

EDNALDO BARBOSA PEREIRA JUNIOR

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA NA CULTURA
DO FEIJÃO CAUPI NO MUNICÍPIO DE SOUSA-PB**

MOSSORÓ – RN
2012

EDNALDO BARBOSA PEREIRA JUNIOR

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA NA CULTURA
DO FEIJÃO CAUPI NO MUNICÍPIO DE SOUSA-PB**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido UFERSA, para obtenção do título de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

ORIENTADOR:

Prof. Fábio Henrique Tavares de Oliveira

MOSSORÓ – RN
2012

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e
catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA**

P436a	Pereira Junior, Ednaldo Barbosa. Adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do feijão caupi no município de Souza-PB. / Ednaldo Barbosa Pereira Junior. -- Mossoró, 2012. 69 f.: il. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Orientador: Fábio Henrique Tavares de Oliveira. 1. Semiárido. 2. Solo. 3. Adubação química. 4. Fertilidade. I. Título. CDD:631.422
-------	---


Bibliotecária: Vanessa de Oliveira Pessoa
CRB 15/453

EDNALDO BARBOSA PEREIRA JUNIOR

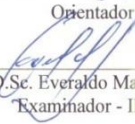
**ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA NA CULTURA DO
FEIJÃO CAUPI NO MUNICÍPIO DE SOUSA – PB**

Tese apresentada à Universidade Federal
Rural do Semi-Árido UFERSA, para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia: Fitotecnia.

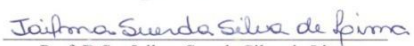
APROVADA EM: 28 /09/2012




Prof. D.Sc. Fábio Henrique Tavares de Oliveira
Orientador



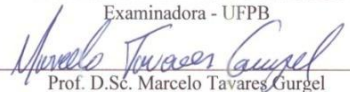
Prof. D.Sc. Everaldo Mariano Gomes
Examinador - IFPB



Prof. D.Sc. Jailma Suerda Silva de Lima
Examinadora – UFERSA



Prof. D.Sc. Hemmannuella Costa Santos
Examinadora - UFPB



Prof. D.Sc. Marcelo Tavares Gurgel
Examinador - UFERSA

Aos meus pais: Ednaldo Barbosa Pereira e Maria Edna de Figueiredo Pereira.

Aos meus irmãos: Eliedna Maria P. Barbosa, Eliezer e Eliezebio de Figueirêdo Pereira.

Aos meus avós paternos: Luiz Panta Barbosa e Maria Luiza Barbosa Pereira (*In memoriam*).

Aos meus avós maternos: João Figueiredo de Lima e Rita Paulina de Lima (*In memoriam*).

OFEREÇO

À minha maravilhosa e companheira esposa Adinelha Fernandes e aos meus filhos Maria Luiza e Gabriel Fernandes que foram a minha fortaleza nos momentos difíceis nesta caminhada, que sempre estiveram ao meu lado confortando-me com amor, compreensão, carinho e paciência.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, ONIPOTENTE, o meu eterno orientador nos momentos de alegria e difíceis da minha vida.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), ao Programa DINTER/CAPES através do Professores Djauma Honorato e Francisco Bezerra Neto pela oportunidade concedida.

Ao Prof. D.Sc. Fábio Henrique Tavares de Oliveira, pelo grande ser humano que é, exemplo de humildade, compreensão, amizade, idoneidade, profissionalismo e sensibilidade, pelos momentos de conversa que sempre foi uma fonte inesgotável de conhecimento e que sempre me fortalecia com as suas palavras simples de incentivo e orientação que levarei durante a minha vida profissional e pessoal.

Ao Prof. D.Sc. Vander Mendonça coordenador do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pelo apoio e confiança.

A todos os professores do Programa em Fitotecnia pelos ensinamentos transmitidos.

Aos amigos Tomaz, Edileuza, Ranieri, Iramirton, Manoel, Chiquinho, Gualberto, Romero, Cléo, Miguel, Joaci, Wagner, Eliana, Joaquim, Pedro, Lúcio Gerônimo, Rosemeire, Nayara, Rejane, Dona Socorro pessoas adoráveis que sempre estiveram ao meu lado dando apoio diretamente ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho.

Aos companheiros de trabalho Professor Oscar Mariano Hafle e Hermano Oliveira Rolim pelo apoio e incentivo

Ao Coordenador geral de Produção e Pesquisa da IFPB - Campus Sousa Everaldo Mariano Gomes pela cooperação durante desenvolvimento deste trabalho e pelo grande incentivador que foi durante a minha jornada acadêmica.

Ao Diretor do IFPB campus de Sousa através do professor Francisco Cicupira de Andrade Filho, pelo reconhecimento e a necessidade da busca de novos conhecimentos.

Aos professores Everaldo Mariano Gomes, Marcelo Tavares Gurgel, Jailma Suerda Silva de Lima e Hemmannuella Costa Santos por terem participado como membros da banca e pela grande e valiosa contribuição na melhoria desta tese.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

EDNALDO BARBOSA PEREIRA JUNIOR, filho de Ednaldo Barbosa Pereira Junior e Maria Edna de Figueirêdo Pereira, nasceu em João Pessoa-PB, em 25 de Novembro de 1971. Em 1998 iniciou o curso superior em Licenciatura Plena em geografia pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), concluindo em fevereiro de 2003. Em março de 2005 iniciou o mestrado em Sistemas Agrosilvipastoril do Semiárido, pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), concluindo em dezembro de 2006. Em 2009 selecionado para o doutorado em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), concluindo em setembro de 2012. Atualmente Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Sousa.

RESUMO

PEREIRA JUNIOR, EDNALDO BARBOSA. **Adubação Nitrogenada e Fosfatada na Cultura do Feijão Caupi no Município de Sousa-PB.** Mossoró - RN, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, setembro de 2012. 68 p.il. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Orientador: Professor Fábio Henrique Tavares de Oliveira.

O nitrogênio (N) e o fósforo (P) geralmente são os dois nutrientes que ocorrem em menores teores no solo em relação à necessidade da planta e são dois nutrientes dos mais exigidos pela cultura do feijão caupi. Este trabalho objetivou estimar a melhor combinação de doses recomendadas de N e de P_2O_5 , como também os níveis críticos de N e de P na planta, para a produção máxima econômica do feijão caupi irrigado. Para tanto, foi realizado um experimento em condições de campo no Instituto Federal da Paraíba, no município de Sousa-PB. Os tratamentos resultaram da combinação entre quatro doses de N (25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹) e quatro doses de P_2O_5 (25, 50, 75, e 100 kg ha⁻¹), mais um tratamento testemunha (dose zero de N e dose zero de P_2O_5), totalizando 17 tratamentos. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições. O cultivar utilizado foi o “costela-de-vaca”, plantado no espaçamento de 0,80 x 0,20 m, em condições de irrigação por microaspeadores. Foram avaliados os teores de N e de P na folha diagnóstica do feijoeiro, o teor de P disponível no solo após a colheita, comprimento de vagem, matéria seca da parte aérea vegetativa, massa de 100 grãos, produtividade de grãos e teor de proteína bruta nos grãos. As análises estatísticas consistiram da realização de análises de variância e de regressão linear múltipla (superfície de resposta), considerando as doses de N e de P_2O_5 como variáveis independentes. A partir dessas equações, foi estimado o nível crítico de P disponível no solo e os níveis críticos de N e de P na planta. Foram estimadas as doses de N e de P_2O_5 associadas à produção máxima do feijoeiro e, com base na receita bruta e no preço dos adubos, foram estimadas as doses de N e de P_2O_5 recomendadas para a produção máxima econômica do feijoeiro irrigado. O aumento das doses de N e de P_2O_5 aplicadas ao solo aumentou a produção de matéria seca da parte aérea, a massa de 100 grãos, a produtividade de grãos e os teores de N e de P na folha diagnóstica do feijoeiro. Os níveis críticos de N e de P na planta foram 46,8 e 3,24 g kg⁻¹, respectivamente. No solo, o nível crítico de P extraído com o extrator Mehlich-1 foi 48,2 mg dm⁻³. A aplicação de apenas 25 kg ha⁻¹ de N + 75 kg ha⁻¹ de P_2O_5 proporcionaria uma produção de 1.792 kg ha⁻¹ de grãos, com uma receita líquida de R\$ 5.809,11, valor correspondente a 94% da máxima receita líquida estimada.

Palavras-Chaves: feijoeiro, nitrogênio, fósforo.

ABSTRACT

PEREIRA JUNIOR, EDNALDO BARBOSA. **Nitrogen and Phosphorus Fertilization of Cowpea in the Municipality of Sousa-PB, Northeastern Brazil.** Mossoró - RN, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, September 2012. 68 p.ill. Thesis (Doctorate in Phytotechny). Adviser: Professor Fábio Henrique Tavares de Oliveira.

Nitrogen and phosphorus are usually the two nutrients that occur in least contents in the soil with respect to crop needs and two nutrients among the most required in the cowpea crop. This study aimed at to estimate the best combination of N and P_2O_5 recommended doses, as well as the critical levels of N and P in the plant, for economical maximum yield of irrigated cowpea. The study was carried out through a field experiment at the Institute Federal da Paraíba, located in the municipality of Sousa-PB, northeastern Brazil. The treatments were the combinations of four doses of N (25, 50, 75, and 100 kg ha⁻¹) with four doses of P_2O_5 (25, 50, 75, and 100 kg ha⁻¹), with an additional control treatment (zero doses of N and P_2O_5), totaling 17 treatments. It was utilized a randomized blocks design with four replications. The cultivar utilized was "costela-de-vaca", with the plants set 0.80 m x 0.20 m apart and irrigated via micro-sprinklers. It was evaluated the contents of N and P in the cowpea diagnostic leaf, the content of P available in the soil after harvest, pod length, vegetative shoot dry mass, mass of 100 grains, grain yield, and crude protein content. Analyses of variance and multiple linear regression (response surface) were performed considering the doses of N and P_2O_5 as independent variables. The adjusted equations were utilized for determining the critical levels of available P in the soil and the critical levels of N and P in the plant. It was estimated the doses of N and P_2O_5 related to cowpea maximum yield and, on the basis of gross income and fertilizer prices, it was estimated the recommended doses of N and P_2O_5 for cowpea economical maximum yield under irrigation. The increase in N and P_2O_5 doses applied to the soil caused increase in cowpea shoot dry mass, mass of 100 grains, grain yield, and N and P contents in the diagnostic leaf. The critical levels of N and P in the plant were 46.8 and 3.24 g kg⁻¹, respectively. In the soil, the critical level of P as extracted through Mehlich-1 method was 48.2 mg dm⁻³. The application of only 25 kg ha⁻¹ of N + 75 kg ha⁻¹ of P_2O_5 would be sufficient for a grain yield of 1,792 kg ha⁻¹, with a net income of R\$ 5,809.11, an amount corresponding to 94% of the estimated maximum net income

Keywords: cowpea, nitrogen, phosphorus.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Recomendações de adubação nitrogenada e fosfatada para a cultura do feijão caupi em diferentes Estados do Brasil....	25
Tabela 2 – Atributos químicos e teor de argila do solo da área experimental antes da instalação dos experimentos, avaliadas na camada de 0-20 cm.....	31
Tabela 3 – Doses de nutrientes que foram aplicadas em cada tratamento do experimento sobre resposta do feijão caupi às doses de N e de P ₂ O ₅	33
Tabela 4 – Comprimento de vagem, matéria seca da parte aérea vegetativa e massa de 100 grãos, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas ao solo.....	38
Tabela 5 – Produtividade de grãos, teor de nitrogênio e de fósforo na folha, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas ao solo.....	41
Tabela 6 – Teor de nitrogênio e de fósforo no solo e de proteína bruta, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas ao solo.	45
Tabela 7 – Produção estimada do feijão caupi, receita bruta, gastos com fertilizantes nitrogenados e fosfatados e receita líquida em função de doses de N e P ₂ O ₅ aplicado no solo.....	48

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Superfície de resposta para a massa de 100 grãos, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas ao solo.....	40
Figura 2 – Superfície de resposta para a produtividade de grãos, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas ao solo.....	42
Figura 3 – Superfície de resposta para o teor de fósforo no solo, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas ao solo.....	46

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. Cultura do feijoeiro no Nordeste	17
2.2. Importância socioeconômica do feijão caupi	18
2.3. Nutrição e adubação do feijão caupi	19
2.4. Adubação nitrogenada	21
2.5. Adubação fosfatada	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. Caracterização e preparo da área experimental.....	31
3.2. Delineamento experimental.....	32
3.3. Aplicação dos tratamentos e adubação da cultura.....	32
3.4. Plantio da cultura e condução do experimento	33
3.5. Variáveis analisadas.....	34
a) Comprimento de vagem.....	34
b) Matéria seca da parte aérea vegetativa.....	34
c) Massa de 100 grãos.....	34
d) Produtividade de grãos.....	34
e) Teores de nitrogênio e de fósforo na folha diagnóstica.....	35
f) Teores de nitrogênio e de fósforo no solo.....	35
g) Teor de proteína bruta nos grãos.....	35
3.6. Análises estatísticas.....	35
3.7. Análise econômica da adubação.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. Comprimento de vagem, matéria seca da parte aérea vegetativa e massa de 100 grãos.....	37
4.2. Produtividade de grãos, teor de nitrogênio e fósforo na folha.....	39
4.3. Teor de nitrogênio e fósforo no solo e proteína bruta.....	44
4.4. Análise econômica da adubação.....	47
5. CONCLUSÕES	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	51
7. APÊNDICE	63

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), também conhecido como feijão-macassar ou feijão-de-corda, é uma espécie de ampla distribuição mundial, principalmente nas regiões tropicais, em virtude de estas apresentarem condições edafoclimáticas semelhantes às do seu provável berço de origem: a África (BRITO et al. 2009).

Segundo levantamento da CONAB (2012), a produção brasileira de feijão na safra 2011/2012 foi de 2.906,5 milhões de toneladas, o que manteve o País como o maior produtor mundial do grão. No que concerne ao Nordeste, o acompanhamento de Safra da CONAB, de agosto de 2012, mostra que a Região apesar de ter a maior área plantada do país, com 1.506.900 ha, possui apenas a quarta maior produção, cerca de 296,5 mil toneladas, fato esse explicado pela baixa produtividade, quando comparada com a de outras regiões, 1.749kg ha⁻¹ foi a média de produtividade da região Centro Oeste, contra 196 kg ha⁻¹ no Nordeste.

