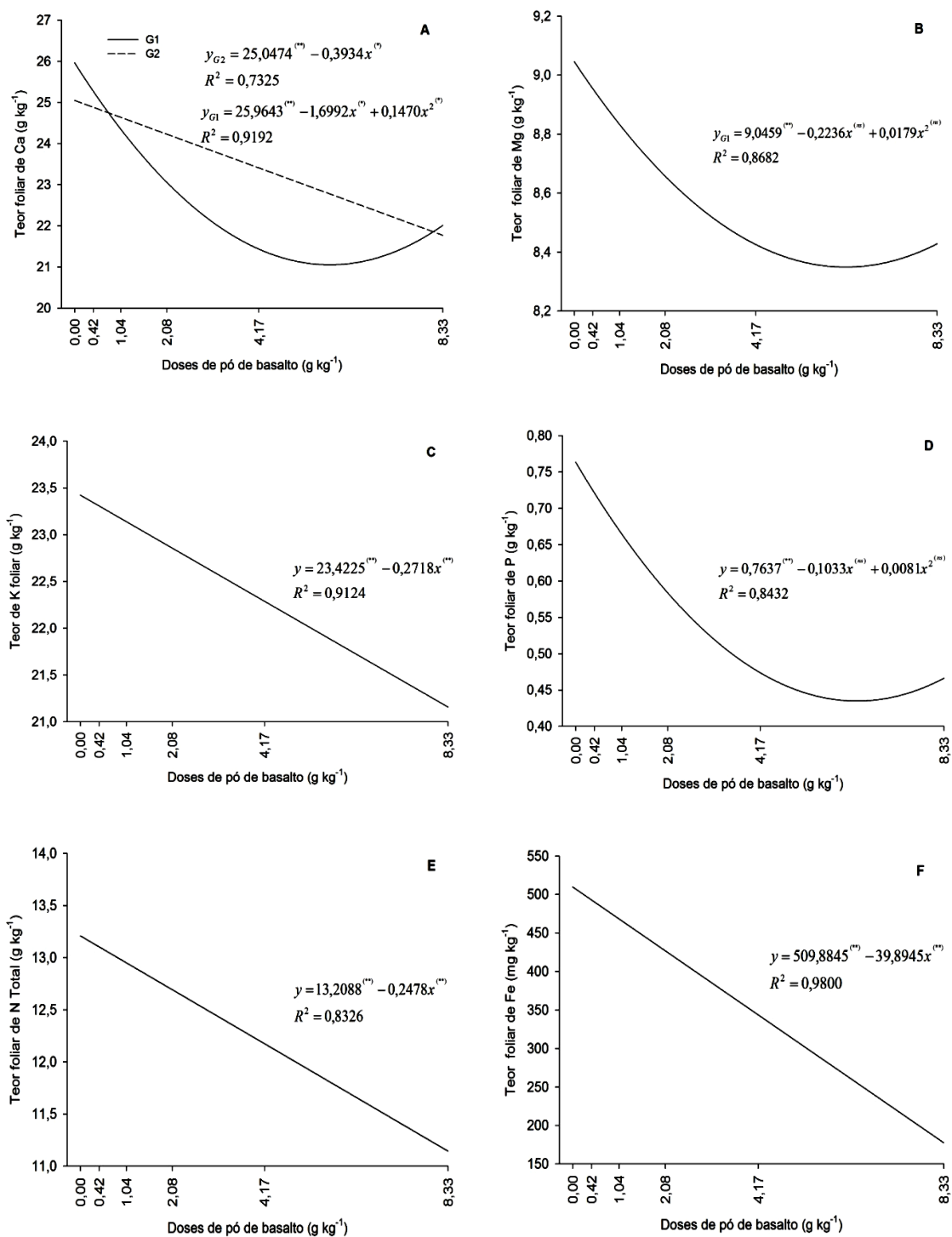


Figura 3.6 – Teores de Ca (A), Mg (B), K (C), P (D), N Total (E) e Fe (F) acumulados na parte aérea remanescente das mudas de açaí, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 180 dias após o transplante.

Assim como os teores de Ca (G1), Mg e P, os teores de Ca (G2), K, N Total e Fe também sofreram o efeito da diluição, porém de forma linear, sendo que com o aumento das doses de pó de basalto ocorre redução na concentração destes nutrientes nas mudas de açaí (Figura 3.6 A – G2, C, E e F). Os teores de Fe (Figura 3.6 F) obtidos nas mudas em função das doses de pó de basalto foram maiores do que o considerado adequado pela classe de interpretação utilizada, alcançando níveis que podem causar toxidez às mudas. No entanto, não foram observados sintomas de toxicidade nas mudas. O Fe tem função de catalisar a biossíntese da clorofila, já que faz parte constituinte de enzimas responsáveis pela sua formação (DECHEN e NACHTIGALL, 2007). As dose 0 g kg⁻¹ de ambas granulometrias apresentaram teores mais baixos de Fe, com 88,60 mg kg⁻¹ e 78 mg kg⁻¹, respectivamente, demonstrando que os vasos com estes tratamentos não tiveram adição de Fe pela ausência do pó de basalto como fonte deste elemento.

Os autores Silva e Falcão (2002) constataram em pupunheira concentração de Fe de 175 e 191 mg kg⁻¹, respectivamente em plantas com deficiência e sem deficiência deste elemento. Estes resultados foram inferiores aos encontrados nas mudas de açaí, utilizando pó de basalto, exceto para os tratamentos sem pó de basalto de ambas granulometrias.

Devido ao efeito de diluição observado nos teores dos nutrientes obtidos nas mudas de açaí, passou-se a estudar o conteúdo destes nutrientes, pois estes podem melhor explicar o seu acúmulo na biomassa seca das mudas.

Observou-se, na Tabela 3.9, que a interação entre os fatores dose de pó de basalto e granulometria, foi significativa para todas as variáveis de conteúdo estudadas. Diante disso, passou-se a estudar o efeito da interação DOSE*GRAN para cada variável estudada.

Verificou-se que as granulometrias não apresentaram diferenças significativas apenas para teores de K e Fe. As doses de pó de basalto influenciaram de modo significativo as variáveis teor de Ca, Mg, K, P, N Total e Zn.

Tabela 3.9 – Resumo da análise de variância dos conteúdos foliares de macro e micronutrientes das mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10mm

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		CCa	CMg	CK	CP	CN Total	CFe	CZn
DOSE	5	0.002011**	0.000298**	0.00201**	7.750E-12**	0.000539**	0.451407**	0.069226**
GRAN	1	0.000024 ^{ns}	0.000007 ^{ns}	0.00012*	0.000007**	0.000002 ^{ns}	0.001276 ^{ns}	0.194940**
DOSE*GRAN	5	0.000304**	0.000045**	0.00032**	2.417E-12**	0.000078**	0.060209**	0.044895*
RESÍDUO	48	0.000009	0.000002	0.000013	4,17E-14	0.000003	0.012939	0.013473
CV (%)		6.65	6.76	7.51	18.14	6.98	14.82	36.96

FV – Fontes de Variação; DOSE - Doses de pó de basalto; GRAN – Granulometria; CCa – Conteúdo de Cálcio; CMg – Conteúdo de Magnésio; CK- Conteúdo de Potássio; CP – Conteúdo de Fósforo; CN Total – Conteúdo de Nitrogênio Total; CFe – Conteúdo de Ferro; CZn - Conteúdo de Zinco; ^{ns} não significativo, * _ significativo a 5%, ** _ significativo a 1% de probabilidade.

O conteúdo de potássio (CK) variou de 0,045 (granulometria 0,10 mm) a 0,049 g/BSPA (granulometria 0,05 mm) (Tabela 3.10). Já o conteúdo de fósforo (CP) variou de 0,0006 (granulometria 0,10 mm) a 0,0016 g/BSPA (granulometria 0,05 mm).

Tabela 3.10 – Médias estimadas dos conteúdos foliares de macro e micronutrientes das mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

GRANULOMETRIA	CK	CP	Zn
	-----g/BSPA-----		----mg/BSPA----
0,05 mm	0,049 a	0,0016 a	0,40 a
0,10 mm	0,045 b	0,0006 b	0,22 b

CK – Conteúdo de Potássio; CP – Conteúdo de Fósforo; CZn – Conteúdo de Zinco. Na vertical, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nestes dois casos, embora se tenha utilizado dose padrão de fontes de K e P no substrato, esta diferença estatística pode ser devido às melhores condições químicas como o pH e do complexo de troca catiônica, proporcionadas pela granulometria mais fina de pó de basalto (0,05 mm) (Figura 3.3 E e G e Figura 3.4

A), favorecendo maior disponibilidade do P, em condições de pH mais alcalino, no complexo sortivo do substrato e maior disponibilidade de K, pela redução das perdas deste elemento por lixiviação, devido a maior CTC. O Zn foi o nutriente que se obteve valores de conteúdo que variaram de 0,22 (granulometria 0,10 mm) a 0,40 g/BSPA (granulometria 0,05 mm). Sendo assim, as mudas da granulometria mais fina acumularam mais K, P e Zn na biomassa seca.

Os resultados mostram que os valores do conteúdo de todas as variáveis estudadas responderam de forma quadrática às doses de pó de basalto, em ambas granulometrias (Figura 3.7 A).

O CCa máximo obtido, em função das doses de pó de basalto, nas mudas de açaí foi de 0,091 e 0,076 g/BSPA em resposta a uma dose de 6,44 e 5,22 g kg⁻¹ de pó de basalto (MET), tendo alcançado um incremento no conteúdo de Ca de 80,9 e 66,2%, nas granulometrias 0,05 e 0,10 mm, respectivamente. Já os resultados de CMg das mudas de açaí, atingiram máximo de 0,036 e 0,026 g/BSPA, na dose 6,57 e 4,86 g kg⁻¹ de pó de basalto (MET), com incremento no conteúdo de Mg de 80,55 e 65,38%, nas granulometrias 0,05 e 0,10 mm, respectivamente (Figura 3.7 B).

A resposta da variável CK apresentou conteúdo máximo de 0,091 e 0,069 g/BSPA, em resposta a uma dose de 6,02 e 5,25 g kg⁻¹ de pó de basalto (MET), com incremento de 82,31 e 66,67%, nas granulometrias 0,05 e 0,10 mm, respectivamente (Figura 3.7 C). Com relação a variável CP, o valor máximo obtido foi de 0,00082 e 0,0026 g/BSPA, a uma dose de 4,17 e 5,17 g kg⁻¹ (MET), com incremento de 48,78 e 62,44%, nas granulometrias 0,05 e 0,10 mm, respectivamente (Figura 3.7 D).

O CN Total atingiu máximo conteúdo de N Total de 0,047 e 0,039 g/BSPA, nas doses 6,2 e 5 g kg⁻¹ de pó de basalto (MET), alcançando incremento de 78,72 e 65,38%, nas granulometrias 0,05 e 0,10 mm, respectivamente (Figura 3.7 E).

Os resultados de conteúdo de micronutrientes, como o CFe, alcançaram máximo de 1,31 e 1,25 g/BSPA, a uma dose de 4,64 e 3,98 g kg⁻¹ de pó de basalto, atingindo incremento de 72,52 e 63,20%, nas granulometrias 0,05 e 0,10 mm, respectivamente (Figura 3.7 A).

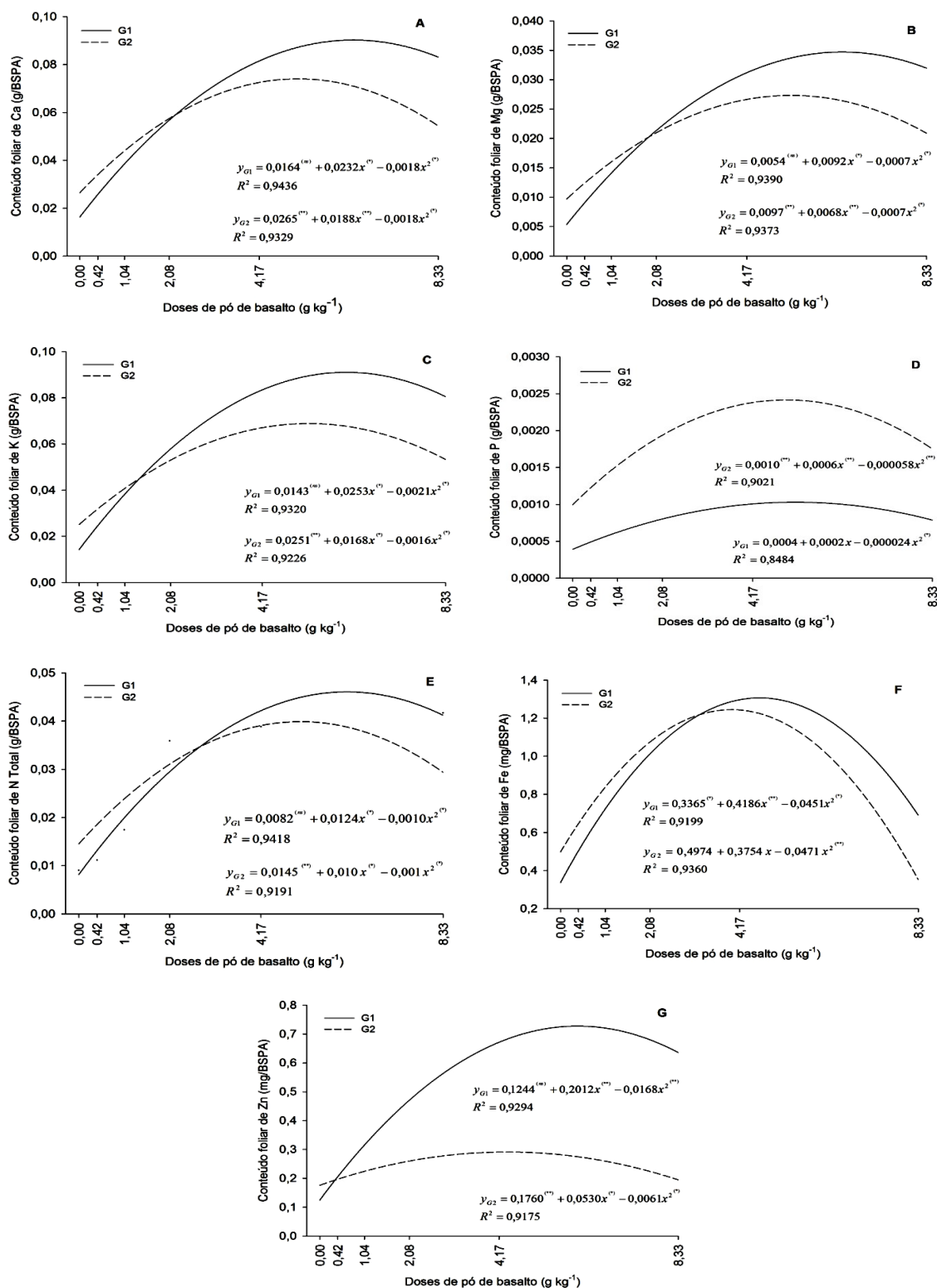


Figura 3.7 – Conteúdo de Ca (A), Mg (B), K (C), P (D), N Total (E), Fe (F) e Zn (G) acumulados na parte aérea remanescente das mudas de açaí, em função de doses crescentes de pó de basalto, nas granulometrias 0,05 (G1) e 0,10 mm (G2), avaliadas 180 dias após o transplante.

O Zn atua como cofator enzimático, sendo essencial para a atividade, regulação e estabilização da estrutura protéica, afetando a síntese e conservação de auxinas, hormônios vegetais envolvidos no crescimento, graças à sua participação na síntese do triptofano, aminoácido precursor do ácido indol acético (DECHEN e NACHTIGALL, 2007). Assim, o conteúdo máximo de Zn obtido nas mudas de açaí foi de 0,61 e 0,29 g/BSPA em resposta a uma dose de 5,98 e 4,34 g kg⁻¹, com incremento de 77,05 e 44,83%, nas granulometrias 0,05 e 0,10 mm, respectivamente (Figura 3.7 B).

Esses resultados mostram que as mudas de açaí produzidas com pó de basalto na granulometria mais fina (0,05 mm) produziram mais biomassa seca por unidade de nutriente absorvido, quando comparada às mudas produzidas nas doses de pó de basalto com granulometria mais grossa (0,10 mm), como mostra a tabela 9.

3.4.4. Índices morfológicos

Observa-se, na Tabela 3.11, que a interação entre os fatores DOSE e GRAN foi significativa apenas para a variável CP. Diante disso, passou-se a estudar o efeito isolado de cada fator para teor de Ca, Mg, K, N, Fe e Zn.

Tabela 3.11 – Resumo da análise de variância dos índices morfológicos das mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		BSPA/BSR	ALT/BSPA	ALT/DM	IQD
DOSE	5	0.736614**	311.653**	0.32309**	12.250336**
GRAN	1	1.432215**	55.565**	0.00032 ^{ns}	0.148007 ^{ns}
DOSE*GRAN	5	0.02862 ^{ns}	54.619**	0.04573 ^{ns}	1.027979**
RESÍDUO	48	0.148702	4.947201	0.046811	0.290103
CV (%)	-	18.22	19.31	10.78	14.37

FV – Fontes de Variação; DOSE - Doses de pó de basalto; GRAN – Granulometria; BSPA/BSR – Relação biomassa seca da parte aérea remanescente e biomassa seca de raízes; ALT/BSPA – Relação de altura e biomassa seca da parte aérea remanescente; ALT/DM – Relação de altura e diâmetro do caulículo; IQD – Índice de Dickson; ^{ns} não significativo, * significativo a 5%, ** significativo a 1% de probabilidade.

Verificou-se que as granulometrias apresentaram diferenças significativas para todas as variáveis estudadas. As doses de pó de basalto também influenciaram de modo significativo todas as variáveis avaliadas.

O autor Brissette (1984) apresenta para o índice BSPA/BSR o valor 2,0 como a melhor relação entre a biomassa seca da parte aérea e a sua respectiva biomassa seca das raízes, pois segundo Parviainen (1981) este é um índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade das mudas. Sendo assim, os resultados do índice BSPA/BSR nas mudas de açaí variaram de 2,0 (granulometria 0,05mm) a 2,26 (granulometria 0,10mm) (Tabela 3.12). Isso nos mostra que as mudas da granulometria mais grossa tiveram crescimento da parte aérea maior em relação ao desenvolvimento de raízes, reflexo do estresse nutricional destas mudas devido a baixa disponibilidade de nutrientes no substrato, pois foram baixos os dados de conteúdo de nutrientes na BSPA destas mudas, com exceção apenas de P, comparados às da granulometria mais fina (Figura 3.7).

Tabela 3.12 – Médias estimadas do índice morfológico BSPA/BSR de mudas de açaí, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

GRANULOMETRIA	ÍNDICE
	BSPA/BSR
0,05 mm	2,00 b
0,10 mm	2,26 a

BSPA/BSR – Relação biomassa seca da parte aérea remanescente e biomassa seca de raízes. Na vertical, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A resposta das mudas às doses de pó de basalto para os índices avaliados seguiram o modelo quadrático (Figura 3.8).

O índice BSPA/BSR alcançou máximo de 2,47 em resposta a uma dose de 6,18 g kg⁻¹, com incremento de 27,05% (Figura 3.8 A). Já a resposta do índice ALT/BSPA atingiu mínimo de 1,60 em G1 e de 6,18 em G2 nas respectivas doses 5,63 e 5,95 g kg⁻¹ (Figura 8 B). O índice ALT/BSPA, indica o quanto lignificadas estão as mudas, ou seja, é a relação que mede o incremento de BSPA por unidade de ALT. Segundo Gomes e Paiva (2004), quanto menor o seu valor do índice ALT/BSPA, maior a chance de sobrevivência das mudas no campo. Assim, as

mudas obtidas na granulometria mais fina de pó de basalto foram mais eficientes na produção de biomassa seca a medida que cresciam, sendo que têm maiores chances de sobreviverem em campo definitivo por apresentarem menores valores para o índice ALT/BSPA.

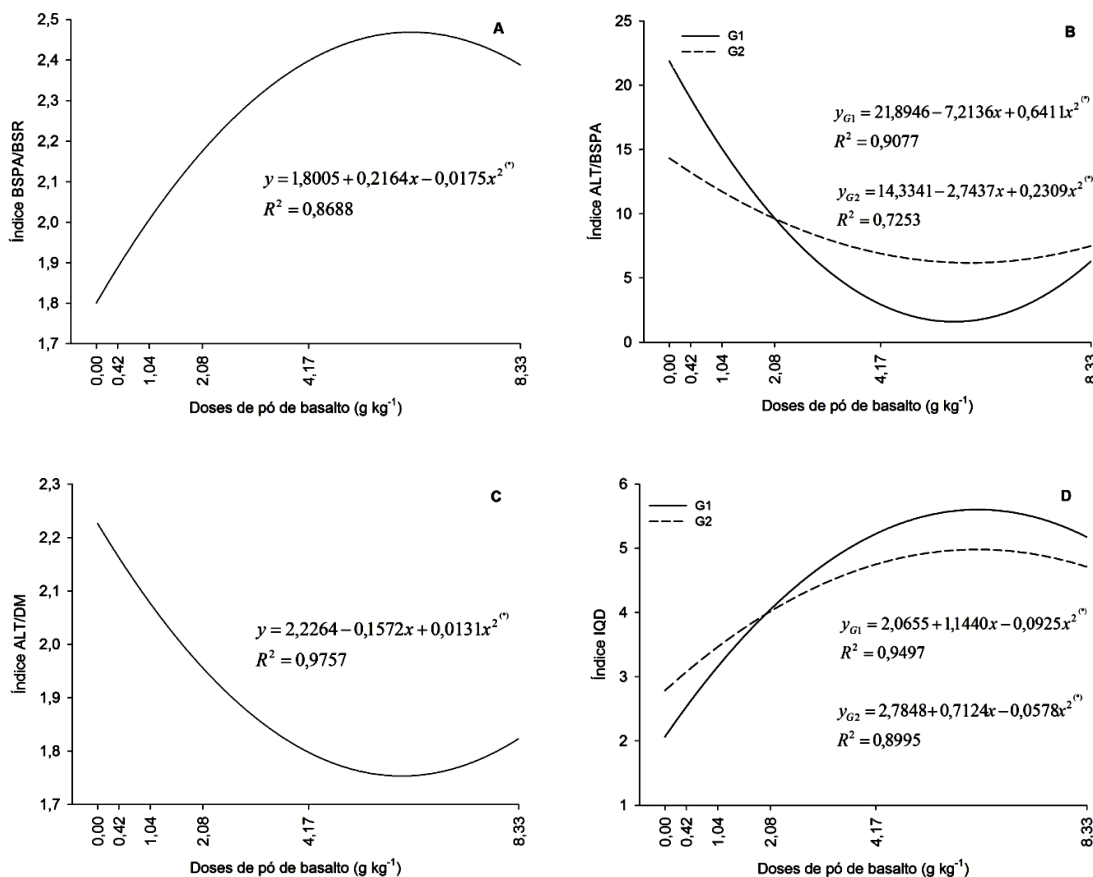


Figura 3.8 – Índices morfológicos das relações biomassa se Ca da parte aérea remanescente e biomassa se Ca de raízes (BSPA/BSR – A), altura e biomassa seca da parte aérea remanescente (ALT/BSPA – B), altura e diâmetro do caulículo (ALT/DM – C) Índice de Dickson (IQD – D) de mudas de açaí, em função de doses crescentes de pó de basalto, nas granulometrias 0,05 (G1) e 0,10 mm (G2), avaliadas 180 dias após o transplante.

O índice ALT/DM, resultante da divisão da altura das mudas pelo seu respectivo diâmetro do caulículo, é considerado uma relação de extrema importância, pois fornece indicações de quanto delgada está a muda. Quanto menor

o seu valor, maior a chance de sobrevivência e estabelecimento no local de plantio (GOMES e PAIVA, 2004). Se considerar, portanto, essa relação como indicativo de maior sobrevivência no campo, a muda de menor altura seria a favorecida (KNAPIK, 2005). Assim, o mínimo obtido para este índice foi de 1,75 na dose $6,0 \text{ g kg}^{-1}$ com uma diferença de 22,67% em relação ao tratamento sem pó de basalto (Figura 3.8 C).

O IQD é apontado como bom indicador de qualidade de mudas porque são utilizados para seu cálculo a robustez (relação ALT/DM) e o equilíbrio da distribuição da biomassa (relação BSPA/BSR) (FONSECA, 2000). Quanto maior o IQD, melhor é a qualidade da muda produzida. Assim, os melhores resultados foram obtidos nas mudas da granulometria mais fina (0,05 mm) as quais alcançaram máximo de 5,6 na dose $6,18 \text{ g kg}^{-1}$, com incremento de 61,42%. Já as mudas da granulometria mais grossa (0,10 mm) atingiram máximo de 4,98 na dose $6,16 \text{ g kg}^{-1}$, com incremento de 47,97% (Figura 3.8 D). Isso mostra que, se for utilizado somente este índice como critério de escolha das mudas, optaria-se por aquelas produzidas na granulometria 0,05mm.

Observa-se que os quatro índices obtiveram a mesma tendência de melhor resposta a uma dose média de $6,0 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto, ou seja, mudas submetidas a esta dose são de melhor qualidade por serem mais robustas, terem melhor equilíbrio nutricional e de biomassa, o que permitirá que estas mudas tenham maiores chances de sobrevivência e estabelecimento em local de campo definitivo.

3.5. CONCLUSÕES

As doses de pó de basalto com granulometria mais fina (0,05 mm) proporcionaram maiores aumentos nas concentrações de Ca e de Mg no substrato, mas os acréscimos observados não foram suficientes para atingir valores considerados bons. As concentrações de Fe e Zn obtidas com o uso do basalto moído atingiram níveis considerados muito bons.

Os resultados de complexo de troca catiônica foram maiores quando se utilizou o basalto moído com granulometria mais fina, sendo que os valores de acidez potencial, acidez trocável, saturação por Al^{+3} foram menores utilizando esta granulometria.

Os tratamentos sem pó de basalto (0 g kg^{-1}) produziram mudas de menor qualidade.

Mudas de melhor qualidade e melhor desenvolvimento foram obtidas nas doses com granulometria de 0,05 mm.

4. CAPÍTULO 2 - EFEITO DE DOSES DE PÓ DE BASALTO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh)

4.1. RESUMO

O objetivo no presente trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) em função de doses de pó de basalto. O experimento foi conduzido em Casa de Vegetação, CCA/UFRR. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições em esquema fatorial ($5 \times 2 + 1$), sendo cinco doses de pó de basalto (0, 0,42, 1,04, 2,08, 4,17 e 8,33 g kg⁻¹), duas granulometrias (0,05 e 0,10 mm) e uma testemunha. Foram usados vasos de polietileno com capacidade de 14 kg, preenchido com substrato composto por 20% de vermicomposto e 80% de um Latossolo Amarelo Distrófico. Utilizou-se dose padrão 1,04 g kg⁻¹ de pó de granito e 0,058 g kg⁻¹ de superfosfato triplo como fontes de K e P, respectivamente. A incubação do solo nos vasos teve duração de 120 dias e após esse período, fez-se o transplante das plântulas. Foram determinados altura, diâmetro do coleto, número de ramos e biomassa seca da parte aérea e de raiz das mudas. A partir destes dados, foram calculados os índices morfológicos. As doses de pó de basalto com granulometria 0,05mm proporcionaram maiores aumentos nas concentrações de Ca e de Mg no substrato, mas os acréscimos observados não foram suficientes para atingir valores considerados bons. As concentrações de Fe e Zn obtidas com o uso do basalto moído atingiram níveis considerados muito bons. Os resultados de complexo de troca catiônica foram maiores quando se utilizou basalto moído com granulometria mais fina (0,05mm), sendo que os valores de acidez potencial, acidez trocável, saturação por Al⁺³ foram menores utilizando estas doses. As doses de pó de basalto influenciaram o desenvolvimento das mudas de camu-camu, principalmente com granulometria mais fina (0,05mm), que produziram mudas de melhor qualidade e com melhor desenvolvimento a testemunha. Em termos gerais, as mudas submetidas às doses com granulometria de 0,05mm apresentaram melhor desenvolvimento e melhor qualidade.

