



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DO FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DO
FÓSFORO E DA SATURAÇÃO POR BASES, EM LATOSSOLO AMARELO**

MILENA RODRIGUES FONSECA

Belém-PA
2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DO FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DO FÓSFORO E DA SATURAÇÃO POR BASES, EM LATOSSOLO AMARELO

MILENA RODRIGUES FONSECA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de **Mestre**.

Orientador: **Dr. Antonio Rodrigues Fernandes**

Belém-PA
2008



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DO FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DO
FÓSFORO E DA SATURAÇÃO POR BASES, EM LATOSSOLO AMARELO**

MILENA RODRIGUES FONSECA

Dissertação, apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração solos e nutrição de plantas, para obtenção do título de **Mestre**.

Aprovada em 31 de março de 2008.

BANCA EXAMINADORA

Engenheiro Agrônomo Prof. Dr. Antonio Rodrigues Fernandes
Orientador
(Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA)

Engenheiro Agrônomo Pesq. Dr. Edílson Carvalho Brasil
Embrapa Amazônia Oriental

Engenheira Agrônoma, Prof. Dra. Ana Regina Araújo Martins
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Engenheiro Agrônomo, Prof. Dr. George Rodrigues da Silva
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

DEDICO

Aos **meus pais**, Eduardo e Maria Ninfa, por todo o esforço incondicional, dedicação, carinho e paciência durante o período dessa pesquisa, e compreensão, para a conquista de mais um objetivo.

A **minha irmã** Ednilce Fonseca, pela amizade e carinho fornecido durante todo o caminho percorrido em nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre me guiou durante toda a vida, me iluminando em todo o caminho até essa vitória.

A toda minha família, em especial aos meus padrinhos Fábio e Zenilda Bezerra, que mesmo de longe sempre me apoiaram com conselhos, carinho e compreensão, que foram de grande importância durante essa jornada.

À Universidade Federal Rural da Amazônia e ao seu corpo docente, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos concedida.

Ao Prof. Dr. Antonio Rodrigues Fernandes pela orientação, apoio e sugestões durante o curso, que foram de fundamental importância no decorrer deste trabalho.

Ao Dr. Edilson Brasil, chefe do Laboratório de Análise de Tecido Vegetal da EMBRAPA-CPATU, pela colaboração no decorrer das análises e pelos conselhos durante a realização deste trabalho.

Aos amigos e funcionários da Embrapa Amazônia Oriental João Sérgio, José Renato e Raimundo Mendes pela colaboração e apoio durante a realização das análises.

Aos funcionários da Universidade Federal Rural da Amazônia, em especial ao Demóstenes de Silva “Doquinha” pela ajuda e conselhos durante a realização do experimento.

A Eng^a. Agrônoma Elaine Maria Silva Guedes por todo apoio, auxílio e compreensão durante a realização deste trabalho.

As amigas e Eng^a. Agrônomas Ana Priscilla Naiff e Danielle Fontenelle, por toda a amizade, companheirismo e apoio em todos os momentos desta jornada.

Aos colegas do curso de Mestrado: Elineuza Trindade, Natasha Soares, Vincenzo Irino, Paulo Sobral, Rosigreide Silva, Brenda Guimarães, Danielle Pegado, Roberta Pinheiro e Paulo pela amizade e companhia durante os dois anos de curso.

A Fernando Reis de Sousa Jr., pelo amor, confiança e paciência fundamentais nas horas difíceis.

Aos amigos Pablo Víncius, Nazaré Fontenelle, Iulla Naiff, Deyna Cavalcante, Fabiane Marinho, Alline Ferreira e Elciane Almeida pelos momentos de alegria, amizade e compreensão.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a construção desta dissertação e que aqui não estão citados, mas que nunca serão esquecidos.

MUITO OBRIGADA A TODOS.

"Todas querem o perfume das flores, mas poucas sujam as suas mãos para cultivá-las".

(Augusto Cury)

SUMÁRIO

LISTA DETABELAS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
CAPÍTULO 1: NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DO FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DO FÓSFORO E SATURAÇÃO POR BASES.	11
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
1.1 INTRODUÇÃO.....	13
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
1.2.1 Característica da planta	14
1.2.2 Importância econômica do feijão caupi	15
1.2.3 Calagem na cultura do feijão caupi	16
1.2.5 Fósforo no solo e na planta	19
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	22
CAPÍTULO 2: TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES NA PARTE AÉREA E NOS GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DO FÓSFORO E DA SATURAÇÃO POR BASES.	28
RESUMO	28
ABSTRACT.....	29
2.1 INTRODUÇÃO.....	30
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
2.3.1 Teor e acúmulo de macronutrientes na parte aérea e nos grãos	33
2.3.1.1 Nitrogênio	33
2.3.1.2 Fósforo	35
2.3.1.3 Potássio	37
2.3.1.4 Cálcio	38
2.3.1.5 Magnésio	39
2.3.2 Teor e acúmulo de micronutrientes na parte aérea e nos grãos	41
2.3.2.1 Cobre	41

2.3.2.2 Manganês	42
2.3.2.3 Ferro	44
2.3.2.5 Boro	46
2.4 CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
CAPÍTULO 3: CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE FEIJÃO CAUPI, EM FUNÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO E DA SATURAÇÃO POR BASES.	51
RESUMO	51
ABSTRACT.....	52
3.1 INTRODUÇÃO.....	53
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.3.1 Nível crítico de P no solo	57
3.3.2 Produção de matéria seca da parte aérea	58
3.3.3 Peso seco de vagem e de grão	60
3.4 CONCLUSÕES.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS.....	65

LISTA DE TABELA

Tabela 1	Características químicas do solo antes da implantação do experimento profundidade de 0-20 cm.	31
Tabela 2	Características químicas do solo antes da implantação do experimento profundidade de 0-20 cm.	54
Tabela 3	Características químicas de um Latossolo Amarelo, textura média, após a adubação fosfatada, correção e cultivo do feijão caupi, em Belém do Pará.	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Teor e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases.	34
Figura 2	Teor e acúmulo de fósforo na parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases.	36
Figura 3	Teor e acúmulo de potássio na parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases.	38
Figura 4	Teor e acúmulo de cálcio na parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases .	39
Figura 5	Teor e acúmulo de magnésio na parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases.	40
Figura 6	Teor e acúmulo de cobre na parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases.	42
Figura 7	Teor e acúmulo de manganês na parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases.	43
Figura 8	Teor e acúmulo de ferro na parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases.	44
Figura 9	Teor e acúmulo de zinco na parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases.	45
Figura 10	Teor e acúmulo de boro na parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases.	47
Figura 11	Teor de P disponível (Mehlich-1) no solo, em função das doses de P_2O_5 e nível crítico.	58
Figura 12	Produção de massa seca da parte aérea do feijão caupi, cultivar BR3 Tracuateua, em função das doses de fósforo.	59
Figura 13	Produção de massa seca de vagem do feijão caupi, cultivar BR3 Tracuateua, em função das doses de fósforo.	60
Figura 14	Produção de massa seca de grãos do feijão caupi, cultivar BR3 Tracuateua, em função das doses de fósforo.	61

CAPÍTULO 1: NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DO FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DO FÓSFORO E DA SATURAÇÃO POR BASES, EM LATOSSOLO AMARELO

RESUMO

O feijão caupi ganhou grande importância econômica e social no Estado do Pará. Os solos do Estado são na maioria ácidos e apresentam baixa concentração de fósforo disponível, com efeitos prejudiciais ao desenvolvimento desta cultura. Por apresentar elevada capacidade de se desenvolver em solos de baixa fertilidade e por sua rusticidade vem sendo utilizado, também, como adubo verde na recuperação de solos com baixa capacidade produtiva. O seu cultivo tem sido realizado, principalmente, em Latossolos e Argissolos, sugerindo que a sua exploração pode ocorrer em grande parte da região Amazônica e do Brasil, que apresentam elevada concentração desses solos. O objetivo foi avaliar o efeito da aplicação de doses de fósforo e da saturação por bases, sobre o crescimento, produção e nutrição mineral do feijão caupi, cultivar BR3-Tracuateua, em Latossolo Amarelo de Belém-PA. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito repetições em um esquema fatorial 4x2, correspondendo à combinação de quatro doses de fósforo (0, 25, 50 e 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹) e duas saturações por bases (50 e 60%). Os teores e acúmulos de macronutrientes do feijão caupi foram influenciados pelas doses de P e pela saturação por bases. Os maiores teores e acúmulos, de uma maneira geral, ocorreram na saturação por base de 60%. A planta de feijão caupi acumulou macronutrientes na seguinte ordem: N>K>Ca>Mg>P, enquanto que os micronutrientes seguiram a ordem de, Fe>B>Mn>Zn>Cu. A produção de massa seca da parte aérea foi influenciada significativamente pela interação entre a saturação por bases e doses de fósforo, cuja produção máxima foi alcançada na saturação de 50%, correspondente à dose de 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O peso de massa seca de vagens e de grãos, também, foram influenciados significativamente pela interação do fósforo e da saturação por bases, sendo que a maior produção ocorreu na saturação por bases de 60%, com a dose de 25 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A produção máxima de grãos e aquela correspondente a 90% da produção máxima foram atingidas com as doses de 11,3 e 10,16 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.

Palavra-chave: *Vigna unguiculata*, adubação fosfatada, calcário, nutrição mineral.

CHAPTER 1: MINERAL NUTRITION AND PRODUCTION OF COWPEA BEANS IN FUNCTION OF PHOSPHORUS AND BASE SATURATION, IN YELLOW LATOSOIL

ABSTRACT

The cowpea gained great economic and social importance in the State of Pará, whose soil are acid and present low concentration of available phosphorus, with harmful effects on development of this culture. By submitting high capacity to develop into soils of low fertility and by its rusticity has been used, too, as green fertilizer in the recovery of soils with low productive capacity. Its cultivation has been conducted primarily in Latosoil and Argisoils, suggesting that their exploitation can occur in much of the Amazon region and Brazil, which have high concentration of soil. The objective was to evaluate the effect of the application of doses of phosphorus and of the base saturation, on the growth, production and mineral nutrition of the cowpea, to cultivate BR3-Tracuateua, in Yellow Latosoil of Belém-Pará. The experimental delineation was block-type casually, with eight repetitions in a factorial project 4x2, corresponding to the combination of four doses of phosphorus (0, 25, 50 e100 kg ha⁻¹ of P₂O₅) and two bases saturations (50 and 60%). The levels of nutrients and accumulation of cowpea beans were influenced by doses of P and the base saturation. The highest levels and accumulations, in general, were based on the saturation of 60%, between the micro levels and the largest accumulations occurred for Cu, Fe and Zn. The plant cowpea beans accumulated nutrients in the following order: N> K> Ca> Mg> P, while micro followed the order, Fe> B> Mn> Zn> Cu. The production of dry mass of the shoot had a significant effect for interaction between the base saturation and doses of phosphorus, the maximum production was reached in saturation of 50%, corresponding to the dose of 45 kg ha⁻¹. The weight of dry mass of pods and grains, too, were affected significantly by the interaction of phosphorus and base saturation, and the highest production occurred in the base saturation of 60% with a dose of 25 kg ha⁻¹ of P₂O₅. The maximum production of grains and that corresponding to 90% of maximum production were hit with the doses of 11.3 and 10.16 kg ha⁻¹ P₂O₅.

Key words: *Vigna unguiculata*, phosphate fertilization, limestone, mineral nutrition.

1.1 INTRODUÇÃO

O feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], originário da África, foi introduzido no Brasil no século XVI pelos colonizadores espanhóis e portugueses no estado da Bahia, de onde se expandiu para todo o país. Atualmente, seu cultivo se concentra nas regiões Nordeste e Norte onde constitui em um dos mais importantes componentes da dieta alimentar, especialmente da população rural.

A cultura foi introduzida no Estado do Pará há mais de 50 anos por imigrantes nordestinos (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005), onde é conhecido como feijão-da-colônia, feijão-da-estrada, feijão-de-corda, quebra-cadeira e cheque-ouro. É uma leguminosa de alto conteúdo protéico e suas sementes são fontes de aminoácidos, tiamina, niacina, além de fibras dietéticas; portanto, é uma boa opção para a melhoria da qualidade de vida (SOUZA, 2005) especialmente da população carente no meio rural e urbano.

No estado do Pará, a cultura encontra-se em franca expansão, movimentando mais de 70 milhões de dólares por ano, em 124 municípios do Pará, com a maior área plantada concentrando-se nos 16 municípios que integram a Microregião Bragantina e que formam o chamado "Pólo do Feijão caupi", onde a produtividade média é de 1000 kg ha⁻¹ de grãos (EMATER-PA, 2005). Embora possua uma produtividade maior que a média nacional, há um grande potencial de crescimento, uma vez que o manejo do solo ainda é inadequado e a adubação normalmente é feita com uma quantidade fixa de uma mesma formulação, sem uso de resultados da análise do solo (CRAVO; SMYTH, 2005).

O feijão caupi apresenta capacidade de se desenvolver em solos de baixa fertilidade e por sua rusticidade vem sendo utilizado como adubo verde na recuperação desses solos. Pode ser cultivado em quase todos os tipos de solos, merecendo destaque para os Latossolo e Argissolo (MELO et al., 1997). Desta forma pode ser cultivado em grande parte da região Amazônica e do Brasil, que apresentam grande concentração de Latossolos e Argissolos. Em geral são solos que apresentam boas propriedades físicas, mas com baixa fertilidade natural (SANCHES, 1981), com elevada acidez e baixa concentração de fósforo disponível. Em condições de elevada acidez do solo, a disponibilidade de fósforo para as plantas diminui, devido ao processo de fixação, por meio de reações de adsorção e precipitação com alumínio e ferro (CARVALHO et al., 1988), ocasionando decréscimo na produção.

A adubação fosfatada é de grande importância nos sistemas de produção agrícola, visto que os solos agricultáveis brasileiros apresentam limitações em fósforo para a maioria das

culturas. O fósforo é um elemento muito importante para a nutrição das leguminosas além de contribuir para a nodulação e fixação do nitrogênio atmosférico (ANDREW; JONES, 1978).

A calagem é uma das práticas mais comuns e efetivas para aumentar a produção agrícola em solos ácidos. O uso adequado do calcário é fundamental para aumentar a produção e reduzir os custos (FAGERIA, 2001). A prática corrige acidez do solo, elevando o pH e a saturação por bases e fornece os nutrientes Ca e Mg (MIRANDA; MIRANDA, 2000), além disso, promove a elevação da capacidade de troca catiônica e aumenta a disponibilidade de fósforo e molibdênio às plantas (CARDOSO, 1978), que têm importância na fixação biológica do nitrogênio. Desta forma a calagem assume papel destacado para o cultivo das leguminosas que, normalmente, são exigentes em fósforo e são beneficiadas quando cultivadas em áreas com pH na faixa de 5,5 a 6,5 (GUEDES; JUNQUEIRA NETO, 1978).

Os efeitos da interação calagem e fósforo têm sido bastante discutidos no campo da ciência do solo em diversas culturas, entretanto, são escassos os estudos com a cultura do feijão caupi e principalmente nos solos da região Amazônica. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da adubação fosfatada e da saturação por bases do solo sobre o crescimento, produção e nutrição mineral do feijão caupi, cultivar BR3-Tracuateua, em Latossolo Amarelo.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Características da planta

O feijão caupi é uma planta *Dicotyledonea*, que pertence à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, secção *Catiang* e espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (PADULOSI; NG, 1997).

As vagens medem, em geral, de 12 a 20 cm de comprimento e contem de 6 a 21 grãos, conforme a cultivar e condições ambientais (SUMMERFIELD, 1980).

Ao contrário do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e de outras leguminosas, o feijão caupi adapta-se relativamente bem a uma ampla faixa de clima e solo. Por apresentar elevada capacidade de fixação biológica do nitrogênio atmosférico, o feijão caupi adapta-se bem a solos de baixa fertilidade nas mais diversas condições de cultivos culturais (EHLERS; HALL, 1997).

O feijão caupi vem sendo cultivado no Brasil, tanto no clima seco da região Nordeste, como no clima úmido da região Norte, abrangendo as latitudes de 5° N a 18°S. A temperatura em que o feijão caupi se desenvolve está numa faixa entre 20°C e 35°C, a faixa ideal de temperatura para germinação da semente é de 23°C a 32,5 °C (CRAUFURD et al., 1996).

Altas temperaturas durante o período de florescimento reduzem o pegamento floral e prejudicam a floração. Já baixas temperaturas aumentam o ciclo da planta, pelo prolongamento de todas as fases do desenvolvimento. Temperaturas abaixo de 20°C paralisam o desenvolvimento das plantas (ARAÚJO et al., 1988).

A cultura é considerada relativamente adaptada a déficits hídricos. Trata-se de uma espécie que responde a diferentes níveis de estresse, ao longo dos diversos estádios do seu desenvolvimento (SUMMERFIELD; PATE; ROBERTS, 1985). O aprofundamento do sistema radicular em busca de água, também, é uma das maneiras do feijão caupi evitar a desidratação dos seus tecidos, quando submetidos a estresse hídrico do solo (TURK; HALL, 1980).

1.2.2 Importância econômica do feijão-caupi

O feijão caupi é uma leguminosa de alto conteúdo protéico, sendo cultivado para a produção de grãos para alimentação humana nas regiões de clima quente, como Norte e Nordeste. Difundido nas demais regiões do país, como hortaliça, para produção de grãos verdes e vagens, tem sido utilizado também na produção de ramos e folhas para alimentação de animais, consumido naturalmente ou como feno (CALEGARI, 1995). O feijão caupi é utilizado também como adubo verde, protegendo o solo dos agentes climáticos, mantendo ou aumentando o teor de matéria orgânica do solo, mobilizando e reciclando nutrientes e favorecendo a atividade biológica do solo (PERIN, 2001; DUDA et al., 2003). Apresenta ciclo curto, baixa exigência hídrica e rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade (ANDRADE JUNIOR, 2000).

O Brasil é o maior produtor de feijão, como também o maior consumidor, e ainda importa quantidades complementares a sua demanda, fato que o torna um importador líquido desse produto (IBGE, 2005). O Pará é o maior produtor de feijão caupi da região Norte (54 mil toneladas em 2004) concentrando a produção no pólo produtivo da microrregião Bragantina (município de Augusto Corrêa, Bragança, Capanema e Tracuateua), que responde por 70% da produção estadual de caupi. As estatísticas estaduais

comprovam a importância socioeconômica e a expansão do agronegócio do caupi no Pará, uma atividade capaz de movimentar cerca de US\$ 70 milhões por ano, dos quais US\$ 30 mil somente no pólo produtivo (GOVERNO DO PARÁ, 2007).

O feijão caupi representa 10% do total do agronegócio de grãos no Estado do Pará. Do total da produção estadual de feijões, 70% é caupi. Na microrregião Bragantina, embora 80% dos produtores de feijão caupi sejam agricultores familiares, a mecanização total (do plantio à colheita) já é realidade em 20% da área plantada. Nos dez últimos anos, a produtividade triplicou, aumentando de 400 kg ha⁻¹ para a média atual de 1000 kg ha⁻¹ no pólo bragantino. Há 12 anos, eram 26 mil hectares de área plantada, em 2005, atingiu 65 mil hectares. Como o feijão caupi garante um emprego por hectare plantado, cogita-se que essa cultura agrícola estaria gerando perto de 70 mil empregos diretos em todo o Estado (EMATER, 2005).

Até pouco tempo, o feijão caupi era uma cultura explorada em padrões tradicionais e com mercado restrito, porém nos últimos anos vem adquirindo maior expressão econômica. Seu cultivo é feito por pequenos, médios e grandes produtores, que utilizam altas tecnologias, e seu mercado vem expandindo além das fronteiras das regiões Norte e Nordeste (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005).

1.2.3 Calagem na cultura do feijão caupi

O feijão caupi é uma cultura tolerante a acidez do solo. Os solos que se destacam na produção do feijão caupi são os Latossolos, Argissolos e Neossolos (MELO; CARDOSO, 1998), que normalmente são ácidos e de baixa fertilidade natural. De modo geral, desenvolve-se melhor em solos ricos em matéria orgânica, textura média, bem drenados e profundos, com média a alta fertilidade. Entretanto, principalmente, em Latossolos e Neossolos de baixa fertilidade, podem ser cultivados mediante as devidas correções de acidez e/ou fertilidade (OLIVEIRA; CARVALHO, 1987).