No estado da Paraíba, o feijão-caupi é cultivado em quase todas as microrregiões principalmente pelos pequenos agricultores do Agreste e Sertão, possui uma considerável produção, com índices variando de 300 a 700 kg ha⁻¹, onde detém 75% das áreas de cultivo com feijão. Assim, exerce efetiva participação na dieta alimentar da população, por constituir-se de uma excelente fonte de proteínas e carboidratos de baixo custo.

Segundo o levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba, são predominantes na região de Sousa os solos do tipo Vertissolos (50%), Planossolo Nátrico (20%), Neossolo Litólico (15%), Neossolo Flúvico (15%) e Argissolo (10%) (Brasil, 1972), com destaque na produção de coco verde, banana, goiaba e manga e culturas anuais como feijão caupi, milho e arroz, cultivados no segundo semestre do ano, sob condições de irrigação.

Dentre os principais fatores responsáveis pela baixa produtividade do feijão caupi na região, destacam-se as precipitações pluviais irregulares e os baixos teores de nitrogênio (N) e de fósforo (P) dos solos. Em condições de irrigação, a falta de uma recomendação de adubação nitrogenada e fosfatada adequada para o feijão

caupi e baseada em experimentos de campo conduzidos na região, tem sido apontado pelos agricultores paraibanos como uma das principais limitações para obtenção de produtividades elevadas.

Alguns trabalhos sobre adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do feijoeiro têm sido realizados (FAGERIA e BALIGAR, 1996; CARVALHO et al., 2003), mas pouca coisa sobre esse tema tem sido feita com o feijão caupi.

Dutra et al. (2012), avaliando adubação nitrogenada em feijão caupi cv. Canapuzinho nos níveis de 15 e 30 kg ha⁻¹, na fundação ou na cobertura, não interferem na produtividade das plantas e na qualidade fisiológica das sementes.

Trabalho realizado por Silva et al. (2010) em Latossolo amarelo, observou que independente da forma como o fertilizante foi aplicado a dose recomendada de P (60 kg ha⁻¹ P₂O₅) para a cultura do feijão caupi, não foi suficiente para proporcionar as maiores produções.

No Estado da Paraíba, não foram encontrados trabalhos sobre curvas de resposta do feijão caupi a doses de N e de P₂O₅ em condições de campo e sob irrigação.

Diante do exposto, percebe-se a necessidade de se realizar pesquisas na região sobre as adubações nitrogenada e fosfatada no feijão caupi irrigado, tendo em vista a elaboração de uma recomendação de adubação com esses nutrientes para esta cultura. A definição de doses de N e de P₂O₅ que não sejam aquém ou além das reais necessidades da cultura permitirá maior receita líquida ao produtor e evitará o desperdício de adubos aplicados em excesso no solo.

Neste trabalho objetivou-se estimar a melhor combinação de doses recomendadas de N e de P₂O₅, como também os níveis críticos de N e de P na planta, para a produção máxima econômica do feijão caupi irrigado em condições de clima semiárido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cultura do feijoeiro no Nordeste

Originário da África credita-se que o feijão-caupi foi introduzido na América Latina no século XVI, pelos colonizadores espanhóis e portugueses. Chegou ao Brasil, provavelmente pelo Estado da Bahia (FREIRE FILHO, 1988), sendo levado pelos colonizadores para outras áreas da região Nordeste, e para as demais regiões do País. O uso do feijão caupi é muito semelhante ao feijoeiro comum, porém se adapta melhor às condições climáticas dos trópicos semi-árido, úmido e sub-úmido, portanto, deve ser considerada uma cultura complementar e não uma competidora do feijão-comum (SMARTT, 1990).

A primeira área a ser cultivada com feijão caupi foi na Bahia, se espalhando por todas as regiões. Porém, o seu cultivo concentra-se nas regiões do Norte e Nordeste sendo uma das principais alternativas sociais e econômicas de suplemento alimentar, devido ao seu alto teor protéico, e geração de emprego (FREIRE FILHO et al. 2005).

O feijão caupi, (*Vigna unguiculata (L) Walp*) é uma das culturas mais importantes das regiões Norte e Nordeste do Brasil, por desempenhar papel fundamental no contexto socioeconômico das famílias de baixa renda que vive nestas regiões. Fornece alimento de alto valor nutritivo, por apresentar alto conteúdo protéico além de participar da geração de emprego e renda. Suas sementes são fontes de proteínas, aminoácidos, tiamina, niacina, além de fibras dietéticas; portanto, é uma opção para compor os programas de políticas públicas focados na melhoria e qualidade de vida, especialmente em áreas crescentes, nos meios rurais e urbanos (SOUZA, 2005).

O feijão caupi, também denominado feijão macaçar, feijão-de-corda ou feijão-fradinho é uma cultura de destaque na economia nordestina e de amplo significado social, constituindo o principal alimento protéico e energético do homem rural. Pelo seu valor nutritivo, o feijão-caupi é cultivado principalmente para a produção de

grãos secos ou verdes ("feijão-verde" com teor de umidade entre 60 e 70%) visando o consumo humano, na forma de conserva ou desidratado. Além disso, também é utilizado como forragem verde, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e, ainda, como adubação verde e proteção do solo, (ANDRADE JÚNIOR, 2000).

No Nordeste brasileiro registram-se os menores rendimentos do feijão, estimado para a safra 2010-2011 em 482 kg ha⁻¹ (CONAB, 2011). A produtividade Nordestina e nem mesmo a Brasileira refletem o potencial produtivo do feijão. De acordo com Rosolem e Marubayashi (1994), os sistemas de produção, os efeitos climáticos, a sanidade da cultura e até problemas econômicos dos agricultores, são fatores que levam a baixas produtividades.

Devido a sua rusticidade, essa cultura vai muito bem à região norte e nordeste, onde as temperaturas são elevadas e a disponibilidade de água é baixa. Segundo Freire Filho et al. (2005), a espécie responde bem a diferentes níveis de estresse ao longo dos estágios de seu desenvolvimento sendo mais afetado na fase de enchimento de grão.

2.2. Importância socioeconômica do feijão caupi

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, consumindo toda a sua produção, e ainda importa quantidades complementares a sua demanda, fato que o torna um importador líquido desse produto. O feijão-caupi é a cultura que produz mais na região Nordeste, com área correspondente a aproximadamente 60% da área total de feijão. A área colhida, a produção e a produtividade oscilam muito de ano para ano, em virtude, principalmente, das variações climáticas. Estimativas apontam para a safra de 2010-2011 produção de 3.732,000 toneladas de grãos, com produtividade de 935 kg ha⁻¹, para safra de 2011-2012 produção de 2.906,500 toneladas de grãos, com produtividade de 889 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012).

Considerando que seu consumo médio é de 20 Kg ano por pessoa, ele abastece a mesa de 27,5 milhões de nordestinos e gera 2,4 milhões de empregos. Esses dados são extremamente importantes, porque refletem a participação da cultura no contexto de geração de emprego, de renda e da produção de alimentos no país

e a credencia para receber maior atenção por parte das políticas de abastecimento e por parte dos órgãos de apoio à pesquisa. (FREIRE FILHO et al. 2005).

O feijão caupi é uma excelente fonte de proteínas (23-25% em média) e apresenta todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixas quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média) e não contem colesterol. Representa alimento básico para as populações de baixa renda do Nordeste brasileiro. Apresenta ciclo curto, baixa exigência hídrica e rusticidade para desenvolver em solos de baixa fertilidade (ANDRADE JÚNIOR, 2000).

O feijão-caupi era uma cultura explorada em padrões tradicionais e com mercado restrito. Nos últimos anos, felizmente, vem adquirindo maior expressão econômica. Seu cultivo é feito tanto por pequenos como médios e grandes produtores, que utilizam alta tecnologia, e seu mercado vem expandindo além das fronteiras das regiões Norte e Nordeste. Vale mencionar que algumas classes de grãos já estão sendo comercializado em bolsas de mercadorias da região Sudeste, como é o caso do feijão-fradinho (FREIRE FILHO et al. 2005).

2.3. Nutrição e adubação do feijoeiro

O feijoeiro é considerado uma planta exigente em nutrientes, em função do pequeno e pouco profundo sistema radicular e do ciclo curto. Por isso, é fundamental que o nutriente seja colocado à disposição da planta em tempo e local adequados. Embora se encontrem disparidades na literatura com relação às quantidades de nutrientes absorvidas pelo feijoeiro, normalmente a exigência é maior que a da soja, por exemplo. As quantidades médias de nutrientes exportados por 1.000 kg de grãos citadas em várias pesquisas são: 35,5 kg de N, 4,0 kg de P, 15,3 kg de K, 3,1 kg de Ca, 2,6 kg de Mg e 5,4 kg de S (ROSOLEM e MARUBAYASHI, 1994).

Fageria e Baligar (1996), relatam que para produzir uma tonelada de grãos, os feijoeiros necessitam extrair 23 kg de N, 3,5 kg de P, 22 kg de K, 6 kg de Ca, 3 kg de Mg, 52 g de Zn, 11g de Cu, 121g de Mn, 220g de Fe e 16g de B. A acumulação

de nutrientes na cultura do feijoeiro seguiu a seguinte ordem: N>K>Ca>P>Mg, entre os macronutrientes, e Fe>Mn>Zn>B>Cu, entre os micronutrientes. Fageria & Santos (1998) também relatam a mesma ordem de acumulação de nutrientes na cultura do feijoeiro, em solo de várzea.

A adubação mineral exerce papel importante no crescimento e desenvolvimento das culturas. O nitrogênio e o potássio fornecidos de forma equilibrada, promovem crescimento vegetativo, formação de gemas floríferas e frutíferas (MARSCHNER, 1995), aumenta a resistência a pragas e doenças (MALAVOLTA et al. 1989; MARSCHNER, 1995), enquanto o fósforo é indispensável à fotossíntese, divisão celular e desenvolvimento do sistema radicular, além de promover abundância de florescimento e frutificação, influenciando diretamente na produtividade e qualidade dos produtos colhidos (FILGUEIRA, 2000).

Os macronutrientes atuam em vários processos metabólicos dos vegetais. O nitrogênio é um elemento importante e limitante na produção das culturas, principalmente nas que fornecem massa verde; o fósforo por fazer parte na divisão celular, reprodução sexuada, fotossíntese, respiração e síntese de substâncias orgânicas, torna-se indispensável à vida vegetal e o potássio por atuar no mecanismo de proteção e no controle estomático (OLIVEIRA et al. 1996).

No feijoeiro, as faixas críticas mais utilizadas para os teores foliares são as propostas por Wilcox e Fageria (1976), com variações em g kg^{-1} : N - 28,0 a 60,0; P - 2,5 a 5,0; K - 18,0 a 50,0; Ca - 8,0 a 30,0; Mg e S - 2,5 a 7,0 e considerando a coleta da primeira folha amadurecida a partir da ponta do ramo (30 folhas por hectare), coletadas no início da floração do feijoeiro, as de Malavolta et al. (1997) com valores em g kg^{-1} : N - 30,0 a 50,0; P - 2,0 a 3,0; K - 20,0 a 25,0; Ca - 15,0 a 20,0; Mg - 4,0 a 7,0; S - 5,0 a 10,0, utilizados como faixas críticas para avaliação do estado nutricional da cultura pela diagnose foliar. Ainda, em Minas Gerais, Martinez et al. (1999) recomendam a utilização dos seguintes valores de referência para interpretação dos resultados da análise de folhas amostradas do terço mediano da planta de feijão em g kg^{-1} de massa seca: para N - 30,0 a 35,0; P - 4,0 a 7,0; K - 27,0 a 35,0; Ca - 25 a 35; Mg - 3,0 a 6,0; S - 1,5 a 2,0.

2.4. Adubação Nitrogenada

O nitrogênio é um macronutriente primário, essencial para as plantas, por participar da formação de proteínas, aminoácidos e de outros compostos importantes no metabolismo das plantas. Sua ausência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando redução do seu tamanho e conseqüentemente redução da produção econômica das sementes (MENGEL & KIRKBY, 1987).

Carvalho et al. (1999) constataram influência de fontes e formas de aplicação de nitrogênio na qualidade fisiológica das sementes. No entanto, Paulino et al. (1999) não verificaram diferenças significativas entre as fontes e formas de parcelamento do nitrogênio na qualidade fisiológica das sementes desse feijão.

Bassan et al., (2001) estudando a cultivar Pérola “no inverno”, verificaram valores crescentes de germinação acima de 90% com a aplicação de nitrogênio até a dose de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, na ausência de adubação foliar com molibdênio. Tais autores também relataram que a dose de 58 kg ha⁻¹ de N permitiu o máximo valor de germinação para o teste de envelhecimento acelerado (81%) no tratamento referente à aplicação de adubação nitrogenada de cobertura sem a inoculação.

Carvalho et al. (2001) não notaram efeito positivo de doses e de épocas de aplicação de nitrogênio sobre a germinação e vigor (envelhecimento acelerado), para a cultivar IAC Carioca, “no inverno”. Crusciol et al., (2003), em estudo no período “das águas”, com essa cultivar, também não observaram efeito significativo das doses de nitrogênio, tanto em semeadura quanto em cobertura, sobre a germinação que apresentou valores acima de 90%.

A quantidade de Nitrogênio (N) suprida pela maioria dos solos é pequena. Muito pouco é encontrado em rochas e minerais; grande parte do N do solo vem da matéria orgânica. A matéria orgânica libera o N lentamente, sendo a taxa controlada por fatores como temperatura, umidade e textura. Em geral, cerca de 20 a 30 kg de N por hectare são liberados anualmente para cada 1% de matéria orgânica contida no solo. Assim, um solo com 2% de matéria orgânica poderia liberar 40 a 60 kg de N ao ano. Um dos produtos da decomposição da matéria orgânica é o amônio, que

pode ser retido pelo solo, absorvido pelas plantas ou convertido em nitrato. O nitrato pode ser usado pelas plantas, lixiviado para fora da zona das raízes ou convertido a N gasoso e perdido para a atmosfera (ALVES, 2006).