Termos de indexação: Caçari, fertilizante alternativo, rochagem, propagação

EFFECT OF LEVEL OF CRUSHED BASALT IN THE INITIAL DEVELOPMENT OF SEEDLINGS OF CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh)

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the initial growing of Camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh HBK) as a function of doses of powdered basalt. The experiment was conducted in a greenhouse, CCA / UFRR. The experimental design was randomized blocks with five replications in a factorial (5x2 +1), five doses of basalt powder (0, 0.42, 1.04, 2.08, 4.17 and 8, 33 g kg⁻¹), two particle sizes (0.05 and 0.10 mm) and a witness. Vessels were used polyethylene with a capacity of 14 kg, filled with substrate composed of 20% of a Latosol Typic Dystrophic and 80% of vermicompost. We used standard dose 1.04 g kg⁻¹ of granite powder and 0.058 g kg⁻¹ of superphosphate as sources of P and K, respectively. Incubation of the soil in pots lasted 120 days and after that period, it was transplanting seedlings. Were determined height, diameter, number of branches and dry biomass of shoots and roots of seedlings. From these data, we calculated the morphological indices. Doses of basalt powder with particle size 0.05 mm provided greater increases in the concentrations of Ca and Mg in the substrate, but the increases observed were not sufficient to reach levels considered good. The concentrations of Fe and Zn obtained with the use of crushed basalt reached levels considered very good. The results of cation exchange complex were higher when using crushed basalt with finer grain size (0.05 mm), and the potential acidity, exchangeable acidity, Al⁺³ saturation were lower doses. As using these doses of powder basalt influenced the development of seedlings of Camu-camu, especially with finer grain size (0.05 mm), which produced seedlings with higher quality and better development control. In general, the seedlings subjected to doses with size 0.05 mm showed a better development and better quality.

Index terms: Caçari, alternative fertilizer, ground basalt, propagation

4.2. INTRODUÇÃO

O método de regeneração da fertilidade impulsionado com a Revolução Verde é baseado no emprego de adubos minerais de alta solubilidade e revela-se inviável para a ampla maioria das famílias agricultoras, em função de seu alto custo e dos impactos ambientais negativos que gera (ALMEIDA et al., 2007a).

Uma alternativa mais ecológica para reposição de nutrientes do solo escassos à agricultura é o uso do pó de rocha, um produto adquirido do beneficiamento simples de matérias minerais, de solubilidade mais lenta, disponibilizando os nutrientes para as plantas por um período maior do que o de fertilizantes convencionais (ALBUQUERQUE, 1996). Este resíduo, proveniente da britagem de rochas basálticas, tem sido indicado como corretivo da fertilidade de solos bastante intemperizados (GILLMAN, 1980).

Segundo Theodoro e Leonardos (2006), a rochagem é uma tecnologia que apresenta significativas vantagens econômicas, ambientais e produtivas para as culturas de milho, arroz, mandioca, cana-de-açúcar e hortigranjeiros, quando comparada à adubação com fontes minerais altamente solúveis.

Os autores Melamed et al. (2007) destacam que os benefícios advindos da utilização de pós de rocha são: o fornecimento lento de macro e micronutrientes; aumento da disponibilidade desses nutrientes nos solos cultivados; reequilíbrio do pH do solo e aumento da reserva nutricional do solo.

A fertilização com rochas constitui-se também numa alternativa viável em termos econômicos e ecológicos por não exigir qualquer processo de teor ou ataque químico, pois envolve apenas moagem das rochas usadas na composição do produto, e pela liberação gradual de nutrientes, que diminui as perdas por lixiviação e favorece uma ação de longo prazo do insumo aplicado (LEONARDOS et al., 2000).

O camu-camu ou caçarí (*Myrciaria dubia* (H. B. K.) McVaugh), planta tipicamente amazônica, pertencente à família Myrtaceae, apresenta porte arbustivo e vegeta espontaneamente às margens dos rios e dos lagos, sendo encontrada na estação chuvosa, parcial ou totalmente submersa (VIÉGAS et al., 2004). Seus frutos possuem elevado teor de vitamina C que combatem os radicais livres causadores de

envelhecimento e auxiliam no fortalecimento do sistema imunológico (MENEZES, 2001).

A produção de frutos adotada pelos caboclos somente com o extrativismo em ambientes naturais não garante qualidade, sendo imprescindível a produção de cultivos em terra firme, com a vantagem de estender a frutificação e colheita de frutos com qualidade (GAVINHO, 2005). A adaptação de plantas em terra firme já é uma realidade (FALCÃO et al., 1986) somada ao manejo adequado e uso de adubações, pode se proporcionar maiores condições de desenvolvimento e produção.

A formação de mudas constitui-se numa etapa crucial do processo de produção e pode possibilitar aos agricultores a obtenção, em viveiro, de plantas com melhor performance para suportar as condições adversas de campo. Expressivos aumentos no crescimento e qualidade de mudas podem ser alcançados através da fertilização adequada, com reflexos no melhor desenvolvimento, na precocidade e na maior sobrevivência em campo (BARBOSA et al. 2003).

Com relação à produção de mudas, a propagação do camu-camu, embora possa ser conduzida com a utilização de métodos assexuados (FERREIRA e GENTIL, 1997), é realizada basicamente por via sexuada. Assim, recomenda-se obter as sementes de plantas sadias, com alta produção e com frutos de tamanho homogêneos e no mesmo estágio de maturação, objetivando conseguir uma maior uniformidade na germinação. Diante da necessidade de incrementar o sistema de produção de camu-camu, foi proposto no presente trabalho avaliar as respostas da aplicação de doses de pó de rochas com duas granulometrias, como fertilizantes alternativos, no desenvolvimento inicial de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh).

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Roraima - UFRR, localizado no município de Boa Vista - RR, coordenadas geográficas de 2° 52' 15,49" N e 60° 42' 39,89" W. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, com duas estações climáticas bem definidas, uma chuvosa (abril-setembro) e outra seca (outubro-março) (ARAÚJO et al., 2001).

4.3.1. Processamento dos frutos

A coleta dos frutos de camu-camu foi realizada manualmente de uma população da espécie encontrada às margens do Rio Cauamé no município de Boa Vista – RR. Foram selecionados frutos maduros e de vez.

As sementes foram extraídas manualmente, com auxílio de uma peneira e lavadas em água corrente para retirada dos resíduos de polpa e de casca. Em seguida, foram selecionadas por meio de catação manual e eliminadas as sementes danificadas, mal formadas e as muito pequenas, buscando a uniformidade do lote obtido. Foram utilizadas sementes dos frutos no ponto de colheita comercial, pois segundo Smiderle (2010) as sementes obtidas desses frutos proporcionam melhor velocidade de emergência, juntamente com aqueles extremamente maduros, em relação aquelas obtidas de frutos verdes.

Após a seleção, as sementes foram desinfestadas com hipoclorito (água sanitária) na proporção de 1:4, sendo uma parte de Brilux® contendo hipoclorito de sódio e quatro de água, permanecendo as sementes submersas nesta solução por 15 minutos. Em seguida, as sementes desinfestadas passaram por um processo de secagem à sombra, sobre papel jornal, em ambiente ventilado, por um período de 30 horas, para a perda da umidade superficial. Após esse processo, foram armazenadas em sacos plásticos e acondicionadas em um recipiente de vidro hermeticamente fechado à temperatura em torno de 10° C, aguardando a colocação nos vasos para germinação.

Realizou-se a semeadura das sementes de camu-camu em tubetes de 125 cm³, contendo como substrato a composição de pó de serra e areia na proporção de 1:1.

4.3.2. Processamento da rocha

O pó de basalto foi obtido de rochas basálticas da Formação Apoteri, coletadas na pedreira Boa Vista, situada no município de Boa Vista (RR). As rochas foram fragmentadas com martelo pedológico e passadas em moinho de bolas. Em seguida, tamisado em vibrador de peneiras, cujas malhas finais consistiram nos diâmetros estabelecidos para o estudo. Uma vez que há poucas referências da utilização desse material em substratos, para definir a quantidade a ser usada levou-se em consideração as quantidades recomendadas para solos estudados por diversos autores (DIAS et al., 2007; ESCOSTEGUY e KLAMT, 1998).

Foram feitas análises químicas de macro e micronutrientes totais* e disponíveis do pó de rocha *in natura*, analisado por espectrofotometria de plasma no e do vermicomposto, no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (Tabelas 4.1 e 4.2).

Tabela 4.1 - Teores de elementos traço* em amostras de pó de rocha e de pó de granito. Valores médios \pm desvio padrão (n=3)

Macronutriente (mg dm ⁻³)	Amostra	
	Pó de basalto	Pó de granito
Cálcio	9.700	
Magnésio	4.800	
Potássio	48	
Fósforo	520	
Enxofre	14	
Micronutriente (mg kg⁻¹)		
Cobalto	45,48 \pm 2,43	1,68 \pm 0,38
Cobre	218,82 \pm 1,27	101,06 \pm 8,82
Manganês	1033,95 \pm 16,08	233,90 \pm 4,39
Molibdênio	** < 0,05	1,78 \pm 0,16
Zinco	79,70 \pm 0,75	48,68 \pm 1,93

* Método USEPA 3052.

**Valores precedidos do sinal < referem-se ao limite de quantificação do método analítico.

Tabela 4.2 – Características químicas, carbono orgânico (CO) e relação C/N do vermicomposto

pH	K	P	N**	Ca	Mg	Fe	Zn	CO***	C/N
H ₂ O	-----dag kg ⁻¹ -----				---mg dm ⁻³ --		%		
5,05	0,32	0,24	1,68	0,60	0,26	1522	246	23,24	13,83

* Teores totais determinados no extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico).

** Método do Kjeldahl.

*** Método Walkley-Black

A caracterização química e física do solo foi realizada antes da instalação do experimento (Tabela 4.3), na qual avaliou-se pH em H₂O, Ca²⁺+Mg²⁺, K, Al³⁺ trocáveis e P disponível, conforme Embrapa (1999).

Tabela 4.3 – Características químicas e textural do solo antes da instalação do experimento

pH	K	P	Ca + Mg	Al ³⁺	SB	T	MO	Argila	Silte	Areia
H ₂ O	---mg dm ⁻³ ---		----- cmol _c dm ⁻³ -----				%	----- dag kg ⁻¹ -----		
4,8	15	0,1	0,8	0,9	0,84	3,7	1,7	250	150	600

4.3.3. Delineamento Experimental do ensaio

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 5 repetições, em esquema fatorial (2 x 5 + 1), sendo duas granulometrias e cinco doses de pó de rocha acrescidas de uma testemunha.

4.3.4. Descrição dos Tratamentos

Os onze tratamentos foram gerados pela combinação de duas granulometrias (G₁=0,05 e G₂=0,10 mm de diâmetros, respectivamente) e cinco doses de pó de rocha (D₁= 0,42, D₂=, D₃=50, D₄=100 e D₅=200 t ha⁻¹) (Tabela 4.4), acrescidos de

uma testemunha, sendo (T_1) substrato com a adição de 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo.

Tabela 4.4 – Descrição dos tratamentos compostos pela combinação entre granulometrias e doses de pó de rocha

T_1 = substrato (testemunha – sem pó de basalto) + adubação com superfosfato triplo + pó de granito	
G_1T_2 = substrato + D_1 ($0,42 \text{ g kg}^{-1}$)	G_2T_2 = substrato + D_1 ($0,42 \text{ g kg}^{-1}$)
G_1T_3 = substrato + D_2 ($1,04 \text{ g kg}^{-1}$)	G_2T_3 = substrato + D_2 ($1,04 \text{ g kg}^{-1}$)
G_1T_4 = substrato + D_3 ($2,08 \text{ g kg}^{-1}$)	G_2T_4 = substrato + D_3 ($2,08 \text{ g kg}^{-1}$)
G_1T_5 = substrato + D_4 ($4,17 \text{ g kg}^{-1}$)	G_2T_5 = substrato + D_4 ($4,17 \text{ g kg}^{-1}$)
G_1T_6 = substrato + D_5 ($8,33 \text{ g kg}^{-1}$)	G_2T_6 = substrato + D_5 ($8,33 \text{ g kg}^{-1}$)

4.3.5. Descrição das parcelas

As parcelas foram constituídas por vasos de polietileno preto de 14 litros enchidos com a composição de 20% de vermicomposto e 80% de um Latossolo Amarelo Distrófico textura média, coletado na profundidade de 0 – 20 cm no Centro de Ciências Agrárias - CCA, no município de Boa Vista – RR.

O solo foi incubado em vasos com capacidade de 14 litros com o pó de rocha nas granulometria de 0,50 e 0,10 mm em doses crescentes de: 0; 5; 12,5; 25; 50 e 100 g kg^{-1} . O pó de granito foi adicionado na dosagem de $12,5 \text{ g kg}^{-1}$ com granulometria 0,05mm em todos os tratamentos. A incubação teve duração de 120 dias, compreendendo os meses de janeiro a abril. Após este período, realizou-se o transplante de 2 plântulas de camu-camu para cada vaso, onde posteriormente foram selecionadas a mais vigorosa e uniformizada para a condução do experimento.

Em função do basalto não ser fonte de fósforo, adicionou-se o equivalente a 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , na forma de superfosfato triplo em cada parcela, no momento da incubação do substrato.

Foram coletadas amostras do substrato mensalmente, desde o início da incubação até a conclusão das avaliações das mudas. Essas coletas foram tiradas de uma unidade experimental de cada tratamento. No entanto, no momento da realização da avaliação química de macro e micronutrientes, utilizou-se uma

amostra composta do substrato coletado, misturando-se duas amostras coletadas mensalmente.

4.3.6. Descrição das Variáveis

A avaliação do crescimento das mudas foi realizada mensalmente, a partir do primeiro mês após o transplante das plântulas, nas quais se realizou medições de altura, diâmetro de coleto e número de folhas de todas as mudas.

Para as medições de comprimento, foi utilizada uma régua milimetrada, sendo a medição realizada a partir do nível do substrato até a ponta da última gema apical. Já o diâmetro de colo foi determinado a partir do nível do substrato, com auxílio de um paquímetro.

A irrigação foi realizada diariamente, para manter a condição de umidade inicial (capacidade de campo) dos vasos.

Ao final de seis meses do transplante das plântulas, fez-se a avaliação da biomassa seca da parte aérea remanescente, biomassa seca de raízes, biomassa seca total, concentração e conteúdo de nutrientes foliares como macro e micronutrientes da muda por tratamento. Também foram avaliadas as relações biomassa seca da raiz e biomassa seca da parte aérea (BSR/BSPA), relação altura da parte aérea e diâmetro do coleto (ALT/DM), relação altura da parte aérea e biomassa seca da parte aérea (ALT/BSPA) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), o qual foi determinado em função da altura da parte aérea (ALT), do diâmetro do coleto (DM), da biomassa seca da parte aérea (BSPA) e da biomassa seca das raízes (BSR), por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{BST}{(ALT/DM) + (BSPA/BSR)}$$

As mudas foram lavadas sobre uma peneira fina com jatos brandos de água, para remoção do substrato aderido nas raízes, com coleta de segmentos de raiz

retidos pela peneira. Após este processo, a muda foi separada em raízes e parte aérea. Secas em estufa com circulação forçada de ar à 65°C por 72 horas, as amostras então foram pesadas separadamente em balança analítica para a determinação da biomassa seca da parte aérea, biomassa seca de raízes e biomassa seca total. Estas atividades foram realizadas no Laboratório de Manejo do Solo, localizado no setor do Centro de Ciências Agrárias da UFRR, Boa Vista - RR.

As análises de concentração de nutrientes foliares foram realizadas com uma amostra composta para cada tratamento, a qual foi preparada com as folhas e os ramos mais tenros da parte aérea das mudas por tratamento. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas da UFV (Universidade Federal de Viçosa), Viçosa – MG. A metodologia utilizada foi nitro-perclórica, adaptada pela UFV da metodologia da Embrapa (1999). Fez-se a pesagem de 0,5 g de tecido vegetal e despejado em tubo de digestão. Em seguida, adicionaram-se 2 gotas de querosene e 4 mL de Ácido Nítrico p.a. 65%. Fez-se uma pré-digestão (± 12 horas), tempo suficiente para que o tecido vegetal entre em contato com o Ácido Nítrico. Após este processo de pré-digestão, levou-se os tubos de digestão ao bloco digestor, a uma temperatura de ± 95 °C. Quando o material vegetal esteve parcialmente digerido e o volume do ácido reduziu à metade em relação ao volume inicial, adicionou-se 2 mL de Ácido Perclórico p.a. 70%, aumentando a temperatura do bloco digestor gradativamente até ± 150 °C. Quando o extrato alcançou cor clara, abaixou-se a temperatura para 120 °C, adicionou-se 23 mL de água destilada e em seguida, agitou-se o tubo.

4.3.7. Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000) e SAEG 9.0 (RIBEIRO JÚNIOR e MELO, 2008), aplicando-se a análise de variância através do teste F e, em seguida, os dados qualitativos foram comparados através do teste de Tukey e os quantitativos, via regressão polinomial. Os gráficos foram elaborados com o programa SIGMA PLOT 11.0.

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1. Avaliação das características químicas e físico-químicas do substrato

Os dados de Ca, Mg e K, trocáveis; P, Fe e Zn disponíveis, pH em H₂O, CTC (T), CTC (t), saturação por bases (V), saturação por Al⁺³ (m), soma de bases (SB), acidez trocável (Al³⁺) e acidez potencial (H⁺ + Al⁺³), foram comparados com a escala proposta por Neto et al. (2001) (Apêndice A, B e C).

Para todas as variáveis químicas do substrato avaliadas, obteve-se melhores valores no período de 120 dias, como mostram as Figuras 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4.

De maneira geral, os teores de Ca no substrato seguiram padrão linear em função das doses de pó de basalto com granulometria de 0,05 mm, sendo que foi aos 120 dias que as doses disponibilizaram mais Ca trocável (Figura 4.1 A), desta forma, os teores estão abaixo do considerado bom pela classe de interpretação utilizada, com exceção apenas da dose 8,33 g kg⁻¹ teores, aos quais alcançaram valores médios. Já os teores de Ca no substrato das doses com granulometria mais grossa (0,10 mm), seguiram modelo quadrático, com exceção dos valores de Ca aos 120 dias (Figura 4.1 B), sendo os teores máximos alcançados em 60, 180, 240 e 300 dias foi de 0,88 cmol_c dm⁻³ em média, em resposta a uma dose média de 6,12 g kg⁻¹.

Os teores de Mg seguiram modelo quadrático, com exceção apenas aos 60, 120 e 180 dias na granulometria mais fina (Figura 4.1 C), períodos que atingiram teores de Mg bons aos 60 e 120 dias e médio aos 180 dias (Figura 4.1 C). O teor médio máximo de Mg obtidos nos períodos da avaliação do substrato foi de 0,86 cmol_c dm⁻³, na dose média de 6,12 g kg⁻¹ de pó de basalto, com granulometria mais grossa (Figura 4.1 D).

Em relação ao K, os teores mantiveram-se, de forma geral, muito bons durante todo o período de avaliação das mudas de açaí (Figura 4.1 E e F), seguindo modelo linear de resposta, com exceção do período de 180 dias da granulometria 0,05 mm e dos 180, 240 e 300 dias da granulometria mais grossa, o modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados foi quadrático.

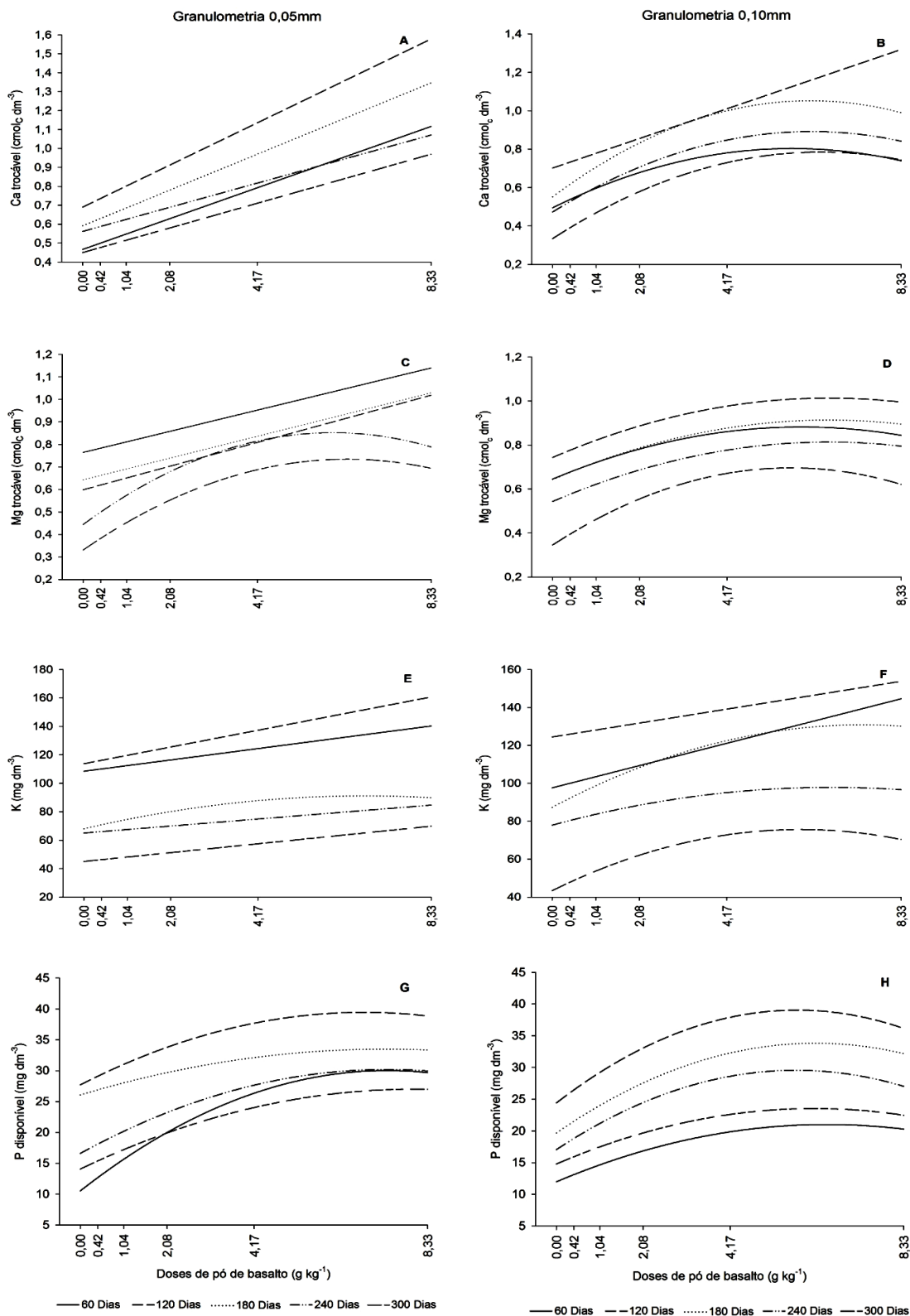


Figura 4.1 – Valores de Ca (A e B), Mg (C e D) e K trocáveis (E e F) e P disponível no substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometrias (G e H) 0,05 e 0,10mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias.

Os teores de P disponível, responderam de forma quadrática em resposta as doses de pó de basalto, independentemente da granulometria utilizada, com sua maior disponibilidade aos 60 dias (Figura 4.1 G e H). Possivelmente, essa variação de disponibilidade de P e K ocorreu em função do pó de basalto também ser fonte destes nutrientes, embora não tão significativo quanto Ca e Mg. Na granulometria mais fina (0,05 mm), os teores de P alcançaram média de $31,95 \text{ mmg dm}^{-3}$ na dose média de $7,16 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto, valor considerado muito bom pela classe de interpretação utilizada. No entanto, esse valor está abaixo do observado no período de 120 dias que foi de $39,43 \text{ mmg dm}^{-3}$ na dose $6,79 \text{ g kg}^{-1}$, período de maior disponibilidade de P (Figura 4.1 G). Já na granulometria mais grossa (0,10mm), o teor médio máximo obtido nos períodos de avaliação do substrato foi de $29,39 \text{ mmg dm}^{-3}$, na dose média de $6,08 \text{ g kg}^{-1}$, sendo que no período de maior disponibilidade de P (120 dias) o teor máximo alcançado foi de $39,04 \text{ mmg dm}^{-3}$, na dose $5,77 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 4.1 H). No substrato, é desejável que haja alta disponibilidade de P, porque mesmo que a planta necessite de uma menor quantidade desse elemento em relação aos elementos N e K, o P apresenta-se pouco solúvel devido ao fenômeno de fixação (KNAPIK, 2005).

O P é um macronutriente que limita o crescimento das plantas na maioria dos solos brasileiros e é muito pouco disponível em condições de alta acidez. Isto porque, em geral, os solos contêm teores elevados de óxidos de Fe, principalmente, e em condições de maior acidez do solo, a superfície desses óxidos está carregada positivamente, atraindo ânions, como o fosfato. Estes ânions formam complexos de superfície de esfera interna com os óxidos de Fe, o que diminui sensivelmente sua disponibilidade para as plantas, fenômeno conhecido como adsorção (NOVAIS et al., 2007). Assim, os teores de P, principalmente aos 120 dias de avaliação do substrato, atingiram valores muito bons.

De modo geral os teores dos macronutrientes foram diminuindo com o tempo, o que pode ter ocorrido em função da absorção destes nutrientes pelas mudas.

A resposta dos teores de Fe em função das doses de pó de basalto foram lineares e ambas granulometrias (Figura 4.2 A e B), as quais estão muito acima do considerado bom pela classe de interpretação proposta por NETO et al. (2001). No entanto, não foram observados sintomas de toxidez deste elemento nas mudas.

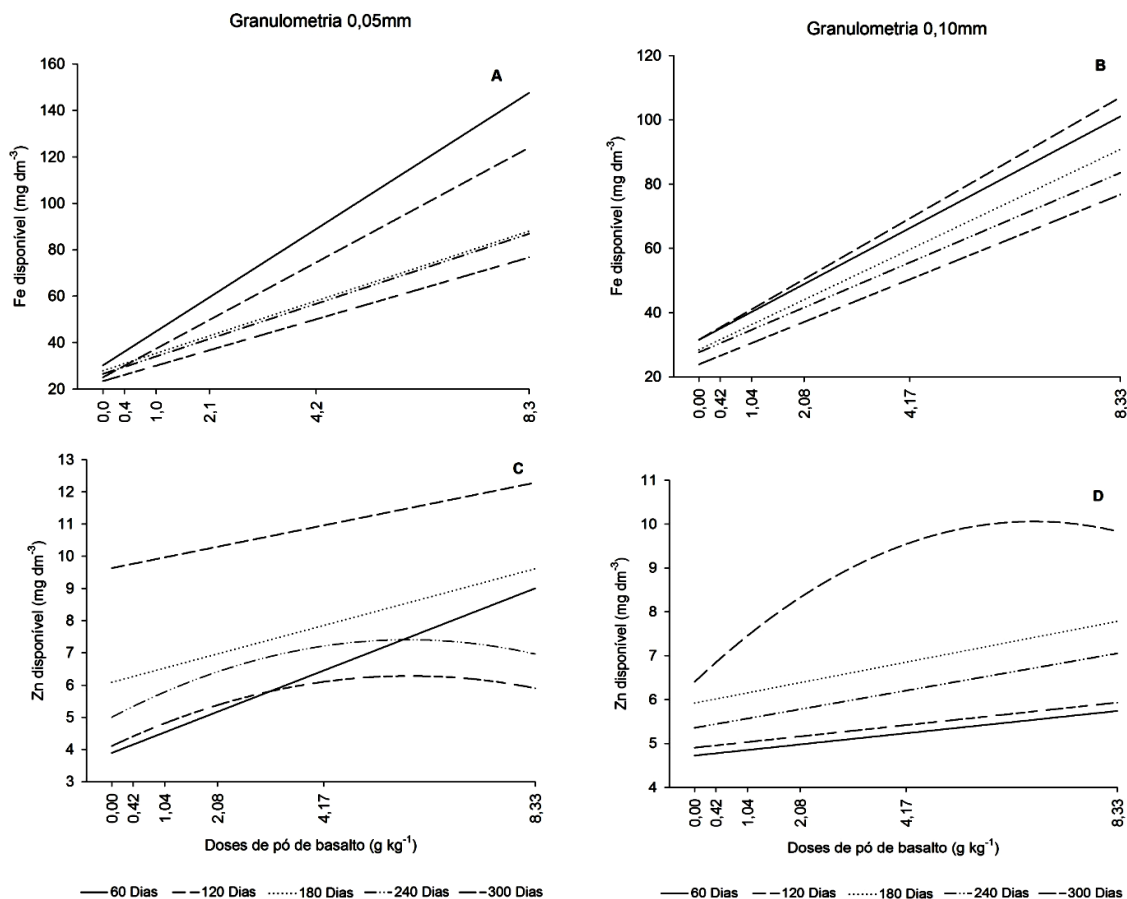


Figura 4.2 – Valores de Fe (A e B) e Zn (C e D) disponíveis no substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias.

A disponibilidade de Zn pelo pó de basalto com granulometria mais fina ocorreu de forma linear dos 60 aos 180 dias (Figura 4.2 C) já na granulometria mais grossa essa disponibilidade ocorreu de forma linear aos 60 dias e dos 180 aos 300 dias de avaliação (Figura 4.2 D). A disponibilidade de Zn pode ser afetada pelo pH do solo, sendo mais evidente em solos com pH baixo. Entretanto, no presente trabalho, verificou-se que o maior teor deste elemento foi observado nos substratos cujo pH estava mais elevado. Possivelmente, esse resultado ocorreu devido ao pó de basalto ser rico em Zn, o que pode ser comprovado pelos altos teores de Zn observado durante toda a avaliação do experimento (Figura 4.2 C e D).