Na Amazônia os solos podem ser naturalmente ácidos, pela própria constituição do material de origem, com baixos teores de cátions básicos, ou podem tornar-se ácidos, nas regiões em que a precipitação pluvial é maior que a evapotranspiração, o que pode ocasionar a lixiviação de bases no perfil do solo. Com isso, as cargas negativas são ocupadas por íons Al³⁺ e H⁺, para a manutenção da eletroneutralidade (RAIJ, 1991). De acordo com Fageria; Stone e Santos (1999), em condições de clima tropical, em que a precipitação é maior que a evaporação, a acidificação é um processo contínuo, que pode ser

acelerado pela atividade das plantas, animais e seres humanos ou diminuído pelo manejo adequado.

Teoricamente, a acidez do solo é medida como os teores de Al^{3+} e H^+ do solo, mas na prática, ela é um complexo de vários fatores, em especial da deficiência e da toxicidade dos nutrientes e/ou da baixa atividade dos microorganismos benéficos. Os solos ácidos têm, em geral, baixa capacidade de troca de cátions, baixa saturação por bases e baixa capacidade de retenção de água (FAGERIA; STONE; SANTOS, 1999).

Para se obter uma boa produtividade em solos ácidos é necessária a prática da calagem, que eleva o pH e a saturação por bases do solo e fornece os nutrientes Ca e Mg. A elevação do pH tem influência direta na redução da toxidez de Al e pode alterar a disponibilidade dos nutrientes (MIRANDA; MIRANDA, 2000). Desta forma, o uso adequado do calcário é fundamental para aumentar a produção.

A calagem possui efeito diferente para variadas culturas. Barbosa Filho e Silva (2000) relataram que a aplicação de 3 t ha^{-1} de calcário aumentou significativamente a produção de feijão em solos de cerrado, enquanto Sousa et al. (1989) constataram aumento da produção de soja, com aplicação de calcário. Fageria (2001) estudando o efeito da calagem para o feijão comum e soja, verificou um aumento significativo da produção, sendo o nível econômico máximo obtido com 5 e 9 t ha^{-1} de calcário, respectivamente.

Mascarenhas et al. (1996) observaram o aumento de produtividade de grãos de soja, com a utilização de doses de calcário dolomítico (0; 4; 8 e 12 t ha^{-1}) em três anos agrícolas, com a maior produção no primeiro ano. A produtividade foi de 1836 kg ha^{-1} na ausência de corretivo, atingindo 2578 kg ha^{-1} com a dose máxima estimada de calcário (4 t ha^{-1}). Quaggio, Mascarenhas e Bataglia (1982) também avaliando a resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico, obtiveram aumento significativo de produção, a qual passou de 1.681 kg ha^{-1} (testemunha) para 2.519 kg ha^{-1} , com 12 t ha^{-1} de calcário aplicado.

Em ensaio conduzido em Latossolo Amarelo, De Paula et al. (1999) avaliaram o efeito da calagem na produção de matéria seca do feijão caupi BR2- Bragança e verificaram que os crescentes níveis de saturação por bases (0; 20; 40; 60 e 80%) proporcionaram aumentos quadráticos na matéria seca da parte aérea, correspondendo a 12,60; 17,36; 20,23; 21,2 e $20,27 \text{ g/planta}$, respectivamente. Fonseca e Fernandes (2004) em experimento conduzido em casa de vegetação, em três tipos de Gleissolos, verificaram o aumento da produção de matéria seca da parte aérea do feijão caupi, cultivar Sete Vagens, em função das doses de calcário, em dois dos três solos estudados.

Quando a calagem é usada de maneira incorreta, entretanto, pode-se evidenciar alguns efeitos negativos no solo, sendo os mais comuns a deficiência de micronutrientes. Tanaka; Mascarenhas e Bulisani (1992) avaliaram doses elevadas de calcário calcítico e dolomítico, durante seis anos e observaram que a supercalagem provocou deficiência de manganês nas folhas de soja, nas quais o teor de manganês foi de 13 mg dm^{-3} , abaixo, portanto, do nível crítico que é de 20 mg dm^{-3} . Resultados semelhantes foram obtidos, também, por Carvalho e Meurer (1980), que observaram reduções nos teores de manganês e zinco nas folhas da soja, devido ao aumento do pH do solo, pelas doses de calcário aplicadas.

Mascarenhas et al. (1988) observaram decréscimos significativos do teor de micronutriente nas folhas de soja, ao longo de três plantios sucessivos da cultura em Latossolo Amarelo, utilizando quatro doses de calcário dolomítico (1,0; 4,0; 7,0 e 10 t ha^{-1}).

Em experimento realizado em um Latossolo Amarelo na Amazônia Central, testando doses crescentes de calcário (2,0; 3,0 e $5,0 \text{ t ha}^{-1}$) na cultura da soja, Alfaia et al. (1986) não encontraram diferenças significativas de produção. Segundo os autores, a ausência de resposta pode estar relacionada ao desbalanço nutricional, principalmente de micronutrientes (zinco, cobre e boro) insolubilizados por altas doses de calcário e a uma baixa reserva natural de potássio.

Já Cravo e Smyth (1990), em experimento realizado em um Latossolo Amarelo na Amazônia Ocidental, testando o efeito das doses de calcário calcítico (0; 0,5; 1,0; 2,0 e $4,0 \text{ t ha}^{-1}$) não encontraram aumentos significativos na produção de grãos de feijão caupi, cultivar Ipean V-69. Esta ausência de resposta possivelmente é explicada pelo teor inicial de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ igual a $2,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, considerado médio para o desenvolvimento da cultura do caupi, segundo Freire Filho; Lima e Ribeiro (2005).

Araújo et al. (2006) verificaram que a adubação nitrogenada e a calagem em diferentes doses (9, 18 e 27 t ha^{-1}) não afetaram a produtividade do feijão caupi. Para o parâmetro peso de 100 grãos, as melhores respostas foram conseguidas com a aplicação de 9 t ha^{-1} de calcário e 40 kg ha^{-1} de nitrogênio e com 18 t ha^{-1} de calcário e 80 kg ha^{-1} de nitrogênio. Fato semelhante foi encontrado por Arf (1990) trabalhando com doses de calcário na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L) que também não observou aumento significativo no peso de 100 grãos.

Por isso, a prática da calagem deve ser bem estabelecida nos solos ácidos tropicais, pois em solos altamente intemperizados o efeito da prática não é o mesmo. Com bastante frequência a calagem até pH 7,0 ocasiona mais dano que benefício (ALFAIA et al., 1986).

1.2.4 Fósforo no solo e na planta

Os solos tropicais são na maioria ácidos e com baixa disponibilidade de fósforo, que constitui um fator limitante de produção, porém apresentam condições físicas favoráveis para o cultivo de leguminosas (CARDOSO; MELO, 1999). Para se obter uma alta produtividade é necessário o uso da adubação fosfatada, o que tem ocasionado à intensificação da busca das doses mais adequadas para as culturas e que possibilitem maiores retornos econômicos (FAGERIA, 1990).

Conhecer o efeito da adubação fosfatada no solo ajuda nas informações importantes no manejo deste nutriente (SILVA et al., 2003). O fósforo encontra-se na solução do solo precipitado ou adsorvido às suas partículas, porém, em equilíbrio com a solução (P-lábil) ou ainda, precipitado sob a forma de composto insolúvel, ou adsorvido às partículas do solo com elevada energia de adsorção, não estando em equilíbrio imediato com o P-solução (NOVAIS; SMYTH, 1999). A maioria dos solos tropicais, graças ao seu avançado intemperismo, apresenta maior eletropositividade e adsorção aniônica, como a de fosfatos. O solo compete com a planta pelo P adicionado, esses solos respondem a grandes adições de fertilizantes fosfatados, aumentando a produção vegetal, com reflexos econômicos acentuados (NOVAIS; SMYTH, 1999).

O P estando na solução, move-se por difusão, até a superfície das raízes (COSTA, 2001; HORST et al., 2001). Sendo adsorvido, ocorre decréscimo da sua concentração na superfície das raízes, o que torna necessária sua reposição. Nesse sentido, a densidade de raízes é muito importante no processo de absorção do P, tendo em vista que o ânion fosfato movimenta-se em distâncias pequenas. Conforme ocorre a absorção, é gerado um gradiente de concentração desse elemento na rizosfera, que é a força motriz para difusão do fósforo para as raízes (HINSINGER, 2001).

Em solução, o fósforo é absorvido pelas plantas nas formas dos íons H_2PO_4^- e $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ sendo que em condições ácidas, predomina a forma H_2PO_4^- . A concentração de P em solução, geralmente é baixa, e havendo absorção pela planta, esta reposição é feita pela fração P-lábil, estando, portanto, em equilíbrio com o P-solução, constituindo o fator quantidade. Por outro lado, o P-não lábil é constituído de fosfatos de baixa solubilidade, tendo liberação muito lenta (CRUZ et al., 1996).

De acordo com Arf (1994) o fósforo é o nutriente que mais influencia na produtividade do feijoeiro, na maioria dos solos brasileiros, embora seja baixa a eficiência da adubação fosfatada, já que grande parte do P adicionado torna-se imóvel ou não disponível, em

virtude de reações de adsorção em colóides minerais, precipitação ou conversão em formas orgânicas (HOLFORD, 1997). Existe aparente contradição entre a pequena exigência das culturas e a resposta à adubação fosfatada. Ocorre que além da pobreza dos solos brasileiros em P disponível, é baixo o aproveitamento do P aplicado via adubação, sendo elevado o processo de fixação nos solos (FILGUEIRA, 2000).

A adição de grandes quantidades de fertilizantes fosfatados também pode diminuir a resposta das culturas à calagem (VIDOR; FREIRE, 1972; MENDES; KAMPRATH, 1978), em virtude do aumento da difusão de P em direção às raízes, da diminuição da atividade do Al na solução do solo (ERNANI; BARBER, 1991). Em termos de reações no solo, há uma relação positiva entre adubação fosfatada e aplicação de calcário, na qual o aumento de um insumo provoca melhor eficiência de utilização do outro pelas plantas (VIDOR; FREIRE, 1972).

Em solos naturalmente bem supridos com fósforo, a sua adição não afeta a produção nem a qualidade das plantas (FONTES; ROCHA; MARTINEZ, 1997). Entretanto, para diferentes classes de teores desse nutriente no solo são obtidas curvas de respostas correspondentes (RAIJ, 1991). Os solos, porém, diferem quanto à imobilização de fosfatos, e as condições que favorecem os maiores índices do fenômeno são maiores teores de argila, maior ocorrência na argila de óxidos de ferro e alumínio e menores valores de pH (RAIJ, 1983). Em condições de solos com pequena CMAP (capacidade máxima de adsorção de P), como os arenosos, é preciso maior valor I (fator intensidade), ou seja, a concentração ótima para atender a demanda da planta; bem como para uma mesma quantidade de fósforo colocada no solo, devem ser encontrados valores de I bem maiores nos solos arenosos (NOVAIS; SMYTH, 1999).

O fornecimento de doses adequadas de P às culturas favorece o desenvolvimento de amplo sistema radicular, aumentando a absorção de água e nutrientes. A menor quantidade de P extraída, em relação aos demais macronutrientes, pode causar a falsa impressão de que adubação fosfatada seja menos importante. Muito pelo contrário, é aquela que favorece substancialmente a produtividade nos solos brasileiros, na maioria das situações (FILGUEIRA, 2000).

Segundo Cardoso e Melo (1999) o fósforo é um fator limitante em Latossolos, fato comprovado por análise e experimentação de adubação com diferentes cultivares de feijão caupi. Têm sido constatadas respostas expressivas à adubação fosfatada em solos onde o feijão caupi é cultivado, principalmente nos solos do tipo Latossolos e Neossolos Quartzarenico.

A baixa disponibilidade de fósforo no solo afeta o crescimento e produção de plantas de feijão caupi (PASTORINI et al., 2000). As poucas informações a respeito do emprego do fósforo nessa espécie relatam que em solos com baixa fertilidade, o nutriente deve ser aplicado no plantio, juntamente com matéria orgânica (FILGUEIRA, 2000).

Alguns autores verificaram o efeito positivo da adubação fosfatada na produção de leguminosas como feijão comum e feijão caupi. Avaliando o efeito das doses de fósforo (0; 35; 70 e 140 kg ha⁻¹) sobre o rendimento de grãos em feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), Silva; Resende e Cintra (2001) obtiveram com a dose 104 kg ha⁻¹, a produção máxima para as doses acima citadas.

Neves (1991) observou que as doses de fósforo utilizadas (50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) promoveram aumento significativo sobre a produção de matéria seca de feijão caupi em um Podzólico Vermelho-Amarelo do Amazonas, em que a dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi suficiente para obter a maior produção. O mesmo foi verificado por Cravo e Smith (1990) que também concluíram ser a dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a que proporcionou melhor produção no feijão caupi, cultivado em Latossolo Amarelo.

Cardoso et al. (2006) avaliando quatro doses de fósforo (0, 45, 90 e 135 kg de P₂O₅ ha⁻¹) em experimento realizado com feijão caupi em Latossolo Amarelo de Parnaíba-PI, também verificaram o aumento na produção em função das doses estudadas.

Analisando resposta do feijoeiro a doses de fósforo em solo arenoso, Silva et al. (2001) verificaram que o rendimento dos grãos aumentou com as doses de P₂O₅ aplicadas. Estudos realizados por Kikuti et al. (2006) com o objetivo de avaliar o efeito de doses de N e P₂O₅ no rendimento de grãos de feijão, cultivar BRS-MG Talismã, em experimento de campo em Latossolo Vermelho, observaram que as doses de N e de P₂O₅ influenciaram o rendimento de grãos de feijão com intensidades variáveis entre as safras de cultivo.

Zucareli, Ramos Junior e Barreiro (2006) avaliaram o efeito da adubação fosfatada (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅) na produtividade e nos componentes de produção do feijoeiro, em experimento conduzido em condições de campo, no município de Botucatu, em Latossolo Vermelho, verificaram que a adubação fosfatada com 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aumentou o número de vagens/planta e o número de sementes/planta, os demais componentes de produção e a produtividade não foram alterados pela aplicação de fósforo.

Silva (2007) avaliou o efeito residual da adubação fosfatada em Latossolo Vermelho Amarelo, em experimento de campo em Areia-PB. Observou efeitos significativos para a produção de grãos de feijão caupi entre as interações cultivos e doses de P₂O₅. No entanto alguns estudos demonstraram ausência de resposta à adubação fosfatada em solos com 15

mg dm⁻³ de P no solo (BARRIOS; RODRIGUEZ; ORTEGA, 1970) ou o decréscimo na produção quando se aplica P em solos com 24 mg dm⁻³ de P disponível (NOVAIS; BRAGA FILHO, 1971).

Dentre os vários resultados apresentados, ainda se têm muita carência de informações sobre trabalhos com adubação fosfatada para a cultura do feijão caupi, o que indica a necessidade da realização de mais estudos para subsidiar a recomendação de adubação fosfatada para a cultura no estado do Pará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAIA, S. S.; MAGALHÃES, F. M. M.; YUYAMA, K.; MURAOKA, T. Efeito da aplicação da calagem e micronutrientes na cultura da soja em Latossolo Amarelo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO, 17, 1986. **Anais...** Londrina: SBCS, 1986

ANDRADE JÚNIOR, A.S. **Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e Litoral Piauiense.** 2000. 566p. Tese (Doutorado)-ESALQ, Piracicaba, 2000.

ANDREW, C.S.; JONES, R. K. The phosphorus nutrition of tropical forage legumes. In: ANDREW, C.S., KAMPRATH, E. J., (eds). **Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils.** Melbourne. CSIRO, 1978. p. 295-311.

ARAÚJO, A. M. S. ARAÚJO, V.S. QUEIROZ, J. V. J; FURTADO L. M. Efeito de doses de nitrogênio e calcário na produção do feijão caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DO FEIJÃO CAUPI e VI REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO CAUPI, 2006, Teresina. **Anais...** Teresina, 2006.

ARAÚJO, J. P. P. de, et al. **Cultura do caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.: descrição e recomendações técnicas do cultivo.** Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1988.82P. (Circular técnica, 18).

ARF, O. **Efeitos de doses e de fontes de cálcio e enxofre na cultura do feijoeiro.** 1990. 54p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Jaboticabal, 1990.

ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e caupi. In: SÁ, M. E. de; BUZZETI, S. (Eds.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas,** São Paulo: Ícone, 1994.

BARBOSA FILHO, M. P; SILVA, O. F da. Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado em solos de cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.35, n.7, p. 1317-1324, jul.2000.

BARRIOS, A.; RODRIGUEZ, A.B.; ORTEGA, S. Resultados de ensayos de fertilización em carota (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agronomia Tropical**, Maracay, v.20, n.5, p.355-369, 1970.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. p.115. (Circular Técnico, 80).

CARDOSO, A. **Efeito da calagem na disponibilidade do Boro, nos solos LR. E PVP. Para a cultura da cana-de-açúcar**. 1978. 62p. Tese (Doutorado). ESALQ, Piracicaba, São Paulo, 1978.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B. Efeito da adubação fosfatada e da densidade de plantas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: SBCS, 1999.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B. SOBRINHO, A. C. e RODRIGUES, B.H. N. Adubação fosfatada e densidade de planta em feijão-caupi em solos do tabuleiro costeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DO FEIJÃO CAUPI e REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO CAUPI, 6, 2006, Teresina. **Anais...** Teresina, 2006.

CARVALHO, T. A. A; MEURER, E.J. Aplicação de calcário a lanço e em linhas para o cultivo da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, Campinas, v.4, p.170-173, 1980.

CARVALHO, M. M; et al. Resposta de leguminosas forrageiras tropicais à calagem e ao fósforo, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, p.153-159, 1988.

CRAUFURD, P. Q.; et al. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*). The influence of temperature on seed germination and seedling emergence. **Experimental Agriculture**, London, v.32, n. 1, p.1-12, 1996.

CRAVO, M. S; SMYTH, T. J. Atributos físico-químicos e limitações dos solos de áreas produtoras de feijão-caupi no nordeste do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30, 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J. Sistema de cultivo com altos insumos na Amazônia Brasileira. In: SMYTH, T. J.; RAUN, W.R.; BERTSCH, F (eds.). **Manejo de suelos tropicales en Latinoamérica**. Talles Latinoamericano de Manejo de Suelos Tropicales 2. San José, 1990. North Carolina State University, 1990, p. 145-156.

COSTA, J. P. V. da, **Métodos da medição da difusão de nutrientes no solo**. Maceió: EDUFAL, 2001. 44 p.(Apontamentos).

CRUZ, C.C.; et al. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1996, 204p.

DE PAULA, P. W. R.; et al. Efeito da calagem na produção de matéria seca em feijão-caupi BR-2 no Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília, **Anais...** Brasília: SBCS, 1999.

DUDA, G.P.; et al. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n.1, p. 139-147, 2003.

EHLERS, J. D; HALL, A. E. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v.53, n.1-2, p. 187-204, 1997.

EMATER - **Feijão- caupi**. (Reunião do Comitê Gestor do Feijão-caupi). Capanema: 2005

ERNANI, P. R; BARBER, S.A. Corn growth and changes of soil and root parameters as affected by phosphate fertilizers and liming. *Pesquisa Agropecuária Brasileira de Ciência so. Solo*, v.20, p.1309-1314, 1991.

FAGERIA, N.K. Calibração de análise de fósforo para arroz em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.4, p.579-586, 1990.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa-SCT/Embrapa-CNPAP, 1999. 294p.

FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, 2001.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**, Viçosa, 2000. 402 p.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-Caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, 519p.

FONSECA, M.R.; FERNANDES, A.R. Efeito da calagem sobre o feijão caupi cultivados em solos de várzea do rio Pará. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 2004, Lages, SC. **Anais...** Lages: SBCS, 2004.

FONTES, P.C.R.; ROCHA, F.A.T.; MARTINEZ, H.E.P. Produção de máxima eficiência econômica da batata em função da adubação fosfatada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.2, p.104-107, 1997.