Aplicando N em cobertura em feijoeiro irrigado Barbosa Filho et al. (2001) , concluiu que não há diferença entre as aplicações de uréia fertilizante e sulfato de amônio na superfície ou incorporados ao solo. A aplicação de uréia fertilizante na superfície do solo, seguida de irrigação é a opção mais econômica de adubação de cobertura do feijoeiro irrigado. Recomenda-se aplicar 120 a 150 kgde N, sendo aplicado à metade aos 15 e o restante aos 30 dias após emergência, em aplicação superficial no solo seguida de irrigação ou via água de irrigação, utilizando como fonte de N a uréia fertilizante.

O manejo de adubação nitrogenada difere do manejo dos demais nutrientes porque a tomada de decisão envolve aspecto técnicos, econômicos e ambientais (Ceretta& Silveira, 2002), uma vez que este nutriente está sujeito a perdas por erosão, lixiviação, desnitrificação e volatilização (Amado et al. 2002).

No plantio de sequeiro, a probabilidade de resposta no feijão é menor, assim como o potencial de produção. Entretanto, em culturas irrigadas, além do maior potencial de produção, tem-se um melhor aproveitamento do adubo aplicado, tornando-se fundamental a adubação nitrogenada. Normalmente se recomenda a aplicação de 1/3 da dose de N na semeadura, e 2/3 devem ser aplicados até os 20 dias da emergência da cultura. Com doses altas de N, a cobertura poderia ser parcelada em até duas aplicações, sendo a primeira entre os 15 e 20 dias e a segunda até 35 dias da emergência das plantas. Não existem resultados de pesquisa que confirmem esta recomendação, mas o estudo da marcha de absorção de N mais entendimento das funções e efeitos do nutriente na planta permitem essa inferência (ROSOLEM & MARUBAYASHI 1994).

O teor de proteínas está diretamente ligado ao nitrogênio, elemento de grande importância e disponibilizado às plantas pela adição de adubação mineral nitrogenada ao solo, pela adição de matéria orgânica ou pela fixação do nitrogênio do ar por microrganismos (RAIJ, 1991).

O nitrogênio é um dos nutrientes que proporciona maior resposta ao feijão comum com doses acima de 100 kg ha^{-1} (VIEIRA, 1983). Maia et al. (2005) afirmam que o teor de proteínas do feijão pode ser alterado através da adubação utilizada, principalmente pelo teor de nitrogênio contido nos fertilizantes. Principalmente nas que fornecem massa verde (OLIVEIRA et al. 1996).

Andrade et al. (2004) perceberam que o teor de proteínas em grãos de feijão foi diretamente relacionado com a adubação nitrogenada, utilizando três diferentes doses do fertilizante, os feijões produzidos com a maior dose foram os que tiveram o maior teor de proteínas, bem como a menor dose foi a responsável pela produção dos grãos com menos proteínas.

Soratto et al. (2004) observaram que no sistema de preparo convencional, em sucessão à cultura do milho, a produtividade máxima do feijoeiro foi alcançada com a dose estimada de 129 kg ha^{-1} de N em cobertura, enquanto no sistema plantio direto a dose estimada para a máxima produtividade foi de 182 kg ha^{-1} de N, indicando maior demanda do nutriente neste sistema.

A adubação nitrogenada na cultura do feijão-comum em várzeas tropicais propicia ao produtor ganho econômico considerável em razão da resposta da planta ao nutriente, onde a aplicação de parte do nitrogênio incorporada ao solo foi mais eficaz que a aplicação a lanço na superfície (SANTOS et al. 2009).

Stonee Moreira, (2001) verificou que os números de vagens por planta, massa de 100 sementes e produtividade do feijoeiro, responderam significativamente ao emprego de N, aplicados aos 35 dias após a emergência, sob o sistema de plantio direto. Constataram ainda que houve aumento na produtividade com o decorrer de vários anos de cultivo com o incremento das doses desse nutriente.

O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes, dentre os quais o N que é absorvido em quantidade mais elevada. Segundo Oliveira et al., (1996), quantidade superior a 100 kg ha^{-1} de N é requerida para garantir a extração do nutriente associada a altas produtividades.

Estudos recentes mostram que o suprimento de N através da adubação mineral afeta o processo de fixação biológica de nitrogênio em leguminosas, Oliveira et al. (2003) diz que as plantas podem absorver diretamente o N presente no solo, pois

encontra numa forma mais acessível. Estudos realizados por Xavier (2006) constatou que a crescente dose de nitrogênio diminui a nodulação do feijão caupi e também não houve aumento significativo no acúmulo de matéria seca.

Almeida et al. (1988), verificaram que o incremento das doses de N provocou um aumento da razão parte aérea/sistema radicular, afetando, assim, no movimento de carboidratos dentro da planta e levando, por consequência, a um desbalanço entre fotossíntese e respiração.

As fontes de N mais utilizadas na agricultura brasileira são uréia e sulfato de amônio. A uréia, pelas suas características e reação no solo, apresenta grande potencial de perda de NH_3 , por volatilização (KELLER & MENGEL, 1986; LARA & TRIVELIN, 1990) e o sulfato de amônio, além da possibilidade de perda de NH_3 apresenta alta capacidade de acidificação do solo (Barbosa Filho et al. 2001).

Em pesquisa, Smiderle (2004), verificou que com o aumento da dose de N havia a redução da germinação da semente do feijão caupi, no entanto a semente produzida possuía maior qualidade nutricional. Essa conclusão contradiz com os resultados encontrados Soratto et al. (1999), que obteve, com o feijão comum, aumento linear na germinação de semente e a melhoria no vigor, mediante a aplicação de nitrogênio em cobertura.

O efeito da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura no feijão-comum (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha^{-1}), sob diferentes sistemas de preparo de solo (convencional, mínimo e direto) foi testado por Silva et al. (2004) sobre oflorescimento pleno, matéria seca de plantas, número de vagens e de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, ciclo, rendimento de grãos e teor de nitrogênio nas plantas, onde verificaram que o rendimento de grãos foi influenciado pelas doses de nitrogênio e incrementos significativos foram obtidos com a aplicação de 75 a 100 kg N ha^{-1} .

Oliveira et al. (2003), na região de Areia/PB encontraram rendimentos máximos estimados de vagens (11 e 10 t ha^{-1}), de grãos verdes (9,3 e 8,4 t ha^{-1}) e de grãos secos (3,55 e 3,44 t ha^{-1}) obtidos pelo uso do nitrogênio, aplicado no solo e via foliar, respectivamente. O autor relata ainda que o nitrogênio fornecido ao solo foi mais eficiente para o feijão-caupi expressar sua capacidade máxima de rendimento.

Em sistema de preparo convencional, Silva et al.(2000) obtiveram resposta quadrática do feijoeiro ao N, e a produtividade máxima foi alcançada com 74 kg ha⁻¹ desse nutriente. No mesmo tipo de solo, sob sistema plantio direto, Soratto et al., (2001) verificaram respostas lineares da produtividade até a dose máxima testada, ou seja, 100 e 150 kg ha⁻¹, respectivamente.

Crusciol et al.,(2007) aplicando doses (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹) de N em cobertura, na forma de nitrocálcio, promoveu maior absorção de nitrato, K, Ca e Mg pelo feijoeiro cultivado no sistema plantio direto, comparado com a aplicação de uréia. A adubação nitrogenada em cobertura proporcionou aumento da produtividade, massa de 100 grãos e matéria seca do feijoeiro cultivado sob sistema plantio direto, em sucessão a aveia-preta, até a dose estimada de 95 kg ha⁻¹ de uréia.

Soratto et al., (2001) observaram que a aplicação de N em cobertura, aos 15, 25 e 35 dias após a emergência proporcionou melhor desenvolvimento e aumentos da produtividade de grãos em regime de cultivo irrigado, em sistema de plantio direto.

Meira et al., (2005) relataram que o nitrogênio aumentou a produtividade de grãos e esta se correlacionou com o número de vagens por planta, sendo a dose de nitrogênio recomendada em cobertura de 164 kg ha⁻¹, independentemente da época de aplicação. Em contrapartida, Rapassi et al. (2003) testando 20, 40, 60, 80 e 100 kg ha⁻¹ de N com duas fontes, uréia e nitrato de amônio, no sistema de plantio direto, constataram que não houve diferenças entre os níveis de produtividade, em função das doses de N aplicadas.

Tabela 1 – Recomendações de adubação nitrogenada e fosfatada para a cultura do feijão caupi em diferentes Estados do Brasil.

Recomendação	N			P ₂ O ₅ ⁽¹⁾ Plantio
	Plantio	Cobertura	Total	
	----- kg ha ⁻¹ -----			----- kg ha ⁻¹ -----
PE ⁽¹⁾	15	20	60	30 - 70
CE ⁽²⁾	20	-	20	30 - 110
Freire Filho ⁽³⁾	0	20	20	20 - 60
MG ⁽⁴⁾	30	40	70	50 - 90
Média	14	40	54	51

Fonte: ⁽¹⁾Universidade Federal de Pernambuco (2008); ⁽²⁾Universidade Federal do Ceará (1993); ⁽³⁾Freire Filho (2005); ⁽⁴⁾CFSEMG (1999).

Nascimento et al. (2004), aplicando doses de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60, 90 Kg ha⁻¹), observou aumento do teor de nutriente nas folhas nos dois estádios de desenvolvimento da cultura do feijão. Pode-se inferir também que a dose de 90 Kg ha⁻¹ de N foi a que proporcionou maiores teores nas folhas nas duas épocas avaliadas.

2.5. Adubação fosfatada

O Fósforo (P) é um componente vital no processo de conversão da energia solar em alimento, fibra e óleo pelas plantas. O P desempenha função-chave na fotossíntese, no metabolismo de açúcares, no armazenamento e transferência de energia, na divisão celular, no crescimento das células e na transferência da informação genética. Além disso, esse elemento promove a formação inicial e o desenvolvimento da raiz, o crescimento da planta; acelera a cobertura do solo para a proteção contra a erosão; afeta a qualidade das frutas, dos vegetais e dos grãos, e é vital para a formação da semente (MALAVOLTA et al. 1997).

A grande maioria dos solos brasileiros é ácido, de baixa fertilidade e elevado capacidade de retenção de fósforo o que leva à necessidade de aplicação de elevadas doses de fosfatos, contribuindo para o aumento nos custos de produção, e redução dos recursos naturais não renováveis que originam esses insumos (MOURA et al. 2001). Para se obter alta produtividade é necessária uma adubação fosfatada, o que tem ocasionado à intensificação da busca de doses mais adequadas para as culturas e que possibilitem maiores retornos econômicos (FAGERIA, 1990).

O fósforo é o nutriente que tem proporcionado as maiores e mais freqüentes respostas das culturas. Entretanto, sua baixa disponibilidade no solo afeta negativamente o crescimento das plantas e sua produção (PASTORINI et al. 2000). Na cultura do feijão comum, Miranda et al. (2000) constataram que quanto mais elevados forem os níveis de fósforo, maiores serão as produtividades, uma vez que houve resposta linear às doses de adubação fosfatada aplicadas a lanço, antes do plantio, de até 1.000 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Dentre os vários nutrientes que as plantas necessitam o P ocupa lugar de destaque, devido à sua deficiência na grande maioria de nossos solos. Geralmente o teor de P no solo varia de 0,2 e 5,0 g kg⁻¹, contudo sua disponibilidade para as plantas é limitada devido à forma em que se encontra a fixação inorgânica e a imobilização microbiana (ARAÚJO & MACHADO, 2006).

Segundo Korndorfer et al. (1999), as fontes de fósforo podem ser divididas basicamente em solúveis, pouco solúveis e insolúveis. As primeiras, quando adicionadas ao solo, aumentam rapidamente a concentração do fósforo na solução do solo. Os fosfatos solúveis têm sua eficiência diminuída ao longo do tempo devido ao processo de "adsorção" ou "fixação" de P. Já os fosfatos naturais, que são insolúveis em água, se dissolvem lentamente na solução do solo e tendem a aumentar a disponibilidade do P para as plantas com o tempo.

O fósforo, apesar de não ser exigido em alta quantidade como os outros macronutrientes, é o nutriente limitante para a produção da cultura. A exigência do feijão caupi é de 60 kg ha⁻¹ (Freire Filho 2005). A dosagem de fósforo deve ser embasada na análise de solo. Para Parry et al. (2008), a disponibilidade dos outros macronutrientes é influenciada pela presença do fósforo, já que em doses mais elevadas de fósforo havia maior concentração de outros nutrientes na planta.

O fósforo é o elemento que limita mais frequentemente a produção das culturas por apresentar-se em formas pouco disponíveis aos vegetais e pelas características de elevada adsorção dos solos. Apesar de ser exigido em pequenas quantidades pela maioria das culturas, têm se aplicado quantidades elevadas de fósforo (P) para suprir as necessidades dos cultivos (CARVALHO et al.,1995)

Rosolem & Marubayashi (1994) relata que o feijoeiro tem apresentado respostas ao fósforo aplicado, na grande maioria dos experimentos aplicados. Em condições de irrigação se obtém maiores produtividades com a mesma dose de P, pois o adubo aplicado, assim como o P do solo, é mais bem aproveitado pela planta. Entretanto, em função da maior produtividade que se obtém nessa condição, a dose econômica de P provavelmente será maior que aquela das culturas de sequeiro.

A baixa disponibilidade de P é a principal limitação para produção de plantas em ecossistema natural ou agrícola (Lynch & Brown, 2001). O requerimento de P

ótimo crescimento está na faixa de 0,3 – 0,5 % da fitomassa seca da planta durante o período de tempo entre a emergência e o florescimento (MARSCHNER, 2002).

O P adicionado ao solo pela fertilização das culturas representa um custo variável significativo, já que grande parte dele fica retida no solo sob diferentes formas. É provável que o efeito residual do nutriente, seja uma contribuição importante na eficiência e economia da adubação fosfatada. Em sistema de plantio com fertilizantes fosfatado, cultivos precedentes são adequadamente adubados, os efeitos residuais dos fertilizantes fosfatados se fazem notar de forma expressiva. Estudos com solos de alta capacidade de obtenção de P demonstraram que quando estes foram adequadamente tratados com fertilizantes fosfatados, parte do nutriente permaneceu no solo de forma disponível às plantas por diversos cultivos (AZEVEDO et al. 2004).