A soma de bases (Figura 4.3 A e B) mostra o reflexo dos teores bases trocáveis Ca, Mg e K, sendo que aos 120 dias atingiu valores considerados muito bons. Isso também refletiu em valores de saturação de bases maiores nestas doses (Figura 4.3 C e D).

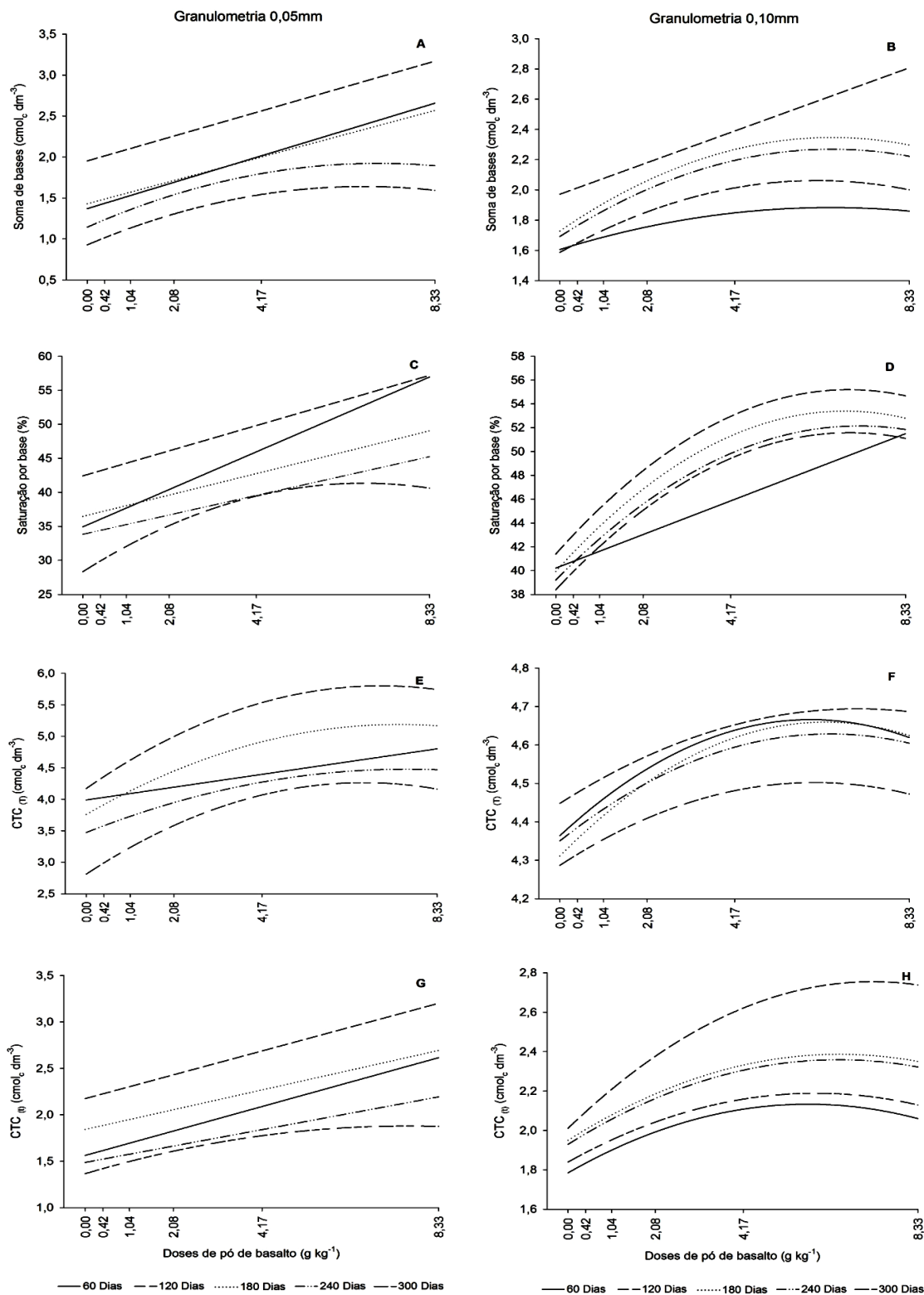


Figura 4.3 – Valores de soma de bases (A e B), saturação por base (C e D), capacidade de troca de cátions total (CTC_T) (E e F) e capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_i) (G e H) do substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometria 0,05 e 0,10mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias.

Na granulometria 0,10mm as respostas quadráticas da saturação por bases dos 120 aos 300 dias de avaliação do substrato alcançou média de 53,08% em resposta a uma dose média de $7,02 \text{ g kg}^{-1}$, sendo que no período no qual se obteve maior saturação por bases (120 dias) se obteve valor de 55,19% na dose $6,97 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 4.3 D).

A CTC total também foi maior aos 120 dias de avaliação do substrato em ambas granulometrias, sendo que na granulometria mais fina a resposta quadrática atingiu máximo de $5,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose $6,99 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 4.3 E). Na granulometria mais grossa o máximo alcançado no mesmo período de 120 dias foi de $4,69 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose $7,08 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto (Figura 4.3 F), sendo 21,32% inferior a granulometria 0,05 mm.

A resposta da CTC efetiva para os 120 dias foi linear na granulometria 0,05 mm (Figura 4.3 G) e na granulometria 0,10mm a resposta foi quadrática com máximo de $2,75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose $7,23 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto (Figura 4.3 H).

O efeito de redução da SB nas doses de ambas granulometrias está de acordo com as variações das bases trocáveis, da acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$), acidez trocável (Al^{+3}), saturação por alumínio (m) e do pH (Figura 4.4), as quais apresentaram resultados maiores no 2 período de avaliação do substrato que foi aos 120 dias. Sendo que a partir dos 180 dias houve redução dos teores dos macro e micronutrientes, bem como das características químicas e físico-químicas de substrato. Esse efeito pode ter ocorrido em função do transplante das mudas nos vasos, as quais passaram a extrair estes nutrientes alterando seus teores e as características químicas e físico-químicas de substrato. A redução de pH e de bases trocáveis e aumento da acidez trocável e acidez potencial foi suficiente para influenciar na redução da CTC (t) e da CTC (T), pois estas variáveis foram diminuindo com o tempo, saindo da classe de interpretação média para a classe baixa. O pH na granulometria 0,05mm alcançou máximo de 5,6 na dose $8,24 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto. Já o máximo atingido com a granulometria 0,10 ($5,45$) na dose $6,80 \text{ g kg}^{-1}$ foi 2,68%, inferior à granulometria mais fina (Figura 4.4 A e B). Com estes resultados, vê-se a importância da adição do pó de basalto ao substrato, pois o pH do solo utilizado antes da implantação do experimento estava em 4,8 (Tabela 4.3) e após a aplicação do pó de basalto o pH atingiu valores de até 5,6, o qual é recomendado para a maioria das culturas.

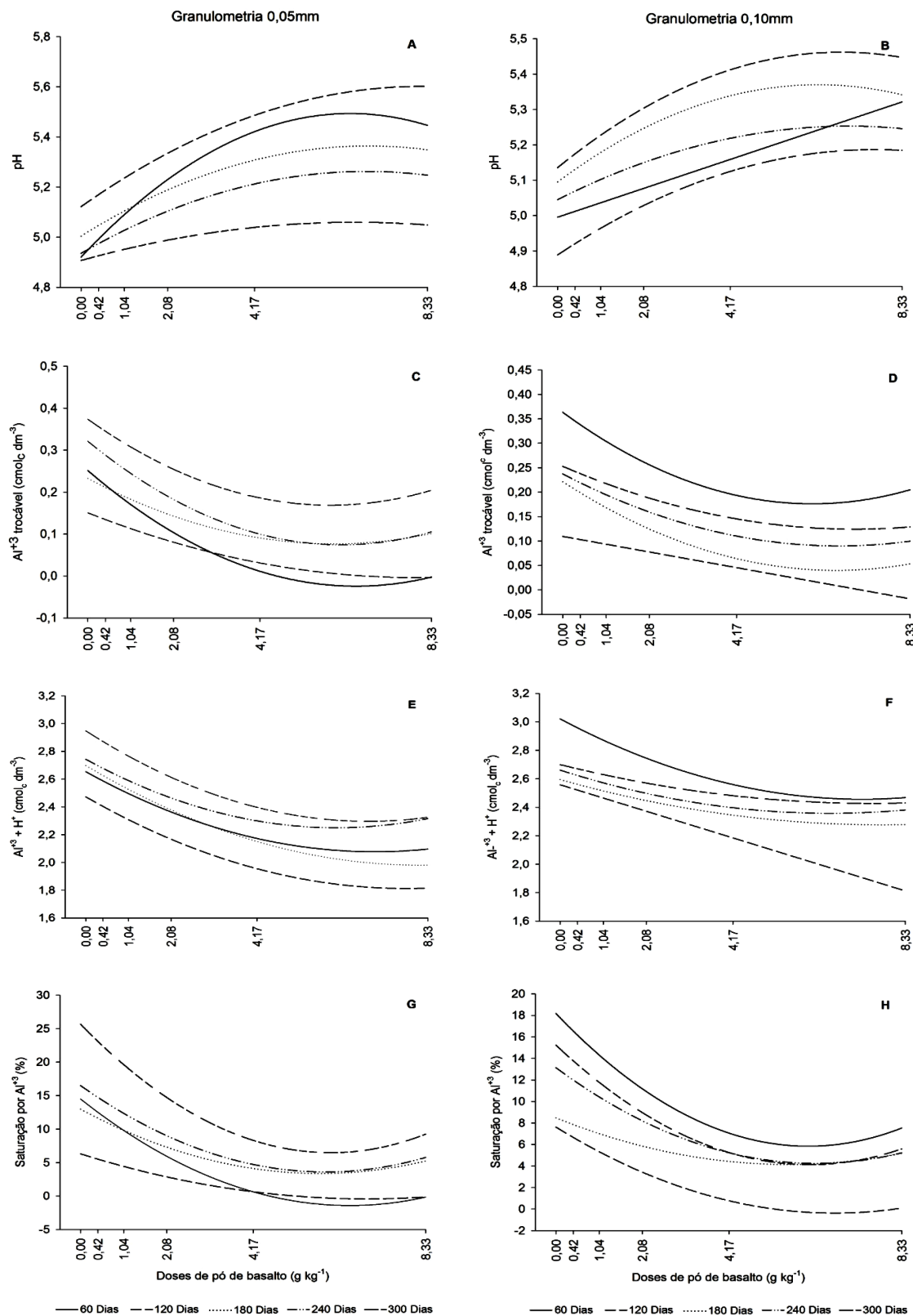


Figura 4.4 – Valores pH (A e B), Al³⁺ trocável (C e D), Al³⁺+H⁺ (E e F) e saturação por Al³⁺ (G e H) do substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometria 0,05 e 0,10 mm avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias.

A utilização do vermicomposto também contribuiu para o equilíbrio do pH, pois o produto resultante da ação das minhocas na matéria orgânica é neutro, visto as minhocas possuírem glândulas calcíferas, de acordo com Longo (1987) e Gonçalves e Poggiani (1996) citados por Knapik (2005).

Os valores de acidez trocável, acidez potencial e a saturação por alumínio tiveram queda aos 120 dias da avaliação do substrato, período que coincide com maiores valores de pH, pois a redução da acidez do solo promove a insolubilização de Al. Verificou-se que em valores de pH acima de 5,5-6,0, a solubilidade do Al é mínima (NOVAIS et al., 2007), sendo que os valores mais baixos de Al^{+3} trocável, $H^+ + Al^{+3}$ e saturação por Al^{+3} , na granulometria mais fina (0,05 mm), foram obtidos numa dose média de $7,58 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto (Figura 4.4 C, E e G). Já na granulometria 0,10mm, a resposta foi linear para Al^{+3} trocável e $H^+ + Al^{+3}$ (Figura 4.4 D e F), com exceção da saturação por Al^{+3} , que atingiu mínimo na dose $6,70 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 4.4 H).

4.4.2. Avaliação das características de crescimento

Observa-se, na Tabela 4.5, que a interação entre os fatores DOSE de pó de basalto e GRAN não foi significativa para nenhuma das variáveis de crescimento estudadas.

Tabela 4.5 – Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento de mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		ALT	DM	NR	BSPA	BSR	BST
DOSE	5	3289.90**	4.33**	2.497 ^{ns}	81.83**	16.96**	172.90**
GRAN	1	4225.20**	12.24**	1.350 ^{ns}	107.47**	20.22**	220.92**
DOSE*GRAN	5	30.09 ^{ns}	0.33 ^{ns}	0.230 ^{ns}	6.58 ^{ns}	1.914 ^{ns}	15.33 ^{ns}
RESÍDUO	48	20.9595	0.7522	1.9417	4.6189	2.3283	12.644
CV (%)		7.97	20.56	53.25	49.05	57.97	50.69

FV – Fontes de Variação; DOSE – Doses de pó de basalto; GRAN – Granulometria; ALT – Altura da muda; DM – Diâmetro do coleto; NR – Número de ramos; BSPA – Biomassa seca da parte aérea remanescente; BSR – Biomassa seca de raízes; BST – Biomassa seca total; ^{ns} não significativo, * significativo a 5%, ** significativo a 1% de probabilidade.

Diante disso, passou-se a estudar o efeito isolado de cada fator para ALT, DM, BSPA, BSR e BST, pois para NR não se teve efeito significativo de DOSE nem de GRAN. Verificou-se que as doses e as granulometrias apresentaram diferenças significativas apenas para ALT, DM, BSPA, BSR e BST.

Na Tabela 4.6, pode-se observar que as plantas apresentaram alturas que variaram de 49,04 (granulometria 0,10 mm) a 65,82 cm (granulometria 0,05 mm). A altura da planta é reflexo das condições nutricionais no período de alongamento do caule. Já a variável DM variou de 3,77 (granulometria 0,10 mm) a 4,67 mm (granulometria 0,05 mm).

Tabela 4.6 – Médias estimadas das variáveis de crescimento de mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

GRANULOMETRIA	ALT	DM	BSPA	BSR	BST
	(cm)	(mm)	------(g)-----		
0,05 mm	65,82 a	4,67 a	5,72 a	3,21 a	8,93 a
0,10 mm	49,04 b	3,77 b	3,04 b	2,05 b	5,10 b

ALT – Altura da muda; DM – Diâmetro do coleto; BSPA – Biomassa seca da parte aérea remanescente; BSR – Biomassa seca de raízes; BST – Biomassa seca total. Na vertical, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A produção de biomassa seca das mudas obtidas na granulometria mais fina foram estatisticamente superiores em relação àquelas submetidas a granulometria mais grossa. A variável BSPA variou de 3,04 (granulometria 0,10 mm) a 5,72 g (granulometria 0,05 mm). Já a BSR variou de 2,05 (granulometria 0,10 mm) a 3,21 g (granulometria 0,05 mm), sendo que se obtiveram valores de BST variando de 5,10 (granulometria 0,10 mm) a 8,93 g (granulometria 0,05 mm) (Tabela 4.6).

A resposta diferencial das mudas em função da granulometria 0,05mm de pó de basalto mostrou-se mais eficiente quanto às condições de desenvolvimento e de produção de biomassa seca das mudas. Esse efeito possivelmente decorreu em função da maior disponibilidade de nutrientes pelo pó de basalto com granulometria menor, o que contribuiu substancialmente para aumentar a SB, o complexo de troca (CTC) e o pH, reduzindo o efeito do Al^{+3} no substrato permitindo que as mudas apresentassem um melhor desenvolvimento vegetativo.

Na ausência do pó de basalto os incrementos de biomassa seca são menores, fato que pode ser explicado pela baixa concentração de nutrientes, como o cálcio no substrato, sendo que este nutriente é importante, pois tem relação direta com o crescimento de meristema, estimulando o crescimento e funcionamento apropriado dos ápices radiculares, aumentando assim, a BSR das mudas e o magnésio, o qual tem papel estrutural como componente da molécula de clorofila, sendo que os sintomas de deficiência são clorose e queda das folhas (DECHEN e NACHTIGALL, 2007), proporcionando a redução da eficiência fotossintética das mudas e a produção de fotoassimilados, comprometendo seu crescimento. Outro fator que possivelmente limitou o desenvolvimento radicular das mudas produzidas nas menores doses de pó de basalto, foi a presença do Al^{+3} , que teve maior disponibilidade nestes tratamentos durante o ensaio devido condições de pH mais ácido no substrato. Assim, os solos que contêm teores elevados de Al^{+3} , como é o caso do solo utilizado no ensaio, podem apresentar limitações ao bom desenvolvimento e crescimento radicular das plantas e conseqüentemente, a parte aérea.

Os resultados das variáveis de crescimento mostraram respostas positivas das mudas de camu-camu às doses de pó de basalto, com resposta linear, exceto para a variável ALT, que apresentou resposta quadrática (Figura 4.5).

A resposta em ALT das mudas, em função das doses de pó de basalto, (Figura 4.5 A) apresentou crescimento máximo de 81,91 cm em resposta a uma dose de $6,49 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto (MET), tendo alcançado um incremento no crescimento de 55,09%.

As respostas lineares às doses de pó de basalto na produção de BSPA, BSR e BST sinalizam para um aumento da produção de biomassa seca com o aumento das doses de pó de basalto (Figura 4.5 C, D e E). Prado e Natale (2004) ao avaliarem os efeitos da aplicação de calcário no solo, no desenvolvimento do sistema radicular e na nutrição com cálcio de goiabeiras cultivadas em Latossolo Vermelho distrófico, obtiveram resposta linear da goiabeira no desenvolvimento radicular, mesmo nas maiores doses, demonstrando que não houve restrição ao desenvolvimento deste órgão, indicando que as raízes dessa fruteira são altamente responsivas ao cálcio.

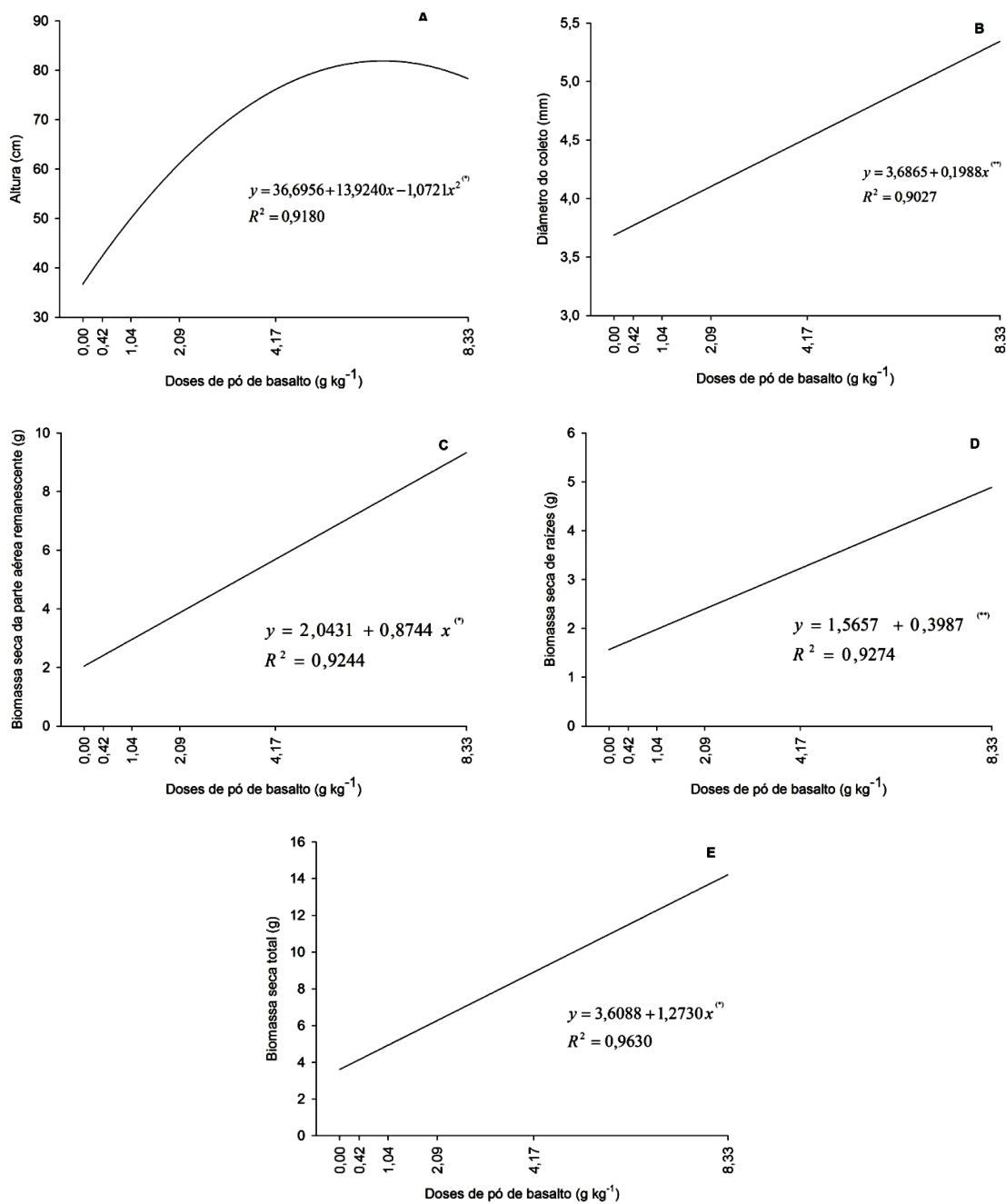


Figura 4.5 – Altura (A), diâmetro do coleto (B), biomassa seca da parte aérea remanescente (C), biomassa seca de raízes (D) e biomassa seca total (E) das mudas de camu-camu, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante.

Esses resultados de biomassa seca superam o encontrado por Suguino (2006), que obteve BSPA 0,18 g e BSR 0,09 g em mudas de camu-camu, avaliando diferentes substratos. No entanto, os dados obtidos por Viéguas et al. (2004) foram superiores, com 63,44 g de BSPA e 32,73 g BSR ao avaliar o efeito da omissão de macronutrientes em mudas de camu-camu. Já Oliveira et al. (2008) obtiveram 2,94 g de BST em mudas de eucalipto, ao testarem diferentes substratos, utilizando fertilizante químico. Valor este, inferior ao obtido nas mudas de camu-camu submetidas às doses de pó de basalto.

4.4.3. Avaliação da concentração e conteúdo de nutrientes

As concentrações de Ca, Mg, K, P, N Total, Fe e Zn obtidos foram comparados utilizando a escala de Novais et al. (2007) (Apêndice E).

Observa-se, na Tabela 4.7, que a interação entre os fatores DOSE e GRAN, foi significativa apenas para o teor de N Total. Diante disto, passou-se a estudar o efeito isolado de cada fator para teor de Ca, Mg, K, P, Fe e Zn. Verificou-se que as granulometrias apresentaram diferenças significativas apenas para os teores de P e Fe. As doses de pó de basalto influenciaram de modo significativo as variáveis teor de Ca, Mg, P, N Total e Fe.

Tabela 4.7 – Resumo da análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes das mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		Ca	Mg	K	P	N Total	Fe	Zn
DOSE	5	8.857*	0.852**	1.117 ^{ns}	0.131**	1.225*	117.757**	1.488 ^{ns}
GRAN	1	1.321 ^{ns}	0.144 ^{ns}	1.500 ^{ns}	0.739**	0.586 ^{ns}	71.933*	0.454 ^{ns}
DOSE*GRAN	5	1.305 ^{ns}	0.148 ^{ns}	0.350 ^{ns}	0.02 ^{ns}	2.482**	3.273 ^{ns}	0.053 ^{ns}
RESÍDUO	48	1.768	0.168	1.292	0.010	0.325	9.324	1.479
CV (%)		5.34	4.21	9.60	9.54	3.67	5.51	8.94

FV – Fontes de Variação; DOSE - Doses de pó de basalto; GRAN – Granulometria; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; K- Potássio; P – Fósforo; N Total – Nitrogênio Total; Fe – Ferro; Zn - Zinco; ^{ns} – não significativo, * – significativo a 5%, ** – significativo a 1% de probabilidade.

A resposta quadrática negativa dos teores de Ca, Mg, N Total e Fe pode estar relacionada a estes nutrientes estarem diluídos ao longo da muda (Figura 4.6).

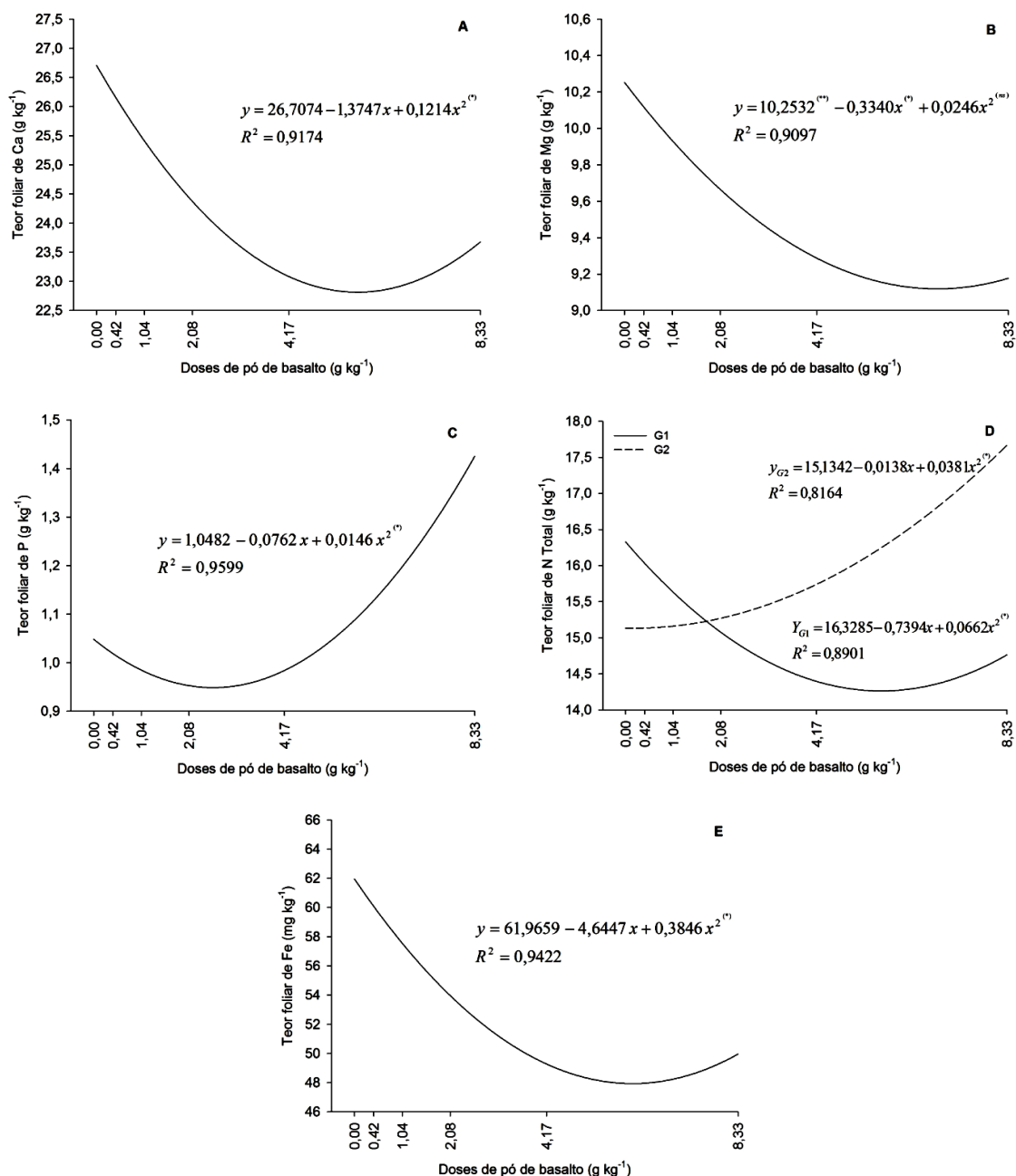


Figura 4.6 – Teores de Ca (A), Mg (B), P (C), N Total (D) e Fe (E) acumulados na parte aérea das mudas de camu-camu, em função de doses crescentes de pó de basalto, com granulometria 0,05 e 0,10 mm, avaliadas 150 dias após o transplante.

Para a variável teor de Ca, o menor valor obtido foi de 22,82 g kg⁻¹ na dose 5,66 g kg⁻¹ de pó de basalto (Figura 4.6 A), dose próxima daquela na qual as mudas de camu-camu apresentaram maior crescimento, que foi 6,49 g kg⁻¹.