GOVERNO DO ESTADO PARÁ. Secretaria Especial de Produção. Disponível em: http://www.pa.gov.br/noticias/2007/04_2007/17_02.asp. Acesso em: setembro2007.

GUEDES, G.A.A.; JUNQUEIRA NETO, A. Calagem e adubação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 4, n. 46, p. 21-23, 1978.

HINSINGER, P. Biology availability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root- induced chemical changes: a review. **Plant and Soil**, v.237, p.173-195, 2001.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Aust. Journal Soil Research**, v.35, p.227-239, 1997.

HORST, W. J., et al. Agronomic measurements for increasing P availability to crops. **Plant and Soil**, v. 237, p.211-223, 2001.

IBGE. Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA, 2005. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: setembro 2007.

KIKUTI, H.; et al. Teores de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro em função de doses de nitrogênio e fósforo. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 65, n. 2, 2006.

MASCARENHAS, H.A.A.; et al. Zinco nas folhas de soja em função da calagem. **Bragantia**, Campinas, v.47, n.1, p.137-142, 1988.

MASCARENHAS, H.A.A.; et al. Efeito da calagem sobre a produtividade de grãos, óleo e proteína em cultivares precoces de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.53, n.1, p.164-172, 1996.

MELO, F de B., et al. Densidade de plantas de caupi de portes enramador e moita em regime de serqueiro. **Ciência e Agrometeorologia**. Lavras, v.21, p. 224-227, 1997.

MENDES, J.; KAMPRATH, E.J. Liming of Latossols and the effect on phosphorus response. *Soil Sci. Soc. Am.*, v.42, p.86-88, 1978.

MIRANDA, L. N; MIRANDA, J.C.C. de. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo Glei Pouco Húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v.24, n.1, p. 209-215, 2000.

NEVES, E. J. M. **Calagem e adubação fosfatada na produção de matéria seca de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) WALP.), e nas características químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo do Estado do Amazonas**. 1991. 59p. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1991.

NOVAIS, F. R., BRAGA FILHO, L. J. Aplicação de "tufito" e NPK na adubação do feijão, em um solo de Patos de Minas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.18, n.98, p. 308-314, 1971.

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

OLIVEIRA, I. P.; CARVALHO, A. M. **A cultura do caupi nas condições dos trópicos úmidos e semi-árido no Brasil**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1987, 18p.

PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B. B.; et al. (eds.) **Advances in Cowpea Research**. Tsukuba: IITA JIRCAS, 1997. p.1-12.

PASTORINI, L. H.; et al. Crescimento inicial de feijoeiro submetido a diferentes doses de fósforo em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v.47, n.270, p.219-228, 2000.

PERIN, A. **Desempenho de leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização para cobertura viva e seus efeitos sobre alguns atributos físicos do solo**. 2001.

Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.

QUAGGIO, J. A.; MASCARENHAS, H. A. A.; BATAGLIA, A. O. C. Resposta da soja a aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo Distrófico de cerrado: Efeito Residual. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, n.2, p. 113-118, 1982.

RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 142 p.

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

SANCHES, P. A. **Suelos tropicales características y manejo**. Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1981. 660p.

SILVA, J.A. da. **Aplicação inicial de P₂O₅ no solo, avaliação em três cultivos sucessivos no feijão caupi**. 2007. 53p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2007.

SILVA, M. A. da; et al. Frações de fósforo em latossolos. **Pesquisa Agropec. Brasileira**, Brasília, v.10, p.1197-1207, 2003.

SILVA, E. B.; RESENDE, J. C.F.; CINTRA, W. B. R. Resposta de feijoeiro a doses de fósforo em solo arenoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.3. p. 973-977, 2001.

SOUSA, D. M. G. de; et al. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.2, p.193-198, 1989.

SOUZA, R. F. de. **Dinâmica de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica, cultivados com feijoeiro**. . 2005. 141 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E.U., BARREIRO, A.P. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Rev. Bras. Sementes**, v.28, n.1,p. 9-15, 2006.

SUMMERFIELD, R.J.; PATE, J. S.; ROBERTS, E. H. The physiology of cowpea. In: SINGH, S.R.; RACHIE, K.O. (Ed). **Cowpea research, production and utilization**. Great Britain: A. Wiley-interscience, 1985. p. 65- 102.

SUMMERFIELD, R.J. The contribution of physiology of breeding for increased yields in grain legumes crops. In: HURD, R.G.; BISCOE, P.V.; DENNCE, C. (Ed). **Opportunities for increasing crop yield**. London: Pitmaras, 1980.p. 51-69.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BULISANI, E. A. Deficiência de manganês em soja induzida por excesso de calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 247- 250, 1992.

TURK, K.J.; HALL, A.E. Drought adaptation of cowpea. II. Influence of drought on plant water status and relations with seed yield. **Agronomy journal**, Madison, WI, v. 72, n.3, p. 421-427, 1980.

VIDOR, C.; FREIRE, J.R. J. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre a fixação simbiótica do nitrogênio pela soja. *Agron, Sulriograndense*, v.7, p. 181-190, 1972.

CAPÍTULO 2: TEOR E ACÚMULO DE NUTRIENTES NA PARTE AÉREA E NOS GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI, EM FUNÇÃO DO FÓSFORO E DA SATURAÇÃO POR BASES.

RESUMO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* L., Walp) é utilizado como uma das principais fontes protéicas da população rural na região Amazônica e da região Nordeste; também é utilizado em outras regiões brasileiras, como forragem verde, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e, ainda, como adubação verde e proteção do solo. O crescimento, a produtividade e o estado nutricional do feijão caupi são afetados por um grande número de fatores, destacando-se a acidez do solo e baixa disponibilidade de fósforo. Por outro lado, há escassez de informações sobre a nutrição mineral do feijão caupi, em relação a teores e acúmulos foliares e nos grãos. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da saturação por bases e da adubação fosfatada sobre os teores e acúmulos de macro e micronutrientes, na massa seca da parte aérea e nos grãos de feijão caupi, em Latossolo Amarelo. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2, sendo quatro doses de fósforo (0, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e duas saturações por bases (50 e 60%), com oito repetições. Utilizou-se a cultivar BR3-Tracuateua, semeada para proporcionar 80.000 plantas por hectare, em uma área com preparo convencional. Por ocasião da floração foram coletadas duas plantas representativas, em cada parcela útil, para a determinação do peso da massa seca e dos teores de nutrientes na massa seca da parte aérea e dos grãos. As análises de tecido vegetal foram realizadas no laboratório de química de solos da Embrapa Amazônia Oriental – CPATU. Os teores e acúmulos de macronutrientes do feijão caupi foram influenciados pelas doses de P e pela saturação por bases. Os maiores teores e acúmulos, de uma maneira geral, ocorreram na saturação por base de 60%, entre os micronutrientes os maiores teores e acúmulos ocorreram para Cu, Fe e Zn. A planta de feijão caupi acumulou macronutrientes na seguinte ordem: N>K>Ca>Mg>P, enquanto que os micronutrientes seguiram a ordem Fe>B>Mn>Zn>Cu.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, nutrição mineral, adubação fosfatada, fertilidade.

CHAPTER 2: CONTENT AND ACCUMULATION OF NUTRIENTS IN THE AERIAL PART AND THE GRAINS OF COWPEA BEANS IN FUNCTION OF PHOSPHORUS AND BASE SATURATION.

ABSTRACT

The cowpea beans (*Vigna unguiculata* L., Walp) is used as one of the main protein sources of the agricultural population in the Amazon region and Northeast region, also it is used in other Brazilian regions, as green fodder plant, hay, ensilage, flour for animal feeding e, still, as green fertilization and protection of the soil. The growth, the productivity and the nutritional state of the cowpea beans are affected by a great number of factors, having been distinguished the carried through fertilizations. However it has scarcity of works on the mineral nutrition of the cowpea beans and of results with foliates content and content in other vegetal parts, as the grains. The objective of the work was to evaluate the effect of the base saturation and the fertilization phosphate on content and accumulations of macro and micronutrients, in the dry mass of the aerial part and in the cowpea beans grains, in Yellow Latosol. The experimental delineation was of casually blocks, in factorial project 4x2, being four doses of phosphorus (0, 25, 50 and 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅) and two bases saturations (50 and 60%), with eight repetitions. It was used to cultivate BR3-Tracuateua, sown to provide 80,000 plants per hectare, in an area with conventional tillage. The plant tissue analyses were conducted in the laboratory of the chemistry of soils Embrapa Eastern Amazon - CPATU. The levels of nutrients and accumulation of cowpea beans were influenced by doses of P and the base saturation. The highest levels and accumulations, in general, were based on the saturation of 60%, between the micro levels and the largest accumulations occurred for Cu, Fe and Zn. The plant cowpea beans accumulated macronutrients in the following order: N> K> Ca> Mg> P, while micronutrients followed the order Fe> B> Mn> Zn> Cu.

Key Words: *Vigna unguiculata*, mineral nutrition, phosphate fertilization, fertility.

2.1 INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* L., Walp), também denominado feijão-macaçar, feijão-de-corda ou feijão-fradinho, é uma planta rústica adaptada às diferentes condições de clima e solo brasileiro, é cultivado na região Amazônica como uma das principais fontes protéicas da população rural e, em menor escala, também da população urbana, tornando-se assim, uma cultura de grande expressão sócio-econômica para essa região. Além disso, também é utilizado em outras regiões brasileiras, como forragem verde, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e, ainda, como adubação verde e proteção do solo, (ANDRADE JÚNIOR, 2000).

O Latossolo é a unidade taxonômica de maior ocorrência na região Amazônica, a baixa fertilidade, elevada acidez do solo e baixa disponibilidade de fósforo são fatores limitantes para sua exploração econômica (VIEIRA, 1988). Tais características contribuem para a redução de sua produtividade, nesse aspecto o conhecimento da fertilidade do solo e da nutrição de plantas são importantes, para maximizar o aproveitamento dos nutrientes aplicados, mas principalmente para que sejam evitadas perdas de recursos financeiros, possibilitando maior retorno econômico aos agricultores.

O aumento da produtividade das plantas em solos ácidos normalmente é alcançado com aplicações adequadas de fertilizantes e corretivos (CRAVO; SMYTH, 1997), principalmente adubação fosfatada e o uso da calagem, que além de elevar o pH do solo, é fonte de cálcio e magnésio que se encontram em baixas concentrações nestes solos. Além disso, a calagem possui a finalidade de proporcionar um ambiente adequado ao crescimento radicular, através da neutralização do alumínio trocável, favorecendo o aumento na disponibilidade de elementos essenciais, como o fósforo.

Entre os macronutrientes, fósforo é o elemento extraído em menor quantidade e o que mais limita a produção de feijão caupi (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2003). O fósforo tem proporcionado respostas positivas e sua baixa disponibilidade no solo afeta negativamente o crescimento das plantas e sua produção (PASTORINI et al., 2000).

O crescimento, a produtividade e o estado nutricional do feijão caupi são afetados por um grande número de fatores, destacando-se as adubações realizadas. Porém, há escassez de informações sobre a nutrição mineral de plantas de feijão caupi e principalmente relacionado à aplicação de calcário e da adubação fosfatada. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre os teores e acúmulos de macro e micronutrientes na massa seca da parte aérea e dos grãos de feijão caupi.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo no período de agosto a outubro de 2006, em um Latossolo Amarelo distrófico, do Instituto de Ciência Agrárias, pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Belém, PA.

Segundo a classificação de Köppen, o clima na região é o do tipo Afi, que se caracteriza por apresentar pluviosidade anual superior a 2000 mm, com um regime de chuvas durante praticamente todo o ano, e totais mensais iguais ou superiores a 60 mm. A média das temperaturas máximas é de 31,4°C e das mínimas 22,4° C. O total de horas de insolação por ano fica em torno de 2.338 e a umidade relativa do ar, em média, é de 84% (SUDAM 1984; BASTOS; PACHECO, 2001).

Amostras de solo foram coletadas antes da instalação do experimento, na profundidade de 0-20 cm. Após serem secadas ao ar e passada em peneiras de 2 mm, foram analisadas quimicamente, efetuando-se as seguintes determinações: pH em água, Ca, Mg, K, Al trocável, P disponível (Mehlich 1), conforme Embrapa (1997). Também foram realizadas as determinações da acidez potencial (H+Al) e carbono orgânico, sendo que a partir do C orgânico foi calculada a MO (%MO = %C x 1,7241). Foram efetuados os cálculos de saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e a capacidade de troca de cátions a pH 7. Na Tabela 1 encontram-se os resultados da análise química do solo antes da instalação do experimento.

Tabela 1. Características químicas do solo antes da implantação do experimento, na profundidade de 0-20 cm.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	(H+Al)	T	MO	V	m
água	mg dm ⁻³		(trocável)					g kg ⁻¹	%	
			-----cmol _c dm ³ -----							
4,1	23,40	0,03	0,10	0,36	1,05	5,07	5,56	17,18	8,81	68,1

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2, correspondendo à combinação de quatro doses de fósforo (0, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e dois níveis de saturações por bases (50 e 60%), com oito repetições. As doses de fósforo tiveram como fonte o superfosfato simples, aplicado em sulco por ocasião da semeadura do feijão caupi.

A calagem foi efetuada com calcário dolomítico (PRNT de 70%) aplicado a lanço, não incorporado ao solo, 30 dias antes do plantio. As quantidades de calcário para as saturações

por bases de 50% (V50) e 60% (V60) corresponderam a 3300 e a 4100 kg ha⁻¹, respectivamente. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC) foi utilizada a fórmula $NC = (V_2 - V_1) T/100$, onde V₂ corresponde à saturação por bases desejada, V₁ é a saturação inicial do solo e T corresponde a capacidade de troca de cátions.

O preparo do solo consistiu em uma aração e duas gradagens e o controle de plantas daninhas foi efetuado com capinas manuais. A semeadura foi realizada em 18/07/2006, utilizando a cultivar BR3-Tracuateua no espaçamento de 0,50m entre linhas e 0,25m entre plantas. A área total do experimento foi de 500 m² (25m x 20m), cada parcela foi constituída por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, tendo como área útil as duas fileiras centrais.

Efetuuou-se uma adubação básica 10 dias após a semeadura, que consistiu de 50 kg ha⁻¹ de N, com sulfato de amônio e 100 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio. Foi realizada ainda, a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de FTE, por ocasião do plantio do caupi.

Por ocasião da floração (28/09/2006) foram coletadas duas plantas representativas, na área útil de cada parcela, para a determinação de massa seca da parte aérea. O material foi lavado, cortado e secado a 65°C em estufa de circulação forçada de ar, para posterior pesagem e determinação do teor de nutrientes.

Na colheita, realizada em 20/10/2006, avaliou-se o estande final das plantas para determinação da massa seca e dos teores de nutrientes na parte aérea e nos grãos. As análises de tecido vegetal foram realizadas no laboratório de química de solos da Embrapa Amazônia Oriental – CPATU, seguindo a metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974).

O acúmulo de nutrientes nas diferentes partes da planta de caupi foi estimado multiplicando-se os teores do elemento (g kg⁻¹ de matéria seca), pelos valores de matéria seca da parte aérea e dos grãos, dividindo-se o produto por mil (1000).

Os resultados foram submetidos a análise de variância e conforme a significância efetuou-se análise de regressão, cujas equações foram ajustadas às variáveis, em função dos tratamentos aplicados, utilizando o programa SANEST (ZONTA; MACHADO, 1991). Para determinação do modelo com melhor ajuste, considerou-se o maior coeficiente de determinação e a sua significância.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Teor e acúmulo de macronutrientes na parte aérea e nos grãos

2.3.1.1 Nitrogênio

A adubação fosfatada e a saturação por bases não proporcionaram efeito significativo no teor de nitrogênio na massa seca da parte aérea (MSPA). A saturação por bases de 60% (V60) apresentou maiores teores de nitrogênio (N) na MSPA, porém, as diferenças entre as saturações não foram significativas (Figura 1a). A equação de regressão que apresentou melhor ajuste para os resultados encontrados foi à quadrática para V60, enquanto que para a saturação por bases de 50% (V50) houve ajuste linear. Nos grãos, observou-se uma diminuição do teor de nitrogênio na maior dose de fósforo, para V50, apresentando um ajuste quadrático, enquanto que para V60 ocorreu um aumento linear crescente, em função das doses de fósforo (Figura 1b).

Os teores de N na parte aérea do feijão caupi variaram de 30,67 a 32,74 g kg⁻¹ para V60 e de 26,58 a 29,49 g kg⁻¹ para V50, sendo que esses valores ficaram acima do indicado como adequados para o *Vigna*, que segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) variam de 18 a 22 g kg⁻¹ e acima de 19,7 g kg⁻¹ proposto por Oliveira e Dantas (1984). Os elevados teores de N podem ter sido influenciados pela calagem, que segundo Silva, Vale e Guilherme (1994), com a aplicação de calcário ocorre uma aceleração no processo de mineralização da matéria orgânica e aumento na disponibilidade de nitrogênio, além de favorecer a fixação biológica do nutriente.

Os teores de N nos grãos variaram de 37,33 a 39 g kg⁻¹ para V50 e de 37,15 a 42 g kg⁻¹ para V60, ou seja, foram mais elevados na maior saturação por bases, com a maior dose de P. Tais valores foram superiores aos observados nas folhas e vem a demonstrar o elevado valor protéico dos grãos de feijão caupi quando comparado com o feijão comum que é de 35,5 g kg⁻¹ (ANDRADE, 1997).

Não houve efeito significativo da interação entre as doses de P e saturação por bases para o acúmulo de nitrogênio nos grãos, porém o efeito ocorreu de forma isolada, ajustando-se melhor ao modelo de regressão quadrático.

No tratamento V60 o acúmulo nos grãos foi maior que na parte aérea das plantas de feijão caupi, demonstrando que grande quantidade do nitrogênio é exportada pelos grãos. Com V60, as doses P proporcionaram maiores acúmulos de N nos grãos, enquanto que na V50, as doses crescentes de P provocaram redução no acúmulo de N (Figura 1d). O maior acúmulo de N na MSPA foi observado na dose de 50 kg de P₂O₅ ha⁻¹ para ambas as saturações por bases, ocorrendo redução com o aumento da dosagem de P, porém na V60 essa redução foi mais acentuada (Figura 1c).