O adubo fosfatado adicionado ao solo, além do efeito imediato sobre a cultura que se segue á adubação, pode ter um efeito residual nos cultivos subseqüentes. Além do tipo de cultura, vários fatores podem afetar o efeito residual dos adubos fosfatados, tais como: doses e fontes de P, método de aplicação, manejo, temperatura, tipo de solo, tempo de aplicação e umidade do solo. O efeito residual do fósforo tem sido avaliado por diversos autores sobre a produção, rendimento de matéria seca e conteúdo de P das culturas subseqüentes (MOREIRA et al. 2002).

Cravo & Smyth (1991), consideram o P como elemento mais limitante ao desenvolvimento das culturas, embora deficiente em 90% dos solos da região seguidos pelo K e N. As formas com que o conjunto de processos e reações afeta o conjunto dos nutrientes no sistema solo-planta, determinarão à manutenção da vida e o crescimento dos constituintes de seu metabolismo.

Para o feijão-caupi, o fósforo tem proporcionado freqüentes respostas e sua baixa disponibilidade no solo afeta negativamente o crescimento das plantas e sua produção (PASTORINI et al. 2000). 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. As poucas informações a respeito do emprego do fósforo nessa espécie relatam que em

solos com baixa fertilidade, o mesmo deve ser aplicado no plantio, juntamente com matéria orgânica (FILGUEIRA, 2000).

Para o feijoeiro comum, do qual o feijão-caupi é uma forma diferenciada, o fósforo é o nutriente que tem proporcionado as maiores e mais freqüentes respostas, sendo que sua baixa disponibilidade no solo afeta negativamente o crescimento das plantas e sua produção (PASTORINI et al. 2000).

O P estando na solução, move-se por difusão, até a superfície das raízes (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 pequenas distâncias. Conforme ocorre a absorção, é gerado um gradiente de concentração desse elemento na rizosfera, que é a força motriz para difusão do fósforo para raízes (HINSINGER, 2001).

Fageria e Santos (1998), avaliando adubação fosfatada em solo de várzea constataram que o teor de P de 0 a 5,3mg kg⁻¹ é classificado como muito baixo e, para atender este nível (5,3mgkg⁻¹) é necessária a aplicação de 350kg ha⁻¹P₂O₅a lanço. Para se obter a produção máxima com este nível, é oportuno se aplicar 150 kg ha⁻¹ P₂O₅no sulco. Para o nível de P aumentar de 5,3 para 7,1 é preciso aplicar-se 560 kg ha⁻¹P₂O₅, considerando-se como baixo nível para se obter 70 a 90% de produção relativa. A produção máxima, após atender a este nível, pode ser obtida com a aplicação de 100 kg ha⁻¹P₂O₅no sulco. Quando o nível de P é médio (7,1 a 9,0mg kg⁻¹), é de bom aplicar-se 760 kg ha⁻¹P₂O₅. Após atender a esse nível, é necessário aplicar-se 100 kg ha⁻¹P₂O₅para se obter a produção máxima de feijão. Quando o teor de P no solo atinge 9mg kg⁻¹, é essencial aplicar-se 50kg ha⁻¹P₂O₅no sulco, para se obter a produção máxima

No feijão-vagem, Oliveira et al. (2005), estudando o efeito da adubação fosfatada alcançaram produtividade de 30,13 Kg ha⁻¹ de vagens empregando a dose de 252 kg ha⁻¹ P₂O₅e Pôrto et al. (2005) de 17,54 Kg ha⁻¹ de vagens na dose residual de 165 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Silva et al. (2010), avaliando o efeito de cinco doses 0, 20, 40, 80 e 160 kg de P₂O₅ por hectare e duas fontes de P solúvel o superfosfato simples (SFS) e o superfosfato triplo (SFT), em feijão-caupi. Independente das

fontes de P, doses entre 60 a 80 kg de P_2O_5 ha^{-1} , em solos arenosos, proporcionaram maior crescimento desta cultura.

Oliveira et al. (2004) avaliando o efeito de doses de fósforo sobre a produção no feijão-fava, alcançaram rendimentos de grãos verdes ($5,2 t ha^{-1}$) e secos ($2,7 t ha^{-1}$) utilizando-se 309 e 302 kg ha^{-1} de P_2O_5 , respectivamente.

Silva (2007), aplicando doses crescentes de P_2O_5 em solo de textura arenosa concluiu que com o teor de P superior a $141 mg dm^{-3}$ e P-residual acima de $45,20 mg dm^{-3}$, não deve ser recomendado o fornecimento deste nutriente para o feijão-caupi, quando se pretende colher grãos secos. Para teores de P no tecido foliar de $5,43 g kg^{-1}$ foram alcançados em função das doses de P_2O_5 e com resíduo de P no solo na faixa de $8,53 mg dm^{-3}$ no feijão caupi.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização e preparo da área experimental

O trabalho de tese foi realizado em condições de campo em uma área no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus – Sousa (IFPB), localizada no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, município de Sousa, PB, situando-se a 264 m de altitude, com latitude sul de 6° 45' e longitude oeste de 38° 13', em um solo classificado como Planossolo, de relevo plano e textura da camada superficial do solo classificada como franco-arenosa.

O clima é caracterizado com semiárido quente do tipo BSH da classificação de Koppen, ou seja, a evaporação é maior do que a precipitação. A pluviosidade média anual é de 654 mm, com chuvas concentradas no período de janeiro a junho. A temperatura média é de 28 °C, enquanto que a umidade relativa do ar é de 64%. No período de condução do experimento não foram registadas precipitações pluviais.

O experimento foi conduzido no período de setembro a dezembro de 2010. Para instalação do ensaio foi realizada a coleta de amostra do solo na profundidade de 0–20 cm para realização das análises química e física no laboratório de análise de solo na referida unidade de ensino, conforme recomendação da EMBRAPA (1999). Os atributos físicos e químicos do solo da área experimental, por ocasião da instalação do experimento, podem ser visualizados na tabela 2.

Logo após a confirmação dos resultados das análises foi feito o preparo do solo realizando-se duas gradagens cruzadas, em seguida o sulcamento. A área que correspondia ao ensaio foi toda demarcada e piquetada para facilitar a aplicação dos tratamentos, plantio e sistema de irrigação.

Tabela 2 – Atributos químicos e teor de argila do solo da área experimental antes da instalação dos experimentos, avaliadas na camada de 0-20 cm

pH	M.O	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	Argila
H ₂ O	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----			cmol _c dm ⁻³	-----		g kg ⁻¹
7,6	9,26	18	0,66	0,18	4,1	2,2	0,0	9,26	152

3.2. Delineamento experimental

Foram aplicados 17 tratamentos no delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições, dando o total de 68 parcelas. Os tratamentos resultam da combinação fatorial entre quatro doses de N (25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹) e quatro doses de P₂O₅ (25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹), mais um tratamento adicional (testemunha), conforme descrito na tabela 3. Cada bloco media 272 m² (54,4 x 5,00 m) e cada parcela media 16 m² (3,2 x 5,00 m), sendo que a parcela era formada por quatro fileiras de plantas medindo 5 m de comprimento. O feijoeiro foi plantado no espaçamento de 0,8 x 0,2 m. A área útil da parcela foi formada pelas duas fileiras centrais composta por 46 plantas, descartando-se uma planta em cada extremidade.

3.3. Aplicação dos tratamentos e adubação da cultura

De posse da área pronta foi realizada a adubação de plantio colocando os adubos no fundo do sulco de plantio dois dias antes do plantio. Nesta adubação, foram aplicadas frações das doses de N, P₂O₅, K₂O, B, Zn e Cu correspondentes a 20, 100, 50, 100, 100 e 100% das doses totais aplicadas desses nutrientes (Tabela 3). As fontes utilizadas desses nutrientes foram: ureia, superfosfato simples, cloreto de potássio, ácido bórico, sulfato de zinco e sulfato de cobre.

Foram realizadas duas adubações de cobertura, aos 15 e aos 30 dias após a emergência das plantas, um dia após a realização da capina para controle das ervas daninhas. Na primeira adubação de cobertura foram aplicados 40% da dose de N mais o restante (50%) da dose de K₂O (Tabela 3). Na segunda adubação de cobertura, foi aplicado o restante (40%) da dose de N correspondente a cada tratamento (Tabela 3). Nessas adubações de cobertura, os adubos foram aplicados a mais ou menos 5 cm de profundidade e a uma distância de 10 cm da planta e depois cobertos com terra.

Tabela 3 – Doses de nutrientes que foram aplicadas em cada tratamento do experimento sobre resposta do feijão caupi às doses de N e de P₂O₅.

Tratamento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Zn	Cu
	----- kg ha ⁻¹ -----					
Testemunha	0	0	50	1,0	1,0	0,5
1	25	25	50	1,0	1,0	0,5
2	25	50	50	1,0	1,0	0,5
3	25	75	50	1,0	1,0	0,5
4	25	100	50	1,0	1,0	0,5
5	50	25	50	1,0	1,0	0,5
6	50	50	50	1,0	1,0	0,5
7	50	75	50	1,0	1,0	0,5
8	50	100	50	1,0	1,0	0,5
9	75	25	50	1,0	1,0	0,5
10	75	50	50	1,0	1,0	0,5
11	75	75	50	1,0	1,0	0,5
12	75	100	50	1,0	1,0	0,5
13	100	25	50	1,0	1,0	0,5
14	100	50	50	1,0	1,0	0,5
15	100	75	50	1,0	1,0	0,5
16	100	100	50	1,0	1,0	0,5

3.4. Plantio da cultura e condução do experimento

No dia dois de Setembro de 2010 foi realizada a semeadura utilizando o cultivar de feijão caupi (*Vigna unguiculata*) chamado de “costela-de-vaca”, o qual apresenta hábito de crescimento indeterminado e porte semi-ramador volúvel, (TORRES et al. 2008). O espaçamento utilizado foi de 0,8 m entre linhas e 0,2 m entre plantas, colocando-se duas sementes a cada 0,20 m de distância dentro do sulco e depois cobertas com uma camada de terra de aproximadamente 5 cm.

Aos cinco dias após a semeadura ocorreu a emergência das plantas. Aos 10 dias após emergência (DAE) realizou-se o desbaste com tesoura, deixando-se apenas uma planta a cada 0,20 m de sulco.

Durante a condução do experimento ocorreram duas capinas manuais com enxada para o controle de ervas daninhas, sempre um dia antes das adubações de cobertura. Para o controle do pulgão (*Aphis gossypii*), cigarrinha verde (*Empoasca*

kraemeri) e mosca-branca (*Bemisia tabaci*), foram utilizados os produtos Dimetoato (dose de 20 ml /20 litros d'água) e Tiametoxam (dose de 100g/ha).

Foram realizadas duas irrigações diárias (manhã e tarde) com sistema de irrigação por micro-aspersão, procurando fornecer uma quantidade de água suficiente para o bom desenvolvimento da cultura, de modo que ao longo da condução do experimento no campo não foram observados problemas de déficit hídrico da cultura.

3.5. Variáveis Analisadas

a) Comprimento de vagem

Foram tomados os comprimentos de 10 vagens, nas três colheitas realizadas em cada tratamento, com auxílio de régua graduada em centímetro.

b) Matéria seca da parte aérea vegetativa

Ao final do experimento, foram coletadas 10 plantas, condicionados em sacos de papel, devidamente identificado e colocados para secagem em estufa a 65° durante 72 horas até atingir peso constante.

c) Massa de 100 grãos

Misturou-se os grãos das três colheitas realizadas em cada parcela, e depois obtida a massa de 100 grãos com o auxílio de uma balança semi-analítica.

d) Produtividade de grãos

Foram realizadas três colheitas (aos 68, 75 e 87 DAE) de vagens secas e em seguida postas para secar ao sol. Após a debulha manual das vagens, os grãos foram pesados e em seguida foi calculada a produtividade, sendo os dados transformados para quilo por hectare, a 13% de umidade (BRASIL 2009).

e) Teores de nitrogênio e de fósforo na folha diagnóstica

Aos 46 DAE, quando mais da metade das plantas de cada parcela estavam floridas, foram coletadas em 20 plantas de cada parcela útil, 20 folhas amadurecidas a partir da ponta do ramo (Malavolta et al., 1997). Essas folhas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, moídas em moinho tipo Wiley e analisadas quanto aos teores de N e de P, segundo métodos descritos em Tedesco et al. (1995). Todas essas análises de planta foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da UFERSA.

f) Teores de nitrogênio e de fósforo no solo

Aos 47 dias após a emergência (DAE) foram coletadas amostras compostas de solo na profundidade de 0 a 20 cm, com trado holandês na área útil de cada parcela. Para composição da amostra composta, foi coletado duas amostras simples no sulco de plantio, quatro amostras simples a 10 cm do sulco e seis amostras simples no ponto médio entre os sulcos, de acordo com recomendação de Oliveira et al. (2007).

Nessas amostras compostas de solo foram analisados os teores de P disponível pelo extrator Mehlich (EMBRAPA, 1997) e os teores de N total (TEDESCO et al. 1995).

g) Teor de proteína bruta nos grãos

O teor de proteína bruta nos grãos foi determinado pela decomposição das proteínas e outros componentes nitrogenados na presença de H₂SO₄ concentrado a quente, segundo o método Semimicro-Kjeldahl, multiplicando-se o valor do N total pelo fator 6,25 (AOAC, 1995). Os resultados foram expressos em porcentagem. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-químicas de Alimentos do IFPB-Sousa.

3.6. Análises estatísticas

As análises estatísticas consistiram da realização de análises de variância e de regressão linear múltipla (superfície de resposta). Com as médias de cada tratamento

foi ajustado um modelo de regressão linear múltipla considerando as doses de N e de P₂O₅ como variáveis independentes:

$$Y = a + bN + cN^2 + dP + eP^2 + fNP$$

onde Y é a variável dependente, N as doses de Nitrogênio (kg ha⁻¹) e P as doses de P₂O₅ (kg ha⁻¹). Após o ajuste deste modelo completo, foram descartados os coeficientes com significância superior a 10%, ajustando-se um novo modelo mais simples apenas com os parâmetros com contribuição significativa para o modelo.

Essas análises foram efetuadas com o software SAEG e, na escolha dos modelos mais adequados, considerou-se a significância dos parâmetros do modelo com base no “teste t”, utilizando o quadrado médio do resíduo da análise de variância do experimento como o verdadeiro erro experimental (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). Em seguida, foram desenhadas superfícies de resposta para cada característica na qual foi ajustado modelo de regressão linear múltipla significativo.