Embora os teores de Ca nas mudas estejam dentro do adequado de acordo com a escala utilizada, observou-se deficiência deste elemento nas mudas de camu-camu, sendo mais severos no tratamento sem pó de basalto. De acordo com Dechen e Nachtigall (2007), as folhas mais jovens e outros tecidos novos desenvolvem sintomas de deficiência de Ca pelo fato deste não se retranslocar na planta. Os tecidos novos precisam de Ca para a formação de suas paredes celulares. Portanto, a deficiência de Ca caracteriza-se pelo fato da planta apresentar as nervuras das folhas e os pontos de crescimento de forma gelatinosa e, em casos severos, os pontos de crescimento morrem. Os mesmos sintomas de deficiência de Ca, observados nas mudas de camu-camu, como: folhas novas retorcidas e enroladas para a sua face ventral, foram observados por Viégas et al. (2004) ao avaliarem o efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais, assim como na composição mineral em plantas de camu-camuzeiro.

A resposta quadrática negativa do teor de Mg apresentou na dose 6,78 g kg⁻¹, menor teor deste elemento (Figura 4.6 B), dose próxima àquela na qual se obteve maior crescimento das mudas de camu-camu, reforçando o efeito de diluição também observado para o teor de Ca. Assim como os teores de Ca, os teores de Mg estão adequados. No entanto, também se observou sintomas de deficiência deste elemento nas mudas de camu-camu, sendo mais severos na ausência do pó de basalto. O Mg é bastante móvel no xilema e no floema, e seu transporte e redistribuição ocorrem na forma iônica (FURLANI, 2004). A deficiência deste elemento caracteriza-se pela ocorrência de clorose entre as nervuras, que progride em intensidade e em estágio adiantado de deficiência, forma um “V” verde, invertido em relação ao pecíolo, bem a queda das folhas Dechen e Nachtigall (2007). Ao que tudo indica, o camu-camu tem maiores exigências em relação a Ca e Mg, onde, possivelmente o seu nível crítico destes elementos seja maior do que o proposto pela escala utilizada.

Avaliando os teores de P (Figura 4.6 C) observa-se que o efeito da diluição deste elemento ocorre até a dose 2,61 g kg⁻¹ de pó de basalto. A partir desta dose, a tendência do teor de P nas mudas foi aumentar não se tendo o efeito de diluição, ao

contrário das demais variáveis estudadas. Esse fato pode ter ocorrido em função da contribuição para o aumento do pH a partir da dose MET, pois o P se torna mais disponível em condições de pH mais elevado. Embora se tenha padronizado as fontes de P nos vasos, a soma dos fatores anteriormente citados contribuíram para maior disponibilidade destes elementos ao substrato, dando condições favoráveis às mudas de extraí-los e utilizá-los em seu metabolismo. De maneira geral, as mudas de camu-camu apresentaram teor de P adequado de acordo com classe de interpretação utilizada.

Resposta semelhante ao teor de P foi obtida para os teores de N Total na granulometria 0,10 mm (Figura 4.6 D), no qual se alcançou mínimo de $15,13 \text{ g kg}^{-1}$ na dose $0,18 \text{ g kg}^{-1}$. Contudo, o mínimo obtido para a granulometria 0,05 mm foi de $14,26 \text{ g kg}^{-1}$, na dose $5,58 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto, faixa na qual estas mudas atingiram máximo de crescimento (Figura 4.6 A).

A resposta do teor de Fe seguiu a mesma tendência para as demais variáveis estudadas, sendo que o mínimo obtido foi de $47,94 \text{ mg kg}^{-1}$, na dose $6,04 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 4.6 E).

Os autores Almeida et al. (2007b), ao avaliarem a absorção de nutrientes por mudas de eucalipto (*Eucalyptus benthamii*) cultivadas com pó de basalto, obtiveram teores foliares máximos de Ca e Mg de $7,3$ e $1,63 \text{ g kg}^{-1}$. Já para o teor de Fe obtiveram 240 mg kg^{-1} , sendo superior ao obtido nas mudas de camu-camu.

Os teores de P na granulometria mais grossa (0,10 mm) foi estatisticamente superior ao da granulometria mais fina (0,05 mm) (Tabela 4.8) e estão adequados de acordo com a classe de interpretação utilizada. No entanto os teores de granulometria 0,05 mm estão abaixo do adequado.

Tabela 4.8 – Médias estimadas dos teores foliares de P e Fe das mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

GRANULOMETRIA	P	Fe
	-----g kg ⁻¹ -----	-----mg kg ⁻¹ -----
0,05mm	0,89 b	57,20 a
0,10mm	1,25 a	53,74 b

P – Fósforo; Fe – Ferro. Na vertical, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os autores Viégas et al. (2004), ao avaliarem o efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais, assim como na composição mineral em plantas de camu-camuzeiro, concluíram que a omissão de P não limitou a produção de matéria seca das folhas, do caule, das raízes e total em plantas de camu-camuzeiro, quando comparados ao tratamento completo.

Os teores de Fe obtidos de ambas granulometrias estão na faixa adequada, sendo que os teores de granulometria 0,05mm de 57,20 mg kg⁻¹ foi estatisticamente superior ao da granulometria mais grossa (0,10 mm), que alcançou 53,74 mg kg⁻¹.

Observa-se, na Tabela 4.9, que a interação entre os fatores dose de pó de basalto e granulometria foi significativa apenas para a variável CP. Diante disso, passou-se a estudar o efeito isolado de cada fator para teor de Ca, Mg, K, N Total, Fe e Zn. Verificou-se que as doses de pó de basalto e as granulometrias influenciaram de modo significativo todas as variáveis estudadas.

Tabela 4.9 – Resumo da análise de variância dos conteúdos foliares de macro e micronutrientes das mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		CCa	CMg	CK	CP	CN Total	CFe	CZn
DOSE	5	0.0303**	0.0044**	0.01001**	1.60E-4**	0.0142**	0.137**	0.0104**
GRAN	1	0.0425**	0.0054**	0.01215**	6.70E-5**	0.0131**	0.250**	0.0145**
DOSE*GRAN	5	0.0031 ^{ns}	0.00043 ^{ns}	0.00102 ^{ns}	2.70E-5**	0.0014 ^{ns}	0.016 ^{ns}	0.0012 ^{ns}
RESÍDUO	48	0.002254	0.000250	0.000675	0.000	0.000867	0.011013	0.000863
CV (%)		34.85	29.65	37.56	0.10	33.33	34.93	38.94

FV – Fontes de Variação; DOSE - Doses de pó de basalto; GRAN – Granulometria; CCa – Conteúdo de Cálcio; CMg – Conteúdo de Magnésio; CK- Conteúdo de Potássio; CP – Conteúdo de Fósforo; CN Total – Conteúdo de Nitrogênio Total; CFe – Conteúdo de Ferro; CZn - Conteúdo de Zinco; ^{ns} _ não significativo, * _ significativo a 5%, ** _ significativo a 1% de probabilidade.

Para todas as variáveis de conteúdo avaliadas houve efeito significativo das granulometrias, sendo que a granulometria mais fina (0,05 mm) foi estatisticamente superior comparada a granulometria mais grossa (0,10 mm) (Tabela 4.10), no conteúdo de nutrientes nas mudas de camu-camu. O CCa variou de 0,09

(granulometria 0,10 mm) a 0,18 g/BSPA (granulometria 0,05 mm). Já o CMg variou de 0,04 (granulometria 0,10 mm) a 0,07 g/BSPA (granulometria 0,05 mm).

Tabela 4.10 – Médias estimadas dos conteúdos foliares de macro e micronutrientes das mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

GRANULOMETRIA	CCa	CMg	CK	CP	CN Total	CFe	CZn
	-----g/BSPA-----					-----mg/BSPA-----	
0,05 mm	0,18 a	0,07 a	0,09 a	0,007 a	0,11 a	0,40 a	0,10 a
0,10 mm	0,09 b	0,04 b	0,05 b	0,003 b	0,07 b	0,20 b	0,05 b

CCa – Conteúdo de Cálcio; CMg – Conteúdo de Magnésio; CK- Conteúdo de Potássio; CP – Conteúdo de Fósforo; CN Total – Conteúdo de Nitrogênio Total; CFe – Conteúdo de Ferro; CZn - Conteúdo de Zinco. Na vertical, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De forma geral as mudas produzidas na granulometria mais fina acumularam duas vezes mais nutrientes comparadas àquelas mudas da granulometria mais grossa. Todavia, foram mais eficientes na produção de biomassa seca por unidade de nutriente absorvido. Esses resultados sinalizam para maior disponibilidade de nutrientes pela granulometria mais fina de pó de basalto no complexo sortivo do substrato, além do complexo de troca catiônica e do pH terem alcançado valores dentro do adequado, para a maioria das culturas.

A resposta do conteúdo foliar das mudas de camu-camu às doses de pó de basalto tiveram comportamento quadrático para Ca, Mg, K, Fe e Zn (Figuras 4.7 A, B e C e Figuras 15 A e B), com exceção do conteúdo de P, o qual se obteve resposta linear (Figura 4.7 D).

O conteúdo de Ca alcançou máximo de 0,26 g/BSPA em resposta a uma dose de 6,63 g kg⁻¹ (MET) com incremento de 86,27%. Já o conteúdo máximo de Mg obtido foi 0,10 g/BSPA, em resposta a uma dose de 6,48 g kg⁻¹ (MET), com incremento de 86,25%.

Esses dados de conteúdo mostram que as mudas com melhor crescimento tiveram maiores conteúdos de Ca, Mg, K e Fe. Dessa forma, produziram mais biomassa seca por unidade de nutriente absorvido.

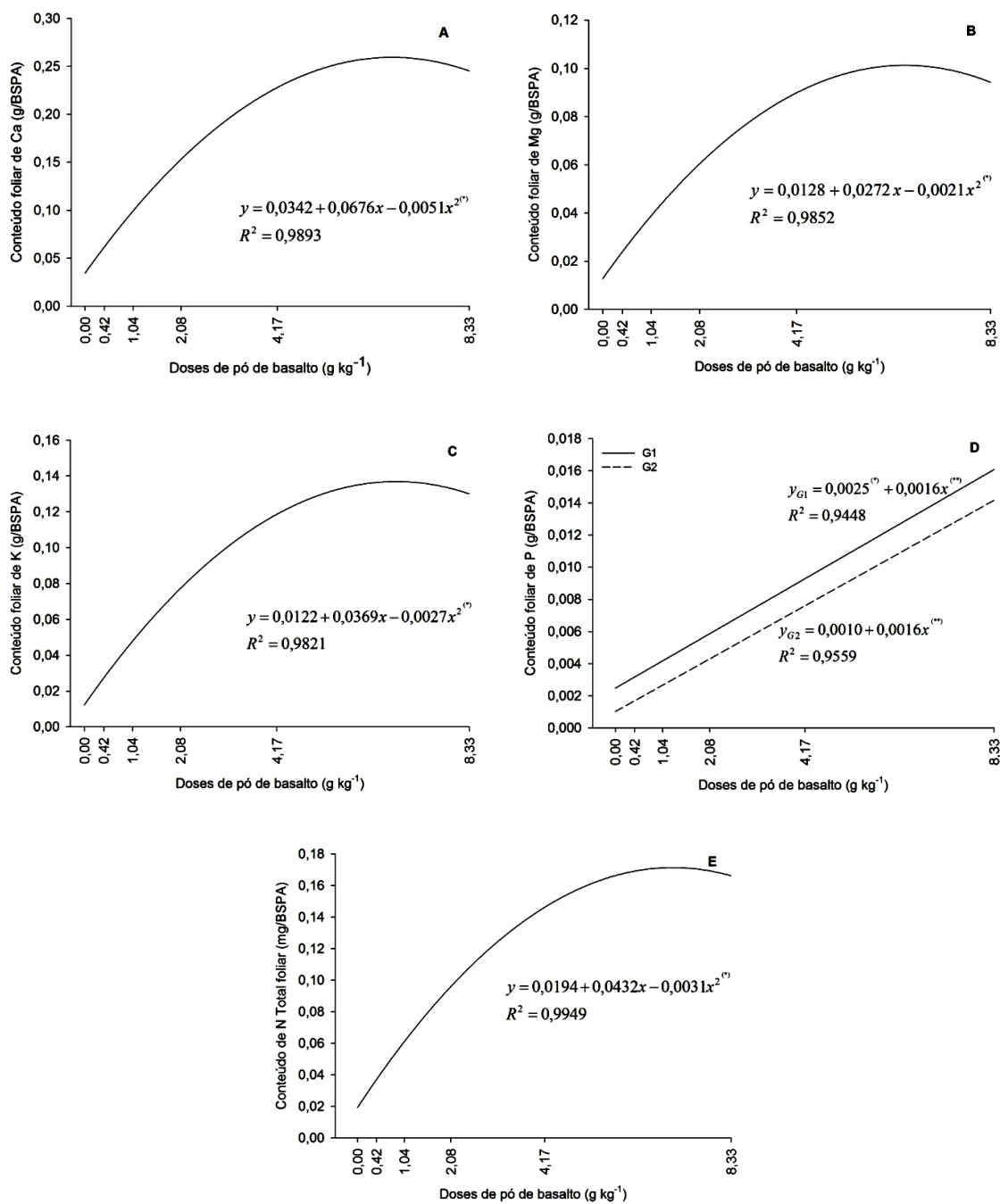


Figura 4.7 – Conteúdo de Ca (A), Mg (B), K (C), P (D) e N Total (E) acumulados na parte aérea das mudas de camu-camu, em função de doses crescentes de pó de basalto, com granulometria 0,05 (G1) e 0,10 mm (G2), avaliadas 150 dias após o transplante.

O efeito positivo entre o conteúdo de Ca e a resposta de BSR revela o efeito benéfico do Ca no desenvolvimento radicular das plantas (RITCHEY et al., 1982). A importância do Ca para as plantas deve-se ao fato de que cerca de 60% do Ca celular está presente na parede celular (TOBIAS et al., 1993). Assim, a principal função deste nutriente é estrutural, como integrante da parede celular. Normalmente, quando as células crescem, aumenta a superfície de contato entre elas, aumentando também a necessidade do suprimento de Ca (pectato de cálcio) para a formação da pectina, conferindo o prolongamento da parede celular até atingir o tamanho final.

A resposta da variável CK apresentou conteúdo máximo de 0,14 g/BSPA, em resposta a uma dose de 6,83 g kg⁻¹ de pó de basalto (MET), com incremento de 88,70% (Figura 4.7 C).

A resposta linear da variável conteúdo de P obtida nas mudas de camu-camu em função das doses de pó de basalto (Figura 4.7 D). Os autores Viégas et al. (2004), ao avaliarem o efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, concluíram que a omissão de fósforo não limitou a produção de matéria seca das folhas, do caule, das raízes e total em plantas de camu-camuzeiro, quando comparados ao tratamento completo.

O conteúdo foliar de Fe obtido atingiu máximo de 0,56 g/BSPA, em resposta a uma dose de 6,47 g kg⁻¹ (Figura 4.8 A), com incremento de 84,95%. Já para Zn, o máximo atingido foi de 0,15 g/BSPA, em resposta a uma dose 6,67 g kg⁻¹, com incremento de 86,62% (Figura 4.8 B).

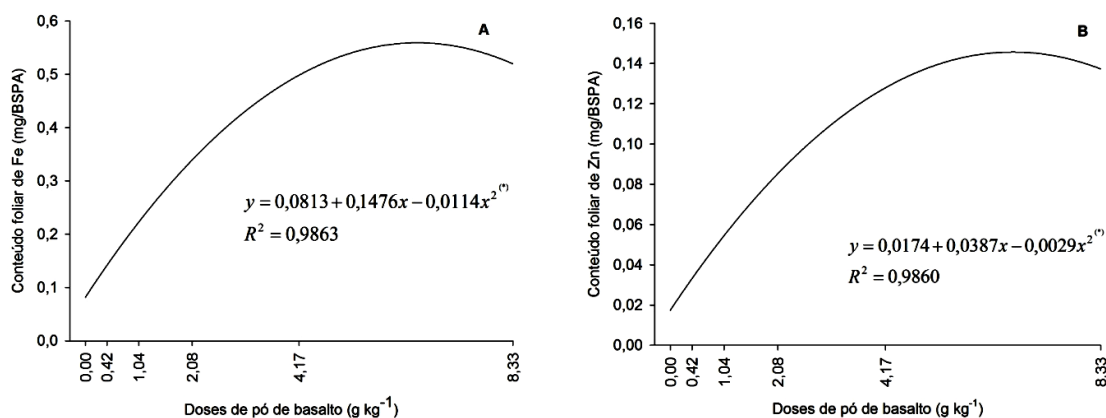


Figura 4.8 – Conteúdo de Fe (A) e Zn (B) acumulados na parte aérea das mudas de camu-camu, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante.

4.4.4. Índices morfológicos

Observa-se, na Tabela 4.11, que a interação entre os fatores dose de pó de basalto e granulometria não foi significativa para nenhum dos índices avaliados. Diante disto, passou-se a estudar o efeito isolado de cada fator para BSPA/BSR, ALT/BSPA, ALT/DM e IQD. Verificou-se que as granulometrias apresentaram diferenças significativas para todas as variáveis estudadas. As doses de pó de basalto também influenciaram de modo significativo todas as variáveis avaliadas.

Tabela 4.11 – Resumo da análise de variância dos índices morfológicos das mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		BSPA/BSR	ALT/BSPA	ALT/DM	IQD
DOSE	5	1.265**	489.834**	58.779**	0.460**
GRAN	1	1.761*	840.603**	33.750**	0.596**
DOSE*GRAN	5	0.137 ^{ns}	44.511 ^{ns}	0.762 ^{ns}	0.032 ^{ns}
RESÍDUO	48	0.2615	87.248	4.4556	0.0721
CV (%)	-	31.35	45.78	15.55	59.99

FV – Fontes de Variação; DOSE - Doses de pó de basalto; GRAN – Granulometria; BSPA/BSR – Relação biomassa seca da parte aérea remanescente e biomassa seca de raízes; ALT/BSPA – Relação de altura e biomassa seca da parte aérea remanescente; ALT/DM – Relação de altura e diâmetro do coleto; IQD – Índice de Dickson; ^{ns} _ não significativo, * _ significativo a 5%, ** _ significativo a 1% de probabilidade.

Na Tabela 4.12 pode-se observar que as plantas apresentaram índice BSPA/BSR o qual variou de 1,46 (granulometria 0,10 mm) a 1,80 (granulometria 0,05 mm). O autor Brissette (1984) relata que num encontro de pesquisadores ficou estabelecido como sendo 2,0 a melhor relação entre a biomassa seca da parte aérea e a sua respectiva biomassa seca das raízes, e segundo Parviainen (1981), um índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade das mudas. Pelos resultados deste índice obtidos nas mudas de camu-camu, aquelas produzidas na granulometria 0,05mm são as que mais se aproximaram do valor ideal.

Tabela 4.12 – Médias estimadas dos índices morfológicos de mudas de camu-camu, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

GRANULOMETRIA	ÍNDICE			
	BSPA/BSR	ALT/BSPA	ALT/DM	IQD
0,05 mm	1,80 a	16,66 b	14,33 a	0,55 a
0,10 mm	1,46 b	24,15 a	12,83 b	0,35 b

BSPA/BSR – Relação biomassa seca da parte aérea remanescente e biomassa seca de raízes; ALT/BSPA – Relação altura e biomassa seca da parte aérea remanescente; ALT/DM – Relação altura e diâmetro do coleto; IQD – Índice de Dickson. Na vertical, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Estes resultados de BSPA/BSR, por não terem atingido o mínimo de 2,0, podem estar relacionados ao hábito de crescimento desta espécie e não ao menor desenvolvimento do sistema radicular. No entanto, as mudas obtidas na granulometria mais grossa (0,10 mm) mostram que, devido à baixa disponibilidade de nutrientes pode ter causado a redução do desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, diminuição significativa da absorção de H₂O e nutrientes das camadas sub-superficiais do solo, tornando as plantas mais suscetíveis à deficiência hídrica e nutricional. Além disso, o efeito do Al⁺³ trocável no substrato com esta granulometria foi mais presente, o que também pode ter comprometido significativamente o bom desenvolvimento do sistema radicular.

A relação ALT/BSPA, indica o quanto lignificado estão as mudas, ou seja, significa o quanto de BSPA as mudas produzem a medida que crescem. Segundo Gomes e Paiva (2004), quanto menor o seu valor, maior a chance de sobrevivência das mudas no campo. Assim, as mudas obtidas na granulometria mais fina (0,05 mm) produziram mais biomassa seca a medida que cresceram verificada pela média do índice ALT/BSPA de 16,66, sendo inferior à média da granulometria 0,10 mm de 24,15.

A relação ALT/DM, resultante da divisão da altura das mudas pelo seu respectivo diâmetro de coleto, é considerada uma relação de extrema importância, pois fornece indicações de quanto delgada está a muda e revela se existe equilíbrio no crescimento (JOHNSON e CLINE, 1991). Quanto menor o seu valor, maior a chance de sobrevivência e estabelecimento no local de plantio (GOMES e PAIVA, 2004). Assim, a granulometria mais fina (0,05 mm) produziu mudas com índice médio de ALT/DM de 14,33, sendo superior à média obtida na granulometria mais

grossa (0,10 mm), que foi 12,83. No entanto, deve-se ressaltar que esta espécie apresenta crescimento primário (vertical) maior em relação ao crescimento secundário (lateral), o que corrobora com o resultado de ALT das mudas na granulometria 0,05 mm (Tabela 4.6). Já as mudas da granulometria 0,10 mm, embora tenham alcançado índice médio de ALT/BSPA menor em relação a granulometria 0,05 mm, elas apresentaram sintomas de deficiência nutricional em função da baixa disponibilidade de nutrientes pelo pó de basalto, o que comprometeu o crescimento, principalmente da parte aérea.

O IQD é apontado como bom indicador de qualidade de mudas e é utilizado para o cálculo da robustez (relação ALT/DM) e o equilíbrio da distribuição da biomassa (relação BSPA/BSR) (FONSECA, 2000). Quanto maior o IQD, melhor é a qualidade da muda produzida, onde o valor 0,20 representa o valor mínimo (GOMES e PAIVA, 2004). Assim, na avaliação deste índice nas mudas de camu-camu observou-se que houve diferença significativa entre as granulometrias, sendo que as médias variaram de 0,35 (granulometria 0,10 mm) a 0,55 (granulometria 0,05 mm) (Tabela 4.12). Isso nos mostra que as mudas submetidas à granulometria mais fina de pó de basalto são de melhor qualidade em relação às aquelas produzidas nas doses menores. Knapik (2005) obteve IQD que variou de 0,04 a 0,18 em mudas de *Prunus sellowii* com o uso do pó de basalto, não atingindo o mínimo estabelecido 0,20, sendo estes resultados inferiores aos obtidos no experimento com camu-camu.

A resposta dos índices morfológicos seguiram o modelo quadrático (Figura 4.9 A, B e C), exceto para IQD, o qual seguiu o modelo linear (Figura 4.9 D).

A relação BSPA/BSR alcançou máximo de 2,10 em resposta a uma dose de 6,02 g kg⁻¹, com incremento de 45,32% (Figura 4.9 A). Já a resposta do índice ALT/BSPA atingiu mínimo de 10,41 na dose 7,82 g kg⁻¹, com uma diferença de 62,94% em relação a testemunha (Figura 4.9 B).

O índice ALT/DM indica o quanto delgada estão as mudas, sendo que as melhores mudas de camu-camu foram obtidas na dose 5,49 g kg⁻¹, com valor máximo de 16,74, com incremento de 39,40% (Figura 4.9 C).

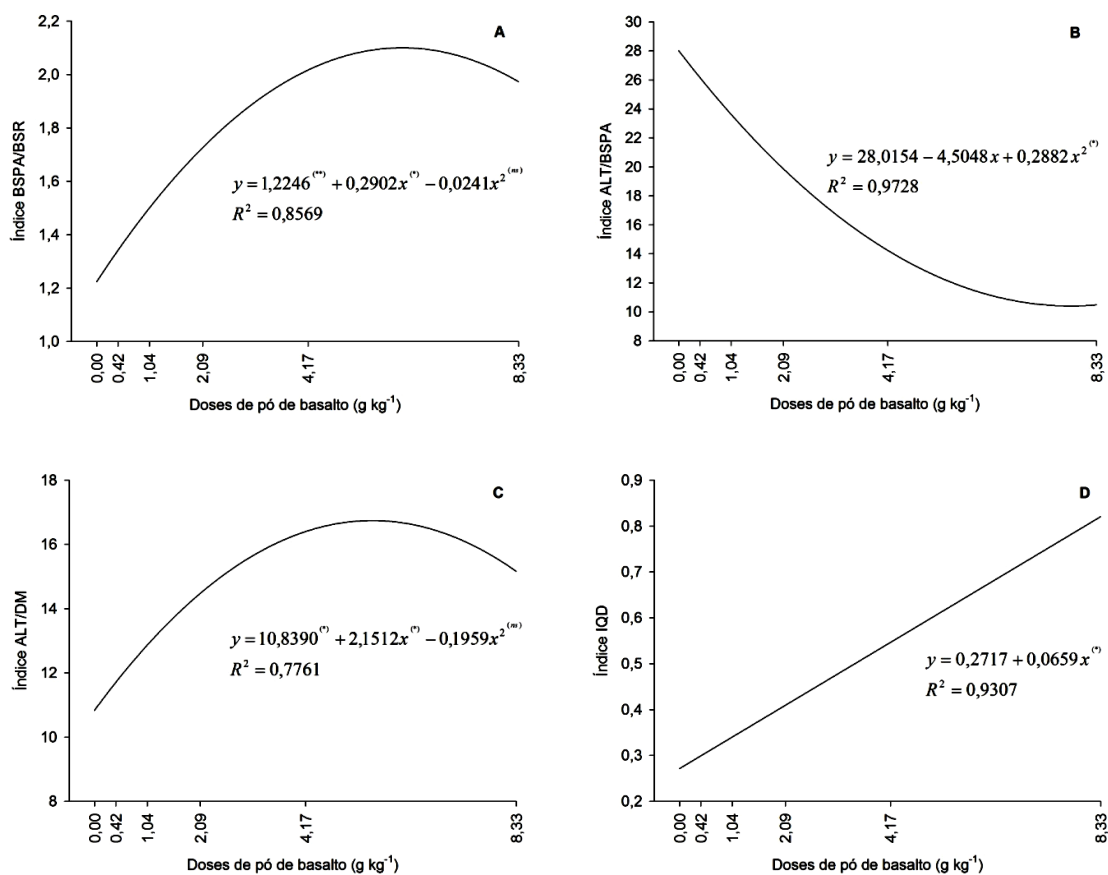


Figura 4.9 – Índices morfológicos das relações biomassa se Ca da parte aérea remanescente e biomassa se Ca de raízes (BSPA/BSR – A), altura e biomassa seca da parte aérea remanescente (ALT/BSPA – B), altura e diâmetro do caulículo (ALT/DM – C) Índice de Dickson (IQD – D) de mudas de camu-camu, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante.

4.5. CONCLUSÕES

As doses de pó de basalto com granulometria mais fina (0,05 mm) proporcionaram maiores aumentos nas concentrações de Ca e de Mg no substrato, mas os acréscimos observados não foram suficientes para atingir valores considerados bons. As concentrações de Fe e Zn obtidas com o uso do basalto moído atingiram níveis considerados muito bons.

Os resultados de complexo de troca catiônica foram maiores quando se utilizou o basalto moído com granulometria mais fina, sendo que os valores de acidez potencial, acidez trocável, saturação por Al^{+3} foram menores utilizando esta granulometria.

Os tratamentos sem pó de basalto (0 g kg^{-1}) produziram mudas de menor qualidade.

Mudas de melhor qualidade e melhor desenvolvimento foram obtidas nas doses com granulometria de 0,05 mm.

5. CAPÍTULO 3 – EFEITO DE DOSES DE PÓ DE ROCHA NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE MURICI [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.]

5.1. RESUMO

Algumas frutas nativas, como o murici [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.] têm potencial produtivo. O incentivo à produção de mudas de fruteiras nativas é um importante passo para a preservação das espécies e para sua exploração comercial sustentável, gerando emprego e renda para a população local. A utilização de fertilizantes alternativos, como pó de basalto, propicia a obtenção de um substrato com maior fertilidade, pois é rico em macro e micronutrientes, sendo que a liberação gradativa dos nutrientes reduz os custos com mão de obra e com a reposição de adubação. Com o objetivo de estudar o desenvolvimento inicial de mudas de murici, em função de doses de pó de basalto, conduziu-se o presente trabalho no Campo Experimental do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Roraima, em Casa de Vegetação. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com 5 repetições em esquema fatorial (5x2+1), sendo 5 doses de pó de basalto (0,42, 1,04, 2,08, 4,17 e 8,33 g kg⁻¹), 2 granulometrias (0,05 e 0,10mm) e uma testemunha. Foram usados vasos de polietileno com capacidade de 14L, com substrato composto por 20% de vermicomposto e 80% de um Latossolo Amarelo Distrófico textura média. Utilizou-se dose padrão 1,04 g kg⁻¹ de pó de granito e 0,058 g kg⁻¹ de superfosfato triplo como fontes de K e P, respectivamente. A incubação do substrato dos vasos teve duração de 120 dias e após esse período fez o transplante das plântulas de murici. Determinou-se os teores e conteúdos de nutrientes foliares, a altura, o diâmetro do coleto, o número de ramos, a biomassa seca da parte aérea e de raízes, e os índices morfológicos das mudas. Concluiu-se que o pó de basalto com granulometria 0,05 mm proporcionou maiores teores de Ca, Mg, Fe e Zn, melhor capacidade de troca catiônica, menor acidez potencial, acidez trocável e saturação por Al⁺³ no substrato. No geral, mudas de murici submetidas às doses com granulometria de 0,10 mm apresentaram melhor desenvolvimento e melhor qualidade.