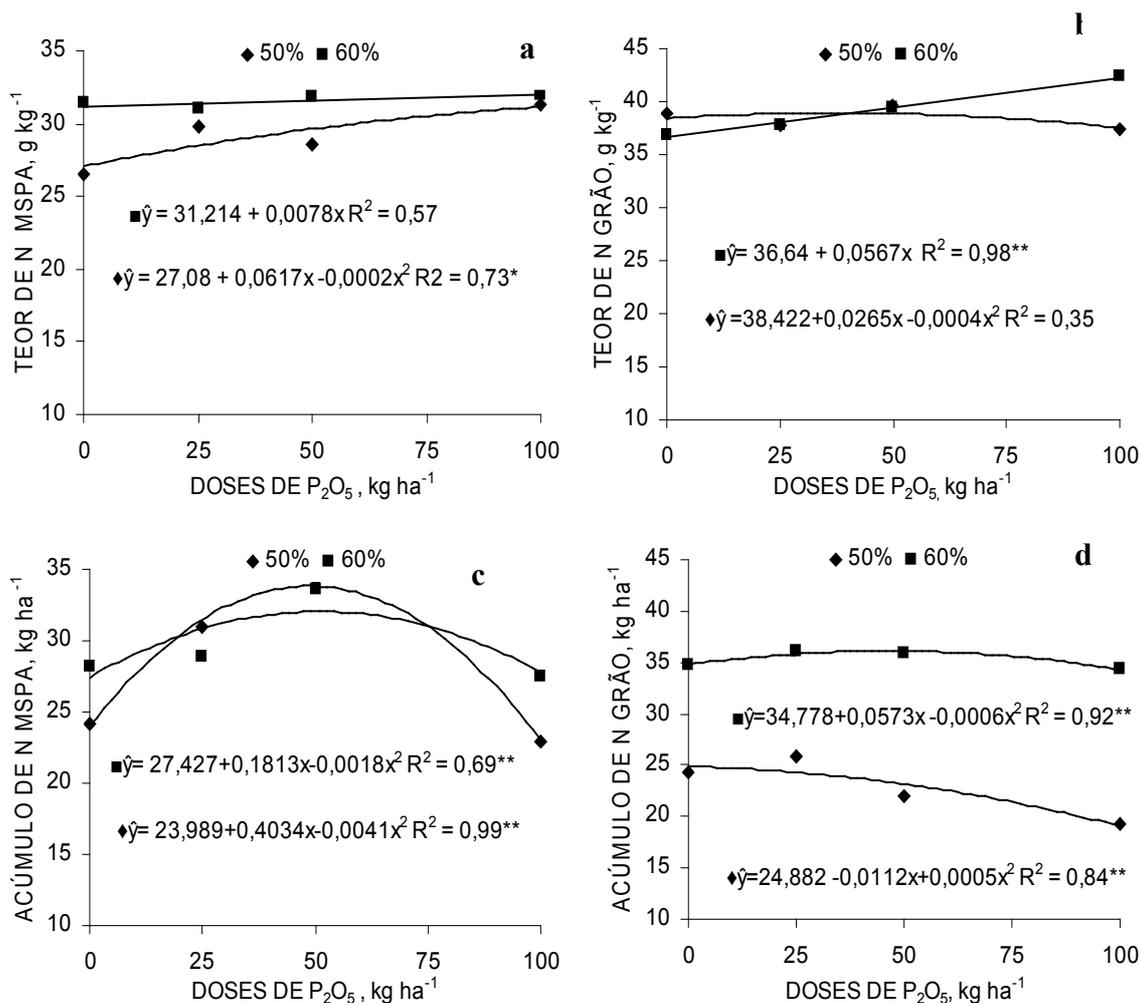


Figura 1. Teor e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (**a**, **c**) e nos grãos de feijão caupi (**b**, **d**), em função das doses de fósforo e da saturação por bases. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Os valores de acúmulo variaram de 24 a 33 kg ha⁻¹ na parte aérea das plantas de feijão caupi e nos grãos variaram de 20 a 35 kg ha⁻¹, ou seja, o que foi exportado do nutriente pelos grãos é semelhante às quantidades incorporadas pela MSPA. Segundo Arf (1999), o nitrogênio é exportado em maiores quantidades; além disso, é o nutriente que, juntamente com o fósforo, tem proporcionado as maiores respostas em produção.

Os valores acumulados de N foram inferiores aos encontrados por Fageria e Santos (1998) em feijão comum e por Padovan et al. (2002) em soja, que variaram de 58 e 228 kg ha⁻¹, respectivamente. Verifica-se, portanto, que o feijão caupi incorpora baixa quantidade de N quando comparada a outras leguminosas.

2.3.1.2 Fósforo

Não houve efeito significativo dos tratamentos para os teores de P na MSPA (Figura 2a). Os teores variaram de 2,4 a 3 g kg⁻¹, valores que estão acima da faixa considerada adequada para o *Vigna* por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), de 1,2 a 1,5 g kg⁻¹ e a sugerida por Oliveira e Dantas (1984), de 1,4 g kg⁻¹, para o feijão caupi. Inada (2005), também verificou altos teores de P nas folhas de feijão caupi, cultivado em diferentes solos de várzea do rio Pará. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva, Resende e Cintra (2001) em Neossolo Quartzênico, onde, elevando as doses de P₂O₅ até 140 kg ha⁻¹ obtiveram aumento linear do teor de P nas folhas.

Acúmulos de P na MSPA e nos grãos sofreram redução na maior dose de P, independente da saturação por bases, proporcionando um ajuste a funções quadráticas (Figura 2c, d). Os teores de P foram maiores nos grãos do que os encontrados na parte aérea da planta, sendo que a dose de 50 kg de P₂O₅ ha⁻¹ proporcionou o maior teor de P em ambas as saturações por bases (Figura 2b). Teixeira (1995) e Silva, Vahl e Peske (2002) também observaram o aumento no teor de fósforo nas sementes de feijão comum em função da adubação fosfatada.

O nível crítico de P na MSPA encontrado nas plantas de feijão caupi foi de 2,4 g kg⁻¹, valor este que está acima da faixa considerada adequada para o *Vigna*, proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), enquanto que nos grãos o nível crítico encontrado foi de 4,22 kg ha⁻¹.

Tal resultado pode ser justificado pelo baixo conteúdo de argila contido no solo, o que leva a uma maior disponibilidade do nutriente, favorecendo uma maior absorção pela planta. De acordo com Fernandes et al. (1998) em solos com menor poder tampão ocorre uma maior extração de P pelas plantas. Este fato foi corroborado pelas pesquisas de Silva, Resende e Cintra (2001), Kamprath e Watson (1980) e Fonseca (1987) com feijão comum, cultivado em solo arenoso, os quais observaram teores foliares mais elevados de P. Segundo Fernandes et al. (1998) a concentração de P na solução do solo próxima às raízes, é capaz de influenciar diretamente a absorção de P no solo e seu acúmulo na parte aérea. A alta disponibilidade de P no solo (Tabela 1), associada à adubação fosfatada pode ter favorecido a maior absorção de P pelo feijão caupi, resultando em elevados teores de P na MSPA e nos grãos.

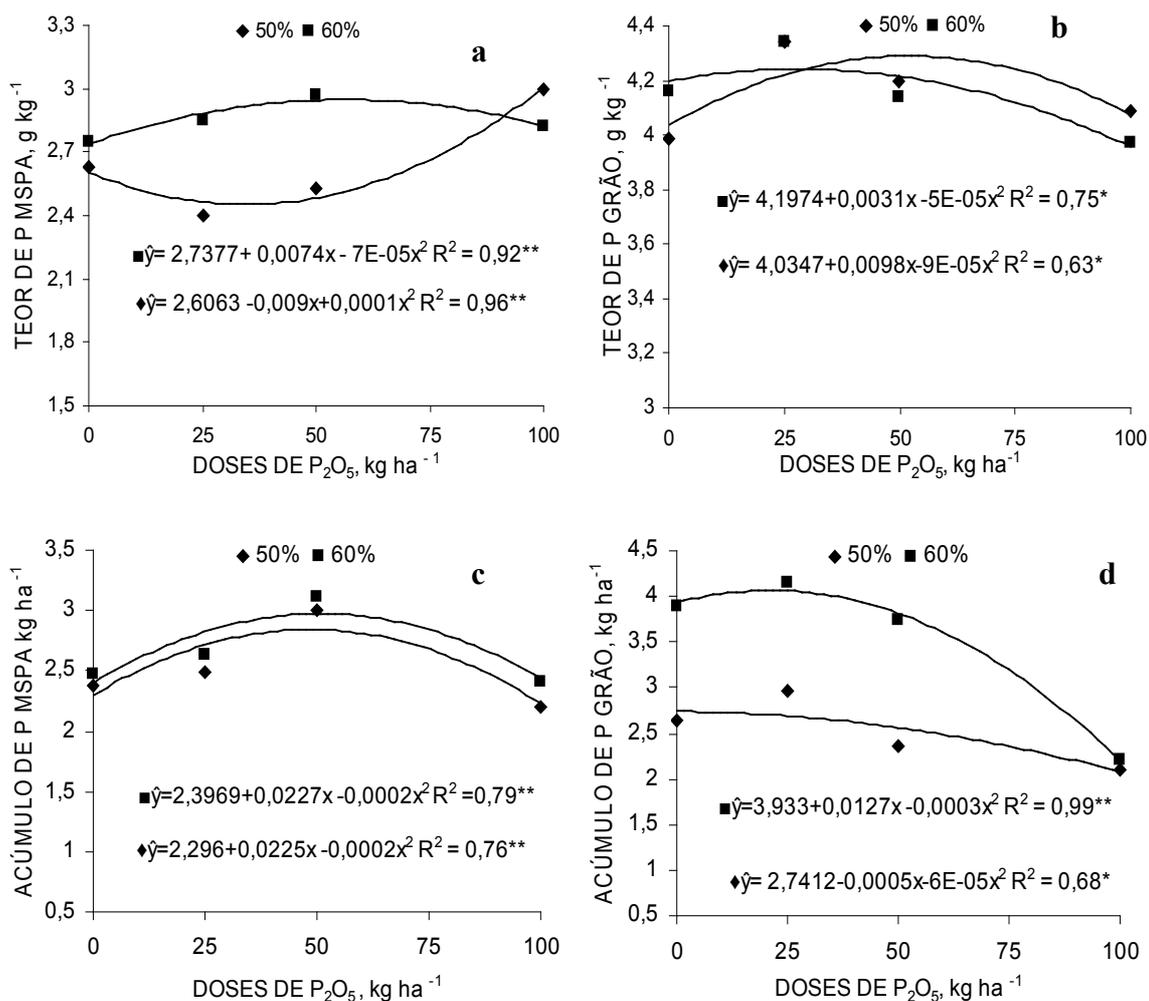


Figura 2. Teor e acúmulo de fósforo na massa seca da parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função de doses de fósforo e da saturação por base. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Na Figura 2c, observa-se que o acúmulo de fósforo na parte aérea foi maior na dose de 50 kg de P₂O₅, para as duas saturações por base.

Os maiores valores de acúmulo de P nos grãos de caupi ocorreram na dose de 50 kg de P₂O₅ kg ha⁻¹, com V60. Na maior dose de P os acúmulos sofreram redução, em ambas as saturações por bases (Figura 2d). A acumulação de P nos grãos foi de 2,3 a 4,1 kg ha⁻¹, valores baixos quando comparados com outras leguminosas. Em feijão comum o valor de P acumulado foi de 10 kg ha⁻¹ em solos de várzea (FAGERIA; SANTOS, 1998), enquanto Padovan et al. (2002) verificaram 20 kg ha⁻¹.

2.3.1.3 Potássio

O teor e o acúmulo de potássio na MSPA e o teor nos grãos de feijão caupi foram influenciados significativamente pelas doses de P (Figura 3a, b, c), exceto o teor na V60. Na V50 observou-se maior teor e acúmulo de K na MSPA, sendo que para o teor ocorreu um aumento linear e para o acúmulo o ajuste foi a uma função quadrática, nas duas saturações por bases. Os maiores teores e acúmulos de K ocorreram com V50 (Figura 3a, c).

O menor teor e acúmulo de K na MSPA na V60 podem ser creditados à maior absorção de Ca pelo incremento da calagem, inibindo a absorção de potássio, devido à competição entre esses cátions em níveis mais altos de cálcio (SOARES et al., 1983). Os teores de potássio na parte área variaram de 9,8 a 16,79 g kg⁻¹, abaixo dos propostos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), como adequados.

Nos grãos de feijão caupi observa-se uma diminuição do teor de potássio, em função do aumento das doses de P, em ambas as saturações por bases, cujos valores foram menores na V50. O acúmulo de K nos grãos foi influenciado pela interação fósforos x saturação por bases. O aumento das doses de P provocou significativa redução do acúmulo de K, sendo os efeitos mais pronunciados com V50 (Figura 3b, d).

Os teores de K nos grãos variaram de 7,86 a 9,1 g kg⁻¹, valores esses que podem ser considerados baixos, tendo em vista ser o K o nutriente mais exigido pela cultura do feijão, segundo Fageria, Oliveira e Dutra (1996). Da mesma forma, o acúmulo ficou abaixo dos valores encontrados por Fageria e Santos (1998), de 69 kg ha⁻¹ para feijão comum, em solos de várzea.

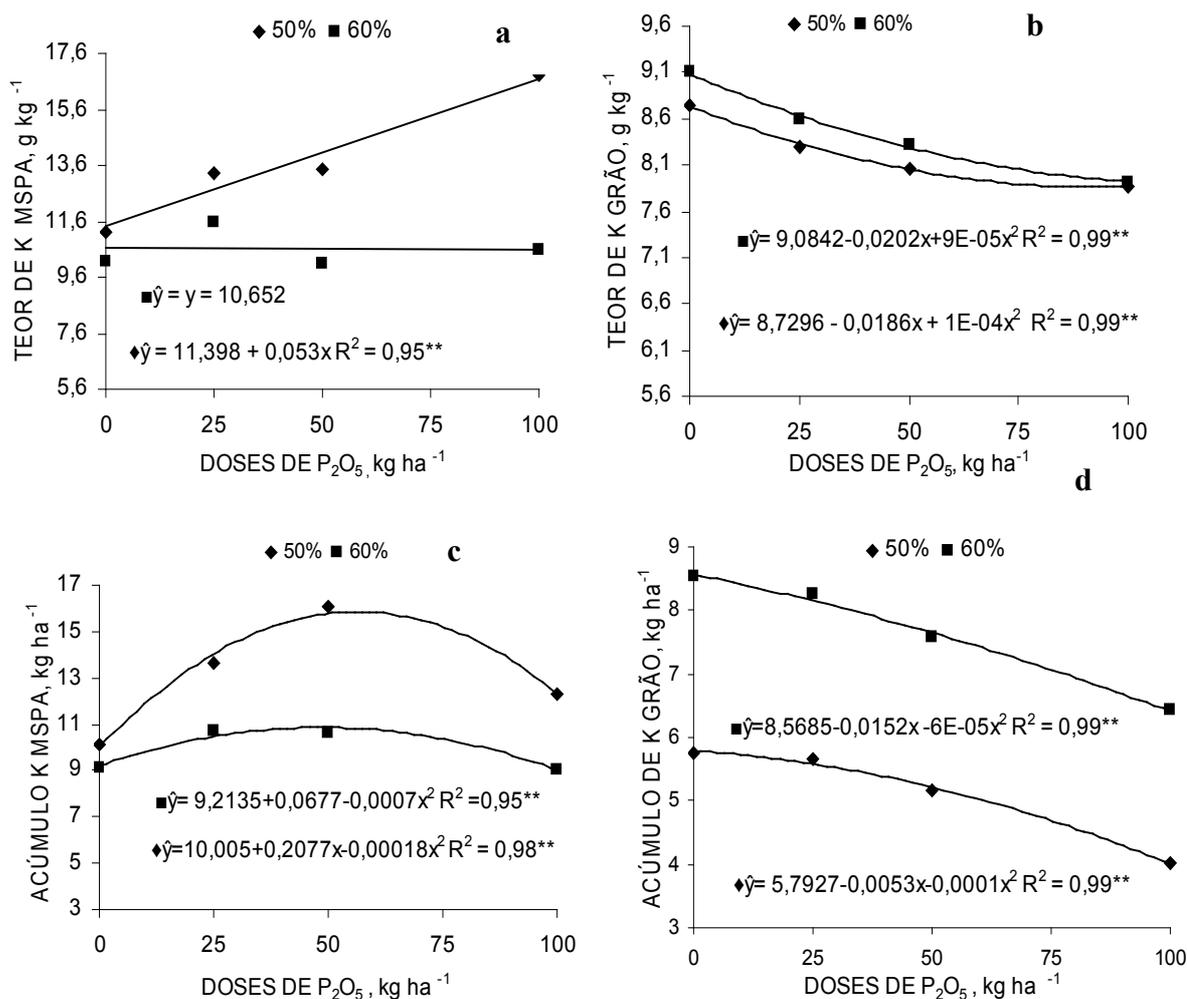


Figura 3. Teor e acúmulo de potássio na parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

2.3.1.4 Cálcio

O teor de Ca nos grãos foi influenciado pela saturação por bases e pelas doses de P, aumentando com a menor dose e depois diminuindo com as doses mais elevadas, enquanto que na MSPA houve uma redução com as doses intermediárias de P, elevando-se com a dose mais alta (Figura 4a, b). Na MSPA os teores variaram de 8,75 a 12,48 g kg⁻¹, valores muito inferiores ao proposto como adequado por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), de 50 a 55g kg⁻¹ e por Oliveira e Dantas (1984), de 53,8 para plantas de feijão caupi. O nível crítico de Ca foliar encontrado nas plantas de feijão caupi foi de 10,6 g kg⁻¹ para a V60, portanto abaixo do recomendado por Oliveira e Dantas (1984).

Os teores de Ca nos grãos variaram de 2,56 a 4,56 g kg⁻¹, valores menores que os observados na parte aérea. Segundo Faquin (1994), os menores teores nos grãos são devido

à baixa mobilidade do Ca na planta, o que tende a acumular na massa seca da parte aérea, translocando pouco para os grãos.

O acúmulo de Ca na MSPA e nos grãos foram influenciados significativamente pelos tratamentos, diminuindo com o aumento das doses de P, independente da saturação por bases, ajustando-se a uma função quadrática (Figura 4c, d).

Os valores de acúmulo de Ca encontrados na planta estão muito abaixo dos resultados obtidos por Fageria e Santos (1998), que foi de 27 kg ha⁻¹ para o feijão comum.

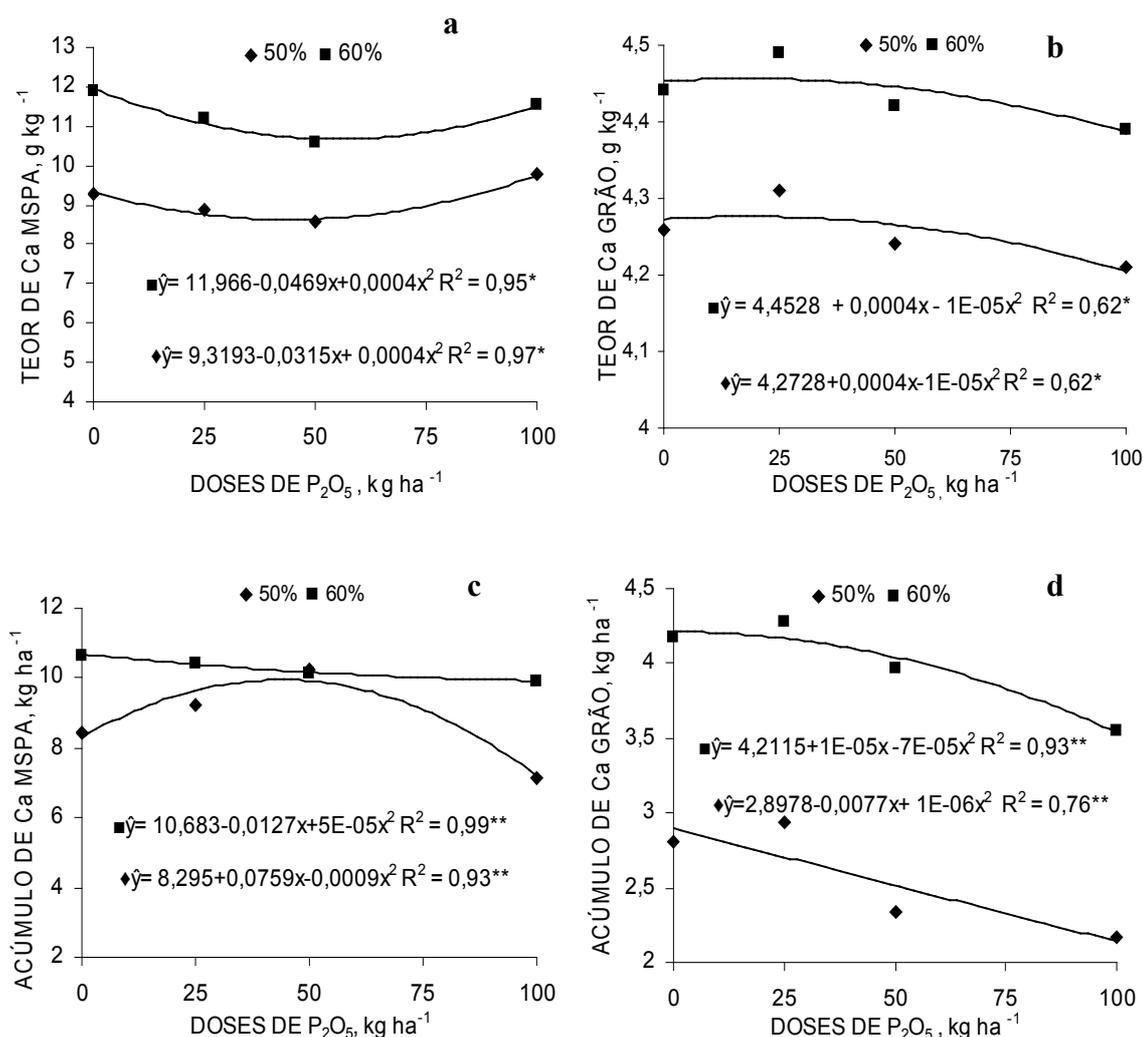


Figura 4. Teor e acúmulo de cálcio na parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

2.3.1.5 Magnésio

Houve efeito da interação entre as doses de P e a saturação por bases, para os teores de Mg nos grãos de caupi. Na Figura 5a, c observa-se que o teor e o acúmulo de Mg na parte

aérea foram maiores na V60, sendo os maiores valores alcançados na dose inicial de P (25 kg de P_2O_5 ha^{-1}). Os teores foliares variaram de 3,75 a 9,69 $g\ kg^{-1}$, estando próximos daqueles recomendados como adequado por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), que é de 5 a 8 $g\ kg^{-1}$ para o *Vigna*.