3.7. Análise econômica da adubação

A partir da equação de regressão que tem a produtividade de grãos como variável dependente das doses de N e de P₂O₅ aplicadas, foram estimadas as produtividades de grãos para diferentes combinações de doses de N e de P₂O₅ aplicadas. Em seguida, calcularam-se a receita bruta, os gastos com os adubos nitrogenados e fosfatados e a receita líquida.

No cálculo da receita bruta, considerou-se o preço da saca de 60 kg de feijão caupi no comércio local de Sousa-PB, levantado em agosto/2012, que era de R\$ 200,00 a saca (R\$ 3,33 cada quilo de feijão). Considerando que nessa época o preço do saco de 50 kg de superfosfato simples custava R\$ 57,00 e do saco de 50 kg de ureia custava 86,50, estimou-se que 1 kg de P₂O₅ via superfosfato simples custava R\$ 1,14 e 1 kg de N via ureia custava R\$ 1,73. Com base nessas informações e nos valores das doses de N e de P aplicadas, calcularam-se os custos das adubações. A receita líquida foi calculada pela diferença entre a receita bruta e os gastos com os fertilizantes ureia e superfosfato simples.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Comprimento de vagem, matéria seca da parte aérea vegetativa e massa de 100 grãos

Verifica-se (Tabela 4) que não houve efeito significativo para o comprimento de vagem e nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados observados. Mesmo não sendo significativos os valores 24,9 cm (25 kg ha⁻¹ de N + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) obteve-se acréscimo de 10% quando comparada com o valor médio 22,8 cm (testemunha) e 24,5% acima do patamar correspondente ao padrão comercial para o feijão-caupi que é de 20 cm (SILVA & OLIVEIRA 1993; MIRANDA et al. 1996).

Avaliando novas variedades de caupi para a microrregião do Brejo Paraibano, Santos et al. (2009), observaram o comprimento de vagem nas variedades, IPA-207 (22,0 cm), IPA-206 (21,1 cm), EPACE-10 (20,7), BR 17 Gurguéia (19,0 cm), BRS Maratã (19,0 cm), Costela de vaca (22,3 cm), Cariri (20,0 cm) e canapu (19,8 cm), apresentaram valores inferiores ao deste trabalho.

Os dados obtidos no presente estudo corroboram aqueles encontrados por Santos et al. (2007) que com a aplicação de doses crescente de nitrogênio, também não observaram diferença significativa para o comprimento de vagem do feijão caupi, em solo com textura arenosa, em Lagoa Seca-PB. No entanto, discordam dos obtido por Silva (2007) que, estudando aplicação inicial de P₂O₅ no solo em cultivos sucessivos, influenciou significativamente (p<0,01) no comprimento de vagem no feijão caupi, em um Neossolo Regolítico no município de Areia-PB.

Na tabela 4, encontra-se disposto os resultados para matéria seca da parte aérea vegetativa, houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade para as doses de N e P₂O₅, porém nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados obtidos. Os valores médios variaram de 1.259 kg ha⁻¹ (testemunha) a 2.332 kg ha⁻¹ (25 kg ha⁻¹ de N + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅), evidenciando que a dose mínima de N com a máxima de P₂O₅ influenciaram de forma eficiente nesta variável. Mesmo assim, essa dose máxima de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ torna-se economicamente viável quando

Tabela 4 – Comprimento de vagem, matéria seca da parte aérea vegetativa e massa de 100 grãos, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas ao solo

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Dose de N (kg ha ⁻¹)					Média
	0	25	50	75	100	
----- Comprimento de Vagem (cm) -----						
0	22,8	-	-	-	-	-
25	-	22,9	23,3	23,4	22,6	23,0
50	-	23,6	23,7	23,2	23,1	23,4
75	-	23,4	22,6	24,0	23,7	23,4
100	-	24,9	23,3	23,8	23,4	23,8
Média	-	23,7	23,2	23,6	23,2	23,4
ANAVA:		CV (%): 4,4			F _{trat.} : 1,17 ^{ns}	
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					
----- Matéria Seca da Parte Aérea Vegetativa (kg ha⁻¹) -----						
0	1.259	-	-	-	-	-
25	-	1.461	1.708	1.788	2018	1.743
50	-	1.406	1.246	1.872	1744	1.567
75	-	1.708	1.720	1.707	1852	1.746
100	-	2.332	1.818	1.994	2009	2.038
Média	-	1.727	1.623	1.840	1.905	1.773
ANAVA:		CV (%): 23,6			F _{trat.} : 1,87*	
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					
----- Massa de 100 Grãos (g) -----						
0	24,2	-	-	-	-	-
25	-	27,4	27,9	29,7	27,9	28,2
50	-	29,3	29,3	28,0	28,3	28,7
75	-	27,6	27,8	28,7	28,9	28,2
100	-	28,1	28,0	28,5	27,3	27,9
Média	-	28,1	28,2	28,7	28,1	28,2
ANAVA:		CV (%): 4,9			F _{trat.} : 3,03**	
Regressão:	$Y = 24,66 + 0,0726*N - 0,0005*N^2 + 0,06719*P - 0,0005*P^2$					R ² = 0,70

**= P< 0,01; * = P<0,05; ^{ns}= não significativo

comparada o que foi preconizado por Fageria & Santos (1998), que avaliando a adubação fosfatada em feijoeiro constataram uma produção máxima de matéria seca da parte aérea da ordem de 2.736 kg ha⁻¹, com a aplicação de 800 kg ha⁻¹ P₂O₅ a lanço. Depois desta dose, ocorreu diminuição na produção.

Os dados encontrado neste trabalho não concordam com os obtidos por Silva et al. (2002) que, ao aplicarem doses crescentes de N em cobertura no feijoeiro, obtiveram os maiores valores de matéria seca com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ desse nutriente.

Com relação à massa de 100 grãos os resultados demonstraram efeito significativo a 1% de probabilidade para as doses de N e P₂O₅ aplicadas. Para a mesma variável foi observado variação de 24,2 (testemunha) a 29,7 g (75 kg ha⁻¹ de N + 25 kg ha⁻¹ de P₂O₅). O modelo da equação de regressão que melhor se ajustou as doses de N e P₂O₅ aplicadas foi à quadrática, apresentando a massa de 100 grãos máxima estimada com a dose de 66,94 kg ha⁻¹ de N e 60,54 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 4, Figura 1).

Trabalho desenvolvido por Soratto et al. (2006) constatou que as doses de N em cobertura influenciaram, de forma linear a massa dos grãos, proporcionando incrementos à medida que se aumentou a dose de N aplicada ao solo.

Valderama et al. (2009) para a variável massa de 100 grãos, não encontraram efeito significativo, em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e fósforo (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅) em feijoeiro, com peso que variaram entre 18,25 g a 19,25 g entre os tratamentos na região Sudeste do Brasil.

4.2. Produtividade de grãos, teor de nitrogênio e de fósforo na folha.

De acordo com análise estatística, observaram-se efeitos significativos ao nível de 1% de probabilidade para a produtividade de grãos entre os tratamentos estudados (Tabela 5). Deste modo a produtividade de grãos máxima foi de 1.977 kg ha⁻¹ (100 kg ha⁻¹ de N + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅), resultados bastante satisfatório com incremento de 75,26% quando comparados ao tratamento testemunha cuja produção foi 1.128 kg ha⁻¹. O modelo da equação de regressão que melhor se ajustou as doses de N foi a linear, inferindo que as doses utilizadas não foram suficientes para a obtenção da máxima produtividade. Para as doses de P₂O₅ foi o modelo quadrático, apresentando a produtividade máxima estimada com a dose de 85,56 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 2).

$$Y = 24,66 + 0,0726*N - 0,0005*N^2 + 0,0671*P - 0,0005*P^2$$

$$R^2 = 0,70$$

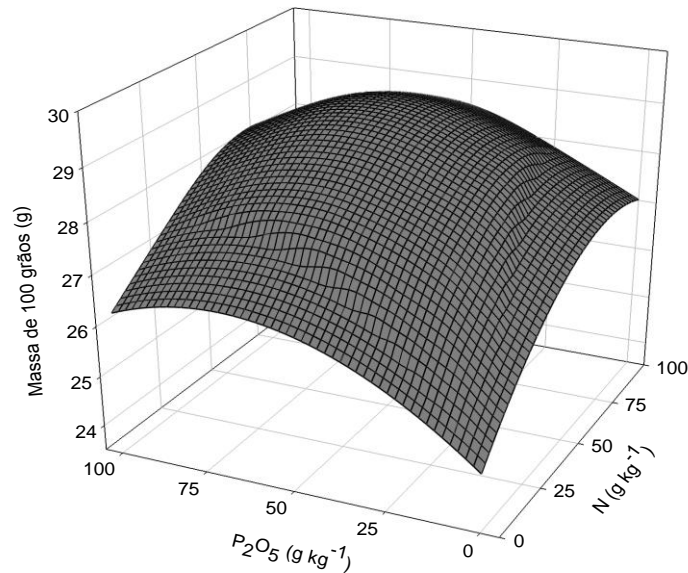


Figura 1 – Superfície de resposta para a massa de 100 grãos, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas ao solo.

A média nacional para a produção de grãos secos do feijão-caupi é de 760 kg ha⁻¹, (IBGE, 2005). Portanto, todas as produtividades obtidas, independentes dos tratamentos superaram essa média, indicando que o caupi respondeu ao emprego de N e P. A produtividade alcançada na dose máxima (100 kg ha⁻¹ de N e P₂O₅) foi superior a encontrada por Oliveira et al. (2002), nas condições de Areia-PB, que foi 1.800 kg ha⁻¹ usando 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e inferior ao resultado de Oliveira et al. (2004), que pesquisando feijão-fava obtiveram produções máximas de 2,7 kg ha⁻¹ na dose de 302 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Em relação à produtividade, Santos et al. (2009) testando variedade de caupi observaram que as variedades IPA-207 (1.187 kg ha⁻¹), IPA-206 (1.018 kg ha⁻¹), EPACE-10 (1.135 kg ha⁻¹), BRS Maratôã (1.016 kg ha⁻¹) e Costela de Vaca (1.191 kg ha⁻¹) com maior produtividade de grãos do que os materiais locais: Cariri (611 kg ha⁻¹) e Canapu (685 kg ha⁻¹), que apresentaram produtividades estatisticamente iguais.

Tabela 5 – Produtividade de grãos, teor de nitrogênio e de fósforo na folha, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas ao solo

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Dose de N (kg ha ⁻¹)					Média
	0	25	50	75	100	
----- Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) -----						
0	1.128	-	-	-	-	-
25	-	1.512	1.791	1.657	1.703	1.665
50	-	1.719	1.772	1.629	1.842	1.740
75	-	1.786	1.803	1.899	1.905	1.848
100	-	1.886	1.865	1.756	1.977	1.871
Média	-	1.725	1.807	1.735	1.856	1.781
ANAVA:		CV (%): 10,4			F _{trat} : 4,56**	
Regressão:	Y = 1.226,34 + 1,83828*N + 12,3239**P - 0,0720198**P ²					R ² = 0,81
----- Teor de nitrogênio na folha (g kg⁻¹) -----						
0	29,9	-	-	-	-	-
25	-	50,5	48,2	37,8	50,8	46,8
50	-	52,2	49,0	46,6	46,3	48,5
75	-	47,2	44,6	48,6	51,4	47,9
100	-	52,1	30,6	46,3	46,3	43,8
Média	-	50,5	43,1	44,8	48,7	46,8
ANAVA:		CV (%): 7,6			F _{trat} : 15,13**	
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					
----- Teor de fósforo na folha (g kg⁻¹) -----						
0	3,9	-	-	-	-	-
25	-	3,0	3,9	2,8	4,0	3,4
50	-	3,9	3,0	3,1	3,4	3,3
75	-	3,1	3,3	3,3	3,6	3,3
100	-	3,0	2,6	2,9	2,5	2,7
Média	-	3,2	3,2	3,0	3,3	3,2
ANAVA:		CV (%): 24,7			F _{trat} : 1,26 ^{ns}	
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					

**= P < 0,01; * = P < 0,05; ^{ns} = não significativo

$$Y = 1.226 + 1,8383*N + 12,3239**P - 0,07202**P^2$$

$$R^2 = 0,81$$

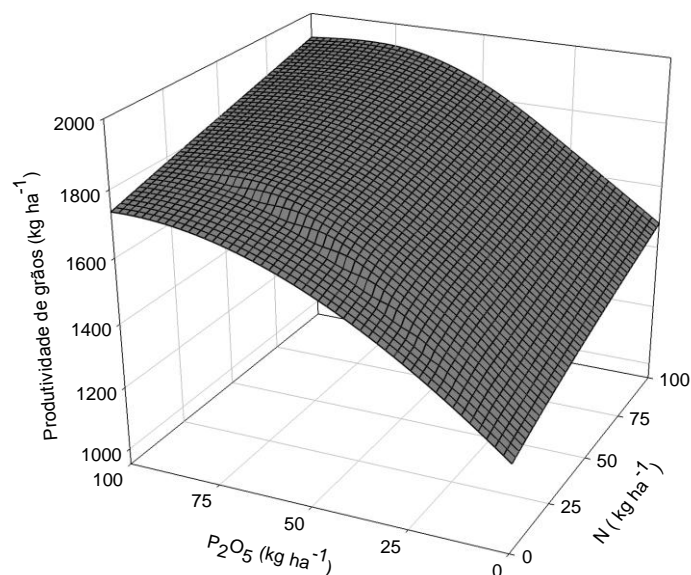


Figura 2 – Superfície de resposta para a produtividade de grãos, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas ao solo.

Avaliando fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto, Valderrama et al. (2009) constataram que fontes de N, uréia e uréia revestida, assim como as fontes de P, superfosfato triplo e superfosfato triplo revestido, não diferiram entre si, em todas as variáveis analisadas e a produtividade de grãos, até a dose de 120 kg ha⁻¹. Alvarez et al. (2005) e Meira et al. (2005) verificaram que a aplicação da adubação nitrogenada no feijoeiro aumentou a produtividade de grãos, demonstrando-se, assim, que o solo não é capaz de suprir as exigências das plantas, que, por sua vez, têm requerido altas quantidades do elemento.