Termos de indexação: Muricizeiro, fertilizante alternativo, rochagem, propagação

EFFECT OF LEVEL OF CRUSHED BASALT IN THE INITIAL DEVELOPMENT OF SEEDLINGS OF MURICI [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.]

ABSTRACT

Some native fruits such as Murici [*Byrsonima crassifolia* (L.) HBK] have productive potential. The incentive to produce seedlings of native fruits is an important step towards the preservation of species and their commercial development, generating employment and income for local people. The use of alternative fertilizers, such as powdered basalt, allows obtaining a substrate with higher fertility, it is rich in macro and micronutrients, and the slow release of nutrients reduces the cost of labor and the replacement of fertilization. With the aim of studying the early development of seedlings Murici, in function of doses of powdered basalt, we conducted this study at the Experimental Field of Agricultural Science Center (ACC), Federal University of Roraima, in a greenhouse. The experimental design was randomized blocks with five replications in a factorial (5x2 +1), 5 doses of basalt powder (0.42, 1.04, 2.08, 4.17 and 8.33 g kg⁻¹), two particle sizes (0.05 and 0.10 mm) and a witness. We used polyethylene vessels with a capacity of 14L, with substrate consisting of 20% of a Latosol Typic Dystrophic medium texture and 80% of vermicompost. We used standard dose 1.04 g kg⁻¹ of granite powder and 0.058 g kg⁻¹ of superphosphate as sources of P and K, respectively. The substrate incubation vessel lasted 120 days and after that she received the transplant seedlings Murici. It was determined the contents and leaf nutrient, height, diameter, shoot number, dry biomass of shoots and roots, and morphological indices of seedlings. It was concluded that the basalt powder with particle size 0.05 mm resulted in higher levels of Ca, Mg, Fe and Zn, the better cation exchange capacity, lower potential acidity, exchangeable acidity and Al⁺³ saturation in the substrate. In general, seedlings subjected to doses Murici with a particle size of 0.10 mm showed better development and better quality.

Key-words: Muricizeiro, fertilizer alternative, ground basalt, propagation

5.2. INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de pedra britada é a segunda maior entre as substâncias minerais, ficando atrás apenas do ferro (DNPM, 2008). A pedra britada ou simplesmente brita como é normalmente chamada, é um dos bens minerais mais abundantes do território nacional, responsável por uma produção de 146 milhões de toneladas em 2006 (DNPM, 2007). Produção essa que varia de região para região, pois depende estritamente da demanda e consumo de cada local, sendo que os grandes centros consumidores encontram-se em regiões geologicamente favoráveis à existência de reservas de rochas-fonte de pedra britada de boa qualidade.

O método de regeneração da fertilidade propugnado com a Revolução Verde é baseado no emprego de adubos minerais de alta solubilidade e revela-se inviável para a ampla maioria das famílias agricultoras em função de seu alto custo e dos impactos ambientais negativos que gera (ALMEIDA et al., 2007a).

Uma alternativa mais ecológica para reposição do solo de nutrientes escassos à agricultura é o uso do pó de rocha (rochagem), um produto adquirido do beneficiamento simples de matérias minerais, de solubilidade mais lenta, disponibilizando os nutrientes para as plantas por um período maior do que o de fertilizantes convencionais (ALBUQUERQUE, 1996).

O resíduo da britagem de rochas basálticas, rico em elementos nutritivos às plantas, é um material de baixo custo, existente em diversas cidades da região Sul do Brasil, e tem sido indicado como corretivo da fertilidade de solos muito intemperizados (GILLMAN, 1980). Testes com esse material proporcionaram aumentos de rendimentos em cana-de-açúcar e efeito residual significativo após oito anos de cultivos (LEAKE, 1948; MAURITIUS, 1954; DE VILLIERS, 1949). Em condições edafoclimáticas diferentes, Albert (1936), Hilf (1937), Hilf (1938) e Schmitt (1949) também constataram a melhoria da fertilidade de solos arenosos, sob floresta, após a adição de basalto moído.

Os autores Theodoro e Leonardos (2006) demonstraram, em propriedades familiares de um assentamento rural em Minas Gerais, que a rochagem é uma tecnologia que apresenta significativas vantagens econômicas, ambientais e produtivas para as culturas de milho, arroz, mandioca, cana-de-açúcar, e

hortifrutigranjeiros quando comparada à adubação com fontes minerais altamente solúveis.

Os autores Melamed et al. (2007) destacam os seguintes benefícios advindos da utilização de pós-de-rocha: o fornecimento lento de vários nutrientes (macro e micronutrientes) importantes para a nutrição mineral de plantas cultivadas; aumento da disponibilidade destes nutrientes nos solos cultivados; aumento de produtividade; reequilíbrio do pH do solo; aumento da atividade de microorganismos e de minhocas; aumento da quantidade e da qualidade do húmus; controle da erosão do solo devido ao melhor desenvolvimento das plantas cultivadas e ao aumento da matéria orgânica do solo; aumento da reserva nutricional do solo; aumento da resistência das plantas à ação de pragas, doenças e geadas, devido à melhoria do seu estado nutricional; diminuição da dependência de fertilizantes, pesticidas e herbicidas, cuja produção exige um elevado consumo de energia.

Segundo Leonardos et al. (2000), a fertilização com rochas constitui uma alternativa viável em termos econômicos e ecológicos devido a não exigir qualquer processo de concentração ou ataque químico, pois envolve apenas moagem das rochas usadas na composição do produto, e devido à liberação gradual de nutrientes que diminui as perdas por lixiviação e favorece uma ação de longo prazo do insumo aplicado.

A formação de mudas constitui-se numa etapa crucial do processo de produção e pode possibilitar aos agricultores a obtenção, em viveiro, de plantas com melhor performance para suportar as condições adversas de campo. Expressivos aumentos no crescimento e qualidade de mudas podem ser alcançados através da fertilização adequada, com reflexos no melhor desenvolvimento, na precocidade e na maior sobrevivência em campo (BARBOSA et al. 2003).

O murici [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.] é uma das espécies mais típicas e abundantes das regiões de savanas, sejam estas setentrionais ou do Brasil Central (SANAIOTTI, 1996). É frequente nas regiões de terrenos úmidos, próximos a rios e lagoas. Trata-se de uma espécie que é consumida regionalmente, com grande aceitação. A obtenção dos frutos é efetuada por meio de coleta manual, sendo o preço flutuante em função da disponibilidade da polpa e das condições climáticas na safra.

Essa espécie frutífera nativa se desenvolve em solos bastante pobres em nutrientes e, no entanto, apresenta teores elevados de elementos minerais em suas

folhas e frutos, indicando ser bastante eficiente na extração de nutrientes do solo (FERREIRA et al., 1987; ANDERSEN e ANDERSEN, 1988). Atualmente estão em desenvolvimento pesquisas sobre a importância dessas plantas na economia regional e como alimento funcional. Entretanto, pouco se conhece sobre as exigências e requerimentos nutricionais da maioria das espécies nativas presentes em ambiente de savana.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de murici [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.], em resposta à aplicação de doses de pó de rochas moídas em diferentes granulometrias, como fertilizantes alternativos.

5.3. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado em Casa de Vegetação do Centro de Ciências Agrárias – CCA da Universidade Federal de Roraima - UFRR, localizada no município de Boa Vista - RR, coordenadas geográficas de 2° 52' 15,49" N e 60° 42' 39,89" W. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, com duas estações climáticas bem definidas, uma chuvosa (abril-setembro) e outra seca (outubro-março) (ARAÚJO et al., 2001).

5.3.1. Processamento dos frutos

A coleta dos frutos de murici foi realizada manualmente de uma única planta encontrada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias em Boa Vista – RR, selecionando-se frutos maduros, ou seja, aqueles que apresentavam coloração completamente amarelada.

As sementes foram extraídas manualmente, com auxílio de uma peneira e lavadas em água corrente para retirada dos resíduos de polpa e de casca. Em seguida, foram selecionadas por meio de catação manual, onde se eliminou as sementes danificadas, mal formadas e as muito pequenas, buscando a uniformidade do lote obtido.

Após a seleção, as sementes passaram por um processo de secagem à sombra, sobre papel jornal, em ambiente ventilado até a perda da umidade superficial. Em seguida, armazenaram-se as sementes em sacos plásticos e acondicionadas em um recipiente de vidro hermeticamente fechado à temperatura em torno de 10° C, aguardando a semeadura para pré-germinação.

A pré-germinação das sementes do murici fez-se em bandejas de plástico, contendo como substrato a mistura de pó de serra e areia, na proporção de 1:1.

5.3.2. Processamento da rocha

O pó de basalto foi obtido de rochas basálticas da Formação Apoteri, coletadas na pedreira Boa Vista, situada no município de Boa Vista (RR). As rochas foram fragmentadas com martelo pedológico e passadas em moinho de bolas. Em seguida, tamisado em vibrador de peneiras, cujas malhas finais consistiram nos diâmetros estabelecidos para o estudo. Uma vez que há poucas referências da utilização desse material em substratos, para definir a quantidade a ser usada levaram-se em consideração as quantidades recomendadas para solos estudas por diversos autores (DIAS et al., 2007; ESCOSTEGUY e KLAMT, 1998).

Foram feitas análises químicas de macro e micronutrientes totais e disponíveis da rocha *in natura* e do vermicomposto no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (Tabelas 5.1 e 5.2).

Tabela 5.1 - Teores de elementos traço* em amostras de pó de rocha e de pó de granito. Valores médios \pm desvio padrão (n=3)

Macronutriente (mg dm ⁻³)	Amostra	
	Pó de basalto	Pó de granito
Cálcio	9.700	
Magnésio	4.800	
Potássio	48	
Fósforo	520	
Enxofre	14	
Micronutriente (mg kg ⁻¹)		
Cobalto	45,48 \pm 2,43	1,68 \pm 0,38
Cobre	218,82 \pm 1,27	101,06 \pm 8,82
Manganês	1033,95 \pm 16,08	233,90 \pm 4,39
Molibdênio	** < 0,05	1,78 \pm 0,16
Zinco	79,70 \pm 0,75	48,68 \pm 1,93

* Método USEPA 3052.

**Valores precedidos do sinal < referem-se ao limite de quantificação do método analítico.

Tabela 5.2 – Características químicas*, carbono orgânico (CO) e relação C/N do vermicomposto

pH	K	P	N**	Ca	Mg	Fe	Zn	CO***	C/N
H ₂ O	-----dag kg ⁻¹ -----				----mg dm ⁻³ ---		%		
5,05	0,32	0,24	1,68	0,60	0,26	1522	246	23,24	13,83

* Teores totais determinados no extrato ácido (ácido nítrico com ácido perclórico).

** Método do Kjeldahl.

*** Método Walkley-Black

A caracterização química e física do solo foi realizada antes da instalação do ensaio, como mostra a Tabela 5.3, na qual avaliou-se pH em H₂O, Ca²⁺+Mg²⁺, K, Al³⁺ trocáveis e P disponível, conforme Embrapa (1999).

Tabela 5.3 – Características químicas e textural do solo antes da instalação do experimento

pH	K	P	Ca + Mg	Al ³⁺	SB	T	MO	Argila	Silte	Areia
H ₂ O	---mg dm ⁻³ ---		----- cmol _c dm ⁻³ -----				%	----- dag kg ⁻¹ -----		
4,8	15	0,1	0,8	0,9	0,84	3,7	1,7	250	150	600

5.3.3. Delineamento Experimental do ensaio

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 5 repetições, em esquema fatorial (2 x 5 + 1), sendo duas granulometrias e cinco doses de pós de rocha acrescida de uma testemunha.

5.3.4. Descrição dos Tratamentos

Os tratamentos foram gerados pela combinação de duas granulometrias (G₁=0,05 e G₂=0,10 mm de diâmetros, respectivamente) e cinco doses de pó de rocha (D₁= 0,42 D₂=1,04, D₃=2,08, D₄=4,17 e D₅=8,33 g kg⁻¹) que equivalem a 10, 25, 50, 100 e 200 t ha⁻¹, respectivamente e acrescidos de uma testemunha, sendo:

(T₁) substrato com a adição de 0,058 g kg⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo (Tabela 5.4).

Tabela 5.4 – Descrição dos tratamentos compostos pela combinação entre granulometrias e doses de pó de rocha

T ₁ = substrato (testemunha – sem pó de basalto) + adubação com superfosfato triplo + pó de granito	
G ₁ T ₂ = substrato + D ₁ (0,42 g kg ⁻¹)	G ₂ T ₂ = substrato + D ₁ (0,42 g kg ⁻¹)
G ₁ T ₃ = substrato + D ₂ (1,04 g kg ⁻¹)	G ₂ T ₃ = substrato + D ₂ (1,04 g kg ⁻¹)
G ₁ T ₄ = substrato + D ₃ (2,08 g kg ⁻¹)	G ₂ T ₄ = substrato + D ₃ (2,08 g kg ⁻¹)
G ₁ T ₅ = substrato + D ₄ (4,17 g kg ⁻¹)	G ₂ T ₅ = substrato + D ₄ (4,17 g kg ⁻¹)
G ₁ T ₆ = substrato + D ₅ (8,33 g kg ⁻¹)	G ₂ T ₆ = substrato + D ₅ (8,33 g kg ⁻¹)

5.3.5. Descrição das parcelas

As parcelas foram constituídas por vasos de polietileno preto de 14 litros, os quais foram preenchidos com substrato composto de 20% de vermicomposto e 80% de um Latossolo Amarelo Distrófico textura média, coletado na profundidade de 0 – 20 cm no Centro de Ciências Agrárias - CCA, no município de Boa Vista – RR (Tabela 1).

O solo foi incubado em vasos com capacidade de 14 litros com o pó de rocha, nas granulometria de 0,05 e de 0,10 mm, em doses crescentes de: 0; 0,42; 1,04; 2,08; 4,17 e 8,33 g kg⁻¹. O pó de granito foi adicionado na dose de 1,04 g kg⁻¹ em todos os tratamentos. A incubação teve duração de 120 dias, compreendendo os meses de janeiro a abril. Após este período, realizou-se o transplante de uma plântula de murici para cada vaso, ocasião em que foram selecionadas as mais vigorosas e uniformes para condução do experimento.

A irrigação foi realizada diariamente para manter a condição de capacidade de campo do substrato dos vasos.

Durante o ensaio, fez-se coletas mensais de amostras do substrato, a partir da incubação até o final das avaliações, de uma unidade experimental por tratamento, sendo que, para a análise de macro e micronutrientes do substrato, utilizou-se uma amostra composta de coletas, totalizando apenas 5 amostras bimestrais.

5.3.6. Descrição das Variáveis

A avaliação do desempenho das mudas foi realizada mensalmente, a partir do primeiro mês após o transplante das plântulas, nas quais realizou-se medições das variáveis não destrutivas (altura, diâmetro de coleto e número de folhas de todas as mudas).

Para as medições de comprimento, foi utilizada uma régua milimetrada, sendo a medição realizada a partir do nível do substrato até a ponta da última gema apical. Já o diâmetro do colo foi determinado a partir do nível do substrato, com auxílio de um paquímetro. Também foram avaliadas as relações biomassa seca da raiz e biomassa seca da parte aérea (BSR/BSPA), relação altura da parte aérea e diâmetro do coleto (ALT/DM), relação altura da parte aérea e biomassa seca da parte aérea (ALT/BSPA) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), o qual foi determinado em função da altura da parte aérea (ALT), do diâmetro do coleto (DM), da biomassa seca da parte aérea (BSPA) e da biomassa seca das raízes (BSR), por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{BST}{(ALT/DM) + (BSPA/BSR)}$$

Em razão do elevado volume de desenvolvimento radicular das mudas do murici, estas, aos cinco meses, começaram a senescer em função da limitação do vaso, período no qual se fez a avaliação da biomassa seca da parte aérea remanescente, biomassa seca de raízes, biomassa seca total, concentração e conteúdo de nutrientes foliares, como macro e micronutrientes da muda por tratamento.

As mudas foram lavadas sobre uma peneira fina, com jatos brandos de água para remoção do substrato aderido nas raízes, com coleta de segmentos de raiz retidos pela peneira. Após esse processo, a muda foi separada em raízes e parte aérea. Secas em estufa com circulação forçada de ar à 65°C, por 72 horas, as amostras foram pesadas separadamente em balança analítica para a determinação

da biomassa seca da parte aérea, biomassa seca de raízes e biomassa seca total. Estas atividades foram realizadas no Laboratório de Manejo do Solo, localizado no setor do Centro de Ciências Agrárias da UFRR, Boa Vista - RR.

As análises de concentração de nutrientes foliares foram realizadas utilizando-se três parcelas de cada tratamento, a qual foi preparada com todas as folhas e os ramos mais tenros da parte aérea das mudas por tratamento. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas da UFV (Universidade Federal de Viçosa), Viçosa – MG. A metodologia utilizada foi nitro-perclórica, adaptada pela UVF da metodologia da Embrapa (1999). Fez-se a pesagem de 0,5 g de tecido vegetal e despejado em tubo de digestão. Em seguida, adicionaram-se 2 gotas de querosene e 4 mL de Ácido Nítrico p.a. 65%. Fez-se uma pré-digestão (± 12 horas), tempo suficiente para que o tecido vegetal entrasse em contato com o Ácido Nítrico. Após esse processo de pré-digestão levou-se os tubos de digestão ao bloco digestor a uma temperatura de ± 95 °C. Quando o material vegetal estava parcialmente digerido e o volume do ácido, reduzido à metade em relação ao volume inicial, adicionou-se 2 mL de Ácido Perclórico p.a. 70%, aumentando a temperatura do bloco digestor gradativamente até ± 150 °C. Quando o extrato alcançou cor clara, abaixou-se a temperatura para 120 °C, adicionou-se 23 mL de água destilada e em seguida, agitou-se o tubo.

5.3.7. Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000) e SAEG 9.0 (RIBEIRO JÚNIOR e MELO, 2008), aplicando-se a análise de variância com o teste F e, em seguida, ao teste de Tukey, para comparação de médias, e teste para determinar a regressão que melhor se ajusta aos dados obtidos.

5.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1. Avaliação das características químicas e físico-químicas do substrato

Os dados de Ca, Mg e K, trocáveis; P, Fe e Zn disponíveis, pH em H₂O, CTC (T), CTC (t), saturação por bases (V), saturação por Al³⁺ (m), soma de bases (SB), acidez trocável (Al³⁺) e acidez potencial (H⁺ + Al³⁺), foram comparados com a escala proposta por Neto et al. (2001) (Apêndice A, B e C).

Para todas as variáveis químicas do substrato avaliadas obteve-se melhores valores no período de 120 dias como mostram as Figuras 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4.

De maneira geral, os teores de Ca no substrato seguiram padrão linear em função das doses de pó de basalto com granulometria de 0,05 mm, sendo que foi aos 120 dias que as doses disponibilizaram mais Ca trocável (Figura 5.1 A), sendo que os teores estão abaixo do considerado bom pela classe de interpretação utilizada, com exceção apenas da dose 8,33 g kg⁻¹ teores aos quais alcançaram valores médios.

Já os teores de Ca no substrato das doses com granulometria mais grossa (0,10 mm), seguiram modelo quadrático, com exceção dos valores de Ca aos 120 dias (Figura 5.1 B), sendo os teores máximos alcançados em 60, 180, 240 e 300 dias foi de 0,88 cmol_c dm⁻³ em média, em resposta a uma dose média de 6,12 g kg⁻¹.

Os teores de Mg seguiram modelo quadrático, com exceção apenas aos 60, 120 e 180 dias na granulometria mais fina (Figura 5.1 C), períodos que atingiram teores de Mg bons aos 60 e 120 dias e médio aos 180 dias (Figura 5.1 C). O teor médio máximo de Mg obtidos nos períodos da avaliação do substrato foi de 0,86 cmol_c dm⁻³, na dose média de 6,12 g kg⁻¹ de pó de basalto, com granulometria mais grossa (Figura 5.1 D).

Em relação ao K, os teores mantiveram-se, de forma geral, muito bons durante todo o período de avaliação das mudas de açaí (Figura 5.1 E e F), seguindo modelo linear de resposta, com exceção do período de 180 dias da granulometria 0,05 mm e dos 180, 240 e 300 dias da granulometria mais grossa, o modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados foi quadrático.

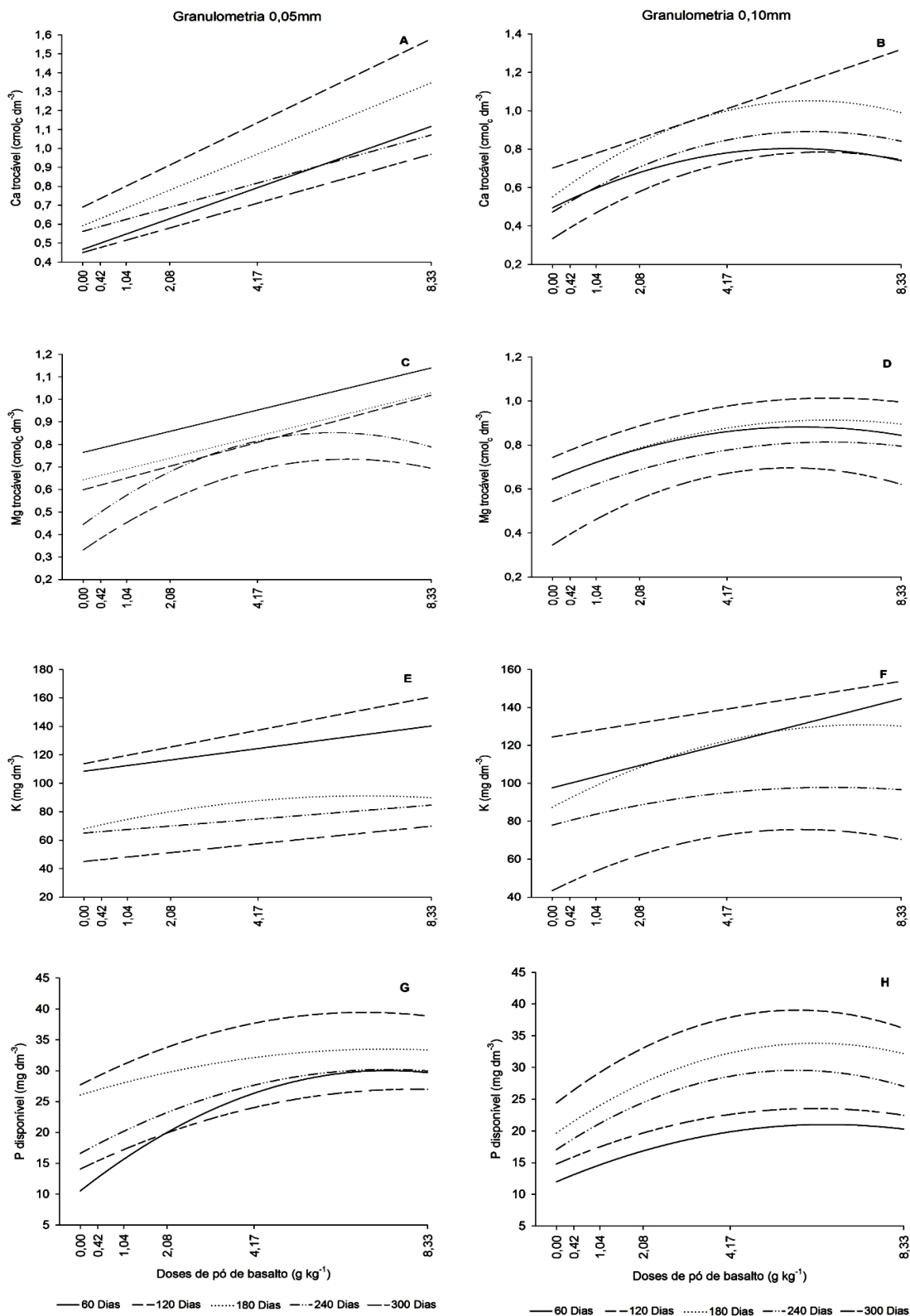


Figura 5.1 – Valores de Ca (A e B), Mg (C e D) e K trocáveis (E e F) e P disponível no substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometrias (G e H) 0,05 e 0,10 mm, avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias.

Os teores de P disponível, responderam de forma quadrática em resposta as doses de pó de basalto, independentemente da granulometria utilizada, com sua maior disponibilidade aos 60 dias (Figura 5.1 G e H). Possivelmente, essa variação de disponibilidade de P e K ocorreu em função do pó de basalto também ser fonte destes nutrientes, embora não tão significativo quanto Ca e Mg. Na granulometria mais fina (0,05 mm), os teores de P alcançaram média de $31,95 \text{ mmg dm}^{-3}$ na dose média de $7,16 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto, valor considerado muito bom pela classe de interpretação utilizada. No entanto, esse valor está abaixo do observado no período de 120 dias que foi de $39,43 \text{ mmg dm}^{-3}$ na dose $6,79 \text{ g kg}^{-1}$, período de maior disponibilidade de P (Figura 5.1 G). Já na granulometria mais grossa (0,10mm), o teor médio máximo obtido nos períodos de avaliação do substrato foi de $29,39 \text{ mmg dm}^{-3}$, na dose média de $6,08 \text{ g kg}^{-1}$, sendo que no período de maior disponibilidade de P (120 dias) o teor máximo alcançado foi de $39,04 \text{ mmg dm}^{-3}$, na dose $5,77 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 5.1 H). No substrato, é desejável que haja alta disponibilidade de P, porque mesmo que a planta necessite de uma menor quantidade desse elemento em relação aos elementos N e K, o P apresenta-se pouco solúvel devido ao fenômeno de fixação (KNAPIK, 2005).

O P é um macronutriente que limita o crescimento das plantas na maioria dos solos brasileiros e é muito pouco disponível em condições de alta acidez. Isto porque, em geral, os solos contêm teores elevados de óxidos de Fe, principalmente, e em condições de maior acidez do solo, a superfície desses óxidos está carregada positivamente, atraindo ânions, como o fosfato. Estes ânions formam complexos de superfície de esfera interna com os óxidos de Fe, o que diminui sensivelmente sua disponibilidade para as plantas, fenômeno conhecido como adsorção (NOVAIS et al., 2007). Assim, os teores de P, principalmente aos 120 dias de avaliação do substrato, atingiram valores muito bons.

De modo geral os teores dos macronutrientes foram diminuindo com o tempo, o que pode ter ocorrido em função da absorção destes nutrientes pelas mudas.

A resposta dos teores de Fe em função das doses de pó de basalto foram lineares e ambas granulometrias (Figura 5.2 A e B), as quais estão muito acima do considerado bom pela classe de interpretação proposta por NETO et al. (2001). No entanto, não foram observados sintomas de toxidez deste elemento nas mudas.

A disponibilidade de Zn pelo pó de basalto com granulometria mais fina ocorreu de forma linear dos 60 aos 180 dias (Figura 5.2 C).