Em ambas as saturações por bases, os níveis crescentes de P provocaram aumentos nos teores e acúmulos de Mg com a menor dose de P, seguida de reduções significativas a partir da elevação das doses, ou seja, houve um ajuste quadrático para as equações, com exceção do teor nos grãos que não houve ajuste. Os teores nos grãos variaram de 1,67 a 2,0 $g\ kg^{-1}$ (Figura 5b). Os maiores teores e acúmulos de Mg foram observados na V60, independente da dose de P (Figura 5d). Os valores variaram de 3 a 9 $kg\ ha^{-1}$, estando o nível mais alto próximo ao encontrado por Fageria e Santos (1998) em plantas de feijão comum que foi de 10 $kg\ ha^{-1}$.

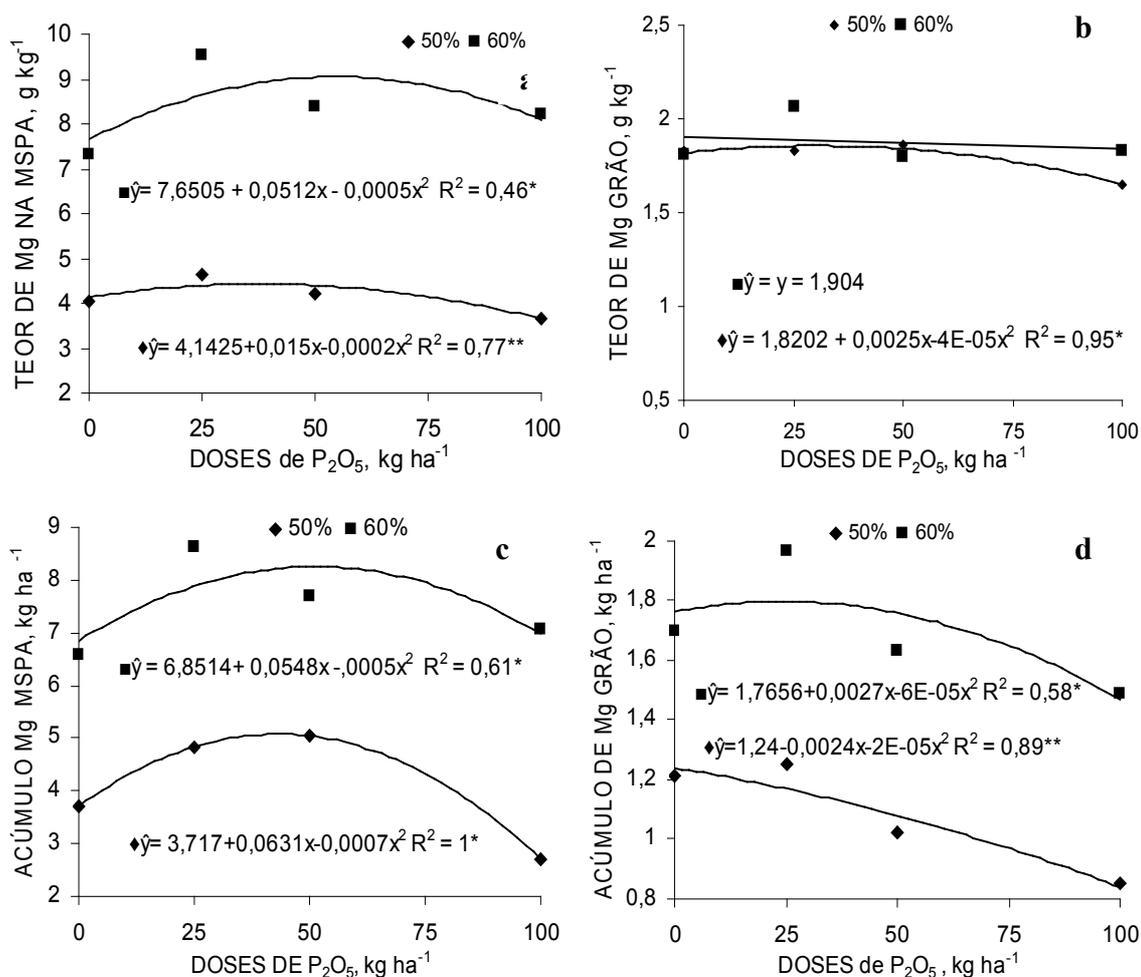


Figura 5. Teor e acúmulo de magnésio na massa seca da parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

O valor do nível crítico de Mg encontrado na parte aérea foi de 7,36 g kg ha⁻¹, portanto, dentro da faixa considerada adequada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) de 5 a 8 g kg⁻¹ e maior que a indicada por Oliveira e Dantas (1984) para o feijão caupi, de 6,6 g kg⁻¹.

O magnésio exerce um papel fundamental no transporte do fósforo nos processos bioquímicos na planta, principalmente, nas reações fosforiladas. Segundo Wilkinson, Malcon e Sumner (1999), o sinergismo entre o fósforo e o magnésio ocorre após o ponto crítico de absorção de fósforo, ponto em que aumenta a absorção de magnésio. Neste trabalho, tanto para o Mg como para o P, a maior absorção ocorreu na aplicação da dose de 25 kg de P₂O₅ ha⁻¹, resultando em maior acúmulo.

Os teores e acúmulos de macronutrientes, de uma maneira geral, foram influenciados pelos tratamentos. A ordem de acumulação dos macronutrientes na planta foi N >K >Ca >Mg >P.

2.3.2 Teor e acúmulo de micronutrientes na parte aérea e nos grãos

2.3.2.1 Cobre

O teor de Cu na parte aérea, teor e acúmulo nos grãos de feijão caupi foram significativamente alterados pelo efeito da aplicação de P no solo e da saturação por base (P<0,01). No tratamento V60 o teor e acúmulo de Cu na parte aérea aumentaram com as doses de P, ajustando-se os dados a uma equação quadrática (Figura 6a, c).

Segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) os teores recomendados para o *Vigna* está entre 5 e 7 mg kg⁻¹, porém, neste trabalho os teores foram maiores, variaram de 16,5 a 74,1 e de 14,2 a 17 mg kg⁻¹ na parte aérea e nos grãos, respectivamente (Figura 6a, b). O teor de cobre na parte aérea diminui com a idade das plantas devido ao aumento da matéria seca. De acordo com Fageria, Stone e Santos (2003) o teor de Cu no solo começa a diminuir quando o pH do solo aumenta acima de 5,9; no presente trabalho, os valores de pH ficaram abaixo do citado pelo autor, o que pode ter favorecido a absorção do micronutriente. O uso da calagem que aumenta à decomposição da matéria orgânica, pode ter favorecido a liberação de cobre para as plantas.

Para o acúmulo de Cu nos grãos observa-se que na V60 foi maior, enquanto que na V50 ocorreu uma redução com o aumento das doses de P (Figura 6d).

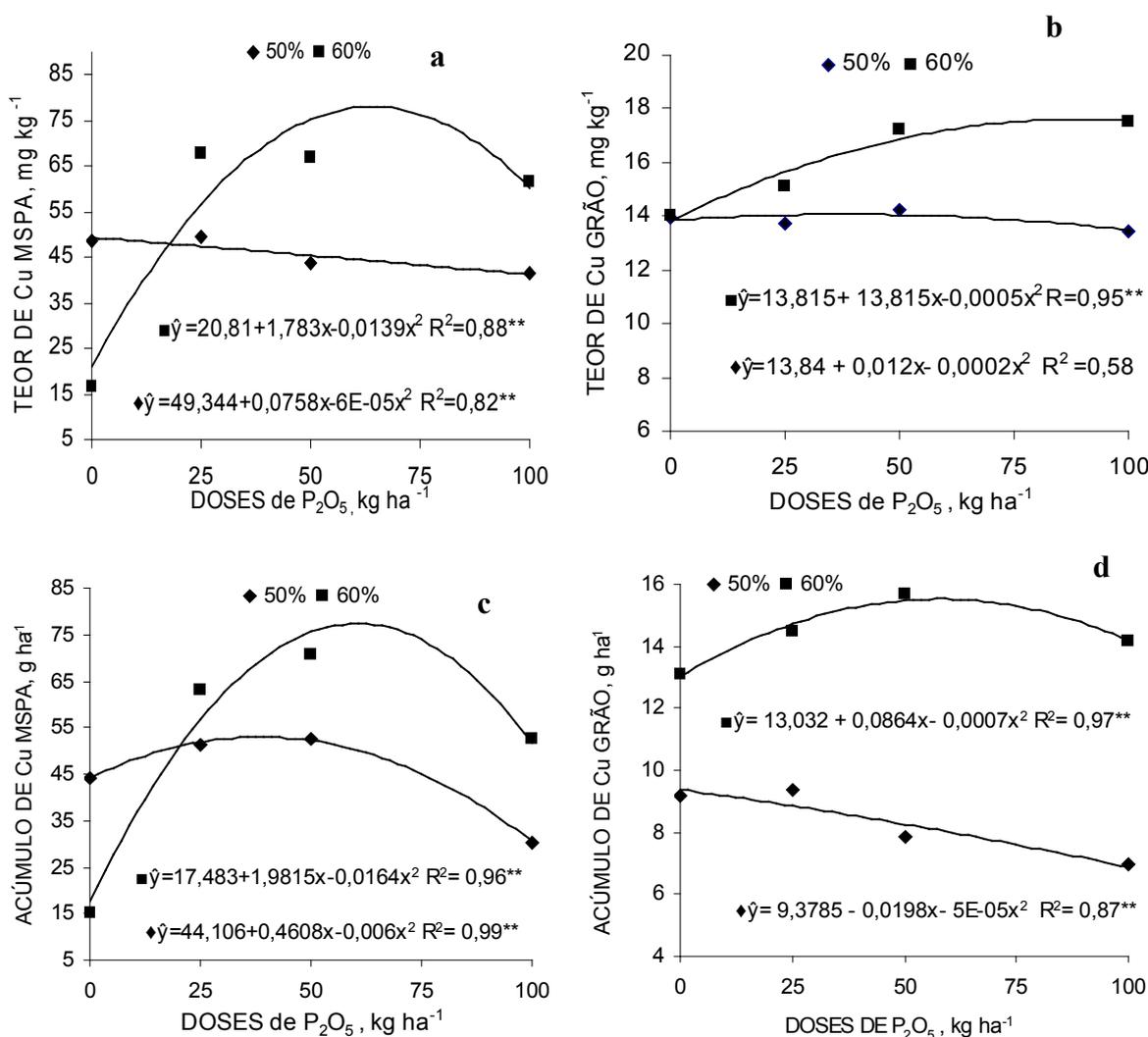


Figura 6. Teor e acúmulo de cobre na massa seca da parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

2.3.2.2 Manganês

A interação entre a saturação por bases e as doses de P influenciou os teores e acúmulos de Mn na MSPA, que foram maiores com a V50, sendo o modelo de regressão quadrático o que melhor se ajustou. Os teores e acúmulos de Mn na MSPA aumentaram com o aumento das doses de P para a V50 (Figura 7a, c).

Nos grãos, as doses de P afetaram os teores e acúmulos de Mn, independente da saturação por base (Figura 7b, d). Os dados se ajustaram a um modelo de regressão quadrático na V50, sendo que na V60 não houve ajuste significativo, no entanto ocorreu uma tendência de aumento com as doses de P. Os teores de Mn na MSPA variaram de 50,3 a 90,6 mg kg⁻¹, menores que os propostos como adequados por Malavolta, Vitti e Oliveira

(1997) para o *Vigna*, e por Oliveira e Dantas (1984), que variam de 400 a 425 mg kg⁻¹, enquanto que nos grãos os valores foram bem inferiores, de 6,6 a 8,6 mg kg⁻¹. Os baixos valores podem ser explicados pela calagem realizada.

O maior teor de Mn ficou concentrado na parte aérea, pois nas plantas ele se encontra em maior parte nos cloroplastos das folhas, e juntamente com o Fe e o Cu, exerce papel importante no sistema de transporte de elétrons.

O acúmulo de Mn na parte aérea aumentou com as doses de P, na V50, enquanto que na V60 apresentou uma tendência de redução, se ajustando a uma função quadrática, sendo que nos grãos não houve ajuste (Figura 7c, d).

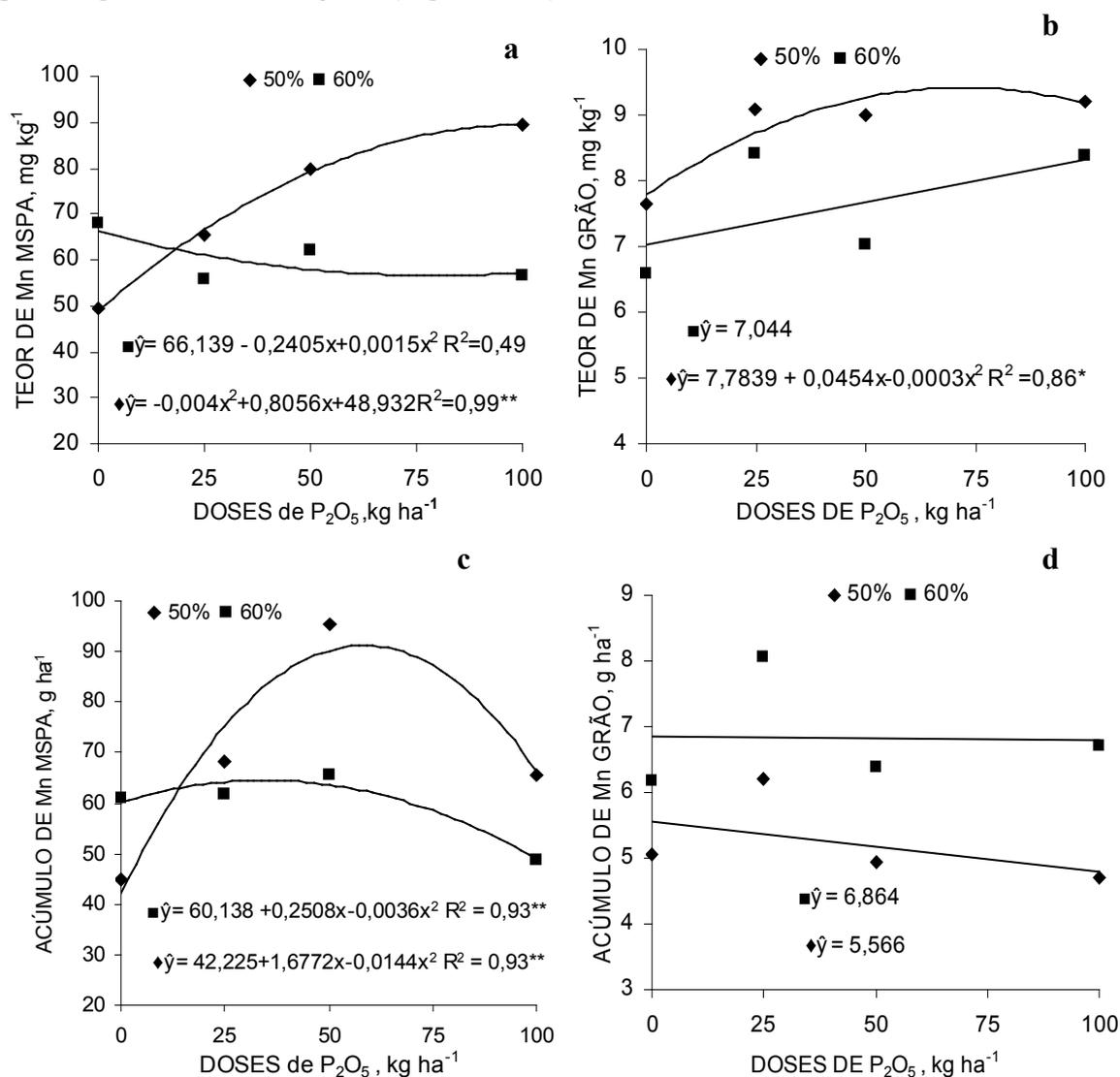


Figura 7. Teor e acúmulo de manganês na massa seca da parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo e da saturação por bases. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

2.3.2.3 Ferro

O teor e acúmulo de Fe na MSPA e nos grãos das plantas de feijão caupi foram influenciados ($P < 0,01$) pela interação entre as doses de P e saturação por bases (Figura 8).

Os maiores teores de Fe nos grãos ocorreram com a V60, na ausência das doses de P (Figura 8b), se ajustando a uma função quadrática. Na MSPA, os teores de Fe foram maiores com V60, sendo que as doses de P até 50 kg de P_2O_5 ha^{-1} , reduziram a absorção de Fe.

Os teores de ferro variaram de 140 a 190 $mg\ kg^{-1}$ e de 50 a 88,6 $mg\ kg^{-1}$ na parte aérea e nos grãos, respectivamente. Os teores foliares ficaram abaixo do proposto como adequados por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), de 700 $mg\ kg^{-1}$. Vários autores atribuem o efeito da calagem na diminuição da concentração de ferro na solução.

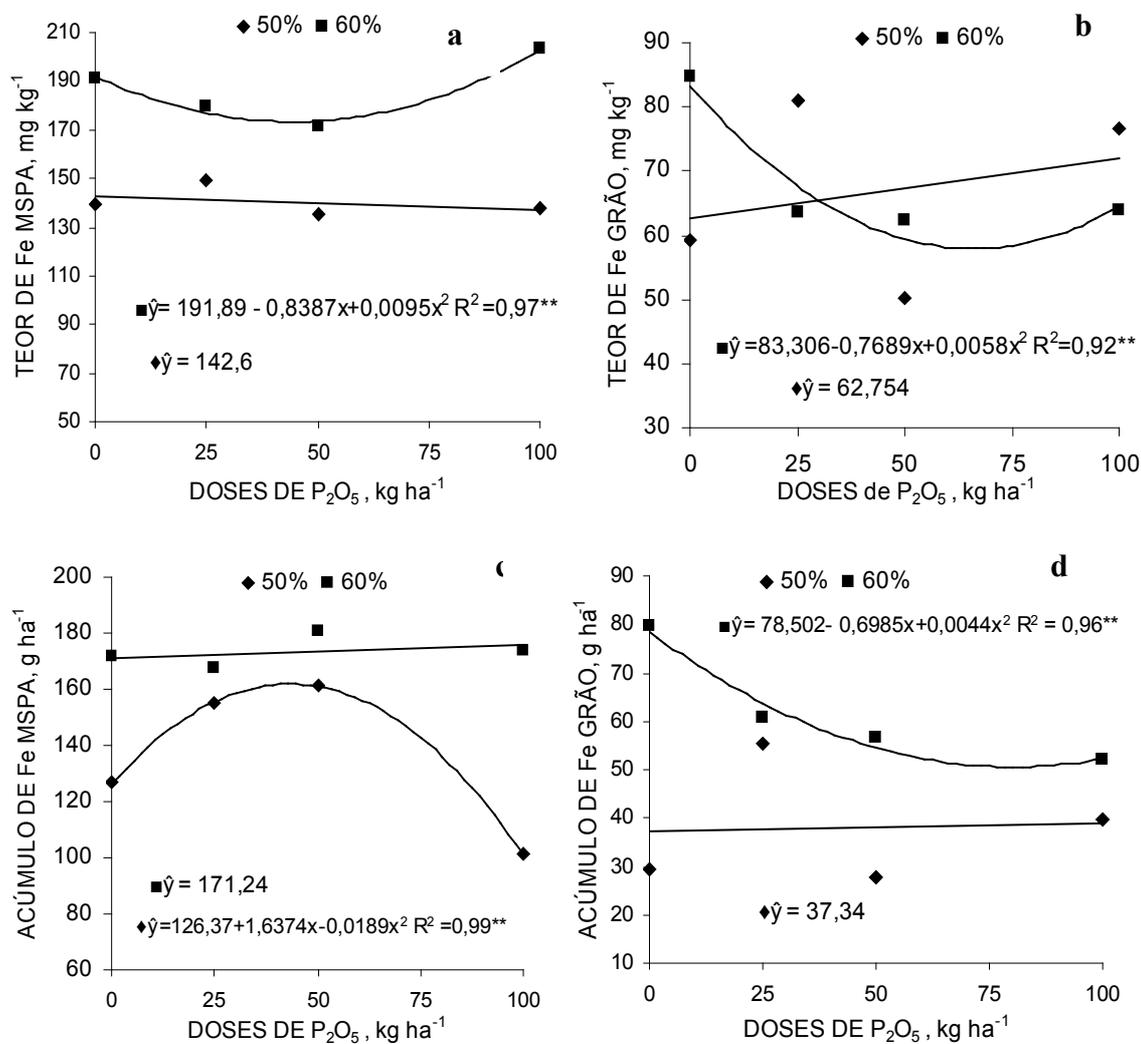


Figura 8. Teor e acúmulo de ferro na massa seca da parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo aplicadas e da saturação por bases. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

O acúmulo de ferro variou de 100 a 170 g ha⁻¹ na parte aérea do feijão caupi, com os maiores valores obtidos com V60, com diferenças significativas entre as doses de P (Figura 8c). Na V60 ocorreu redução do acúmulo de Fe nos grãos com a maior dose de P.