De acordo com a tabela 5, o teor de nitrogênio foliar apresentou efeito significativo a 1% de probabilidade, porém, nenhum modelo se ajustou aos dados. O teor de nitrogênio foliar variou de 29,9 g kg⁻¹ (testemunha) a 52,2 g kg⁻¹ (25 kg ha⁻¹ de N + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅), obtendo um incremento com a menor dose de N de aproximadamente 74% quando comparado com testemunha.

Nota-se que todos os resultados obtidos estão dentro do valor tido como ideal para a cultura do feijão. Malavolta et al. (1997) consideram que o teor de N na folha do feijão é tido como ideal varia de 30 a 50 g kg⁻¹. Isso revela que a dose mínima de N aplicada ao solo foi suficiente para elevar o teor de N na folha a níveis adequados. Dessa forma, pode-se considerar que o nível crítico de N na folha diagnosticada do feijão caupi para este experimento será considerada a média geral dos tratamentos, que foi de 46,8 g kg⁻¹.

Esses dados discordam com os obtidos por Soratto et al. (2002) que, ao avaliarem o efeito de diferentes doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro, verificaram que doses de N aplicadas em cobertura não proporcionaram acréscimos nos teores de N na parte aérea das plantas. Concordam, porém, com os resultados de Andrade et al. (2002) que, estudando o efeito de doses crescentes de N e P sobre os teores foliares de macro e micronutrientes, verificaram que o incremento de N na adubação, até a dose de 120 kg ha⁻¹ de N, elevou os teores desse nutriente nas folhas.

Ainda na tabela 5, encontram-se os resultados do teor de Fósforo na folha, onde não apresentou efeito significativo para os tratamentos estudados e nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados observados. Verifica-se ainda, que o tratamento dose zero (testemunha) apresentou média superior aos demais tratamentos. De acordo com Rosa et al., (2009); Maia et al., (2005) e Silva & Bohnen (2003) esse fato pode ser justificado pelo efeito dilutivo do nutriente em função do crescimento da planta.

Dessa forma, a média geral de 3,2 g kg⁻¹ pode ser considerada como o nível crítico de P na folha do feijão caupi. Esse valor está um pouco acima da faixa ideal recomendada por Malavolta et al. (1997), que varia de 2 a 3 g kg⁻¹, mas está abaixo da faixa de suficiência preconizada por MARTINEZ et al. (1999), que de 4,0 a 7,0 g kg⁻¹.

Kikuti et al. (2006), ao estudarem o efeito de doses de N (0, 70, 140 e 210 kg ha⁻¹) e P₂O₅ (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹) nos teores de macronutrientes (N, P, K, Mg e Ca) na parte aérea do feijoeiro, não constataram interação em quaisquer das características estudadas.

4.3. Teor de Nitrogênio e de Fósforo no solo e Proteína bruta

Na tabela 6, encontram-se dispostos os resultados do teor de nitrogênio e de fósforo no solo e o teor de proteína bruta nos grãos, na qual observa-se que o teor de nitrogênio no solo não apresentou efeito significativo para os tratamentos estudados e nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados observados.

Brito et al. (2011), avaliando cinco doses de N (2, 15, 30, 45 e 60 mg kg⁻¹) na forma de uréia no desenvolvimento de feijão (cultivar Carioca) e caupi (cultivar CNC x 284-4E,) não constataram influência no N do solo em função das doses nitrogenadas aplicadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média, em Piracicaba (SP). Comportamento na mesma ordem do apresentado na presente pesquisa.

A necessidade de N para o feijoeiro em várzeas foi superior à verificada no sistema de cultivo irrigado de terras altas, cujas respostas máximas ocorreram com 72 kg ha⁻¹ (SILVEIRA & DAMASCENO, 1993), 109 kg ha⁻¹ (SILVA & SILVEIRA, 2000), 137 kg ha⁻¹ (BARBOSA FILHO & SILVA, 1994; STONE & MOREIRA, 2001) e 150 kg ha⁻¹ (CARDOSO ET AL.1978)

Para o teor de Fósforo no solo houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para os tratamentos estudados, que variou de 18,8 mg dm⁻³ (testemunha) a 70,0 mg dm⁻³ (100 kg ha⁻¹ de N + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Contudo a equação de regressão que melhor seguiu aos dados foi efeito positivo e linear para as doses de N e P₂O₅ estudadas. As doses de P₂O₅ apresentaram efeito linear de grande magnitude, indicando que o teor de fósforo no solo aumentou com as doses de P₂O₅ aplicadas. Esse comportamento pode ser entendido pelo fato da adubação fosfatada apresentar efeito residual no solo (Tabela 6, Figura 3).

Dados são parcialmente correspondentes aos obtidos por, Silva (2007), aplicando doses de fósforo no cultivo do feijão caupi, em três cultivos sucessivos, onde constatou aumento no teor P₂O₅ no solo num Neossolo Regolítico com textura arenosa, no Município de Areia-PB.

Deste modo, os níveis críticos de N e P no solo para este experimento serão considerados as respectivas médias dos tratamentos sendo 0,96 g kg⁻¹ o nível crítico de N no solo e 48,2 mg dm⁻³ o nível crítico de P no solo.

Tabela 6 – Teor de nitrogênio e de fósforo no solo e de proteína bruta, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas ao solo

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Dose de N (kg ha ⁻¹)					Média
	0	25	50	75	100	
----- Teor de nitrogênio no solo (g kg ⁻¹) -----						
0	0,93	-	-	-	-	-
25	-	1,00	0,89	0,93	1,00	0,95
50	-	1,03	0,96	0,98	1,00	0,99
75	-	0,93	1,00	0,85	0,95	0,93
100	-	1,12	0,91	0,93	0,97	0,98
Média	-	1,02	0,94	0,92	0,98	0,96
ANAVA:		CV (%): 12,9			F _{trat.} : 0,99 ^{ns}	
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					
----- Teor de fósforo no solo (mg dm ⁻³) -----						
0	18,8	-	-	-	-	-
25	-	32,0	33,8	43,8	41,5	37,7
50	-	28,0	35,5	45,0	66,0	43,6
75	-	40,3	42,7	56,0	69,5	52,1
100	-	59,3	41,3	67,7	70,0	59,5
Média	-	39,9	38,3	53,1	61,7	48,2
ANAVA:		CV (%): 40,1			F _{trat.} : 2,79 ^{**}	
Regressão:	Y = 13,38 + 0,2944 ^{**} N + 0,2691 ^{**} P					R ² = 0,81
----- Teor de proteína bruta (dag kg ⁻¹) -----						
0	18,0	-	-	-	-	-
25	-	19,9	19,3	19,8	20,6	19,9
50	-	20,4	20,2	19,5	20,9	20,3
75	-	20,4	21,5	20,1	19,2	20,3
100	-	21,2	20,6	22,7	21,0	21,4
Média	-	20,5	20,4	20,5	20,4	20,5
ANAVA:		CV (%): 10,1			F _{trat.} : 1,07 ^{ns}	
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					

^{**}= P < 0,01; ^{*} = P < 0,05; ^{ns}= não significativo

$$Y = 13,38 + 0,2944**N + 0,2691**P$$

$$R^2 = 0,81$$

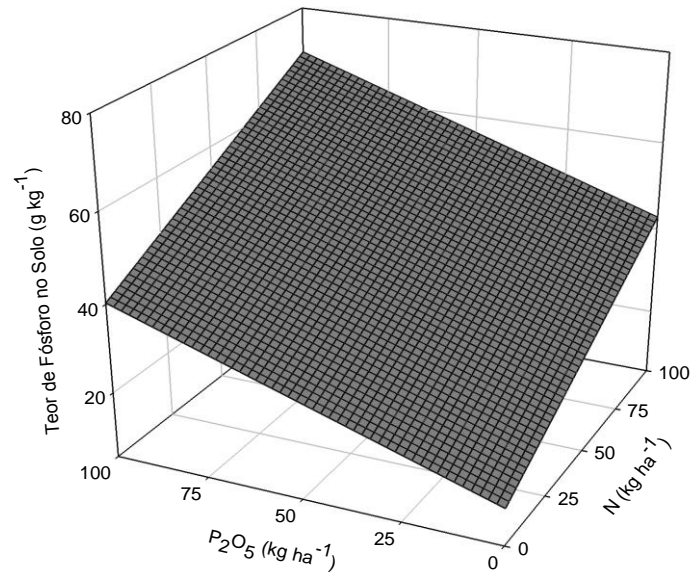


Figura 3 – Superfície de resposta para o teor de fósforo no solo, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas ao solo.

O efeito residual da adubação fosfatada pode ser entendido como a quantidade do fósforo total aplicado no solo que, num espaço de tempo este ainda tende a permanecer disponível às plantas. O fósforo tende a se acumular no solo, de modo que o efeito da adubação corretiva perdura por vários anos. Por outro lado, o teor de fósforo no solo também pode ser aumentado gradualmente com aplicações anuais (FREIRE et al., 1998).

Quanto à proteína bruta (Tabela 6) não houve efeito significativo para os tratamentos estudados e nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados observados. Mesmo não havendo nenhum efeito significativo estatisticamente, nota-se que a média com 22,78 % (75kg ha⁻¹ de N + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) obteve um acréscimo de 26.5% no teor de proteína bruta quando comparado com tratamento 18,04% (testemunha). Tal resultado pode ser considerado satisfatório.

Ramos Junior et al. (2005), avaliando o comportamento de quinze cultivares de feijão em Botucatu (SP), encontrou teor médio de 20,5% proteína bruta nos grãos. Esses dados corroboram com a média geral encontrado neste trabalho, sendo inferior aos valores 22,7% e 25,4%, verificados respectivamente por Párraga et al., (1981) e Pimentel et al., (1988) em 200 cultivares e em 20 linhagens de feijão.

Avaliando adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional Farinelli et al., (2006) também constatou elevação nos teores de Proteína Bruta com a utilização de doses 0, 40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹ de N num Nitossolo Vermelho distrófico.

A composição do feijão-caupi apresenta algumas variações, dependendo do cultivar, pois Castellón et al. (2003), analisando seis cultivares de feijão-caupi (Br14, Br 9, Br 17, CNC 0434, Vita 7 e CE 315), verificaram incrementos na proteína bruta que variaram de 21,6 a 24,7% .

4.4. Análise econômica da adubação

Na tabela 7, encontram-se dispostos os valores de produção de grãos estimada pelo modelo de regressão (Figura 2), receita bruta, gasto com adubos nitrogenados e fosfatados e receita líquida em função das doses de N e P₂O₅ aplicadas ao solo. De acordo com os resultados, a maior receita líquida foi de R\$ 6.191,53, correspondente a uma produção de máxima eficiência física de 1.938 kg ha⁻¹ com as doses de 100 kg ha⁻¹ de N e 86 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicada no solo. Para obtenção dessa receita líquida, o produtor teria que investir R\$ 262,01 com adubos nitrogenados e fosfatados, obtendo com lucro na receita líquida de R\$ 2.108,95 representando um incremento de aproximadamente de 50% a mais quando comparado com tratamento sem adubação de N e P₂O₅.

As principais tabelas de adubação para o feijão em uso no país recomendam de 30 a 40 kg ha⁻¹ de N e 50 a 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, produtividade esperada de 1.2000 a 2.500kg ha⁻¹ para o Estado de Minas Gerais (CFSMG, 1999). Freire Filho (2005) sugere para recomendação de adubação química para o caupi de 20 kg ha⁻¹ de N em cobertura e de 20 a 60 de P₂O₅. A Comissão Estadual de Fertilidade do solo de

Tabela 7 – Produção estimada do feijão caupi, receita bruta, gastos com fertilizantes nitrogenados e fosfatados e receita líquida em função de doses de N e P₂O₅ aplicado no solo

Dose de N	Dose de P ₂ O ₅	Produtividade estimada	Receita Bruta	Gasto com Fertilizante	Receita Líquida
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	R\$	R\$	R\$
0	0	1.226	4.082,58	0,00	4.082,58
25	25	1.535	5.111,55	71,75	5.039,80
25	50	1.708	5.687,64	115,00	5.572,64
25	75	1.792	5.967,36	158,25	5.809,11
25	86	1.800	5.994,00	176,51	5.817,49
25	100	1.785	5.944,05	201,50	5.742,55
50	25	1.581	5.264,73	100,25	5.164,48
50	50	1.754	5.840,82	143,50	5.697,32
50	75	1.838	6.120,54	186,75	5.933,79
50	86	1.846	6.147,18	205,01	5.942,17
50	100	1.831	6.097,23	230,00	5.867,23
75	25	1.627	5.417,91	128,75	5.289,16
75	50	1.800	5.997,33	172,00	5.825,33
75	75	1.883	6.270,39	215,25	6.055,14
75	86	1.892	6.300,36	233,51	6.066,85
75	100	1.877	6.250,41	258,50	5.991,91
100	25	1.673	5.571,09	157,25	5.413,84
100	50	1.846	6.147,18	200,50	5.946,66
100	75	1.929	6.423,57	243,75	6.179,82
100	86	1.938	6.453,54	262,01	6.191,53
100	100	1.923	6.403,59	287,00	6.116,59

Pernambuco (2008) sugere para o feijão-caupi 20 kg ha⁻¹ de N no plantio e 30 kg ha⁻¹ de N na cobertura e de 20 a 60 de kg ha⁻¹ de P₂O₅, para uma produtividade esperada de 1.800 kg ha⁻¹. A Universidade Federal do Ceará (1993) recomenda 20 kg ha⁻¹ de N no plantio e de 30 a 110 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para uma produtividade esperada entre 1.000 a 1.200 kg ha⁻¹.

Apesar dos tratamentos 100 kg ha⁻¹ de N + 86 kg ha⁻¹ P₂O₅, 100 kg ha⁻¹ de N + 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de N + 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ terem apresentado

valores na receita líquida maior (Tabela 7), é recomendável utilizar as dose de 50 kg ha⁻¹ de N e 86 kg ha⁻¹ P₂O₅ para obter uma produtividade com maior margem de segurança, redução nos custos e uma máxima eficiência econômica e ambiental.

Silva et al. (2004) constataram que o rendimento de grãos foi influenciado pelas doses de nitrogênio e incrementos significativos foram obtidos com aplicação de 75 a 100 kg ha⁻¹ de N. Testando doses e forma de aplicação de fósforo, Silva et al. (2010) concluíram que a dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou maior produtividade de grãos de feijão caupi, cultivado em um Latossolo Amarelo.