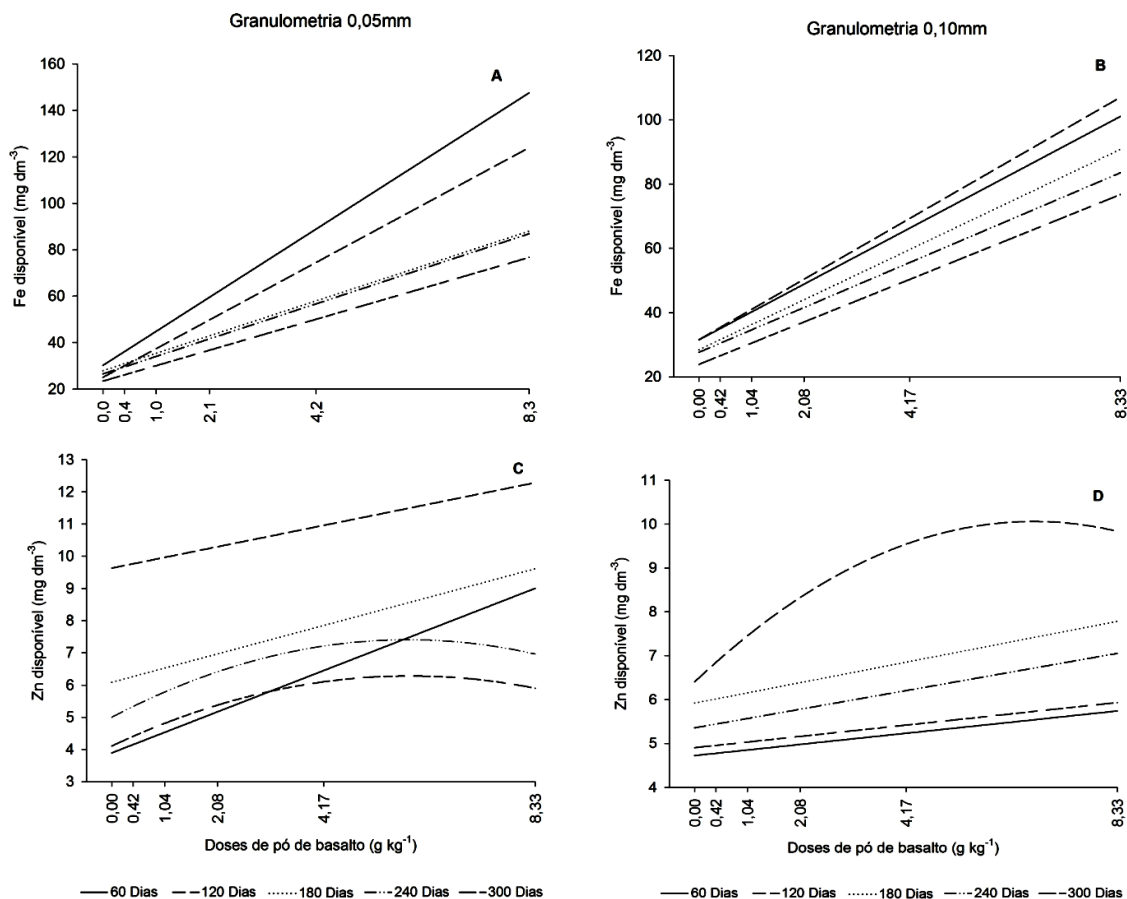


Figura 5.2 – Valores de Fe (A e B) e Zn (C e D) disponíveis no substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm, avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias.

Já na granulometria mais grossa, essa disponibilidade ocorreu de forma linear aos 60 dias, e dos 180 aos 300 dias de avaliação (Figura 5.2 D). A disponibilidade de Zn pode ser afetada pelo pH do solo, sendo mais evidente em solos com pH baixo. Entretanto, no presente trabalho, verificou-se que o maior teor deste elemento foi observado nos substratos cujo pH estava mais elevado. Possivelmente, esse resultado ocorreu devido ao pó de basalto ser rico em Zn, o que pode ser comprovado pelos altos teores de Zn observados durante toda a avaliação do experimento (Figura 5.2 C e D).

A soma de bases (Figura 5.3 A e B) mostra o reflexo dos teores bases trocáveis Ca, Mg e K, sendo que aos 120 dias atingiu valores considerados muito bons. Isso também refletiu em valores de saturação de bases maiores nestas doses (Figura 5.3 C e D).

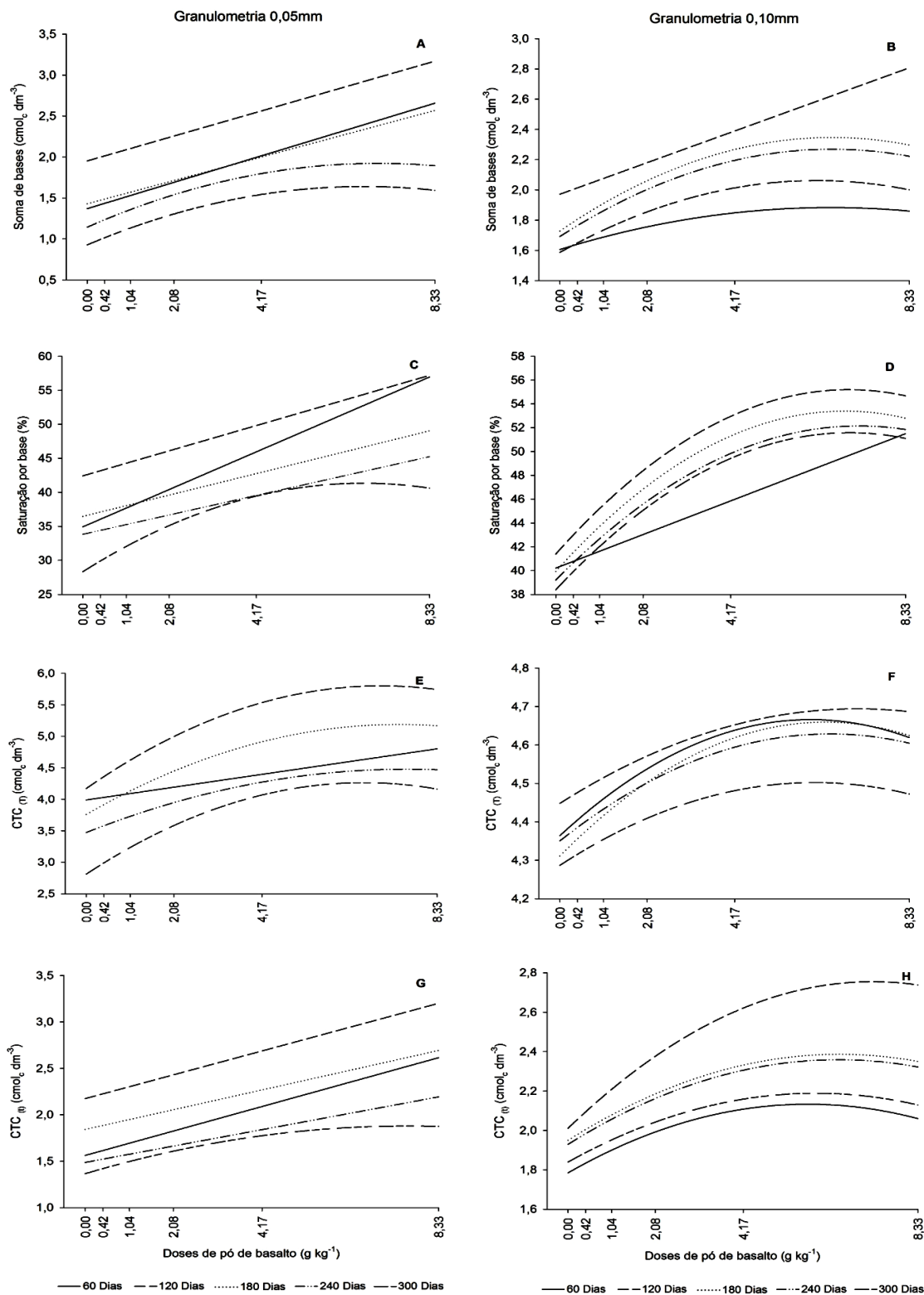


Figura 5.3 – Valores de soma de bases (A e B), saturação por base (C e D), capacidade de troca de cátions total (CTC_T) (E e F) e capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_E) (G e H) do substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometria 0,05 e 0,10 mm, avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias.

Na granulometria 0,10mm as respostas quadráticas da saturação por bases dos 120 aos 300 dias de avaliação do substrato alcançaram média de 53,08% em resposta a uma dose média de $7,02 \text{ g kg}^{-1}$, sendo que no período no qual se obteve maior saturação por bases (120 dias) se obteve valor de 55,19% na dose $6,97 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 5.3 D).

A CTC total também foi maior aos 120 dias de avaliação do substrato em ambas granulometrias, sendo que na granulometria mais fina a resposta quadrática atingiu máximo de $5,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose $6,99 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 5.3 E).

A CTC total também foi maior aos 120 dias de avaliação do substrato em ambas granulometrias, sendo que na granulometria mais fina, a resposta quadrática atingiu máximo de $5,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose $6,99 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 5.3 E). Na granulometria mais grossa, o máximo alcançado no mesmo período de 120 dias foi de $4,69 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose $7,08 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto (Figura 5.3 F), sendo 21,32% inferior a granulometria 0,05 mm.

A resposta da CTC efetiva para os 120 dias foi linear na granulometria 0,05 mm (Figura 5.3 G) e na granulometria 0,10 mm a resposta foi quadrática, com máximo de $2,75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose $7,23 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto (Figura 5.3 H).

O efeito de redução da SB nas doses de ambas granulometrias está de acordo com as variações das bases trocáveis, da acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$), acidez trocável (Al^{+3}), saturação por alumínio (m) e do pH (Figura 5.4), as quais apresentaram resultados maiores no 2º período de avaliação do substrato, que foi aos 120 dias. Sendo que a partir dos 180 dias, houve redução dos teores dos macro e micronutrientes, bem como das características químicas e físico-químicas de substrato. Esse efeito pode ter ocorrido em função do transplante das mudas nos vasos, as quais passaram a extrair estes nutrientes, alterando seus teores e as características químicas e físico-químicas de substrato.

A redução de pH e de bases trocáveis e aumento da acidez trocável e acidez potencial foi suficiente para influenciar na redução da CTC (t) e da CTC (T), pois estas variáveis foram diminuindo com o tempo, saindo da classe de interpretação média para a classe baixa. O pH na granulometria 0,05 mm alcançou máximo de 5,6 na dose $8,24 \text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto. Já o máximo atingido com a granulometria 0,10 mm (5,45) na dose $6,80 \text{ g kg}^{-1}$ foi 2,68%, inferior à granulometria mais fina (Figura 5.4 A e B).

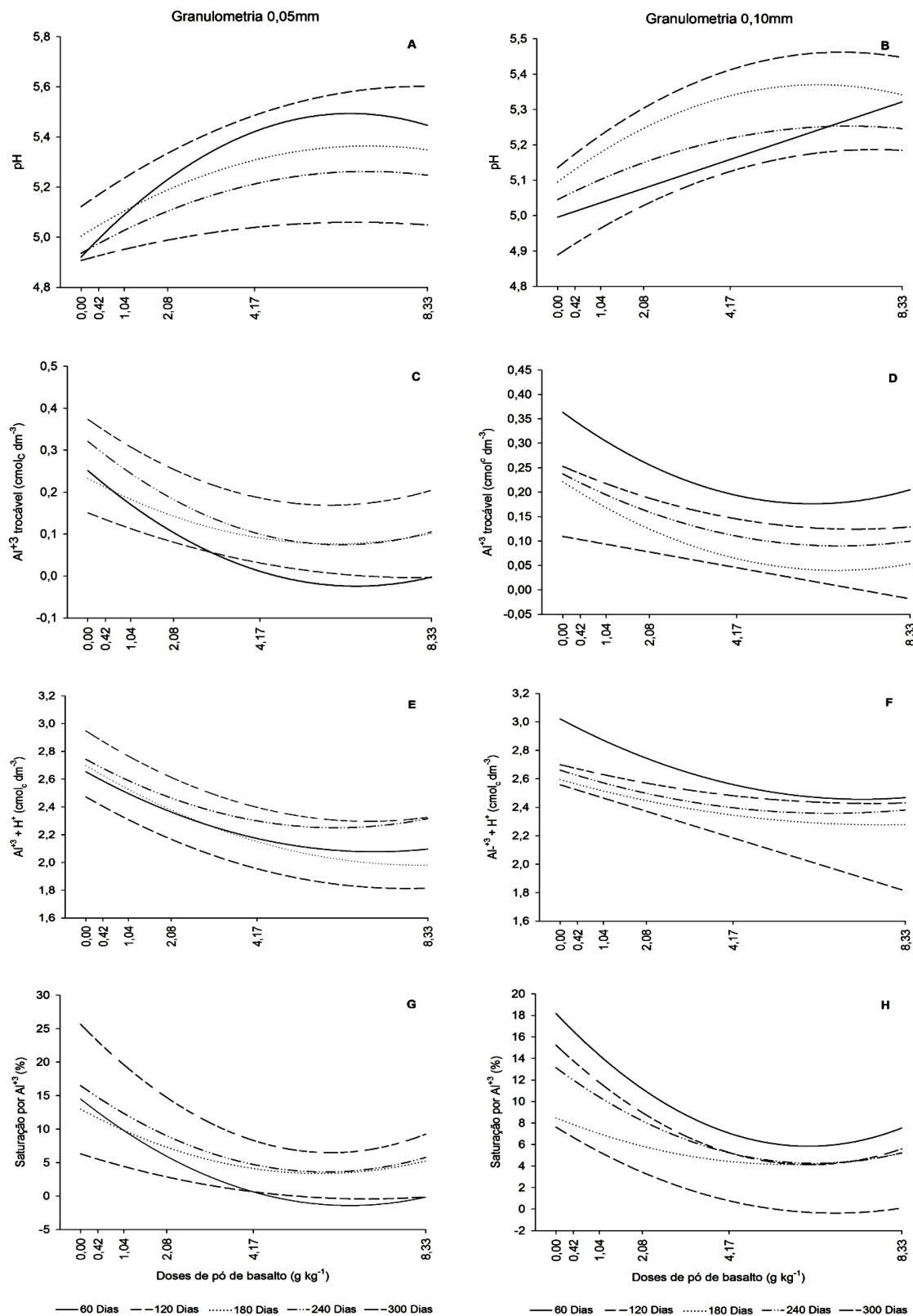


Figura 5.4 – Valores pH (A e B), Al³⁺ trocável (C e D), Al³⁺+H⁺ (E e F) e saturação por Al³⁺ (G e H) do substrato, em função de doses de pó de basalto, com granulometria 0,05 e 0,10 mm, avaliados aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias.

Com estes resultados de pH, vê-se a importância da adição do pó de basalto ao substrato, pois o pH do solo utilizado antes da implantação do experimento estava em 4,8 (Tabela 5.3) e após a aplicação do pó de basalto o pH atingiu valores de até 5,6, o qual é recomendado para a maioria das culturas. A utilização do vermicomposto também contribuiu para o equilíbrio do pH, pois o produto resultante da ação das minhocas na matéria orgânica é neutro, visto as minhocas possuírem glândulas calcíferas, de acordo com Longo (1987) e Gonçalves e Poggiani (1996) citados por Knapik (2005).

Os valores de acidez trocável, acidez potencial e a saturação por alumínio tiveram queda aos 120 dias da avaliação do substrato, período que coincide com maiores valores de pH, pois a redução da acidez do solo promove a insolubilização de Al. Verificou-se que em valores de pH acima de 5,5-6,0, a solubilidade do Al é mínima (NOVAIS et al., 2007), sendo que os valores mais baixos de Al^{+3} trocável, $H^{+}+Al^{+3}$ e saturação por Al^{+3} , na granulometria mais fina (0,05 mm), foram obtidos numa dose média de $7,58\text{ g kg}^{-1}$ de pó de basalto (Figura 5.4 C, E e G). Já na granulometria 0,10 mm, a resposta foi linear para Al^{+3} trocável e $H^{+}+Al^{+3}$ (Figura 5.4 D e F), com exceção da saturação por Al^{+3} , que atingiu mínimo na dose $6,70\text{ g kg}^{-1}$ (Figura 5.4 H).

5.4.2. Avaliação das características de crescimento

Observa-se, na Tabela 5.5, que a interação entre os fatores doses de pó de basalto e granulometrias não foi significativa para nenhuma das variáveis de crescimento estudadas. Diante disto, passou-se a estudar o efeito isolado de cada fator para ALT, DM, BSPA, BSR e BST, sendo que para NR não se teve efeito significativo de DOSE nem de GRAN. Verificou-se que as doses apresentaram diferenças significativas apenas para ALT, DM, BSPA, BSR e BST. As granulometrias influenciaram de modo significativo apenas DM, BSPA e BST.

Tabela 5.5 – Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento de mudas de murici submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		ALT	DM	NR	BSPA	BSR	BST
DOSE	5	185.05**	1.564*	5.576 ^{ns}	197.827**	40.352**	409.27**
GRAN	1	37.288 ^{ns}	6.016**	0.150 ^{ns}	90.847**	146.79**	6.6800 ^{ns}
DOSE*GRAN	5	4.5589 ^{ns}	0.031 ^{ns}	0.510 ^{ns}	7.8171 ^{ns}	7.1985 ^{ns}	28.591 ^{ns}
RESÍDUO	48	15.3652	0.61767	2.8833	11.5748	16.9661	42.3915
CV (%)		8.72	8.64	19.94	12.65	24.68	14.94

FV – Fontes de Variação; DOSE - Doses de pó de basalto; GRAN – Granulometria; ALT – Altura da muda; DM – Diâmetro do coleto; NR – Número de ramos; BSPA – Biomassa seca da parte aérea remanescente; BSR – Biomassa seca de raízes; BST – Biomassa seca total; ^{ns} – não significativo, * – significativo a 5%, ** – significativo a 1% de probabilidade.

Os resultados de DM variaram de 8,78 (granulometria 0,05 mm) a 9,41 mm (granulometria 0,10 mm) (Tabela 5.6). Assim como para DM, a resposta em produção de BSPA da granulometria mais fina foi estatisticamente inferior ao da granulometria mais grossa, com variação foi de 25,65 (granulometria 0,05 mm) a 28,11 g (granulometria 0,10 mm). No entanto, a produção de BSR das mudas submetidas a granulometria mais fina de pó de basalto foi estatisticamente superior aos resultados da granulometria mais grossa.

Tabela 5.6 – Médias estimadas das variáveis de crescimento de mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

GRANULOMETRIA	DM	BSPA	BSR
	(mm)	------(g)-----	
0,05 mm	8,78 b	25,65 b	18,26 a
0,10 mm	9,41 a	28,11 a	15,13 b

DM - Diâmetro do coleto; BSPA – Biomassa seca da parte aérea remanescente; BSR – Biomassa seca de raízes. Na vertical, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Estes resultados de BSR mostram que as melhores condições físico-químicas proporcionadas pela granulometria mais fina de pó de basalto possibilitou melhor

desenvolvimento radicular destas mudas, permitindo maior área de exploração destas raízes no substrato, principalmente pela maior disponibilidade de Ca pela granulometria mais fina (Figura 5.1 A), sendo que o Ca está relacionado com o bom desenvolvimento e crescimento radicular Malavolta et al. (1989) e Dechen e Nachtigall (2007).

Na Figura 5.5 A, B, C e E pode-se observar o padrão linear da resposta em ALT, DM, BSPA e BST das mudas a aplicação crescente de pó de basalto.

Esses resultados mostram que, embora esta espécie seja adaptada à baixa fertilidade dos solos, não significa que ela não seja capaz de responder a uma maior disponibilidade de nutrientes (VILLELA e HARIDASAN, 1994). Apenas a variável BSR teve resposta quadrática (Figura 5.5 D).

O murici é classificado como uma espécie de clímax, apresentando crescimento lento. No entanto, sua resposta em crescimento foi rápida e linear às doses de pó de basalto, demonstrando que esta espécie tem potencial de crescimento rápido quando em condições de fertilidade do solo favoráveis. Neste sentido, Gonçalves et al. (2000) apontam que as espécies nativas apresentam altas taxas de crescimento. Conseqüentemente, quanto maiores às taxas de crescimento, maiores as demandas por nutrientes, principalmente na fase inicial do crescimento (PAIVA, 2005). Estes resultados corroboram com os obtidos nesta pesquisa.

Comportamentos de crescimento semelhantes foram obtidos por Paiva et al. (2009) ao estudarem o crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas como a unha-de-vaca, espécie pioneira, na qual obtiveram curvas diferenciadas de crescimento em função da adubação química e das diferentes doses de lodo de esgoto adicionado nos tratamentos. A produção de biomassa (expressa em matéria seca) é um parâmetro bastante consistente na avaliação das respostas à adubação em espécies vegetais, complementando os dados de crescimento em altura (PAIVA et al., 2009).

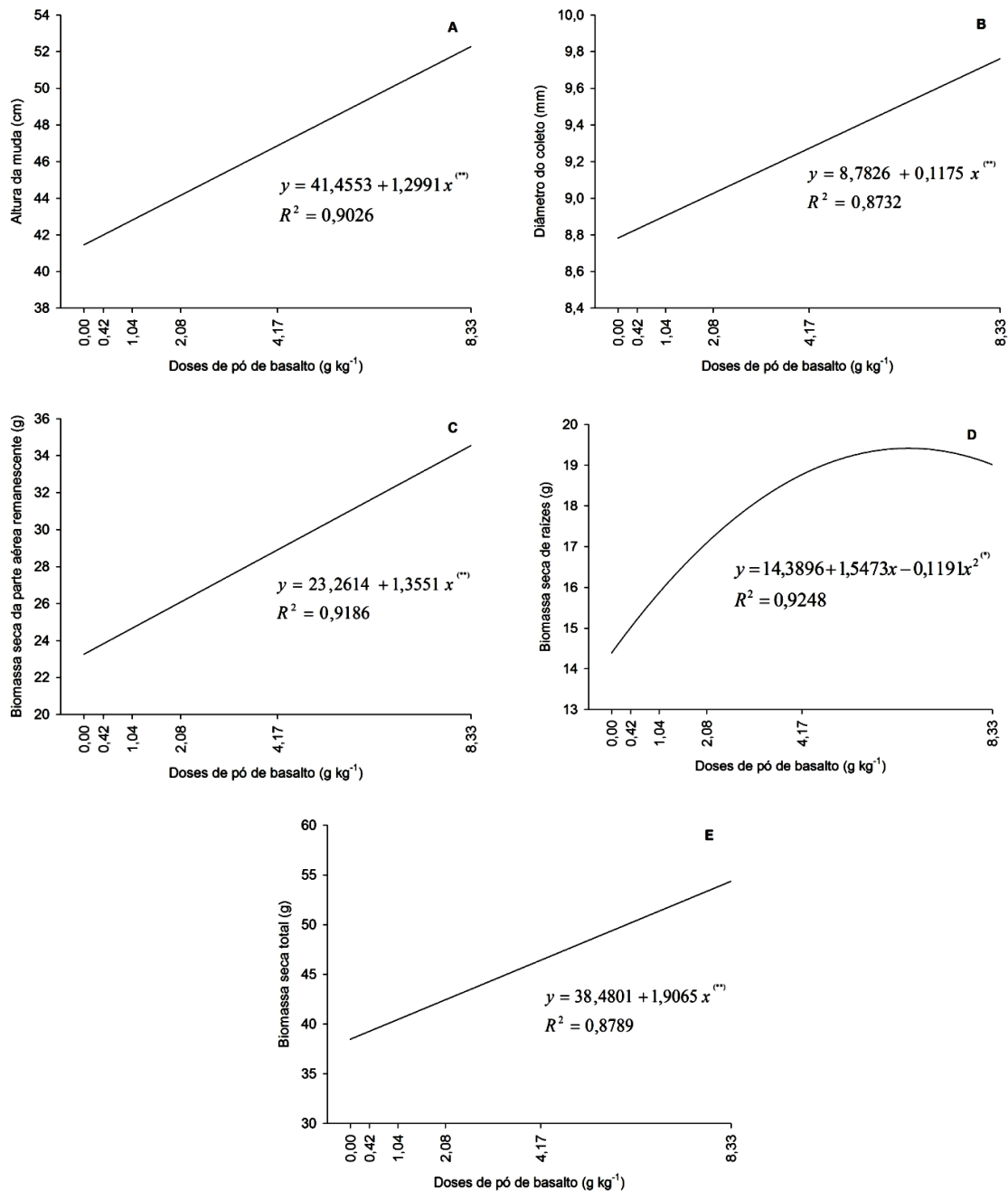


Figura 5.5 – Altura (A), diâmetro do coleto (B), biomassa seca da parte aérea remanescente (C), biomassa seca das raízes (D) e biomassa seca total (E) das mudas de murici, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante.

Os resultados obtidos são relativos a BSPA, BSR e BST, por ser importante avaliar não só o acúmulo total de matéria seca, mas também sua alocação nos diferentes componentes. Isto pode explicar a estratégia de crescimento, de acordo

com o grupo sucessional e sua capacidade de adaptação às condições impostas pelo ambiente. Assim, a produção de BSR alcançou máximo de 19,42 g em resposta a uma dose de 6,50 g kg⁻¹, com incremento de 28,58%.

A elevada resposta de algumas espécies à melhoria da fertilidade do solo, como o murici, pode então ser devida à sua maior taxa de crescimento, requerendo, deste modo, maior quantidade de nutrientes para atender à demanda nutricional, o que, em última análise, permite a expressão do potencial de produção de biomassa das espécies de crescimento inicial mais acentuado (SILVA et al.,1997). Esses autores sugerem que as maiores respostas podem ser observadas em espécies com maiores taxas de crescimento, independentemente do grupo sucessional.

5.4.3. Avaliação da concentração e do conteúdo de nutrientes

As concentrações de Ca, Mg, K, P, N Total, Fe e Zn obtidos foram comparados utilizando a escala de Fernandes et al. (2000), para macronutrientes, e de Novais et al. (2007), para micronutrientes (Apêndice F).

Observa-se, na Tabela 5.7, que a interação entre os fatores DOSE e GRAN não foi significativa para nenhuma das variáveis de teor estudadas. Diante disso, passou-se a estudar o efeito isolado de cada fator para teor de cada nutriente.

Tabela 5.7 – Resumo da análise de variância dos teores foliares de macro e micronutrientes de mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		Ca	Mg	K	P	N Total	Fe	Zn
DOSE	5	6.273*	0.409 ^{ns}	1.494 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.574*	191.895**	26.813**
GRAN	1	0.485 ^{ns}	0.813*	5.444 ^{ns}	0.020 ^{ns}	0.200 ^{ns}	7.471 ^{ns}	4.833 ^{ns}
DOSE*GRAN	5	0.567 ^{ns}	0.061 ^{ns}	0.361 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.059 ^{ns}	17.005 ^{ns}	2.791 ^{ns}
RESÍDUO	48	2.132	0.168	1.854	0.005	0.162	14.064	6.4079
CV (%)		5.21	4.23	11.14	18.84	4.31	5.67	4.67

FV – Fontes de Variação; DOSE - Doses de pó de basalto; GRAN – Granulometria; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; K- Potássio; P – Fósforo; N Total – Nitrogênio Total; Fe – Ferro; Zn - Zinco; ^{ns} _ não significativo, *_ significativo a 5%, **_ significativo a 1% de probabilidade.

Verificou-se que as granulometrias apresentaram diferenças significativas apenas para os teores de Mg. As doses de pó de basalto influenciaram de modo significativo as variáveis teor de Ca, N Total, Fe e Zn.

A variação do teor de Mg foliar foi de 9,54 (granulometria 0,05 mm) a 9,84 g kg⁻¹ (granulometria 0,10 mm) (Tabela 5.8), considerados adequados de acordo com a classe de interpretação utilizada.

Tabela 5.8 – Média estimada do teor de Mg de mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

GRANULOMETRIA	Mg
	(g kg ⁻¹)
0,05mm	9,54 b
0,10mm	9,84 a

Na vertical, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O murici, segundo Naves et al. (1995), é uma planta predominante em solos de baixa fertilidade natural. Este fato chama a atenção e ressalta a capacidade das espécies frutíferas presente nestes solos em explorar uma área muito grande do solo, tanto no sentido horizontal, e principalmente, no sentido vertical. Tal comportamento ressalta a habilidade destas plantas em se estabelecerem em solos de baixíssima concentração de nutriente e, de forma marcante, apresentar teores foliares próximos aos considerados normais (NAVES, 1999). Assim, os teores foliares atingiram valores dentro do considerado adequado pela classe de interpretação utilizada, com exceção apenas do teor de N Total.

Os teores de Ca alcançaram o mínimo de 26,57 g kg⁻¹, em resposta a uma dose de 7,44 g kg⁻¹ (Figura 5.6 A). Duboc e Guerrini (2008) obtiveram maiores teores foliares de Ca em cagaita (*Eugenia dysenterica*) e aroeirinha (*Schinus terebinthifolius*) de 20,6 e 18,6 g kg⁻¹, respectivamente, valores inferiores aos obtidos nas mudas de murici. Resultados inferiores também foram obtidos por Moraes Neto et al. (2003), ao estudarem a produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis, sendo os melhores teores de Ca que obtiveram foi em capixingui (*Croton floribundus*), com 13

g kg⁻¹, ao utilizarem adubos de liberação controlada. Isto mostra que a disponibilidade de nutrientes ao longo do desenvolvimento e crescimento das mudas confere melhor qualidade destas, o que corrobora com as características do pó de basalto através da liberação lenta dos macronutrientes e micronutrientes, dos quais é fonte. Já os teores de N Total atingiram mínimo de 8,98 g kg⁻¹, na dose 6,18 g kg⁻¹.