2.3.2.4 Zinco

Houve efeito significativo para o teor e o acúmulo de Zn na parte aérea das plantas e nos grãos de feijão caupi, em função das doses de P (Figura 8). Com o aumento das doses de P, os teores de Zn sofreram redução na MSPA e nos grãos, exceto na V50 para os grãos que ocorreu um ajuste quadrático. Os teores variaram de 20 a 34 mg kg⁻¹.

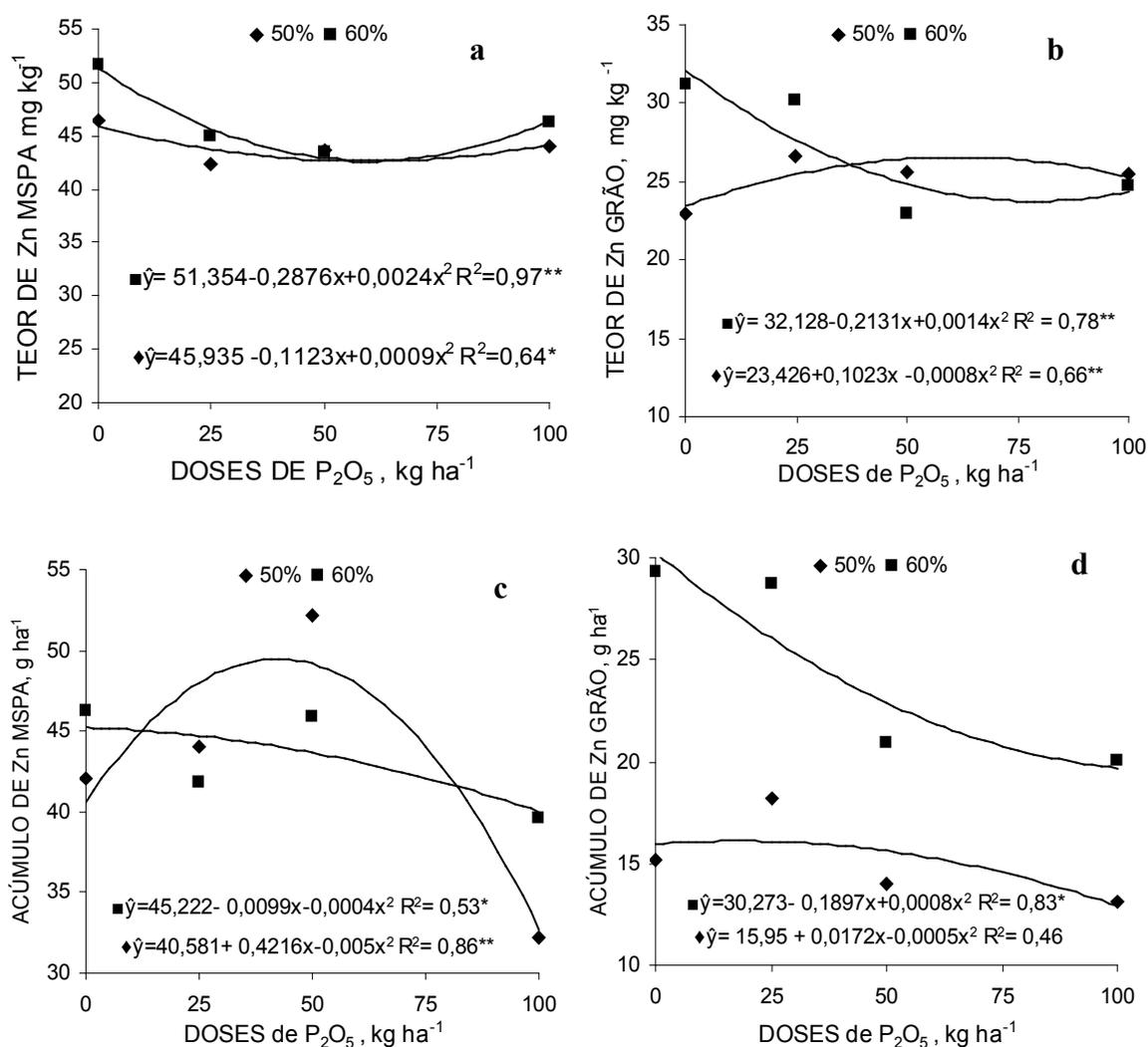


Figura 9. Teor e acúmulo de zinco na massa seca da parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo aplicadas e da saturação por bases. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

A redução no teor de zinco com o aumento das doses de P pode ter sido ocasionada pela alta concentração de P no solo, que causa a diminuição da absorção do Zn (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Olsen (1972) aponta três mecanismos distintos que podem explicar a interação entre estes nutrientes: a) diluição do Zn no tecido vegetal em virtude do crescimento das plantas decorrentes da maior disponibilidade de fósforo no solo; b) uma interação fisiológica antagônica entre os elementos, onde o P inibe a absorção do Zn; c) efeito negativo no transporte do Zn das raízes para a parte aérea das plantas.

Segundo Faquin (2001), o zinco e o boro são os micronutrientes que mais têm limitado a produção em solos tropicais. Os teores foliares de zinco variaram de 40,8 a 57,2 mg kg⁻¹, dentro da faixa proposta como adequada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) para o *Vigna*.

O acúmulo de zinco na parte aérea variou de 32 a 50 g ha⁻¹, sendo que a dose de 50 kg de P₂O₅ ha⁻¹ proporcionou o maior acúmulo, com V50 (Figura 9c). Com V60 os acúmulos de Zn reduziram nos grãos e na MSPA com as doses de P (Figura 9c, d).

2.3.2.5 Boro

Os teores de B na MSPA e nos grãos sofreram influência significativa das doses de P, exceto na V60, na MSPA que não se ajustou a funções linear e quadrática. Os teores variaram de 75 a 86 mg kg⁻¹ na parte aérea, menor que o valor proposto por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), como adequados, de 150 a 200 mg kg⁻¹ e por Oliveira e Dantas (1984), de 200 mg kg⁻¹(Figura 10a).

O acúmulo de B na parte aérea foi maior na V50, aumentando até a dose de 50 kg de P₂O₅ ha⁻¹ (Figura c). Nos grãos, a V60 apresentou maior acúmulo, ajustando-se a uma equação quadrática, enquanto que na V50, os dados se ajustaram de forma linear, decrescente (Figura d).

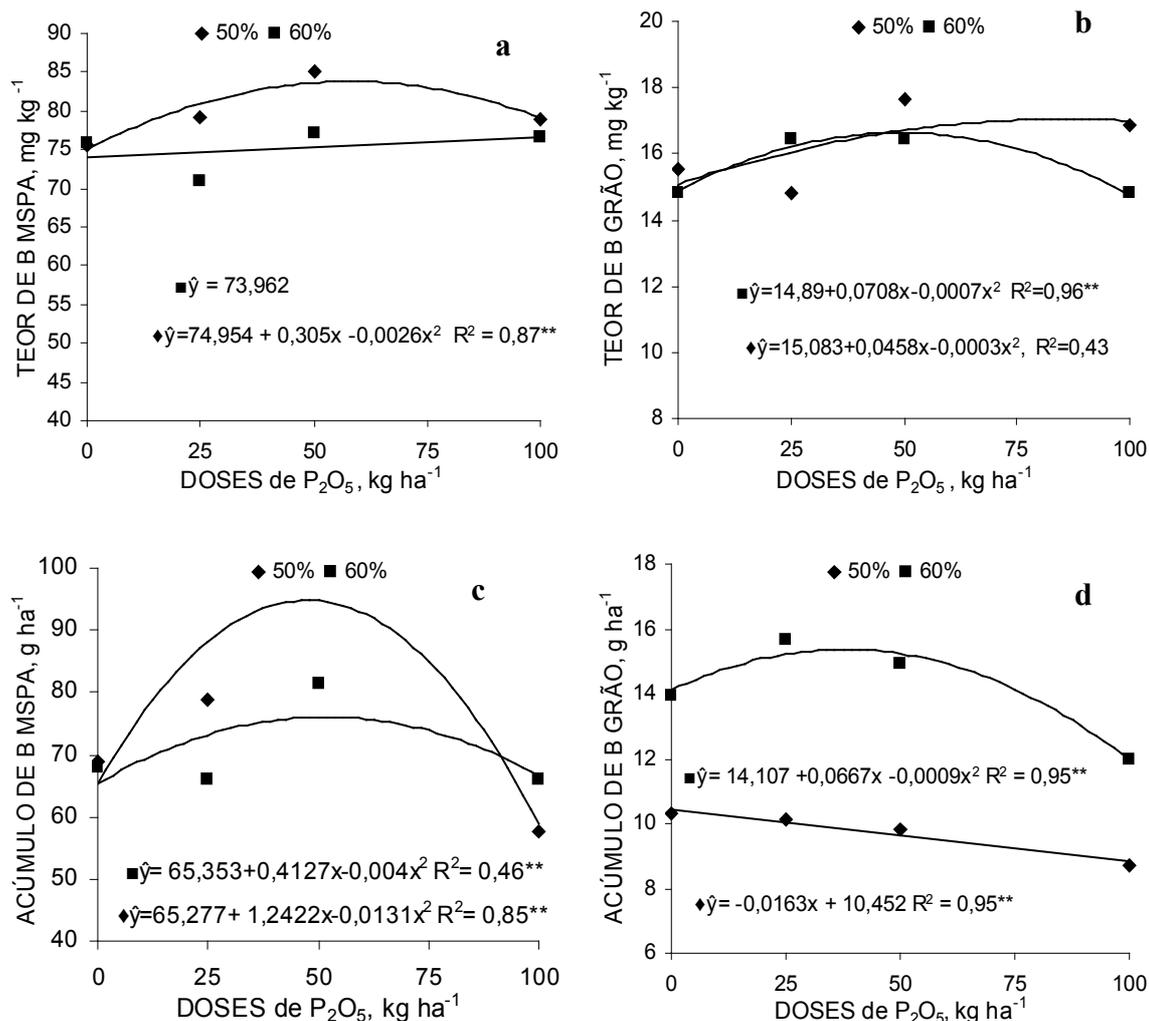


Figura 10. Teor e acúmulo de boro na massa seca da parte aérea (a, c) e nos grãos de feijão caupi (b, d), em função das doses de fósforo aplicadas e da saturação por bases * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Segundo Fageria, Stone e Santos (2003), o aumento do pH pela prática da calagem pode diminuir a disponibilidade de B nos solos ácidos. De acordo com Faquin (2001), a matéria orgânica é a principal fonte de B existente no solo para as plantas. Solos com alto teor de matéria orgânica, geralmente apresentam adequada concentração de B. Neste trabalho o teor de matéria orgânica pode não ter sido suficiente para proporcionar uma boa concentração de B, e juntamente com a prática da calagem pode ter diminuído a concentração do elemento no solo, e conseqüentemente, para a planta.

Segundo Faquin (2001) o B é um dos micronutrientes que mais tem limitado a produção em solos tropicais. O B exerce várias funções no metabolismo das plantas, está relacionado com o transporte de açúcares das folhas para os demais órgãos, crescimento

das células, divisão celular entre outras funções, garantindo a boa produtividade das culturas.

De maneira geral, o acúmulo dos micronutrientes na MSPA foram influenciados significativamente ($P < 0,01$) pela interação entre as doses de P e saturação por base, ajustando-se ao modelo quadrático. Entre os micronutrientes na MSPA de plantas de feijão caupi a ordem de acumulação foi $Fe > B > Mn > Zn > Cu$.

2.4 CONCLUSÕES

1- Os teores e acúmulos de macronutrientes do feijão caupi foram influenciados pelas doses de P e pela saturação por base.

2- A interação entre as doses de P e a saturação por bases influenciou os teores e acúmulos de micronutrientes em plantas de feijão caupi. Houve uma tendência de aumentos do Cu, Mn e B e diminuição do Fe e do Zn com as doses de P.

3- A planta de feijão caupi acumulou macronutrientes na massa seca da parte aérea na seguinte ordem: $N > K > Ca > Mg > P$, enquanto que os micronutrientes seguiram a ordem, $Fe > B > Mn > Zn > Cu$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A.S. **Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microregiões de Teresina e Litoral Piauiense**, 2000. 56p. Tese (Doutorado)-ESALQ, Piracicaba, 2000.

ANDRADE, C. A. B. **Limitações de fertilidade e efeito do calcário para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de várzea do sul de Minas Gerais**, 1997. 107p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – UFLA, Lavras, 1997.

ARF, O. Efeitos na cultura do trigo da rotação com milho e adubos verdes, na presença e na ausência de adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, V. 58, n.2, p. 323-334, 1999.

BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A. **Informativo Agrometeorológico 1998**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 57p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 54).

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J. Manejo sustentado da fertilidade de um Latossolo da Amazônia Central sob cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 2, p. 607- 616, 1997.

EMBRAPA MEIO-NORTE. **Sistemas de Produção, 2. Cultivo de Feijão-Caupi**. Versão Eletrônica. Jan/2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p. (Embrapa-CNPQ. Documentos, 1).

FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P.; DUTRA, L. G. **Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF-APA.; 1996 40P, (Documentos, 65.)

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos. Adubação fosfatada para o feijoeiro em solo de várzea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.2, p.124-127, 1998.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos. **Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado**. Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 250p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras. UFLA/FAEPE, 2001. 182 p.

FERNANDES, L.A.; et al. Fósforo e atividade da fosfatase ácida em plantas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.5, p.769-778, maio 1998.

FONSECA, D.M. **Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiara decumbes* e *Hyparrhenia rufa***. 1987. 146p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1987.

INADA, F. H.: **Efeito da aplicação de calcário sobre produção de massa seca e grãos, teor e acúmulo de macronutrientes em plantas de caupi cultivadas em solos de várzea do rio Pará**. 2005.46p. 46p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2005.

KAMPRATH, E. J., WATSON, M.E. Conventional soil testes for assessing the phosphorus status of soils. In: KHASAWNEH, E.E.; SAMPLE, E.C., KAMPRATH, E.J. (eds.) **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: ASA/ CSSA/ SSSA, 1980. p.169.

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

OLIVEIRA, I. P.; DANTAS, J. P. **Sintomas de deficiência nutricional e recomendações de adubação para caupi**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984.

OLSEN, S.R. Micronutrient Interaction. In: Mortvedt, J. J. et al., (Eds). **Micronutrients in Agriculture**. Madison ,Soil Science Society of America. Inc., 1972. p.243-264.

PADOVAN, M . R. et al. Avaliação de cultivares de soja, sob o manejo orgânico, para fins de adubação verde e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.37, p.1705- 1710, 2002.

PASTORINI, L. H.; et al. Crescimento inicial de feijoeiro submetido a diferentes doses de fósforo em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v.47, n.270, p.219-228, 2000.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.

SILVA, R.J.S.; VAHL, L.C.; PESKE, S.T. Rendimento de grãos no feijoeiro em função dos teores de fósforo na semente. **Rev. Bras. Agric.**, v.9,n.3, p 247-250,2002.

SILVA, E.B.; RESENDE, J.C.F.; CINTRA, W.B.R. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo em solo arenoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.973-977, 2001.

SILVA, C. A.; VALE, F. R.; GUILHERME, I. R. G. Efeito da calagem na mineralização do nitrogênio em solos de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, n. 18, p.471-476. 1994.

SOARES, E.; et al. Efeito da relação entre teores trocáveis de Ca e Mg do solo na absorção de K por plantas de centeio. **Revista de Agricultura**, v.58, p.315-330, 1983.

SUDAM. **Projeto de hidrologia e climatologia da Amazônia**. Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira. Belém, 1984. 155p.

TEIXEIRA, M. G. **Influência do conteúdo de fósforo na semente na nodulação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1995, 205p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, 1995.

VIEIRA, L.S. **Manual da Ciência do Solo**. 2ª Ed., Editora Agronômica CERES LTDA, São Paulo, 1988. 464 p.

WILKINSON, S.R.; E. S. MAOLCON; M. E. SUMNER. Nutrient interactions in soil and plant nutrition. In SUMNER, M. E (Ed.) **Handbook of soil Science**. CRC Press. Boca Ration, 1999. P.89-112

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Sistema de análise estatística para microcomputadores (SANEST)**. Pelotas: UFPel. Departamento de Matemática e Estatística, 1991. 101p

CAPÍTULO 3: CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE FEIJÃO CAUPI, EM FUNÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO E DA SATURAÇÃO POR BASES

RESUMO

Nas regiões tropicais a maioria dos solos são ácidos e apresentam baixa disponibilidade de nutrientes às plantas, principalmente o fósforo, o que tem se constituído em um fator limitante da produção. O fornecimento adequado e equilibrado de nutrientes para o feijão caupi, por meio da calagem e da adubação fosfatada pode contribuir para o aumento da produtividade e do valor nutricional dos grãos. Avaliou-se o efeito da adubação fosfatada e da saturação por bases sobre o crescimento e a produtividade do feijão caupi, em Latossolo Amarelo distrófico, de Belém - PA. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com oito repetições, em esquema fatorial 4x2, correspondendo à combinação de quatro doses de fósforo (0, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e duas saturações por bases (50 e 60%). Utilizou-se a cultivar BR3-Tracuateua, semeada para proporcionar 80.000 plantas por hectare, em uma área com preparo convencional. Por ocasião da floração foram coletadas duas plantas representativas, em cada parcela útil, para a determinação da massa seca da parte aérea. Avaliou-se o estande final das plantas para determinação dos componentes de produtividade. Para a produção de massa seca da parte aérea houve efeito significativo da interação entre a saturação por bases e doses de fósforo, cuja produção máxima foi alcançada na saturação de 50%, correspondente a dose de 45 kg ha⁻¹. Para os componentes de produção como peso de massa seca de vagens e de grãos também ocorreu efeito significativo para a interação fósforo x saturação por bases, sendo que a maior produção ocorreu na saturação por bases de 60% com a dose inicial de fósforo (25 kg ha⁻¹ de P₂O₅). A produção máxima de grãos e aquela correspondente a 90% da produção máxima foram atingidas com as doses de 11,3 e 10,16 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.

Palavras-chave: Adubação fosfatada; fertilidade; produtividade; *Vigna unguiculata*.

CHAPTER 3: GROWTH AND PRODUCTION THE COWPEA BEANS IN FUNCTION OF THE DOSES OF PHOSPHORUS AND BASE SATURATION.