A maior receita líquida (R\$ 6.191,53) foi estimada para a produtividade de 1.938 kg ha⁻¹ de grãos, correspondente à aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N + 86 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Porém, a aplicação de apenas 25 kg ha⁻¹ de N + 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionaria a produção de 1.792 kg ha⁻¹ de grãos, com uma receita líquida de R\$ 5.809,11, valor correspondente à 94% da máxima receita líquida estimada.

5. CONCLUSÕES

O aumento das doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas ao solo para a cultura do feijão caupi aumentou a matéria seca da parte aérea, a massa de 100 grãos, a produtividade de grãos e os teores de nitrogênio e de fósforo na folha.

Os níveis críticos de nitrogênio e de fósforo na folha diagnóstica foram 46,8 e 3,24 g kg⁻¹, respectivamente. No solo, o nível crítico de fósforo extraído com o extrator Mehlich⁻¹ foi 48,2 mg dm⁻³.

A aplicação de apenas 25 kg ha⁻¹ de N + 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionaria a produção de 1.792 kg ha⁻¹ de grãos, com uma receita líquida de R\$ 5.809,11, valor correspondente à 94% da máxima receita líquida estimada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-KAISI, M & LICHT, M.A. Effect of strip tillage on corn nitrogen uptake and residual soil nitrate accumulation compared with no-tillage and chisel plow. **Agronomy Journal**, v.96, n. 4, p. 1164-1171, 2004.

ALMEIDA, A. A. F.; LOPES, N. F.; OLIVA, M. A. Desenvolvimento e partição de assimilados em *Phaseolus vulgaris* submetido a três doses de nitrogênio e três níveis de luz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.8, p.837-847, ago. 1988.

ALVAREZ, V. V. H. Correlação e calibração de métodos de análise de solos. In: Alvarez V., V. H.; Fontes, L. E. F. & Fontes, M. P. F. (Eds.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. **Viçosa: SBCS/UFV/DPS**, 2005. p.615-646.

ALVES, A. C. **Métodos para quantificar volatilização de N-NH₃ em solo fertilizado com uréia**. 2006. 41p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e engenharia de alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de cultura de cobertura do solo, **sob plantio direto**. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 241 – 248, 2002.

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

ANDRADE, M. J. B. *et al.* Teores foliares de macro e micronutrientes no feijoeiro (CVs Carioca e Pérola) em função de doses de nitrogênio e fósforo. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, 2002, Viçosa - MG. **Resumos Expandidos**. **Viçosa: UFV**, 2002. p.765-767

ANDRADE, C. A. B.; PATRONI, S. M. S.; CLEMENTE, E.; SCAPIM, C.A. Produtividade e qualidade nutricional de feijão em diferentes adubações, 2004. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/revista/28_5/art15.pdf> **Acesso em 18/abr/2005**.

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

AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16. ed. **Washington: DC**, Cap.32, p.25-28, 1995.

ARAUJO, E. S.; MEDEIROS, A. F. A.; DIAS, F. C.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. & ALVES, B. J. R. Quantificação do N do solo derivado das raízes da soja utilizando o isótopo ¹⁵N. **Revista Universidade Rural**, Seropédica, RJ v. 24, n.1, p. 7-12, 2004.

ARAUJO, L. A. N de. FERREIRA, M.E & CRUZ, M. C. P DA. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.771-777, 2004.

AZEVEDO, W. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. C. Disponibilidade de fósforo para o arroz inundado sob efeito residual de calcário, gesso e esterco de curral aplicado na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v, 28, p. 995-1004, 2004.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. Aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado. **EMBRAPA**, 2001, 8 p. (Circular técnica, 49).

BARBOSA FILHO, M.P. & SILVA, O. F. DA. Adubação e calagem para o feijoeiro em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.7, p. 1317-1324, 2000.

BASSAN, D. A. Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M. A. C.; SANTOS, N. C .B. & SÁ, M .E. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: Produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira Sementes**, v. 23, p. 76 - 83, 2001.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisa e Experimentação. Equipe de Pedologia e fertilidade do solo. I. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba. II. Interpretação para o uso agrícola dos solos do estado da Paraíba. **Rio de Janeiro**, 1972. 683 p. (Boletim técnico, 15; SUDENE. Série Pedologia, 8)

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

BRITO. M. DE M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. DA. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p.206-215, 2011.

BRITO. M. DE M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. DA. Marcha de absorção do Nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação simbiótica em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) WALF) e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada com o uso de ¹⁵N. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 3, p. 895 – 905. 2009.

CARTWRIGHT, B.; TILLER, K. G.; ZARCINAS, B. A.; SPOUNCER, L. R. The chemical assessment of the baron status of soils. **Australian Journal of Soil Research**. Victoria, v. 21, p. 321 - 332, 1983.

CARVALHO, A. M. DE.; FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P. DE.; KINJO, T. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 19, p. 61-67. 1995.

CARVALHO, M. A. C. Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio na qualidade fisiológica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) “de inverno”. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.9, n.1/2, p.118, 1999.

CARVALHO, M. A. C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M. E. DE; PAULINO, H. B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.445-450, 2003.

CARVALHO, M.A.C.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N.C.B.; BASSAN, D.A.Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) sob influência de parcelamento e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n.3, p. 617-624, 2001.

CASTELLÓN, R. E. R; ARAÚJO, F. M. M. C.; RAMOS, M. V.; ANDRADE NETO, M.; FREIRE FILHO, F. R.; GRANGEIRO, T. B.; CAVADA, B. S. Composição elementar e caracterização da fração lipídica de seis cultivares de caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.7, n.1, p.149-153, 2003.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N. & SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 32, p. 49-54, 2002.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS-CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. (Ed.). Viçosa: **UFV**, 1999. 259 p.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco, 2ª aproximação, **Pernambuco**, 2008.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra Brasileira: grãos, sexto levantamento, março de 2011. **CONAB**, 2012.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J. Sistema de cultivo com altos insumos na Amazônia Brasileira. In: Smyth, T. J.; Raun, W. R.; Bertsch, F. Manejo de suelos tropicales en

Latino america. Talles Latinoamericano de Manejo de Suelos Tropicales 2. San José, 1990. **North Carolina States University**, 1991, p. 145-156.

CRUSCIOL C. A. C.; SORATTO, R. P.; DA SILVA L. M.; LEMOS. L. B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 545-552, 2007.

CRUSCIOL, C. A. C.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; NAKAGAWA, J.; LEMOS, L. B.; MARUBAYASHI, O. N. Efeito do nitrogênio sobre a qualidade fisiológica, produtividade e características de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 108-115, 2003.

DUTRA, A. S.; BEZERRA, F. T. C.; NASCIMENTO, P. R.; LIMA, D. DE C. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi em função da adubação nitrogenada. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 43, n. 4, p. 816-821, out-dez, 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; **Rio de Janeiro**: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. **Rio de Janeiro**, Embrapa Solos, 1997. 212p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Response of lowland rice and common bean grown in relation to soil fertility levels on a várzea soil. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v.45, n.8, p.13-20, 1996.

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

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.

FAQUIN, V.; ANDRADE, C. A. B.; FURTINI NETO, A. E.; ANDRADE, A. T.; CURI, N. Resposta do feijoeiro à aplicação de calcário em solos de várzea do Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, n.4, p.651-660, out./dez. 1998.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B.; PENARIOL, F. G.; EGÉA, M. M.; GASPAROTO, M. G. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.2, p.307-312, fev. 2006.

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

FREIRE FILHO, F. R. **Genética do caupi**. In: ARAÚJO, J.P.P.; WATT, E.E. prg. O caupi no Brasil. Brasília: IITA/EMBRAPA, 1988. p. 159 - 229.

FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi Avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2005. 519 p. (Embrapa Informação Tecnológica).

FREIRE, F. M.; OLIVEIRA, L. A.; FRANÇA, G. E. COUTO, L.; ALVES, U. M. C. Efeito de relação fósforo água na nutrição de milho em Areia Quartzosa. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22. Recife, 1998. **Resumos**. Recife: IPA/ EMBRAPA 1998, p.143.

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

HORST, W. J.; KAMH, M; JIBRIN, J. M.; CHUDE, V.O. Agronomic measurements for increasing P availability to crops. **Plant and Soil**, 237:211-223, 2001.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. IBGE, v. 23, n. 09, p. 1-80, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA, 2005. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: Outubro de 2009.

KELLER, G. D.; MENGEL, D. E. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers surface applied to no-till corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.50, p.1060-1063, 1986.

KIKUTII, H.; ANDRADE, M. J. B. DE.; CARVALHO, J. G. DE.; MORAIS, A. R. DE. Teores de macronutrientes na parte aérea do feijoeiro em função de doses de nitrogênio e fósforo. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.347-354, 2006.

KORNDORFER, G. H., LARA-CABEZAS, W. A., HOROWITZ, N. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais reativos na cultura do milho. **Science agricultural**, v.56, n.2, p.391-396, 1999.

LARA, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de NNH_3 volatilizado para uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 345-352, 1990.

LYNCH, J. P.; BROWN, K. M. tropsoil foraging: na architectreral adaptation to low Phosphorus availability. **Plant and soil**, v. 3, n.2, p. 225 - 237, 2001.

- MAIA, C. E.; CANTARUTTI, R. B. Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p. 39-44, 2004.
- MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C. DE.; PORTO FILHO, F. de Q.; GUEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de. Teores foliares de nutrientes em meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.292-295, 2005.
- MALAVOLTA, E. ABC da adubação. **São Paulo: Ceres**, 1989. 250p.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica, **Revista Ceres**, 1980.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. C. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed, **Piracicaba: Potafos**, 1997. 319p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações. 2.ed.**Piracicaba: POTAFOS**, 1997. 319 p.
- MARSCHENER, H. Mineral nutrition of higher plants, San Diego. **Academic Prese**, 1995, 889 p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. Orlando: **Academic**, 2002. 889p.
- MARTENS, D. C.; WESTERMANN, D. T. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. In: MORTVEDT, J. J. et al. (ED). Micronutrients in agriculture. 2nd ed. Madison: **Soil Science Society of America**, 1991. p. 549-591.
- MARTINEZ, H. E. P. Translocação de Zn em função de doses aplicadas em feijoeiro e cafeeiro via radicular. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 491 - 497, 2005.
- MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. (Eds). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5.a Aproximação. **Viçosa: Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais - CFSEMG**, 1999. p.143-168.
- MEIRA, F. A.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.383-388, 2005.
- MENGEL, K.; KIRKBY, A. Principles of plant nutrition. Bern: **International Potash institute**, 1987, 687p.

MIRANDA, L. N.; AZEVEDO, J. A.; MIRANDA, J. C. C.; GOMES, A.C. Produtividade do feijoeiro em resposta a adubação fosfatada e a regimes de irrigação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.4, p.703-710, 2000.

MIRANDA, P.; COSTA, A. F.; OLIVEIRA, L. R.; TAVARES, J. A.; PIMENTEL, M. L.; LINS, G. M. L. Comportamento de cultivares de *Vigna unguiculata* L) Walp, nos sistema solteiro e consorciado. IV – tipo ereto e semi-ereto. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 9, n. especial, p. 95-105, 1996.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; MORAES, L. A. C. Eficiência de fontes de fósforo na alfafa centroseca cultivada em Latossolo Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.10, p.1459-1466, 2002.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; MORAES, L. A. C. Eficiência de fontes de fósforo na alfafa centroseca cultivada em Latossolo Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.10, p.1459-1466, 2002.

MOURA, W. M.; LIMA, P. C.; CASALI, V. W. D.; PEREIRA, P. R. G. Eficiência nutricional para fósforo em linhagens de pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 306-312, 2001.

NABLE, R. O.; BANUELOS, G. S.; PAULL, J. G. Baron toxicity. **Plant and soil**, the Hague, v. 193, n ½, p. 181 - 198, June 1997.

NASCIMENTO, M. S.; ARF, O.; SILVA, M. G. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Acta Scientiarum**. Agronomy. Maringá, v. 26, nº 2, p. 153 – 159, 2004.

OLIVEIRA, A. P. SILVA, V. R. F; ARRUDA, F. P. de; NASCIMENTO, I. S. do; ALVES, A. U. Rendimento de feijão-caupi em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.21, n1. Brasília, 2003.

OLIVEIRA, A. P.; ALVES, E. U.; ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S. M.; SILVA, J. A.; PÔRTO, M. L. Produção de feijão-fava em função do uso de doses de fósforo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.543-546, 2004.

OLIVEIRA, A. P.; ARAÚJO, J. S.; ALVES, E. U.; NORONHA, M. A. S.; CASSIMIRO, C. M.; MENDONÇA, F. G. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 81-84, 2001.

OLIVEIRA, F. H. T; ARRUDA, J. A.; SILVA, I. F.; ALVES, J. C. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função do instrumento de coleta das amostras e de tipos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:973-983, 2007.

OLIVEIRA, I. P. & CARVALHO, A. M. A cultura do caupi nas condições de clima e de solo dos trópicos úmidos de semi-árido do Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P. & WATT, E. E. O caupi no Brasil. **Brasília**: EMBRAPA-CNPAP, 1988. p.65-69.

OLIVEIRA, I. P.; ARAUJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 169- 221.

PARISCHA, N. S.; FOX, R. L. Plant nutrient sulphur in the tropic sand subtropics. **Advances in Agronomy**, New York, v. 50, p. 209 - 269, 1993.

PÁRRAGA, M.S.; JUNQUEIRA NETTO, A.; PEREIRA, P.; BUENO, L.C.S.; PENONI, J.S. Avaliação do conteúdo de proteína total de duzentas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) visando seu melhoramento genético. **Ciência e Prática**, Lavras, v.5, n.1, p.07-17, 1981.

PARRY, M. M. et al. Macronutrientes em caupi cultivado sob duas doses de fósforo em diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.12, n.3, p. 236-242. Campina Grande: UAEAg/UFCG, 2008.

PASTORINI, L. H.; BACARIN, M. A.; LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. Crescimento inicial de feijoeiro submetido a diferentes doses de fósforo em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v.47, n.270, p.219-228, 2000.