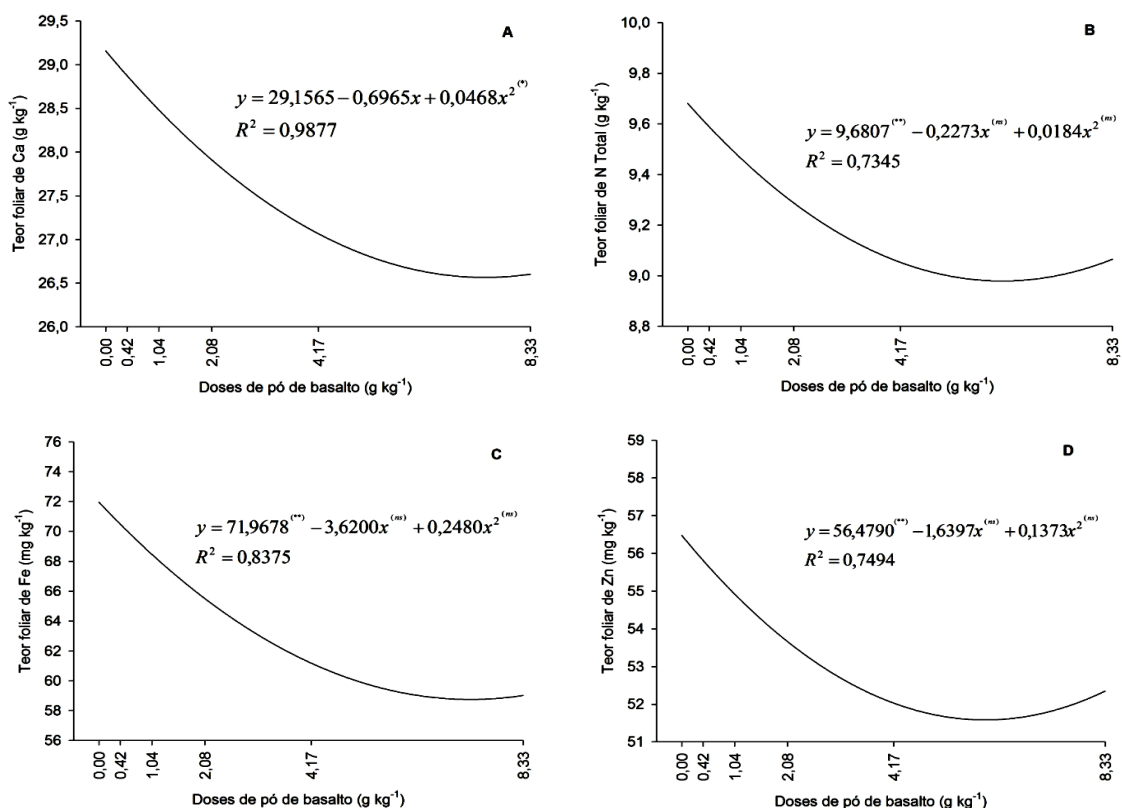


Figura 5.6 – Teor foliar de Ca (A), N Total (B), Fe (C) e Zn (D) acumulados na parte aérea das mudas de murici, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante.

Os teores de Fe atingiram mínimo de 58,76 g kg⁻¹, na dose 7,30 g kg⁻¹. Já os teores de Zn alcançaram o mínimo de 51,58 g kg⁻¹, em resposta a uma dose de 5,97 g kg⁻¹ (Figura 5.6 C e D). Estudos como o de Duboc e Guerrini (2008) ao avaliarem diferentes espécies arbóreas, obtiveram teores acima de 100 mg kg⁻¹ de Fe em todas as espécies. Valores estes superiores aos obtidos nas mudas de murici. No entanto, os teores de Zn encontrados pelos mesmos autores foram inferiores aos das mudas

de murici, sendo que apenas na copaíba (*Copaifera lagsdorffii*) obtiveram maiores teores de Zn, com 28 mg kg⁻¹.

De forma geral, as respostas dos teores foliares dos nutrientes: Ca, N Total, Fe e Zn tenderam a ser menores nas doses maiores, fato que está relacionado com a maior diluição destes elementos nas mudas com maior crescimento, sendo que a altura seguiu modelo linear em resposta às doses de pó de basalto (Figura 5.6 A). Dessa forma, passou-se a estudar os valores de conteúdos foliares destes nutrientes, pois podem explicar melhor o acúmulo destes na biomassa seca das mudas.

Observa-se, na Tabela 5.9, que a interação entre os fatores doses de pó de basalto e granulometrias não foi significativa para nenhuma das variáveis de conteúdo estudadas. Diante disto, passou-se a estudar o efeito isolado de cada fator para o conteúdo de cada nutriente. Verificou-se que as granulometrias apresentaram diferenças significativas apenas para os conteúdos de Mg. As doses de pó de basalto influenciaram de modo significativo as variáveis conteúdo de Ca, Mg, K, N Total, Fe e Zn.

Tabela 5.9 – Resumo da análise de variância dos conteúdos foliares de macro e micronutrientes de mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		CCa	CMg	CK	CP	CN Total	CFe	CZn
DOSE	5	0.0696**	0.00978**	0.01357**	3.0E-7 ^{ns}	8.916E-4**	0.167*	0.259**
GRAN	1	0.0240 ^{ns}	0.00751*	0.00013 ^{ns}	3.0E-7 ^{ns}	4.669E-4 ^{ns}	0.106 ^{ns}	0.086 ^{ns}
DOSE*GRAN	5	0.0059 ^{ns}	0.00054 ^{ns}	0.00197 ^{ns}	3.0E-7 ^{ns}	0.623E-4 ^{ns}	0.057 ^{ns}	0.013 ^{ns}
RESÍDUO	48	0.009897	0.001042	0.001811	0.000003	0.001217	0.054581	0.020706
CV (%)		12.41	11.64	12.27	16.22	13.01	12.45	9.31

FV – Fontes de Variação; DOSE - Doses de pó de basalto; GRAN – Granulometria; CCa – Conteúdo de Cálcio; CMg – Conteúdo de Magnésio; CK- Conteúdo de Potássio; CP – Conteúdo de Fósforo; CN Total – Conteúdo de Nitrogênio Total; CFe – Conteúdo de Ferro; CZn - Conteúdo de Zinco; ^{ns} - não significativo, * - significativo a 5%, ** - significativo a 1% de probabilidade.

Assim como para o teor de Mg, o conteúdo deste nutriente foi maior nas mudas submetidas a granulometria mais grossa (0,10 mm), com média de 0,29

g/BSPA, enquanto que as mudas da granulometria mais fina (0,05 mm) alcançaram 0,26 g/BSPA (Tabela 5.10).

Tabela 5.10 – Média estimada do conteúdo de Mg de mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

GRANULOMETRIA	Mg (g/BSPA)
0,05 mm	0,26 b
0,10 mm	0,29 a

Na vertical, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O Mg é importante, pois está relacionado com a síntese de clorofila, sendo que suas deficiências proporcionam menor síntese deste pigmento, situação que não permite que a planta utilize a luz solar como fonte de energia no processo fotossintético; deste modo, a planta perde a habilidade de executar funções essenciais, como por exemplo, a absorção de nutrientes, de acordo com Malavolta et al. (1989) e Dechen e Nachtigall (2007).

A resposta do conteúdo dos nutrientes como o Ca, Mg, K, N Total, Fe e Zn, em função das doses de pó de basalto, seguiram o modelo linear (Figura 5.7 A, B, C, D, E e F).

Estes resultados corroboram com a questão da diluição destes nutrientes na muda discutida nos dados de concentração. No entanto, entre os macronutrientes o elemento P parece ser pouco exigido nesta fase inicial de crescimento desta espécie, levando a concluir que na fase de muda as espécies clímax, como o murici, possuem um baixo requerimento de P, ou se mostram eficientes em utilizar este nutriente em condições de baixa disponibilidade. Esta premissa foi confirmada pelos resultados de teor e conteúdo de P foliares não significativos.

Embora se tenha utilizado dose padrão de fonte de K nos vasos, os seus valores de conteúdos tiveram resposta linear nas mudas de murici, o que pode estar relacionado às melhores condições físico-químicas proporcionadas pelas maiores doses de pó de basalto, reduzindo a lixiviação dos íons K^+ a medida que eram disponibilizados no substrato pelo pó de granito. Conforme Marschner (1991) e

Lambers e Poorter (1992), espécies de clímax apresentam crescimento lento e consequentemente baixa resposta ao fornecimento de nutrientes, uma característica de adaptação a solos pouco férteis.

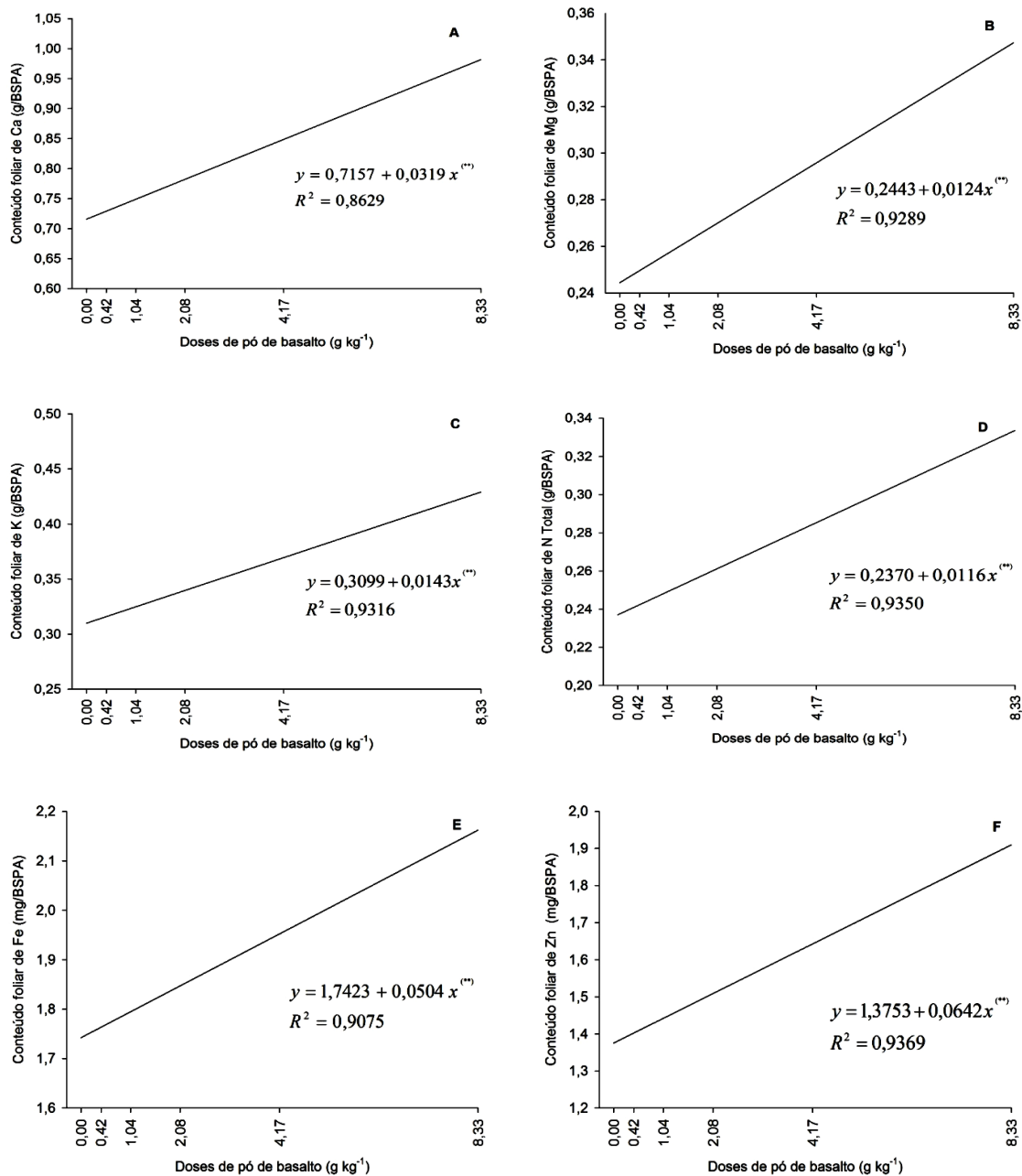


Figura 5.7 – Conteúdo foliar de Ca (A), Mg (B), K (C), N Total (D), Fe (E) e Zn (F) acumulados na parte aérea das mudas de murici, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante.

Apesar de o murici ser uma espécie clímax, característica de ecossistema de terra firme de baixa fertilidade natural, apresentou rápido crescimento e resposta linear às doses de pó basalto para as variáveis de conteúdo foliar de nutrientes, com exceção apenas do CP, indicando que o murici, em condições de fertilidade do solo favoráveis, responde positivamente à adubação. Em trabalhos como de Tucci et al. (2009) verificaram respostas positivas a calagem e adubação na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.), sobre todas as características de crescimento em condições de Casa de Vegetação, indicando o potencial de crescimento rápido das espécies de clímax em condições favoráveis de fertilidade do solo.

5.4.4. Índices morfológicos

Os índices morfológicos das mudas de murici foram calculados a partir das variáveis de crescimento obtidas. Observa-se, na Tabela 5.11, que a interação entre os fatores dose de pó de basalto e granulometria não foi significativa para nenhum dos índices morfológicos estudados. Diante disso, passou-se a estudar o efeito isolado de cada fator para BSPA/BSR, ALT/DM e ALT/BSPA, pois para índice IQD não obteve efeito significativo de dose nem de granulometria.

Tabela 5.11 – Resumo da análise de variância dos índices morfológicos das mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		BSPA/BSR	ALT/BSPA	ALT/DM	IQD
DOSE	5	0.097 ^{ns}	0.146*	0.637 ^{ns}	3.972 ^{ns}
GRAN	1	2.313**	0.871**	4.272**	0.032 ^{ns}
DOSE*GRAN	5	0.004 ^{ns}	0.051 ^{ns}	0.045 ^{ns}	0.619 ^{ns}
RESÍDUO	48	0.075	0.050	0.351	1.863
CV (%)	-	16.45	13.08	11.93	20.58

FV – Fontes de Variação; DOSE - Doses de pó de basalto; GRAN – Granulometria; BSPA/BSR – Relação biomassa seca da parte aérea remanescente e biomassa seca de raízes; ALT/BSPA – Relação de altura e biomassa seca da parte aérea remanescente; ALT/DM – Relação de altura e diâmetro do coleto; IQD – Índice de Dickson; ^{ns} – não significativo, * – significativo a 5%, ** – significativo a 1% de probabilidade.

Verificou-se que as granulometrias apresentaram diferenças significativas para BSPA/BSR, ALT/DM e ALT/BSPA. As doses de pó de basalto também influenciaram de modo significativo apenas ALT/BSPA.

A resposta do índice BSPA/BSR em função das granulometrias variou de 1,47 (0,05 mm) a 1,86 (0,10 mm) (Tabela 5.12), sendo que Brissette (1984) relata que num encontro de pesquisadores ficou estabelecido como sendo 2,0 a melhor relação entre a biomassa seca da parte aérea e a sua respectiva biomassa seca das raízes. Segundo Parviainen (1981), este é um índice eficiente e seguro para expressar o padrão de qualidade das mudas.

Tabela 5.12 – Médias estimadas dos índices morfológicos de mudas de murici, submetidas a seis doses de pó de basalto, com granulometrias 0,05 e 0,10 mm

GRANULOMETRIA	ÍNDICE		
	BSPA/BSR	ALT/BSPA	ALT/DM
0,05 mm	1,47 b	1,83 a	5,23 a
0,10 mm	1,86 a	1,59 b	4,70 b

BSPA/BSR – Relação biomassa seca da parte aérea remanescente e biomassa seca de raízes; ALT/BSPA – Relação altura e biomassa seca da parte aérea remanescente; ALT/DM – Relação altura e diâmetro do coleto. Na vertical, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Já a resposta da variável ALT/BSPA, a granulometria mais fina (0,05 mm) foi superior à granulometria mais grossa, sendo que variou de 1,59 (0,10 mm) a 1,83 (0,05 mm). Este índice indica o quanto lignificada estão as mudas e quanto menor o seu valor melhor a qualidade das mudas.

A mesma superioridade da granulometria mais fina foi observada para o índice ALT/DM, o qual alcançou 4,70 na granulometria 0,10 mm e 5,23, na granulometria 0,05 mm (Tabela 5.12). A relação ALT/DM, resultante da divisão da altura das mudas pelo seu respectivo diâmetro de coleto, é considerada uma relação de extrema importância, pois fornece indicações de quanto delgada está a muda. Quanto menor o seu valor, maior a chance de sobrevivência e estabelecimento no local de plantio (GOMES e PAIVA, 2004).

Em estudos como o de Oliveira et al. (2008), ao testarem diferentes substratos em essências florestais, obtiveram melhor resultado de ALT/DM com

valor de 31,72, acima do encontrado com as mudas de murici utilizando pó de basalto.

De modo geral, as mudas submetidas à granulometria mais grossa tiveram resultados melhores para os índices BSPA/BSR, ALT/BSPA e ALT/DM em relação às mudas obtidas na granulometria mais fina.

Em função de doses, houve efeito significativo apenas para o índice ALT/BSPA (Figura 5.8) no qual se obteve resposta linear negativa, pois esta relação ALT/BSPA, indica o quanto lignificado estão as mudas, e de acordo com Gomes; Paiva (2004), quanto menor o seu valor, maior a chance de sobrevivência das mudas no campo.

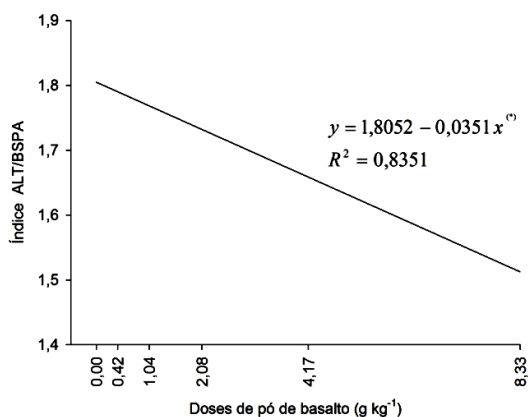


Figura 5.8 – Índice morfológico ALT/BSPA de mudas de murici, em função de doses crescentes de pó de basalto, avaliadas 150 dias após o transplante.

5.5. CONCLUSÕES

As doses de pó de basalto com granulometria mais fina (0,05 mm) proporcionaram maiores aumentos nas concentrações de Ca e de Mg no substrato, mas os acréscimos observados não foram suficientes para atingir valores considerados bons. As concentrações de Fe e Zn obtidas com o uso do basalto moído atingiram níveis considerados muito bons.

Os resultados de complexo de troca catiônica foram maiores quando se utilizou o basalto moído com granulometria mais fina, sendo que os valores de acidez potencial, acidez trocável, saturação por Al^{+3} foram menores utilizando esta granulometria.

Os tratamentos sem pó de basalto (0 g kg^{-1}) produziram mudas de menor qualidade.

Mudas de melhor qualidade e melhor desenvolvimento foram obtidas nas doses com granulometria de 0,10 mm.

6. CONCLUSÕES GERAIS

A utilização de doses de pó de basalto com granulometria mais fina (0,05 mm) proporcionaram melhores condições químicas e físico-químicas no substrato em relação às doses de pó basalto com granulometria 0,10 mm.

Os resultados de complexo de troca catiônica foram maiores quando se utilizou o basalto moído com granulometria mais fina, sendo que os valores de acidez potencial, acidez trocável, saturação por Al^{+3} foram menores utilizando esta granulometria. Obteve-se, também, maiores aumentos nas concentrações de Ca e de Mg no substrato, mas os acréscimos observados não foram suficientes para atingir valores considerados bons. As concentrações de Fe e Zn obtidas com o uso do basalto moído atingiram níveis considerados muito bons.

Os tratamentos sem pó de basalto (0 g kg^{-1}) comprometeram o bom desenvolvimento e a qualidade das mudas de açai, camu-camu e murici.

Mudas de melhor qualidade e melhor desenvolvimento foram obtidas nas doses com granulometria de 0,05 mm para açai e camu-camu, e para murici, com granulometria 0,10 mm.

REFERÊNCIAS

ALBERT, V. R. **Ein nachhaltig wirksamer forstdüngungsversuch**. Forstarchiv, v.13, 1936. p. 158-162.

ALBUQUERQUE, G. A. C. **A Produção de Fosfatos no Brasil: uma apreciação histórica das condicionantes envolvidas**. Rio de Janeiro. CETEM/CNPq, 1996. 129 p. (Série Documentos, 31).

ALMEIDA, E.; SILVA, F. J. P.; RALISCH, R. Revitalização dos solos em processos de transição agroecológica no sul do Brasil. **Revista Agriculturas: Experiências em Agroecologia**, Rio de Janeiro, v.4, n.1, p.7-10. 2007a.

ALMEIDA, J. A.; COELHO, C. M. M.; SCHMITT, C.; NEVES, L. S. **Absorção de nutrientes por mudas de eucalipto cultivadas com pó de basalto**. XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Gramado-RS, 2007b. p.4.

AMPARO, A. Farinha de rocha e biomassa. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, n. 20, p.10-12, ago./set. 2003.

ANDERSEN, O.; ANDERSEN, V. U. **As frutas silvestres brasileiras**. 2. ed. Rio de Janeiro: Globo Rural, 1988. 203p.

ANJOS, L. H. C.; Pereira, M. G.; FONTANA, A. **Matéria orgânica e pedogênese. 1999**. In: Santos, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. – 2. ed. rev. atual. - Porto Alegre: Metropole, 2008. p. 65-82.

ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 563-567. 2001.

BARBOSA, Z.; SOARES, I.; CRISÓSTOMO, L. A. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 519-522, dez. 2003.

BRISSETTE, J. C. Summary of discussions about seedling quality. In: ALEXANDRIA, L. A. SOUTHERN NURSERY CONFERENCES. **Proceedings**. New Orleans: USDA, Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 1984. p. 127-128.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 5 ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi/CEJUP, 1991. 264p. Disponível em: <<http://www.cpafrf.embrapa.br/index.php/cpafrf/>>. Acesso em: 08 mai. 2008.

- CAVALCANTE, P. B.. **Frutas Comestíveis da Amazônia**. 3.ed. Belém: INPA,. 1976. 166p.
- CHAVES, L. J. **Domesticação e uso de espécies frutíferas do cerrado**. 2003. Disponível em: <<http://www.sbmp.org.br.htm>>. Acesso em: 11 mar. 2008.
- CLEMENT, C. R.. Underexploited Amazonian fruits Proc. Amer. Soc. **Hort. Sci. Trop. Reg.** n.27. 1983. p.117-142.
- CLEMENTE, C. R.; BOVI, M. L. A. Padronização das medidas de crescimento e de produção em experimentos com pupunheira para palmito. **Acta Amazonica**, v. 30, n. 3, 2000. p.349-362.
- COSTA, L. M.; ALVES, L. O.; GOMES, S. M.; BARBOSA, G. S.; CABRAL, J. S. R.; SOUCHIE, E. L. Doses crescentes de pó de basalto em arroz cultivado em solo de Cerrado. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 31, 2007, Gramado. **Anais...** Gramado, 2007. 4p.
- COUTINHO, A. H. L. C. **Avaliação da biodiversidade do solo através de exame de DNA, 1999.** Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/pesquisa/temas/temas.html>>. Acesso em: 25 out. 2008.
- CRISTAN, C. A. **Basalto agrícola, 2002.** Disponível em: <<http://www.socitrus.com.br/basalto.htm>>. Acesso em 18 set. 2008.
- CUNHA, A. C. C.; JARDIM, M. A. G. Avaliação do potencial germitativo em açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) variedades preto, branco e espada. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi – Série Botânica**, Belém, v. 11, n. 1, p. 55-60. 1995.
- DE VILLIERS, O,D'H. Further studies on the rejuvenation of exhausted soils im humid districts by incorporating basalt dust. **Revue Agricole et Sucriere de l'île Maurice**, v. 28, p. 124-134, 1949.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Elementos Requeridos à Nutrição de Plantas**. In: NOVAIS, R. F; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do Solo**. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 91-128.
- DIAS, F. O.; MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P.; CARVALHO, K. S.; SILVA, S. M. Pó do basalto Apoteri nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 31, 2007, Gramado. **Anais...** Gramado, 2007.p.2.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário Mineral 2008**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2008/Agregados.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário Mineral 2007**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2007/Agregados_SM2007.doc>. Acesso em: 19 fev. 2010.

DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. Concentração foliar de espécies arbóreas nativas do Cerrado sob adubação com nitrogênio e fósforo. In: Simpósio Internacional Savanas Tropicais. 2, 2008, Brasília. **Anais...** Brasília, 2008. p. 3-6.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 171-222. 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Produção de mudas de açaí**. Macapá, 2001. p. 2. (Comunicado Técnico, 54).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema de produção do açaí: pragas e métodos de controle**. Pará, 2005.p.9. (Embrapa Amazônia Oriental. Sistemas de Produção 4).

ESCOSTEGUY, P. A. V.; KLAMT, E. Basalto moído como fonte de nutriente, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 11-20. 1998.

EVANS, H. Investigations on the fertilizer value of crushed basaltic rock. In: **Annual report**. Mauritius Sugar Cane Research Station, Mauritius, v. 18, p. 42-8. 1947.

FALCÃO, M. A.; FERREIRA, S. A. N.; CHÁVEZ-FLORES, W. B.; CLEMENT, C. R. aspectos fenológicos e ecológicos do “camu-camu” (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) na terra firme de Amazônia Central.. In: FALCÃO, M. A. **Aspectos Fenológicos e de produtividade de algumas fruteiras cultivadas na Amazônia**. Manaus: UFAM, 1986. p. 57-65.

FERNANDES, A. A.; SILVA, G. D.; MARTINEZ, H. E. P.; BRUCKNER, C. H. Sintomatologia das deficiências minerais e quantificação de macronutrientes em mudas de aceroleira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 274, p. 639-650, 2000.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, p.255-258, 2000.

FERREIRA, R. R.; BIANCO, S.; DURIGAN, J. F.; BELINGIERI, P. A. Caracterização física e química de frutos maduros de pequi. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA., 9., 1987. Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura. v. 2, 1988. p. 643-651.

FERREIRA, S. A. N.; GENTIL, D. F. O. Propagação assexuada do camu-camu (*Myrciaria dubia*) através de enxertias do tipo garfagem. **Acta Amazônica**, Manaus, v.27, n.3, p.163-168, 1997.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento.** Tese (Doutorado) em Ciências Agrárias – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, São Paulo: Jaboticabal, 2000. 113p.

FURLAN JÚNIOR, J.; MÜLLER, C. H.; CARVALHO, J. E. de; TEIXEIRA, L. B.; DUTRA, S. **Composto orgânico de lixo urbano na formação de açazeiro.** Belém: Embrapa, 2003. 3p. (Comunicado Técnico 87).

FURLANI, A. M. C. **Nutrição mineral.** In.: KERBAUY, G. B. Fisiologia Vegetal. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, p. 40-75, 2004.

GAVINHO, C. A. **Efeitos da adubação foliar na produção de frutos e na concentração de ácido ascórbico do camu-camu (*Myrciaria dúbia* (H.B.K.) McVaugh) em condições de terra-firme.** Dissertação de Mestrado. Manaus: INPA/UFAM, 2005. 54p.

GILLMAN, G.P. The effect of crushed basalt scoria on the cation exchange properties of highly weathered soil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, n.44, p.465-468.1980.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** 2. ed. Porto Alegre : UFRGS, p.653, 2001.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada.** Viçosa: UFV, 2004. 116 p.

GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996. Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: 1996. CD-ROM.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. **Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização.** In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, cap.11. 2000. p. 309-350.

GUIMARÃES, D. **Contribuição ao estudo dos Tufos da Mata da Corda.** Belo Horizonte: Instituto de Tecnologia Industrial, 1955. 31p.

HENSEL, J. **Pães de pedra.** Pesquisa e tradução: LANDGRAF, H.; RIVERA, J. R.; PINHEIRO, S. São Paulo, 2003. 79 p. Tradução de Brot aus Steinen, durch mineralische Bünung der Felder.

HILF, H. H. Basaltgrus-der nachhaltsdünger armer sandboden. **Forstarchiv**, n.13, p.13-116. 1937.

- HILF, H. H. Die düngung mit basalt-abfallen. **Forstarchiv**, n.14, p. 93-101. 1938.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA. **Programa de agoaexportación del camu camu**. Iquitos, 1997. 43p.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA (Manaus, AM). **Camu-camu: uma fonte de vitamina C natural!** v.1 Manaus, 2001. 4p.
- JOHNSON, J. D.; CLINE, P. M. **Seedling quality of southern pines**. In: DURYEA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. **Forest regeneration manual**. Kluwer Academic Press, Netherlands, p. 143-159, 1991.
- KAVALERIDZE, W. C. **Nossos solos: formação, vida dinâmica, tratamento e conservação**. 2. ed. Curitiba, 1978. 168p.
- KHATOUNAIN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. 2001. 348p.
- KNAPIK, J. G. **Utilização do pó de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth e *Prunus sellowii* Koehne**. Curitiba, 2005. 163 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- LA TORRACA, S. M.; HAAG, H. P.; DECHEN, A. R. Nutrição mineral de frutíferas tropicais I. Sintomas de carências nutricionais em pupunha. **O Solo**, v. 76, n. 1, p. 53-56. 1984.
- LAMBERS, H.; POORTER, H. **Inherent variations in growth rate between higher plants: a search for fisiological causes and ecological consequences**. Advances in Ecological Research, London, v.23, p.188-261, 1992.
- LEAKE, H. M. Soil rejuvenation in Mauritius. **Int. Sug. J.**, n. 50, p. 90-91. 1948
- LEÓN, J.. **Fundamentos Botânicos de los cultivos tropicales**. IICA, San José. 1968. 487p.
- LEONARDOS, O. H.; FYLE, W. S.; KROMBERG, B. Rochagem: método de aumento de fertilidade em solos lixiviados e arenosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29. **Anais...** Belo Horizonte, p. 137-145, 1976.
- LEONARDOS, O. H.; THEODORO, S. C. H., ASSAD, M. L.. Remineralization for sustainable agriculture: a tropical perspective from a brasilian viewpoint. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 56, p.3-9, 2000.
- LONGO, A. D. **Minhoca de fertilizadora do solo a fonte alimentar**, São Paulo: Ícone, 1987, 79p.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512p.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo, teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. 182p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: **POTAFOS**, 1989. 201p.