ABSTRACT

In the tropical regions the majority of soil is acid and presents low availability of nutrients to the plants, mainly in phosphorus, what it has if constitutes in a limit factor of the production. The supply adequate and balanced of nutrients for the cowpea beans, by means of the liming and of the phosphate fertilization can contribute for the increase of the productivity and the nutritional value of the grains. Therefore the effect of the phosphate fertilization and the base saturation was evaluated on the growth and the productivity of the cowpea beans, in dystrophic Yellow Latosol, of Belém - Pará. The used experimental delineation was block-type casually, with eight repetitions in factorial project 4x2, corresponding to the combination of four doses of phosphorus (0, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅) and two bases saturations (50 and 60%). It was used to cultivate BR3-Tracuateua, sown to provide 80,000 plants per hectare, in an area with conventional tillage. At the time of flowering plants were collected two representative in each plot useful for the determination of the dry mass aerial part. Was evaluated, the final stand of plants to determine the components of productivity. The production of dry mass aerial part had a significant effect for interaction between the base saturation and doses of phosphorus, the maximum production was reached in saturation of 50%, corresponding to the dose of 45 kg ha⁻¹. The components of output and weight of dry mass of pods and grains also had significant effects on the interaction phosphorus x base saturation, and the highest production occurred in the base saturation of 60% with the initial doses of phosphorus (0 and 25 kg ha⁻¹ of P₂O₅). The maximum production of grains and that corresponding to 90% of maximum production were hit with the doses of 11.3 and 10.16 kg ha⁻¹ P₂O₅.

Key words: Phosphate fertilization; fertility; productivity; *Vigna unguiculata*.

3.1 INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), se destaca como uma cultura de importância sócio-econômica fundamental, para as famílias de baixa renda que vivem nas regiões Norte e Nordeste. Fornece alimento de alto valor nutritivo, por apresentar elevado conteúdo protéico, além de participar da geração de emprego e renda. Pelo seu valor nutritivo, o feijão caupi é cultivado, principalmente, para a produção de grãos secos ou verdes, visando o consumo humano. Suas sementes são fontes de proteínas, aminoácidos, tiamina, niacina, além de fibras dietéticas, representando uma opção para compor os programas de políticas públicas focados na melhoria e qualidade de vida, tanto no meio rural quanto no meio urbano (SOUZA, 2005).

O Latossolo amarelo é um dos solos mais representativos da Amazônia, apresentando como características químicas a acidez elevada, alta saturação por alumínio e baixa fertilidade, sendo necessário, portanto, a correção e a fertilização de modo adequado para obter maiores rendimentos agrícolas. A baixa produtividade média de grãos está relacionada a vários fatores do processo produtivo, dentre eles o manejo inadequado das práticas de adubação e calagem, assim como outras práticas necessárias para o aumento da produtividade (CARDOSO; MELO; ANDRADE JUNIOR, 1997).

Nesse aspecto, o conhecimento da fertilidade do solo assume papel importante, não só visando o máximo aproveitamento dos nutrientes, pela planta, contribuindo para o aumento da produtividade, mas também para que sejam evitados prejuízos financeiros. Neste caso, os usos da calagem e da adubação fosfatada são de relevante importância.

O aumento da produtividade em solos ácidos, geralmente é obtido com a prática da calagem, que favorece a elevação do pH e da saturação por bases do solo, além de fornecer os nutrientes Ca e Mg às plantas.

Segundo Fageria, Barbosa Filho e Stone (2003), o fósforo promove o aumento da produção de matéria seca da parte aérea, aumento do número de vagens e massa de grãos, principais determinantes da produtividade. No feijão caupi, o fósforo, é o elemento que mais limita a produção, considerando as condições do solo e as propriedades do elemento no meio (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2003). Contudo, embora seja o nutriente que as culturas mais respondem pouco se conhece, ainda, a respeito das quantidades a utilizar, que permitam a obtenção de rendimentos satisfatórios no feijão caupi, principalmente nas condições amazônicas.

Desse modo, estudos devem ser realizados com o intuito de se obter subsídios para a recomendação mais adequada da adubação, visando à produção de grãos. O trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de doses crescentes de fósforo e da saturação por bases, sobre a produção de matéria seca da parte aérea e o rendimento de grãos de feijão-caupi, cultivar BR3 Tracuateua, em Latossolo Amarelo distrófico.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em Belém - PA, em condições de campo, na área experimental do Instituto de Ciência Agrárias, pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), em Latossolo Amarelo distrófico, de textura média, no período de julho a outubro de 2006.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Afi, que se caracteriza por apresentar pluviosidade anual superior a 2000 mm, com um regime de chuvas durante praticamente todo o ano e totais mensais iguais ou superiores a 60 mm. A média das temperaturas máximas é de 31,4°C e das mínimas 22,4° C. O total de horas de insolação por ano fica em torno de 2.338 e a umidade relativa do ar, em média, é de 84% (SUDAM, 1984; BASTOS; PACHECO, 2001).

Antes da instalação do experimento e após o cultivo do caupi, amostras de solos foram coletadas da camada superficial (0 - 20 cm), e depois de secadas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm de abertura de malha, foram analisadas, efetuando-se as seguintes determinações: pH em água, Ca, Mg, Al trocável, P disponível (Mehlich 1) e K, conforme Embrapa (1997). Também foram realizadas as determinações da acidez potencial (H+Al) e carbono orgânico, sendo que a partir do C orgânico calculou-se o teor de MO (%MO = %C x 1,7241). Foram efetuados os cálculos de saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e a CTC pH 7. Na Tabela 1 encontram-se os resultados da análise química do solo, antes da instalação do experimento.

Tabela 1. Características químicas do solo antes da implantação do experimento na profundidade de 0-20 cm.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	(H+Al)	T	MO	V	m
água	(trocável)									
	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³					g kg ⁻¹	%	
4,1	23,40	0,03	0,10	0,36	1,05	5,07	5,56	17,18	8,81	68,1

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito repetições e esquema fatorial 4x2, correspondendo à combinação de quatro doses de fósforo (0, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e duas saturações por bases (50 e 60%), com oito repetições. As doses de fósforo tiveram como fonte o superfosfato simples, aplicado em sulco por ocasião da semeadura do feijão caupi.

A calagem foi efetuada com calcário dolomítico (PRNT de 70%) aplicado a lanço, não incorporado ao solo, 30 dias antes do plantio. As quantidades de calcário para a saturação por bases de 50% (V50) e 60% (V60), corresponderam a 3300 e a 4100 kg ha⁻¹, respectivamente. Para o cálculo da necessidade de calcário (NC) foi utilizada a fórmula $NC = (V_2 - V_1) T/100$, onde V₂ corresponde à saturação por bases desejada, V₁ é a saturação inicial do solo e T corresponde a CTC a pH 7.

O preparo do solo consistiu em uma aração e duas gradagens e o controle de plantas daninhas foi efetuado com capinas manuais. A semeadura foi realizada em 18/07/2006, utilizando a cultivar BR3-Tracuateua para se obter 80.000 plantas por ha, população alcançada com o espaçamento de 0,50m entre linhas e 0,25m entre plantas. A área total do experimento foi de 500 m² (25m x 20m), cada parcela foi constituída por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, tendo como área útil às duas fileiras centrais.

Efetuuou-se uma adubação básica 10 dias após a semeadura, que consistiu de 50 kg ha⁻¹ de N, com sulfato de amônio e 100 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio. Foi realizado ainda, a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de FTE, por ocasião do plantio do caupi.

Por ocasião da floração (28/09/2006) foram coletadas duas plantas representativas, na área útil em cada parcela, para a determinação de massa seca da parte aérea. O material foi lavado, cortado e secado em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, para posterior pesagem.

Na colheita, realizada em 20/10/2006, avaliou-se o estande final das plantas para determinação dos componentes de produtividade (produção de grãos, peso de grãos, peso de vagem). A produtividade foi determinada com base na produção de cada parcela útil, com umidade corrigida para 13%.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão, as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. As equações de regressão foram ajustadas às variáveis em função das doses de P₂O₅ aplicadas, utilizando o programa SANEST (ZONTA; MACHADO, 1991). O modelo de regressão foi definido com base no maior coeficiente de determinação e na sua significância. A dose de P que proporciona a máxima eficiência econômica foi calculada igualando-se a derivada primeira da função de

produção, determinada por meio de equação de regressão, estimando a dose de fósforo necessária para atingir a produção máxima e 90% desta produção.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do solo após o cultivo do caupi demonstra, de uma maneira geral, uma melhoria nas características químicas do solo (Tabela 2), quando comparado às aquelas observadas antes da aplicação dos tratamentos (Tabela 1). Verificou-se, que na saturação por base de 60% (V60) houve um maior aumento nos valores de pH, de P, de saturação por bases e, conseqüentemente, uma diminuição da saturação por alumínio. Embora tenha havido aumento do pH, o valor ficou abaixo do recomendado para a maioria das leguminosas. De acordo com Melo e Cardoso (1998) o feijão caupi é uma cultura que possui uma boa tolerância a solos ácidos, sendo que são considerados aptos para a cultura valores de pH superiores a 5,5.

As saturações por bases do solo não atingiram os valores desejados de 50 e 60%, o que pode ser justificado pela não incorporação do calcário ao solo antes do cultivo. Na área que recebeu calagem para elevar a saturação por base a 50%, a saturação por Al obtida está adequada ao valor preconizado por Araújo et al. (1984), que recomendam a calagem para a cultura do feijão caupi quando a porcentagem de saturação por Al for maior ou igual a 20%.

Tabela 2 – Média das Características químicas de um Latossolo Amarelo, textura média, após a adubação fosfatada, calagem e cultivo do feijão-caupi, em Belém do Pará.

Vp*	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	(H+Al)	T	V	m
%	H ₂ O	g kg ⁻¹	mg dm ³	-----cmol _c dm ³ -----							
50	4,5	13,84	37,23	0,03	1,54	1,36	1,19	5,49	8,42	34,80	28,90
60	4,9	13,70	41,20	0,04	2,10	1,60	0,80	4,90	8,44	41,90	18,40

*Saturação por base pretendida com a calagem

3.3.1 Nível crítico de P no solo

As doses de P aplicadas ao solo proporcionaram um aumento linear crescente no teor disponível do nutriente no solo, com elevado índice de correlação nas duas saturações por bases, sendo que na maior saturação (60%) ocorreu maior disponibilidade de P (Figura 1). Aumentos da disponibilidade de P, proporcionado pelo uso do calcário foi observado, também, por Neves (1991), que variou de 28,70 mg dm³ na ausência da calagem, para 33,53 mg dm³ com a aplicação de 1,6 t ha⁻¹ de calcário dolomítico. Os valores de P disponível, resultado da interação saturação por bases e doses de P, apresentam valores considerados muito altos por Silva (2003). Tal resultado por ser justificado pela elevada disponibilidade de P no solo antes da aplicação dos tratamentos (Tabela 1).

O P disponível no solo apresentou uma elevada correlação ($r=0,95$ para V50 e $r=0,96$ para V60) com o P aplicado no solo, ao mesmo tempo em que os valores disponíveis foram elevados, considerando as quantidades aplicadas (Figura 1).

A partir da determinação da máxima produção estimada de MSPA e de grãos, cujas equações se ajustaram a uma função quadrática, foi estimada a dose para a obtenção de 90% da produção máxima. O nível crítico de fósforo no solo foi obtido substituindo essa dose de fósforo estimada nas equações de regressão entre as doses de fósforo aplicadas, em ambas as saturações estudadas e o fósforo disponível.

O nível crítico (NC) de P no solo para a MSPA foi de 41,32 mg dm⁻³ correspondente ao tratamento V60 com a dose de 44 kg ha⁻¹ de P₂O₅, enquanto que para V50 foi de 35,9 mg dm⁻³ com a dose de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 2). O NC para a produção de grãos na maior saturação estudada foi de 27,8 mg dm⁻³ com a dose de 11,3 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Os teores encontrados são considerados altos para a cultura do feijão caupi no Estado do Pará, segundo Cravo e Souza (2007), que sugerem 15 mg dm⁻³. Por outro lado, Novais e Braga Filho (1971) constataram decréscimo no rendimento de grãos de feijão em solo com teor de 24 mg dm⁻³, valor próximo ao obtido neste trabalho. No entanto, os valores críticos muito elevados observados na MSPA podem estar relacionados ao elevado teor inicial de P no solo, ajustados na curva, resultado de adubações fosfatadas realizadas em cultivos anteriores ao caupi. Tal fato superestima a quantidade de P disponível, possibilitando um nível crítico mais elevado.

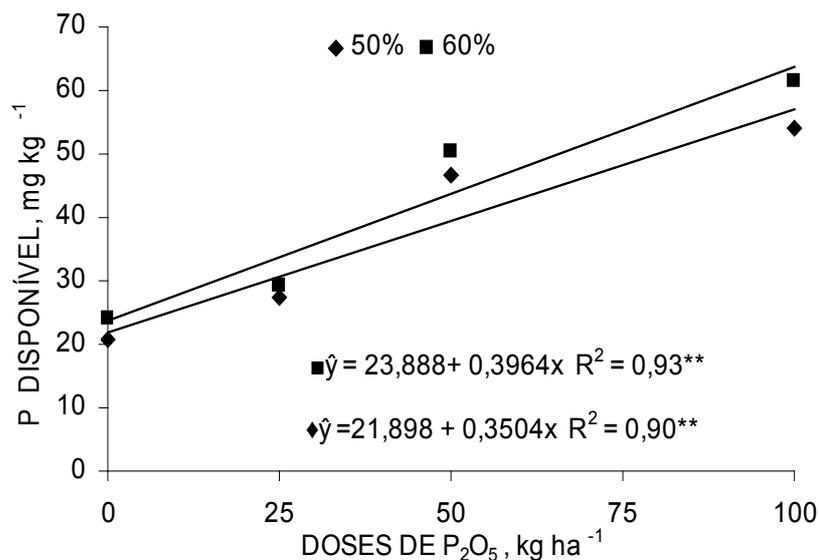


Figura 1. Teor de P disponível (Mehlich-1) no solo, em função das doses de P₂O₅ e nível crítico. ** significativos a 1% de probabilidade, respectivamente.

3.3.2 Produção de massa seca da parte aérea

A interação entre doses de P e o nível de saturação por base foi significativa ($P < 0,01$) para a produção de massa seca da parte aérea do caupi (Figura 2). As equações quadráticas foram as que apresentaram o melhor ajuste para produção de massa seca em função das doses de P, nas diferentes saturações por bases. A dose de 45 kg ha⁻¹ P₂O₅ e de 48 kg ha⁻¹ P₂O₅ foram que proporcionaram maior produção de massa seca, atingindo 1.152 kg ha⁻¹ com V50 e 1.023 kg ha⁻¹ com V60, respectivamente. De Paula et al. (1999), observaram aumentos quadráticos na massa seca da parte aérea, utilizando níveis crescentes de saturação por base no feijão caupi, cultivado em Latossolo Amarelo.

A produção econômica de massa seca, considerando 90% da produção máxima, foi de 1.036 kg ha⁻¹, para V50, com a dose de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de 920 kg ha⁻¹ para V60, com a dose de 44,1 kg ha⁻¹ P₂O₅.

A maior produção de massa seca na V50 pode estar relacionada à boa tolerância do caupi a solos ácidos (ARAÚJO; WATT, 1988). Muitos cultivos tropicais estão bem adaptados às condições de solos ácidos e, muitas vezes, não respondem positivamente à calagem ou tem baixa resposta (SANCHEZ, 1981), principalmente para saturações por base mais elevadas, como ocorreu neste trabalho. Por outro lado, a elevada disponibilidade de P no solo, quando da utilização das doses mais altas do fertilizante fosfatado, pode diminuir a resposta das culturas à calagem (MENDES; KAMPRATH, 1978), devido ao

aumento da taxa de chegada de P às superfícies das raízes, diminuindo a amplitude das zonas de depleção, o que vai permitir uma melhor performance das plantas em solos ácidos (ERNANI et al., 2000).

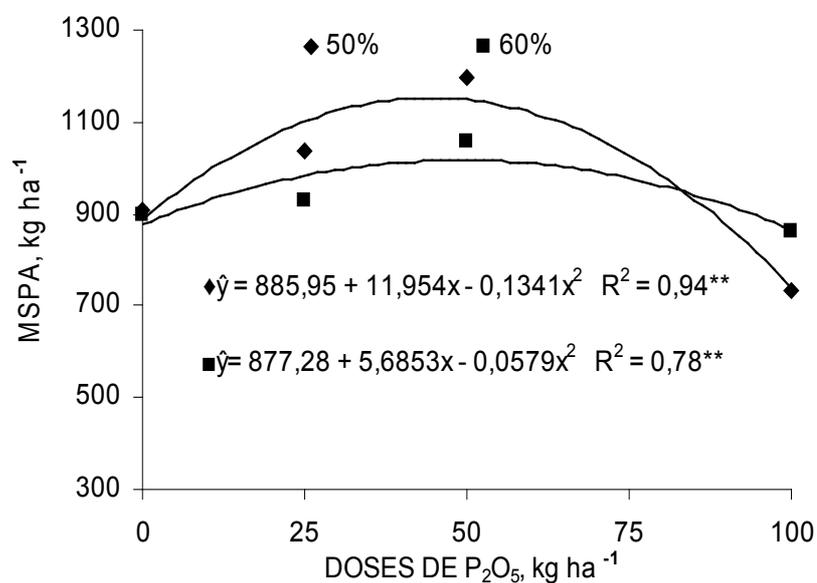


Figura 2. Produção de massa seca da parte aérea do feijão caupi, cultivar BR3 Tracueteua, em função das doses de fósforo e da saturação por bases. ** significativos a 1% de probabilidade

A elevada disponibilidade do P no solo, proporcionando maior produção de MSPA nas doses iniciais de P, com diminuição nas maiores doses aplicadas pode ser explicado pelo modo de aplicação do fósforo, que foi em sulco. Segundo Oliveira et al. (2001), a aplicação localizada deste nutriente coloca a disposição do sistema radicular das plantas maior quantidades de P, contribuindo para o aumento da produção de massa seca, mesmo quando utilizadas doses baixas do fertilizante. Conforme Fageria et al. (2003) a disponibilidade de P interfere diretamente na produção de massa seca.

Por outro lado, é conhecido que os solos tropicais respondem a elevadas doses de fertilizantes fosfatados, com respectivos aumentos da produção vegetal (NOVAIS; SMYTH, 1999), fato não observado neste trabalho, devido a elevada concentração inicial de P no solo.

Resultados diferentes dos obtidos neste trabalho foram observados por Neves (1991) em que a maior produção de MSPA foi atingida com a dose de 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e por Cravo e Smyth (1990) que também concluíram ser a dose de 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹, a que proporcionou a melhor produção no feijão caupi, em Latossolo Amarelo. Ressaltamos que os valores de P nesses solos, antes da aplicação dos tratamentos, eram muito baixos.

3.3.3 Peso de massa seca de vagem e de grãos

O rendimento de massa seca de vagens e de grãos do feijão caupi foi influenciado significativamente pela interação entre as doses de P_2O_5 e a saturação por bases, se ajustando a funções quadráticas (Figuras 3 e 4). As produções dessas variáveis atingidas com V60, independente das doses de P, superaram em mais de 30% àquelas obtidas com V50. Os maiores rendimentos de massa seca de vagens e de grãos ocorreram com a dose de 25 kg ha^{-1} , sem diferença significativa para a testemunha, para ambas as saturações por bases. Tal resultado pode ser explicado pela elevada quantidade de P disponível existente na área, resultado de adubações anteriores (Tabela 1).