PAULINO, H. B. **Parcelamento de duas fontes em coberturas e via fertirrigação e custo de produção na cultura do feijão**. Ilha Solteira. 1998. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1998.

PIMENTEL, M.L.; MIRANDA, P.; COSTA, A. F.; MIRANDA, A. B. Estudo nutricional de linhagens de feijão comum (*Phaseolu svulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.10, n.2, p.55-65, 1988.

PÔRTO, M. L.; OLIVEIRA, A.P.; ALVES, J. C.; BRUNO, G. B.; ALVES, E. U.; SANTOS, E. O. Rendimento do feijão-vagem em função do efeito residual do fósforo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.34 - 44, 2005.

POTAFOS. *Brasil*: consumo aparente de fertilizantes. Disponível em: <www.potafos.org>. Acesso em: 8 ago.2006.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. N. C. recomendações e adubação e calagem para o estado de São Paulo, **Campinas**: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim técnico 100)

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991.

RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato e Instituto Internacional da Potassa, **São Paulo**, 1981. 142p.

RAMOS JUNIOR, E. U.; LEMOS, L. B. SILVA, T. R. B. DA. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.75-82, 2005.

RAPASSI, R. M. A.; SÁ, M. E. DE.; TARSITANO, M. A. A.; CARVALHO, M. A. C. DE.; PROENÇA, E. R.; NEVES, C. M. T. DE C.; COLOMBO, E. C. M. Análise econômica comparativa após um ano de cultivo do feijoeiro irrigado, no inverno, em sistemas de plantio convencional e direto, com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.397-404, 2003.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Análises estatísticas no SAEG. **Viçosa**: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301 p.

ROSA, C. M.; CASTILHOS, R. M. V.; VAHL, L. C.; CASTILHOS, D. D.; PINTO, L. F. S.; OLIVEIRA, E. S.; LEAL, O. A. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.4, 2009.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja um doutor do seu feijoeiro. Informações agronômicas, **Piracicaba**, v. 68, p. 1 - 16, 1994.

SANTANA, G. S.; FERNANDES, F. M.; ANDRADE, J. A. C.; FERNANDES DEUS, A. C. Resposta do milho à doses de NPK, em dois anos de cultivo, em Latossolo com adubação fosfatada corretiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. Anais... **Gramado**, 2007.

SANTOS, A.B; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F.; MELO, M. L. B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.11, p.1265-1271, 2003.

SANTOS, J. F. DOS.; GRANGEIRO, J. I. T.; BRITO, L. M. P.; OLIVEIRA, M. M. DE.; OLIVEIRA, M. E. C. DE. Novas variedades de caupi para a microrregião do Brejo Paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária** João Pessoa, v.3, n.3, p.07-12, set. 2009.

SANTOS, J. P. V. DOS. **Produtividade do milho pipoca e do feijão carioquinha consorciados sob adubação orgânica e mineral em diferentes espaçamentos**. 2008. 54f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Solo e Água) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.

SEVERINO, F. J. **Supressão da infestação de plantas daninhas pelo sistema de produção de integração lavoura-pecuária**. 2005. 113 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

- SHLINDWEIN, J. A. **Calibração de método de determinação e estimativas de doses de Fósforo e Potássio em solo sob sistema de plantio direto**. Porto Alegre, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, 2003. 169p. (Tese do Doutorado).
- SHUMAN, L. M. **Mineral Nutrition**. In: WILKINSON, R. E., ed. *Plant-environment interactions*. New York, Marcel Dekker, 1994. P. 149 – 182.
- SILVA, A. J. DA.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; LIMA, A. C. S.; SANTOS, C. S. V. DOS.; OLIVEIRA, J. M. F. DE.; MELO, V. F. Resposta do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. **Revista Acta Amazônica**, v.40, n. 1, p. 31 – 36, 2010.
- SILVA, C. C. da; SILVEIRA, P. M. da. Influência de sistemas agrícolas na resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado à adubação nitrogenada em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.30,p.86-96, 2000.
- SILVA, E. F. L.; ARAUJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; NUNES, L. A. P. L.; CARNEIRO. R. F. V. Fixação Biológica do N₂ em feijão – caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. **Biosci. J.**, Umberlândia, v. 26, n. 3, p. 394 – 402, May/June 2010.
- SILVA, J. A. **Aplicação inicial de P₂O₅ no solo, avaliação em três cultivos sucessivos no feijão-caupi**. Areia: (Dissertação de Mestrado), UFPB-CCA, 2007. 53p.
- SILVA, L. S. da; BOHNEN, H. Produtividade e absorção de nutrientes pelo arroz cultivado em solução nutritiva com diferentes níveis de silício e cálcio. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 9, n. 1, p. 49-52, 2003.
- SILVA, M. G. *et al.* Manejo do solo e adubação nitrogenada em cobertura em feijoeiro de inverno. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DEFEIJÃO, 7, 2002a, Viçosa - MG. *Resumos Expandidos*. Viçosa: UFV, 2002a. p. 612-614.
- SILVA, M. G.; ARF, O.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S. nitrogen fertilization and soil management of winter common bean crop. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.3, p.307-312, 2004.
- SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, C. N. Rendimentos de feijão verde e maduro de cultivares de caupi. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 2, p 133-135, 1993.
- SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; CHIDI, S. N.; ARF, O.; SÁ, M. E. & BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro de inverno. **Cult. Agron.**, 9:1-17, 2000.
- SILVEIRA, P.M.; DAMASCENO, M. A. Estudos de doses e parcelamento de K e de doses de N na cultura do feijão irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. *Resumos...* Londrina: IAPAR,1993. p.161.

SILVEIRA, P.M.; DAMASCENO, M.A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, p. 1269-1276, 1993.

SMARTT, J. Grain legumes: evolution and genetic resources. Cambridge, Great Britain: **Cambridge University Press**, 1990, 333 p.

SMIDERLE, O. J. Doses de nitrogênio e qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi. **Roraima**: Embrapa Roraima, 2004.

SORATTO, R. P. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. II - Qualidade fisiológica das sementes. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6, Salvador, 21/26 nov.1999. Anais. **Salvador**: EMBRAPA/CNPFA, v.1, p.595-598, 1999.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C. DE.; ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 259-265, 2006.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C. & ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p.895-901, 2004.

SORATTO, R. P.; SILVA, T. R. B.; ARF, O. & CARVALHO, M. A. C. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em plantio direto. **Cult. Agron.**, 10:89-99, 2002.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5 p.395-405, 2006.

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.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.36, n.3, p.473-481, 2001.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. **Porto Alegre**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

TEIXEIRA, I. R.; BORÉM, A.; SILVA, A. G.; KIKUTE, H. Fontes e doses de Zinco no feijoeiro cultivado em diferentes épocas de semeadura. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 30, n. 2, p. 255 - 259, 2008.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. Soil fertility and fertilizers. 4. ed. **New York**: Macmillan, 1995. 754p.

TORRES S.B; OLIVEIRA F.N; OLIVEIRA R..C; FERNANDES JB. Produtividade e morfologia de acessos de caupi, em Mossoró, RN. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 4, out.-dez. 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará. **Fortaleza**, UFC, 1993. 247p.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E. DE. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 191-196, jul./set. 2009.

VIEIRA, C. Cultivo do feijão. **Viçosa-MG**: UFV, 1983. 146 p.

WILCOX, G. E.; FAGERIA, N. K. Deficiências nutricionais do feijão, sua identificação e correção. **Goiânia**: Embrapa/CNPAP, 1976. 22 p. (Embrapa/CNPAP. Boletim, 5).

WOLFFENBUTTEL, R.; TEDESCO, M. J. Disponibilidade do enxofre para a alfafa em oito solos do Rio grande do sul e sua relação com parâmetro do solo. **Agronomia Sul Rio Grandense**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 357 - 364, Jun. 1981.

XAVIER, T. F. efeito da adubação nitrogenada sobre a nodulação do feijão caupi. **Paraíba**: Universidade Federal do Piauí, 2006.

YOKOYAMA, L. P. **Cultivo do feijoeiro comum. Importância econômica**, 2003. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br>>, acesso em 23/01/2004.

APÉNDICE

ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Resumo das análises de variância para as variáveis analisadas no experimento com feijão caupi no Município de Sousa-PB

1- COMPRIMENTO DE VAGEM

FV	GL	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	5.542245	1.847415	1.736	.17220
TRAT	16	19.95334	1.247084	1.172	.32342 ^{ns}
RESIDUO	48	51.08600	1.064292		

COEFICIENTE DE VARIACÃO = **4.412**

2- MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA VEGETATIVA

FV	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	391713.4	130571.1	.772	*****
TRAT	16	5086070.	317879.3	1.878	.04727*
RESIDUO	48	8123493.	169239.4		

COEFICIENTE DE VARIACÃO = **23.595**

3- MASSA DE CEM GRÃOS

FV	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	62.44528	20.81509	10.786	.00002
TRAT	16	93.47626	5.842267	3.027	.00153**
RESIDUO	48	92.62978	1.929787		

COEFICIENTE DE VARIACÃO = **4.953**

4- PRODUTIVIDADE DE GRÃOS

FV	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	785606.6	261868.9	7.861	.00023
TRAT	16	2432293.	152018.3	4.563	.00002**
RESIDUO	48	1598968.	33311.83		

COEFICIENTE DE VARIACÃO = **10.479**

5- NITROGÊNIO NO SOLO

FV	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	.1412515	.4708382E-01	3.039	.03787
TRAT	16	.2453217	.1533261E-01	.990	*****
RESIDUO	48	.7436424	.1549255E-01		

COEFICIENTE DE VARIACÃO = **12.912**

6- FÓSFORO NO SOLO

FV	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	4191.168	1397.056	4.012	.01257
TRAT	16	15540.28	971.2678	2.789	.00311**
RESIDUO	48	16714.22	348.2129		

COEFICIENTE DE VARIACÃO = **40.101**

7- NITROGÊNIO NA PLANTA

FV	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	119.1621	39.72070	3.268	.02914
TRAT	16	2942.850	183.9281	15.132	.000**
RESIDUO	48	583.4534	12.15528		

COEFICIENTE DE VARIACÃO = **7.6**

8- FÓSFORO NA PLANTA

FV	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	7.359528	2.453176	3.733	.01719
TRAT	16	13.34542	.8340885	1.269	.25514 ^{ns}
RESIDUO	48	31.54283	.6571422		

COEFICIENTE DE VARIACÃO = **24.69**

9- PROTEÍNA BRUTA

FV	G.L.	Soma de quadrado	Quadrado médio	F	Signif.
BLOCO	3	53.07330	17.69110	4.144	.01086
TRAT	16	73.37027	4.585642	1.074	.40395 ^{ns}
RESIDUO	48	204.9122	4.269003		

COEFICIENTE DE VARIACÃO = **10.19**

PARAMETROS DA REGRESSAO

DEPENDENTE = MASSA DE 100GRÃOS

NOME	COEFICIENTE	DESVIO	T	BETA	PROBAB.
Constante	.246614E+02				
N	.726251E-01	.310700E-01	.233747E+01	.191077E+01	.0188
Quadrado	-.542446E-03	.252715E-03	-.214647E+01	-.167282E+01	.0265
P	.671984E-01	.310701E-01	.216280E+01	.176799E+01	.0257
Quadrado	-.554951E-03	.252716E-03	-.219595E+01	-.171139E+01	.0242
R2	.696491E+00				
R2 AJUSTADO	.595322E+00				

ANALISE DE VARIANCIA

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado medio	F	Probab.
Devido a regressão	4	16.27636	4.069089	6.88	.0040
Independente	12	7.092715	.5910596		

FCalc for Windows

Data: 09/04/2012

Hora: 11:35:57

t	FcProb>Fc
,233747E+01	,669382E+01
,214647E+01	,564458E+01
,216280E+01	,573079E+01
,219595E+01	,590781E+01
Desvio	,122513E+01

QM Resíduo: 1,929787

GL Resíduo: 48

Repetições: 4

QM Desvio: 0,59106

GL Desvio: 12

$$Y = 24,6614 + 0,072625*N - 0,00054246*N^2 + 0,067198*P - 0,000554951*P^2$$

R = 0,70

DEPENDENTE = **PRODUÇÃO DE GRÃOS**

NOME	COEFICIENTE	DESVIO	T	BETA	PROBAB.
Constante	.122634E+04				
N	.183828E+01	.794018E+00	.231517E+01	.299831E+00	.0188
P	.123239E+02	.320498E+01	.384523E+01	.201007E+01	.0010
Quadrado	-.720198E-01	.269140E-01	-.267592E+01	-.137685E+01	.0095
R2	.813592E+00				
R2 AJUSTADO	.770575E+00				

ANALISE DE VARIANCIA

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	PROBAB.
Devido a regressão	3	494723.5	164907.8	18.91	.0001
Independente	13	113349.4	8719.187		

FCalc for Windows
 Data: 19/03/2012
 Hora: 07:00:16

t	FcProb>Fc
,231517E+01	,561181E+01
,384523E+01	,154804E+02
,267592E+01	,749693E+01
Desvio	,104698E+01

QM Resíduo: 33311,83
 GL Resíduo: 48
 Repetições: 4
 QM Desvio: 8719,187
 GL Desvio: 13

$$Y = 1226,34 + 1,83828*N + 12,3239**P - 0,0720198**P2$$

R = 0,81

DEPENDENTE = **FÓSFORO NO SOLO**

NOME	COEFICIENTE	DESVIO	T	BETA	PROBAB.
Constante	.133843E+02				
N	.294396E+00	.582459E-01	.505437E+01	.600724E+00	.0001
P	.269146E+00	.582459E-01	.462086E+01	.549200E+00	.0002
R2	.812453E+00				
R2 AJUSTADO	.785660E+00				

ANALISE DE VARIANCIA

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	PROBAB.
Devido a regressão	2	3156.436	1578.218	30.32	.0000
INDEPENDENTE	14	728.6349	52.04535		

F Calc for Windows

Data: 09/04/2012

Hora: 11:45:27

t	FcProb>Fc
,505437E+01	,152732E+02
,462086E+01	,127656E+02
Desvio	,597857E+00

QM Resíduo: 348,2129

GL Resíduo: 48

Repetições: 4

QM Desvio: 52,04535

GL Desvio: 14

$$Y = 13,3843 + 0,294396**N + 0,269146**P$$

R= 0,81