MARSCHNER, H. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils. **Plant and Soil, The Hague**, v.134, n.1, p.1-20, jul. 1991.

MAURITIUS. Sugar Cane Research Station, Sugar cane research in Mauritius, **Revista Agric.**, n. 33, p. 28-43. 1954.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C.; MIEKELEY, N. **Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais**. Série estudos e documentos – 72. Disponível em: http://www.cetem.gov.br/serie_sed.htm. Acesso em: 09 jul. 2007.

MENEZES, H. C. de. Saudável Camu-camu. **Pesquisa Revista Fapesp**. São Paulo. 2001. p. 64-65.

MOLINA, E. **Fertilización y nutrición de peñibaye para palmito**. Research report, Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidade de Costa Rica, San José. 1997. 26p.

MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M.; RODRIGUES, C. J.; GERES, W. L. A.; DUCATTI, F.; AGUIRRE JR, J. H. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.6, p.779-789. 2003.

MORSBACH, N.; RODRIGUES, A. S.; CHAIMSOHN, F. P.; TREITNY, M. R. **Pupunha para palmito: cultivo no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1998. 56p. (IAPAR. Circular, 103).

MOTTA, A. C. V.; FEIDEN, A. Avaliação do P em LE submetido a diferentes doses de basalto. **Agrárias**, Curitiba, v. 12, n. 12, p. 47-54. 1993.

MÜLLER, C. H.; FURLAN JÚNIOR, J.; CARVALHO, J. E. U. de; TEIXEIRA, L. B.; DUTRA, S. **Avaliação de influência de cama de frango na composição de substrato para formação de mudas de açazeiro**. Belém: Embrapa, 2004. 2p. (Comunicado Técnico 89).

NASCIMENTO, W. M. O. do. **Conservação de sementes da açai (*Euterpe oleracea* Mart.)**. 2006. p 16. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

NAVES, R.V. **Espécies frutíferas nativas dos Cerrados de Goiás: caracterização e influências do clima e dos solos**. 206p. 1999. Tese (Doutorado) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

NAVES, R. V.; ALMEIDA NETO, J. X. de A.; ROCHA, M. R. da; BORGES, J. D.; CARVALHO, G. C.; CHAVES, I. J. Determinação de características físicas em frutos e teor de nutrientes, em folhas e no solo, de três espécies frutíferas de ocorrência natural nos Cerrados de Goiás. **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária**, Goiânia, v.2, n.25, p.107-114. 1995.

NETO, A. E. F.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. V. **Fertilidade de Solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p. 55-57.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. 101p.

OLIVEIRA, M do S.; CARVALHO, J.E.U. de; NASCIMENTO, W.M.O. do; MÜLLER, C.H. **Cultivo de açaizeiro para produção de frutos**. Belém: Embrapa, 2002. 18p. (Circular Técnica 26).

OLIVEIRA, M. S. P.; FERNANDES, G. L. C. Repetibilidade de caracteres de cachos de açaizeiro nas condições de Belém - PA. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 613-616. 2001.

OLIVEIRA, R. B. de; LIMA, J. S. S.; SOUZA, C. A. M. de; SILVA, S A.; MARTINS FILHO, S. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 122-128. 2008.

PAIVA, A. V.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J. L. M.; FERRAZ, A. V. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas, adubadas com diferentes doses de lodo de esgoto seco e com fertilização mineral. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 499-511. 2009.

PAIVA, A. V. **Efeitos da aplicação de biossólido no crescimento e nutrição mineral de mudas de quatro espécies florestais nativas utilizadas na arborização urbana**. 2005. 148p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PARVIAINEN, J. O desenvolvimento radicular das mudas florestais no viveiro e no local de plantio. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., Curitiba, 1981. **Anais...**Curitiba: FUPEF, v. 2, 1981. p. 111-130.

PEREIRA, J. E. S. **Produção de mudas de espécies agroflorestais: banana, açaí, abacaxi, citros, cupuaçu e pupunha**. 2003, p. 17. Embrapa Acre. (Documentos 89).

PICÓN BAOS, C.; DELGADO DE LA FLOR, F.; PADILHA TRUEBA, C. **Descriptorios de camu-camu**. Lima: INIA, Programa Nacional de Cultivos Tropicales, 1987. 55p. (INIA Informe Técnico 8).

PRADO, R. de M.; NATALE, W. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 39, n.10, p.1007-1012. 2004.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, 1990. 549 p.

QUEIROZ, J. A. L.; MELÉM JUNIOR, N. J. Efeito do tamanho do recipiente sobre o desenvolvimento de mudas do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, p.460-462. 2001.

RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S. B. de.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa, 2002. 338p.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; MELO, A. L. P. **Guia prático para utilização do SAEG**. – Viçosa, MG, 288p. 2008.

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; COSTA, U. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savanna oxisols. **Soil Science**, v.133, p.378-382. 1982. In.: PRADO, R. de M.; NATALE, W. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.39, n.10, p.1007-101. 2004.

ROSSI, F.; SHIMODA, E. **Apostilha de Minhocultura**. Viçosa, UFLA, 1995. 10p.

SANAIOTTI, T. M. **The woody flora and soil of seven Brazilian Amazonian dry savanna areas**. Thesis (Ph.D.), University of Stirling, Department o Biological and Molecular Sciences. 1996. 145p.

SHELLER, E. **Fundamentos científicos da nutrição vegetal na agricultura ecológica**. 1998. 78 p.

SCHMITT, V. L. Die frage der düngung mit steinmehlen. **Landw, Forsh.**, n.1, p. 14-28. 1949.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W.; OLIVEIRA, E. R. V.; PIROLI, E. L. Influência do vermicomposto na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 121-130. 2001.

SHULTES, R. E. The Amazonia as souerce of new economic plants. **Econ. Bot.**, n. 33, p. 259-266. 1979.

SILVA, I. R.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; VALE, F. R. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p.205-212, fev. 1997.

SILVA, J. R. A. da; FALCÃO, N. P. S. Caracterização de sintomas de carências nutricionais em mudas de pupunheira cultivadas em solução nutritiva. **Acta amazônica**, v. 32, n. 4, p. 529-539. 2002.

SMIDERLE, O.; BARBOSA, C.; Z.; dos R.; SILVA, F. V. C. da; CHAGAS, E. A.; PIO, R.; SILVA JR, J. M. Emergência de plântulas de camu-camu em função de três estádios de desenvolvimento do fruto e período de armazenamento. Submetido à publicação na Revista **Acta Amazônica**, 2010.

SOUZA, L.A. de. Insetos pragas em acessos de açazeiro em viveiro. Belém: Embrapa, 2002. 4p. (Comunicado Técnico 75).

SUGUINO, E. Influência dos substratos no desenvolvimento de mudas de plantas frutíferas. **Tese de Doutorado**, Piracicaba, 2006.

THEODORO, S. de C. H. **A fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural**. 225 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2000.

THEODORO, S. H. & LEONARDOS, O. H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 4, p. 721-730. 2006.

TOBIAS, R. B.; CONWAY, W. S.; SAMS, C. E.; GROSS, K. C.; WHITAKER, B. D. Cell wall composition of calcium-treated apples inoculated with *Botrytis cinerea*. **Phytochemistry**, v. 32, p. 35-39. 1993. In.: PRADO, R. de M.; NATALE, W. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 39, n.10, p.1007-1012. 2004.

TUCCI, C. A. T.; SOUZA, P. A. de; VENTURIN, N.; BARROS, J. G. Calagem e adubação para produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Revista Cerne**, n. 13, p. 299. 2007.

VIÉGAS, I. J. M.; THOMAZ, M. A. A.; SILVA, J. F. da; CONCEIÇÃO, H. E. O. da; NAIFF, A. P. M. Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 2, p. 315-319. 2004.

VILELA, L.; ANGHINONI, I, Morfologia do sistema radicular e cinética de absorção de fósforo em cultivares de soja afetados pela interação alumínio-fósforo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 91-96. 1984.

VILLACHICA, L., H.; CARVALHO, J. E. V. de ; MULLER, C. H.; DIAZ, C. ALMANZA, M. Camu-camu. In _____. **Frutales y hortalizas promisorios de la Amazônia**. Lima: FAO, 1996. p. 90-100.

VILLELA, D. M. V.; HARIDASAN, M. Response of the ground layer community of a cerrado vegetation in central Brazil to liming and irrigation. **Plant and Soil**, n. 163, p. 25-31. 1994.

YUYAMA, K.; AGUIAR, J. P. L.; YUYAMA, L. K. O. Camu-camu: um fruto fantástico como fonte de vitamina C. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 32, n. 1, p. 169-174. 2002a.

YUYAMA, L. K. O.; ROSA, R. D.; AGUIAR, J. P. L.; NAGAHAMA, D.; ALENCAR, F. H.; YUYAMA, K.; CORDEIRO, W. O.; MARQUES, H. O. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e camu-camu (*Myrciaria dúbia* (H.B.K.) Mc Vaugh) possuem ação anti anêmica? **Acta Amazônia**, Manaus, v. 32, n. 4, p. 625-633. 2002b.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Classes de interpretação de fertilidade do solo para macronutrientes, micronutrientes e complexo de troca catiônica

Característica	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio*	Bom	Muito bom
Ca trocável (cmol _c dm ⁻³)	= 0,40	0,41-1,20	1,21-2,40	2,41-4,00	> 4,00
Mg trocável (cmol _c dm ⁻³)	= 0,15	0,16-0,45	0,46-0,90	0,91-1,50	> 1,50
Fe disponível (mg dm ⁻³)	= 8,00	9,00-18,0	19,0-30,0	31,0-45,0	> 45,0
Zn disponível (mg dm ⁻³)	= 0,40	0,50-0,90	1,00-1,50	1,60-2,20	> 2,20
Al ^{+3**} (cmol _c dm ⁻³)	= 0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,00	> 2,00
SB (cmol _c dm ⁻³)	= 0,60	0,61-1,80	1,81-3,60	3,61-6,00	> 6,00
(H ⁺ +Al ⁺³)** (cmol _c dm ⁻³)	= 1,00	1,01-2,50	2,51-5,00	5,01-9,00	> 9,00
t (cmol _c dm ⁻³)	= 0,80	0,81-2,30	2,31-4,60	4,61-8,00	> 8,00
T (cmol _c dm ⁻³)	= 1,60	1,61-4,30	4,31-8,60	8,61-15,0	>15,0
m%**	= 15,0	15,1-30,0	30,1-50,0	50,1-75,0	>75,0
V %	= 20,0	20,1-40,0	40,1-60,0	60,1-80,0	> 80,0

* O limite superior desta classe indica o nível crítico.

** A interpretação destas características, nestas classes, devem ser alta e muito alta em lugar de bom e muito bom.

APÊNDICE B

Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo disponível (P) de acordo com o teor de argila do solo e para o potássio disponível (K)

Característica	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
(mg dm ⁻³)					
-----Fósforo disponível (P)* -----					
Argila (%)					
60 – 100	= 2,7	2,8-5,4	5,5-8,0	8,1-12,0	> 12,0
35 – 60	= 4,0	4,1-8,0	8,1-12,0	12,1-18,0	> 18,0
15 - 35	= 6,6	6,7-12,0	12,1-20,0	20,1-30,0	> 30,0
0 – 15	= 10,0	10,1-20,0	20,1-30,0	30,1-45,0	> 45,0
-----Potássio disponível (K) -----					
	= 15	16-40	41-70	71-120	> 120

* Método Mehlich-1.

APÊNDICE C

Classes de interpretação para a acidez ativa do solo (pH*)

Classificação química						
Ac. Muito elevada	Acidez elevada	Acidez média	Acidez fraca	Neutra	Alcalinidade fraca	Alcalinidade elevada
< 4,5	4,5-5,0	5,1-6,0	6,1-6,9	7,0	7,1-7,8	> 7,8
Classificação agrônômica**						
Muito baixo	Baixo	Bom	Alto	Muito alto		
< 4,5	4,5-5,4	5,5-6,0	6,1-7,0	> 7,0		

* pH em H₂O, relação 1:2,5, TFSA: H₂O.

** A qualificação utilizada indica adequado (bom) ou inadequado (muito baixo e baixo ou alto e muito alto).

APÊNDICE D

Teores foliares de macro e micronutrientes considerados adequados para pupunheira (análises de folhas)

Característica	Classificação			
	Adequado ¹	Adequado ²	Completo ³	Deficiente ³
Macronutrientes	----- (g kg ⁻¹) -----			
Cálcio	2,0 - 5,0	2,5 - 4,0	14,3	3,3
Magnésio	2,0 - 3,0	2,0 - 4,5	4,6	2,0
Potássio	8- 15	9- 15	30,2	10,3
Fósforo	1,5 - 3,0	2,0 - 3,0	2,3	0,6
Nitrogênio	25 - 40	22 - 35	27,6	14,4
Micronutrientes	----- (mg kg ⁻¹) -----			
Ferro	100 - 200	40 - 200	-	-
Zinco	15 - 25	15 - 40	-	-

¹⁾ Molina (1997); ²⁾ Embrapa (1999); ³⁾ La Torraca et al. (1984).

APÊNDICE E

Classes de interpretação dos teores foliares para macronutrientes e micronutrientes (NOVAIS et al., 2007)

Característica	Classificação		
	Ideal	Deficiência	Toxidez
Macronutrientes	-----(g kg^{-1})-----		
Cálcio	10-50	< 4	-
Magnésio	3,0-5,0	< 3	-
Potássio	10-30	< 8	> 50
Fósforo	1,0-1,5	< 1	> 3
Nitrogênio	20-50	< 10	> 50
Micronutrientes	-----(mg kg^{-1})-----		
Ferro	50-100	< 10	> 80
Zinco	-	< 25	-

APÊNDICE F

Classes de interpretação dos teores foliares para macronutrientes e micronutrientes

Característica	Classificação		
	Adequado	Deficiência	Toxidez
Macronutrientes	-----(g kg^{-1})-----		
Cálcio	16,4	7,90	-
Magnésio	5,80	2,70	-
Potássio	41,6	7,70	-
Fósforo	1,40	0,60	-
Nitrogênio	27,2	21,5	-
Micronutrientes	-----(mg kg^{-1})-----		
Ferro	50-100	< 10	> 80
Zinco	-	< 25	-

Adaptado de: Fernandes et al. (2000) e Novais et al. (2007).

ANEXOS

ANEXO A

Equações de regressão e coeficiente de determinação (R²) dos nutrientes do substrato nas granulometrias 0,05 e 0,10 mm, avaliadas aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias

Nutriente	GRANULOMETRIA 0,05 mm				
	60 DIAS	120 DIAS	180 DIAS	240 DIAS	300 DIAS
Ca	Y=0,4666+ 0,0780X ^(**) R ² =0,9743	Y =0,6901+0,1066X ^(**) R ² =0,8940	Y =0,5911+0,0906X ^(**) R ² =0,9378	Y =0,5616+0,0611X ^(*) R ² =0,8265	Y =0,4500+0,0624X ^(**) R ² =0,8427
Mg	Y=0,6427+0,0464X ^(**) R ² = 0,8993	Y=0,7646+ 0,0451X ^(**) R ² =0,8830	Y =0,6427+0,0464X ^(**) R ² =0,8993	Y =0,4443+0,1365X-0,0114X ^{2(*)} R ² =0,9061	Y =0,3308+0,1277X-0,0101X ^{2(*)} R ² =0,9599
K	Y=108,4558+3,8195X ^(**) R ² =0,9383	Y=113,7830+5,6298X ^(**) R ² =0,9581	Y=67,9958+6,8602X-0,5090X ^{2(*)} R ² =0,9524	Y =65,0407+2,3539X ^(**) R ² =0,8921	Y=45,0446+2,9758X ^(**) R ² =0,9444
P	Y=10,5381+5,2885X-0,3590X ^{2(*)} R ² =0,9891	Y=27,6959+3,4527X-0,2540X ^{2(*)} R ² =0,8956	Y=26,0601+2,0286X-0,1386X ^{2(*)} R ² =0,9368	Y=16,6036+3,6996X-0,2519X ^{2(*)} R ² =0,9039	Y=14,0709+3,2292X-0,2016X ^{2(*)} R ² =0,9247
Fe	Y=30,2204+14,0821X ^(**) R ² =0,9850	Y=25,0680+11,8698X ^(**) R ² =0,9883	Y=27,9248+7,2102X ^(**) R ² =0,9432	Y=26,5315+7,2451X ^(**) R ² =0,9598	Y=23,4460+6,3918X ^(**) R ² =0,9435
Zn	Y=3,8934+0,6134X ^(**) R ² =0,9661	Y=9,6327 ^(**) +0,3182X ^(ns) R ² =0,5280	Y=6,0855 ^(**) +0,4231 X ^(*) R ² =0,8257	Y=4,9998+0,8258X-0,0709X ^{2(*)} R ² =0,9619	Y=4,1070 ^(**) +0,7418X ^(ns) - 0,0632X ^{2(ns)} R ² =0,6903
GRANULOMETRIA 0,10 mm					
Ca	Y=0,4951 ^(*) +0,108X ^(ns) - 0,0094X ^{2(ns)} R ² =0,7742	Y=0,7020+0,0741X ^(*) R ² = 0,9049	Y=0,5522+0,1624X-0,0132X ^{2(*)} R ² =0,9243	Y=0,4733+0,1353X-0,0109X ^{2(*)} R ² =0,9419	Y=0,3348+0,1406X-0,0110X ^{2(*)} R ² =0,9764
Mg	Y=0,6453+0,0796X-0,0067X ^{2(*)} R ² =0,8921	Y=0,7434+ 0,0818X-0,0062X ^{2(*)} R ² =0,9290	Y=0,6434+0,0818X-0,0062X ^{2(*)} R ² =0,9290	Y=0,5434+0,0818X-0,0062X ^{2(*)} R ² =0,9290	Y=0,3457+0,1232X-0,0108X ^{2(*)} R ² =0,9091
K	Y=97,5940+5,6382X ^(**) R ² =0,9256	Y=124,4061+3,5264X ^(**) R ² =0,9543	Y=87,3045+11,7422X- 0,7922X ^{2(*)} R ² =0,9504	Y=77,9141 ^(**) +5,9908X ^(*) - 0,4502X ^{2(ns)} R ² =0,9107	Y=43,3646+10,8952X-0,9197X ^{2(*)} R ² =0,9142
P	Y=11,9761+2,7853X-0,2147X ^(*) R ² =0,9540	Y=24,4090 ^(**) +5,0736X ^(ns) - 0,4399X ^(ns) R ² =0,8156	Y=19,6650+4,5544X-0,3664X ^{2(*)} R ² =0,9387	Y=17,0439 ^(**) +4,3541X ^(*) - 0,3790X ^{2(ns)} R ² =0,8731	Y=14,7755+2,8323X-0,2294X ^{2(*)} R ² =0,9335
Fe	Y=31,5206+8,3464X ^(**) R ² =0,9605	Y=31,5764+ 9,0549X ^(**) R ² =0,9894	Y=28,4425+7,4841X ^(**) R ² =0,9697	Y=27,6582+6,7052X ^(**) R ² =0,9675	Y=23,9122+6,3421X ^(**) R ² =0,9799
Zn	Y=4,7243+0,1218X ^(*) R ² =0,8208	Y=6,4009+1,0957X-0,0821X ^{2(*)} R ² =0,9465	Y=5,9190+0,2235X ^(**) R ² =0,8682	Y=5,3555+0,2037X ^(**) R ² =0,9248	Y=4,9032+0,1235X ^(**) R ² =0,8640

Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; K – Potássio; P – Fósforo; Fe – Ferro; Zn – Zinco; ^{ns} _ não significativo, * _ significativo a 5% ** _ significativo a 1% de probabilidade.

ANEXO B

Equações de regressão e coeficiente de determinação (R²) das características químicas e físico-químicas do substrato na granulometria 0,05 mm, avaliadas aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias

Característica	GRANULOMETRIA 0,05 mm				
	60 DIAS	120 DIAS	180 DIAS	240 DIAS	300 DIAS
SB	Y=1,3705+0,1544X ^(**) R ² =0,9874	Y=1,9528+0,1461X ^(**) R ² =0,9543	Y=1,4296+0,1367X ^(**) R ² =0,9376	Y=1,1442+0,2238X-0,0161X ² (*) R ² =0,9376	Y=0,9283+0,2151X-0,0162X ² (*) R ² =0,9715
V%	Y=34,9328+2,6436X ^(**) R ² =0,9346	Y=42,4271+1,7729X ^(**) R ² =0,9212	Y=36,4664+1,5088X ^(**) R ² =0,9272	Y=33,8375+1,3700X ^(**) R ² =0,8481	Y=28,3387+3,8635X-0,2869X ² (*) R ² =0,9856
CTC (T)	Y=3,9895+0,0974X ^(**) R ² =0,9404	Y=4,1710+0,4655X-0,0333X ² (*) R ² =0,9687	Y=3,7587+0,3845X-0,0259X ² (*) R ² =0,9852	Y=3,4728+0,2640X-0,0173X ² (*) R ² =0,9864	Y=2,8120+0,4406X-0,0335X ² (*) R ² =0,9551
CTC (t)	Y=1,5621+0,1264X ^(**) R ² =0,9843	Y=2,1740+0,1232X ^(**) R ² =0,9148	Y=1,8422+0,1020X ^(*) R ² =0,8364	Y=1,4868+0,0847X ^(**) R ² =0,8828	Y=1,3656+0,1350X-0,0089X ² (*) R ² =0,9692
pH	Y=4,9206+0,1771X-0,0137X ² (**) R ² =0,9940	Y=5,1219+0,1171X-0,0071X ² (*) R ² =0,9833	Y=5,0043+0,1041X-0,0075X ² (**) R ² =0,9975	Y=4,9355+0,0953X-0,0070X ² (*) R ² =0,9687	Y=4,9070+0,0464X-0,0035X ² (*) R ² =0,9834
Al⁺³	Y=0,2512-0,0847X+0,0065X ² (*) R ² =0,9741	Y=0,1503 ^(**) - 0,0388X ^(*) +0,0024X ² (ns) R ² =0,9360	Y=0,2321-0,0522X+0,0044X ² (*) R ² =0,9272	Y=0,3207-0,0803X+0,0065X ² (*) R ² =0,9327	Y=0,3733- 0,0697X+0,0059X ² (*) R ² =0,9301
Al⁺³+H⁺	Y=2,6541-0,1640X+0,0116X ² (**) R ² =0,9903	Y=2,4726 ^(**) - 0,1697X ^(*) +0,0109X ² (ns) R ² =0,9686	Y=2,6983-0,1765X+0,0108X ² (*) R ² =0,9919	Y=2,7434 ^(**) - 0,1618 ^(*) X+0,0133X ² (ns) R ² =0,9108	Y=2,9483 ^(**) - 0,1899X ^(ns) +0,0138X ² (ns) R ² =0,8964
m%	Y=14,5049- 4,8945X+0,3765X ² (*) R ² =0,9816	Y=6,3079-1,9472X+0,1411X ² (*) R ² =0,9623	Y=12,9749- 3,3239X+0,2876X ² (*) R ² =0,8870	Y=16,4980-4,3666X+0,3698X ² (*) R ² =0,9318	Y=25,6777-6,3623X+0,5271X ² (*) R ² =0,9487

SB – Soma de Bases; V% – Saturação por bases; CTC (T) – Capacidade de troca de cátions total; CTC (t) – Capacidade de troca de cátions efetiva; pH – Potencial hidrogeniônico; Al⁺³ – Alumínio trocável (acidez trocável); Al⁺³+H⁺ - Acidez potencial; m% – Saturação por Alumínio; ns_ não significativo, *_ significativo a 5% **_ significativo a 1% de probabilidade.

ANEXO C

Equações de regressão e coeficiente de determinação (R²) das características químicas e físico-químicas do substrato na granulometria 0,10 mm, avaliadas aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias

Característica	GRANULOMETRIA 0,10 mm				
	60 DIAS	120 DIAS	180 DIAS	240 DIAS	300 DIAS
SB	Y=1,6061+0,0859X-0,0066X ² (^{**}) R ² =0,9945	Y= 1,9717+0,1003X(^{**}) R ² =0,9412	Y= 1,7283+0,1905X-0,0147X ² ([†]) R ² =0,9339	Y= 1,6923+0,1779X-0,0137X ² ([†]) R ² =0,9624	Y= 1,5869+0,1552X-0,0127X ² ([†]) R ² =0,9454
V%	Y= 40,2123+ 1,3545X(^{**}) R ² = 0,9375	Y=41,3843+3,9590X-0,2838X ² (^{**}) R ² =0,9935	Y=39,9346+3,9108X-0,2841X ² (^{**}) R ² =0,9873	Y=39,2025+3,5861X-0,2483X ² ([†]) R ² =0,9843	Y=38,3808+3,7733X-0,2697X ² ([†]) R ² =0,9877
CTC (T)	Y= 4,3643(^{**})+0,1010X(^{ns})- 0,0084X ² (^{ns}) R ² =0,7796	Y=4,4481(^{**})+0,0694X(^{ns})- 0,0049X ² (^{ns}) R ² =0,8763	Y=4,3114+0,1100X-0,0087X ² ([†]) R ² =0,9588	Y=4,3506+0,0865X-0,0067X ² ([†]) R ² =0,9300	Y=4,2870(^{**})+0,0710X(^{ns})- 0,0059X ² (^{ns}) R ² =0,8371
CTC (t)	Y=1,7849(^{**})+0,1220X(^{ns})- 0,0107X ² (^{ns}) R ² =0,8403	Y=2,0108+0,2054X-0,0142X ² (^{**}) R ² =0,9966	Y=1,9496(^{**})+0,1352X([†])- 0,0105X ² (^{ns}) R ² =0,9188	Y=1,9296(^{**})+0,1333X([†])- 0,0104X ² (^{ns}) R ² =0,9279	Y=1,8398(^{**})+0,1184X([†])- 0,0100X ² (^{ns}) R ² =0,8766
pH	Y=4,9954+0,0391X(^{**}) R ² =0,9478	Y= 5,1355+0,0953X-0,0070X ² ([†]) R ² =0,9687	Y= 5,0948(^{**})+0,0874X(^{ns})- 0,0069X ² (^{ns}) R ² = 0,7522	Y=5,0450(^{**})+0,0591X(^{ns})- 0,0042X ² (^{ns}) R ² =0,8887	Y=4,8885+0,0777X-0,0051X ² ([†]) R ² =0,9732
Al⁺³	Y=0,3635(^{**})- 0,0626X([†])+0,0052X ² (^{ns}) R ² =0,8740	Y= 0,1093-0,0153X([†]) R ² =0,8374	Y= 0,2213(^{**})- 0,0553X([†])+0,0042X ² (^{ns}) R ² = 0,9145	Y=0,2373-0,0446X+0,0034X ² ([†]) R ² =0,9774	Y=0,2529-0,0368X+0,0026X ² ([†]) R ² =0,9728
Al⁺³+H⁺	Y=3,0217(^{**})- 0,1551X([†])+0,0106X ² (^{ns}) R ² =0,9478	Y= 2,5578 -0,0896X(^{**}) R ² =0,9788	Y= 2,5947-0,0821X+0,0053X ² ([†]) R ² =0,9723	Y= 2,6607(^{**})- 0,0933X([†])+0,0072X ² (^{ns}) R ² =0,9629	Y=2,6996-0,0725X+0,0048X ² ([†]) R ² =0,9899
m%	Y= 18,1750-4,0560X+0,3336X ² ([†]) R ² =0,9284	Y= 7,6178(^{**})- 2,3819X([†])+0,1776X ² (^{ns}) R ² = 0,9223	Y=8,4744(^{**})- 1,5467X(^{ns})+0,1382X ² (^{ns}) R ² =0,7133	Y=13,1336-2,8443X+0,2276X ² (^{**}) R ² =0,9841	Y=15,2405-3,6363X+0,2976X ² (^{**}) R ² =0,9781

SB – Soma de Bases; V% – Saturação por bases; CTC (T) – Capacidade de troca de cátions total; CTC (t) – Capacidade de troca de cátions efetiva; pH – Potencial hidrogeniônico; Al⁺³ – Alumínio trocável (acidez trocável); Al⁺³+H⁺ - Acidez potencial; m%– Saturação por Alumínio; ns_ não significativo, *_ significativo a 5% **_ significativo a 1% de probabilidade.