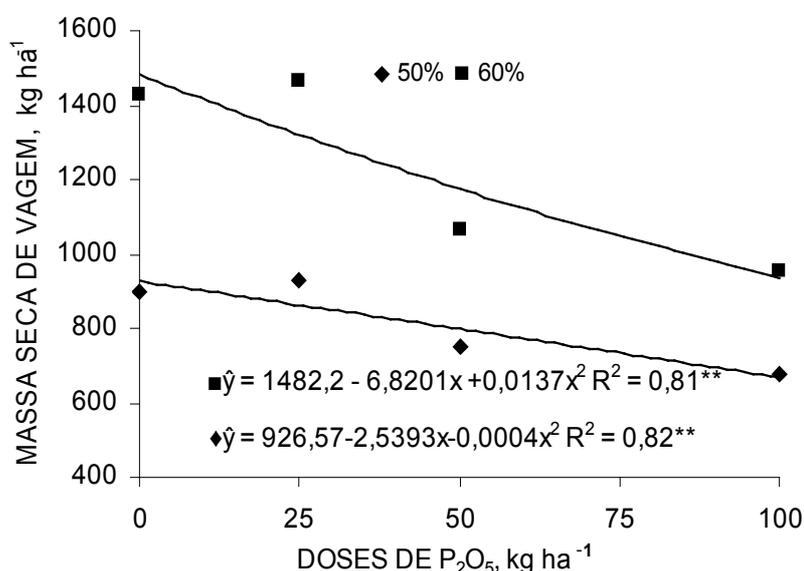


Figura 3. Peso de massa seca de vagem do feijão caupi, cultivar BR3 Tracuateua, em função das doses de fósforo e da saturação por bases. ** significativos a 1% de probabilidade

Em cultivares de feijão comum, Vidal e Junqueira Netto (1992), constataram o aumento do número de vagem em função das doses de fósforo. Já Oliveira et al. (2001) obtiveram produtividade de $6,2 \text{ t ha}^{-1}$ de vagens, em cultivo de feijão caupi, com o uso da adubação fosfatada. De outro modo, Oliveira, Araújo e Dutra (1996) afirmam que plantas de feijoeiro deficientes em P, perdem o vigor, reduzem o número de vagem e de grãos, reduzindo a produção, enquanto Fageria et al. (2003) sugerem que a influência do P na cultura do feijoeiro reside no aumento dos principais componentes determinantes da produtividade.

Os resultados encontrados neste trabalho estão de acordo com os obtidos por Barbosa Filho e Silva (2000) que relatam o aumento significativo da produção de grãos de feijão comum, em solos de cerrado, com aplicação de calcário acima de 3 t ha^{-1} . Segundo

Carvalho et al.(1988) a maior resposta ao P em leguminosas foram obtidas na maior saturação por bases, correspondente a 4000 kg ha⁻¹, fato observado neste trabalho.

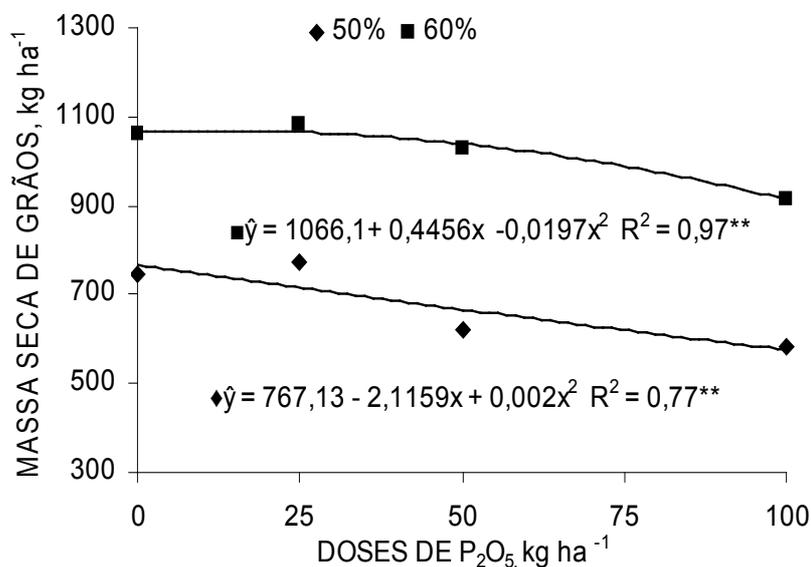


Figura 4. Peso de grãos de feijão caupi, cultivar BR3 Tracueteua, em função das doses de fósforo e da saturação por bases. ** significativos a 1% de probabilidade

Para o efeito do fósforo, independente da saturação por base, foi observado que a produção de vagens e grãos de feijão caupi aumentou até a dose de 25 kg ha⁻¹ de P₂O₅, diminuindo com o aumento das doses (Figura 3 e 4). Estudos comprovam a diminuição da produção com o aumento das doses de P, em solos que apresentam alto teor do nutriente disponível. Barrios et al. (1970) verificaram a ausência de resposta da adubação fosfatada para o feijão comum em solos com 15 mg dm⁻³ de P, ao passo que Novais e Braga Filho (1971) encontraram decréscimo na produção de feijão com o aumento da adubação fosfatada em um solo com 24 mg dm⁻³.

Diferente dos resultados encontrados neste trabalho Cardoso et al. (2006) observaram aumento na produção de feijão caupi em Latossolo Amarelo do PI, com aplicação de doses de P (0; 45; 90 e 135 kg P₂O₅ ha⁻¹). Em estudos realizados por Neves (1991) e Cravo e Smith (1990) foram observadas respostas positivas e significativas para a produção de grãos de feijão caupi, sendo que a dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi a que proporcionou maior produção, porém nesses solos o teor disponível de P era baixo (3 mg dm³).

A produção máxima estimada para grãos na saturação por bases de 60% foi de 1.068 kg ha⁻¹, para uma dose de 11,3 kg ha⁻¹ de P₂O₅, enquanto que a produção estimada para a máxima eficiência econômica (90% da produção máxima) foi de 961 kg ha⁻¹ para a

dose 10,16 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Neste caso, a produção mais econômica, provavelmente não seria aquela que levaria ao maior retorno ao produtor, tendo em vista que o aumento em um kg de P proporcionaria 100 kg de grãos a mais.

A média nacional para a produção de grãos do feijão caupi é de 0,76 t ha⁻¹ conforme IBGE (2005), no entanto essa média foi superada em ambas as saturações por bases, independente da dose de P utilizada. Por outro lado, no pólo produtivo do Estado do Pará a produtividade média, em alguns cultivos, já chega a 1000 kg ha⁻¹ (CRAVO; SMYTH, 2005), também superada pela maior produtividade obtida neste trabalho.

3.4 CONCLUSÕES

1 - A saturação por bases de 60% proporcionou maior produção de grãos e de vagem do feijão caupi, independente da dose de P aplicada.

2 - A produção máxima de grãos de feijão caupi e aquela correspondente a 90% da produção máxima foram atingidas com as doses estimadas de 11,3 e 10,16 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente, correspondente à saturação por bases de 60%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (Org.). **O Caupi no Brasil**. Brasília: IITA/EMBRAPA, 1988. 722p.
- ARAÚJO, J. P. P de; RIOS, G.P; WATT, E.E.; NEVES, B.P. das; FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, I.P. de; GUIMARÃES, C.M.; SILVEIRA FILHO, A. **Cultura do caupi, *vigna unguiculata* (L) Walp.**: descrição e recomendações técnicas de cultivo. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1984.82p. (circular técnica, 18).
- BARBOSA FILHO, M. P, SILVA. O. F da. Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado em solos de cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 35, n.7, p. 1317-1324, jul.2000.
- BARRIOS, A., RODRIGUEZ, A.B., ORTEGA, S., ETR AL. Resultados de ensayos de fertilización em caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agronomia Tropical**, Maracay, v.20, n.5, p.355-369, 1970.
- BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A. **Informativo Agrometeorológico** 1998. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 57p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 54).
- CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B; SOBRINHO, A. C.; RODRIGUES. B. H. N. Adubação fosfatada e densidade de planta em feijão-caupi em solos do tabuleiro costeiro.

In: CONGRESSO NACIONAL DO FEIJÃO CAUPI e REUNIÃO NACIONAL DO FEIJÃO CAUPI, 6., 2006, Teresina. **Anais...** Teresina, 2006.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Densidade de plantas de caupi em regime irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 4, p. 399-405, 1997.

CARVALHO, M. M; et al. Resposta de leguminosas forrageiras tropicais à calagem e ao fósforo, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, p.153-159, 1988.

CRAVO, M. S; SOUZA, B. D. L. Feijão caupi. In: CRAVO, M. S.; VIÉGAS. I. J. M.; BRASIL, E. C. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. p.147-149.

CRAVO, M. S; SMYTH, T. J. Atributos físico-químicos e limitações dos solos de áreas produtores de feijão-caupi no nordeste do Estado do Pará. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 30, 2005 Recife. **Anais...**Recife: SBCS, 2005.CD-ROM.

CRAVO, M.S.; SMYTH, T.J. Sistema de cultivo com altos insumos na Amazônia Brasileira. In: SMYTH, T. J.; RAUN, W. R.; BERTSCH, F. (Eds.) **Manejo de solos tropicales en Latinoamérica**. Talles Latinoamericano de Manejo de Suelos Tropicales 2. San José, 1990. North Carolina State University, 1990, p. 145-156.

DE PAULA, P. W. R.; VIEGAS, I. DE J. M.; THOMAZ, M. A. A.; FRAZÃO, D. A. C.; KATO, A. K. Efeito da calagem na produção de matéria seca em feijão-caupi BR-2 no Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília, **Anais...** Brasília, SBCS, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p. Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

EMBRAPA MEIO-NORTE. Sistemas de Produção, 2. Cultivo de Feijão-Caupi.

(Versão Eletrônica. Jan/2003).

ERNANI, P. R., et al. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3, p. 537-544, 2000.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; STONE, L.F. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada. In: POTAFÓS. Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.102, p.1-9, 2003.

IBGE.. Sistema IBGE de recuperação Automática - SIDRA, 2005. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: setembro de 2007.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J. **Rendimento de grãos de feijão caupi relacionado a doses de fósforo**. Teresina: Embrapa/ UEPAE, 1998 (Documentos, 9).

MENDEZ, J.; KAMPRATH, E.J. Liming of Latossols and the effect on phosphorus response. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v. 42; 86-88, 1978.

NEVES, E. J. M. **Calagem e adubação fosfatada na produção de matéria seca de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) WALP.), e nas características químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo do Estado do Amazonas.** 1991, 59p. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1991.

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

NOVAIS, F. R.; BRAGA FILHO, L. J. Aplicação de "tufito" e NPK na adubação do feijão, em um solo de Patos de Minas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.18, n.98, p. 308-314, 1971.

OLIVEIRA, A. P; et al. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 81-84, 2001.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica do nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; (Eds.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Potafós, Piracicaba: 1996. 786p.

SANCHES, P. A. **Suelos tropicales: características y manejo.** Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1981. 660p.

SILVA, S. B. **Análise de solos.** Belém: UFRA, 2003. 152p.

SOUZA, R. F. de. **Dinâmica de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica, cultivados com feijoeiro.** 2005. 141 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SUDAM. **Projeto de hidrologia e climatologia da Amazônia;** Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira. Belém, 1984. 155p.

VIDAL, L. S.; JUNQUEIRA NETTO, A. Efeitos da densidade de plantas e de doses de fósforo sobre algumas características de duas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Prática**, Lavras, v.6, n.2, p.195-207, 1982.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Sistema de análise estatística para microcomputadores (SANEST).** Pelotas: UFPel.- Departamento de Matemática e Estatística, 1991. 101p.

ANEXOS

TABELA 1A. Resumo das análises de variância da matéria seca da parte aérea (MSPA), massa seca de vagem (MSV) e produção de grãos (PG) de feijão caupi, em função de doses de fósforo e da saturação por bases, cultivado em um Latossolo Amarelo de Belém, PA.

Causa da Variação	G. L.	Q. M.		
		MSPA	MSV	PG
Calagem	1	4316,48 ^{ns}	688281,78 ^{**}	461742,33 ^{**}
Fósforo	3	77356,33 ^{**}	142596,68 ^{**}	25981,51 ^{**}
Bloco	7	985,96 ^{ns}	1535,17 ^{ns}	2378,83 ^{ns}
Calagem x Fósforo	3	14365,39 ^{**}	18493,7 ^{**}	1937,56 ^{**}
Resíduo	49	1444,96	2064,78	1084,61
C.V. (%)		7,98	8,89	7,73

^{ns}, * e **, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 2A. Resumo das análises de variância de teor de macronutrientes na parte aérea de plantas de feijão caupi, em função de doses de fósforo e da saturação por bases, cultivado em um Latossolo Amarelo de Belém, PA.

Causa da Variação	G. L.	Q. M.		
		N	P	K
Calagem	1	97,219597*	0,7077015	154,3495681**
Fósforo	3	19,0327764	0,2399224*	25,0335021*
Bloco	7	3,6481759	0,0827337	10,1266411
Calagem x Fósforo	3	14,8295247	0,3522640*	21,4611532*
Resíduo	49	7,4663894	0,1786786	5,5241221
C.V. (%)		9,011	15,38	19,32

Causa da Variação	G. L.	Q. M.	
		Ca	Mg
Calagem	1	77,1103495*	212,6128580**
Fósforo	3	4,2303355*	7,9651262*
Bloco	7	14,3974797	9,9512660
Calagem x Fósforo	3	0,5473184*	5,3789433*
Resíduo	49	2,0261372	2,6774403
C.V. (%)		13,93	27,4

* e **, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 3A. Resumo das análises de variância de teor de macronutrientes nos grãos de plantas de feijão caupi, em função de doses de fósforo e da saturação por bases, cultivado em um Latossolo Amarelo de Belém, PA.

Causa da Variação	G. L.	Q. M.		
		N	P	K
Calagem	1	23,0520037*	0,0047266	0,1242561*
Fósforo	3	33,8589371*	0,3030683*	3,57787968**
Bloco	7	12,2610354	0,3666784	3,2887568
Calagem x Fósforo	3	26,1883680*	0,0773224*	1,7318353*
Resíduo	49	11,3565919	0,1921008	1,0743036
C.V. (%)		8,74	10,52	

Causa da Variação	G. L.	Q. M.	
		Ca	Mg
Calagem	1	0,4306639*	0,1003862*
Fósforo	3	0,0374472**	0,1079354**
Bloco	7	0,1121212	0,0886705
Calagem x Fósforo	3	0,0046057**	0,08589938**
Resíduo	49	0,0343176	0,0337124
C.V. (%)		4,26	9,99

* e **, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 4A. Resumo das análises de variância de acúmulo de macronutrientes na parte aérea de plantas de feijão caupi, em função de doses de fósforo e da saturação por bases, cultivado em um Latossolo Amarelo de Belém, PA.

Causa da Variação	G. L.	Q. M.		
		N	P	K
Calagem	1	23,0768659**	0,3206391*	159,1382388**
Fósforo	3	249,4698058**	1,7722391**	43,2755488**
Bloco	7	15,1225207*	0,1334158	9,6792965
Calagem x Fósforo	3	44,3929257**	0,0118599**	12,8410987**
Resíduo	49	10,6224835	0,1618699	4,9093670
C.V. (%)				19,31

Causa da Variação	G. L.	Q. M.	
		Ca	Mg
Calagem	1	50,5343264**	160,3072575*
Fósforo	3	12,6380545**	10,8183612
Bloco	7	15,0067917	9,3180663
Calagem x Fósforo	3	3,0710773**	5,5702765**
Resíduo	49	2,2415350	2,7324403
C.V. (%)			29,18

* e **, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 5A. Resumo das análises de variância de acúmulo de macronutrientes nos grãos de plantas de feijão caupi, em função de doses de fósforo e da saturação por bases, cultivado em um Latossolo Amarelo de Belém, PA.

Causa da Variação	G. L.	Q. M.		
		N	P	K
Calagem	1	2458,796290**	24,4901273**	102,6675549**
Fósforo	3	47,4154807**	2,2711014**	11,8228601**
Bloco	7	24,9392000	0,4478408	3,7897276
Calagem x Fósforo	3	23,7498107*	0,0600516*	0,1305937**
Resíduo	49	13,5534991	0,1524806	0,7943169
C.V. (%)		12,66	12,43	13,86

Causa da Variação	G. L.	Q. M.	
		Ca	Mg
Calagem	1	22,6612249**	6,0885563**
Fósforo	3	1,8478210**	0,5644604**
Bloco	7	0,1188929	0,1393848*
Calagem x Fósforo	3	0,0714291*	0,0390604*
Resíduo	49	0,0796765	0,0378935
C.V. (%)		8,6	13,95

*e **, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 6A. Resumo das análises de variância de teor de micronutrientes na parte aérea de plantas de feijão caupi, em função de doses de fósforo e da saturação por bases, cultivado em um Latossolo Amarelo de Belém, PA.

Causa da Variação	G. L.	Q. M.		
		Cu	Mn	Fe
Calagem	1	879,1226258**	1749,3304495**	33837,6027807
Fósforo	3	2173,389505**	825,7804978**	831,2585430
Bloco	7	188,1856267**	60,7607243	145,6999108
Calagem x Fósforo	3	2757,83656**	1886,6344913**	981,3353056**
Resíduo	49	22,3490954**	49,2052522	190,0466646
C.V. (%)			10,65	8,44

Causa da Variação	G. L.	Q. M.	
		Zn	B
Calagem	1	96,5306400*	230,8120887**
Fósforo	3	103,8393816*	163,5994227*
Bloco	7	22,7166952	16,7432070
Calagem x Fósforo	3	19,5768810**	50,2644416**
Resíduo	49	20,2283278	30,9197284
C.V. (%)		9,91	77,01

*e **, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 7A. Resumo das análises de variância de teor de micronutrientes nos grãos de plantas de feijão caupi, em função de doses de fósforo e da saturação por bases, cultivado em um Latossolo Amarelo de Belém, PA.

Causa da Variação	G. L.	Q. M.		
		Cu	Mn	Fe
Calagem	1	71,8256173**	20,3626529*	58,1406250*
Fósforo	3	11,3689582**	9,9409899*	953,0588103**
Bloco	7	6,6249128**	1,0428348	23,6732109
Calagem x Fósforo	3	12,3456240**	1,3955725**	1660,5893605**
Resíduo	49	1,1236863	0,5130899	18,1057605
C.V. (%)		7,01	8,76	6,27

Causa da Variação	G. L.	Q. M.	
		Zn	B
Calagem	1	69,5139158**	5,5814060*
Fósforo	3	56,3926594**	10,3172059*
Bloco	7	3,7492625	10,4884774
Calagem x Fósforo	3	92,4384811**	10,0869059*
Resíduo	49	6,4460498	9,6733795
C.V. (%)		9,68	19,53

* e **, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 8A. Resumo das análises de variância de acúmulo de micronutrientes na parte aérea de plantas de feijão caupi, em função de doses de fósforo e da saturação por bases, cultivado em um Latossolo Amarelo de Belém, PA.

Causa da Variação	G. L.	Q. M.		
		Cu	Mn	Fe
Calagem	1	521,1518925**	2218,7631958**	22376,4203274**
Fósforo	3	3471,939040**	2400,6137916**	3416,1526889**
Bloco	7	213,2165906	54,4565356	292,5981239
Calagem x Fósforo	3	2240,216192**	1550,6335225**	2995,0413014**
Resíduo	49	44,5186588**	60,6314416	311,9518570
C.V. (%)			12,44	11,41

Causa da Variação	G. L.	Q. M.	
		Zn	B
Calagem	1	9,9935098	659,5265820*
Fósforo	3	464,7221712**	2625,0719872**
Bloco	7	18,0984861	41,4377214
Calagem x Fósforo	3	153,3719077*	639,2862059**
Resíduo	49	25,5083948	62,1208623
C.V. (%)		11,74	10,71

* e **, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 9A. Resumo das análises de variância de acúmulo de micronutrientes nos grãos de plantas de feijão caupi, em função de doses de fósforo e da saturação por bases, cultivado em um Latossolo Amarelo de Belém, PA.

Causa da Variação	G. L.	Q. M.		
		Cu	Mn	Fe
Calagem	1	580,1474107**	41,6024998*	7581,8377763**
Fósforo	3	6,2985186	8,4965223*	1213,43214**
Bloco	7	2,5478600	0,7292024	65,7002683
Calagem x Fósforo	3	12,9859585**	0,7250750**	1017,1202482**
Resíduo	49	1,6053889	0,5410598	24,1054024
C.V. (%)		11,15	12,16	9,55

Causa da Variação	G. L.	Q. M.	
		Zn	B
Calagem	1	1471,201964**	307,9586323**
Fósforo	3	186,0247660**	19,2015185*
Bloco	7	9,7239430	9,0190998
Calagem x Fósforo	3	48,4555898**	4,8570671**
Resíduo	49	4,7695092	7,1871690
C.V. (%)		10,95	22,45

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)