



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## EFEITO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E DE FÓSFORO SOBRE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DO FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)<sup>1</sup>

Edvânia de Souza Lopes<sup>2</sup>, Francisco Assis de Oliveira<sup>3</sup>

### RESUMO

A pesquisa foi conduzida em casa-de-vegetação do DSER/CCA/UFPB, no município de Areia-PB, utilizando-se material dos 20 cm de um Latossolo, Objetivou-se avaliar o efeito de quatro doses de calcário: 0,0; 2,5; 3,5 e 4,5 t ha<sup>-1</sup> e cinco doses de fósforo: 0,0; 80; 160; 240 e 320 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sobre algumas características do crescimento e consumo de água pela cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.), Walp). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial: 3 x 4 + 2 [três dosagem de calcário, quatro de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e dois tratamentos adicionais, testemunhas (0,0 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>:240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 2,5 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>:0,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)], com três repetições. Foram avaliados os teores de fósforo disponível no solo, área foliar (AF), produção de matéria seca (MS), e evapotranspiração de cultura (ETc). Tanto o calcário quanto o fósforo causaram efeito ( $p \leq 0,01$ ) sobre os resultados da AF e MS para as determinações realizadas aos 25, 40 e 55 dias do ciclo da cultura. Para os 55 dias do ciclo da cultura, a aplicação de 338 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de 2,9 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> promoveram os máximos resultados da AF e 280,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 3,9 t ha<sup>-1</sup> de calcário, foram responsáveis pelas máximas produções de MS. Dos 360 mm da ETc 25,3% foram consumidos nos 16 dias iniciais, 36,75% dos 17 aos 35 dias e 38,0% dos 36 aos 55 dias do ciclo da cultura.

**Palavras-chave:** fertilidade do solo, calagem, adubação fosfatada, rendimento, evapotranspiração

### EFFECT OF LIMESTONE AND PHOSPHORUS ON SOME PRODUCTIVE TRAITS OF COWPEA BEAN (*VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP).

#### ABSTRACT

The research was conducted in a greenhouse-vegetation DSER / CCA / UFPB, in Areia-PB, using material from the surface 20 cm of oxisol. Aimed to evaluate the effect of four levels of lime: 0.0, 2.5, 3.5 and 4.5 t ha<sup>-1</sup> and five of phosphorus: 0.0, 80, 160, 240 and 320 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> on some characteristics of growth and consumption of water by the culture of Cowpea Bean (*Vigna unguiculata* (L.), Walp) cultivar boca de moça. We used a randomized block design with treatments arranged in a factorial 3 x 4 + 2 [three dosage of lime, four of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and two additional treatments, controls (0.0 t ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>: 240 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 2.5 t ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>: 0.0 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)], with three repetitions. Were evaluated the results phosphorus levels in soil, leaf area (LA), dry matter production(DM), absolute growth rate(AGR) and crop evapotranspiration (ETc). Both the lime and phosphorus caused significant ( $p \leq 0.01$ ) on the results of AF and MS for the determinations at 25, 40 and 55 days of the cycle. For the AF at 25 days had no effect ( $p \leq 0.01$ ) and positive linear effect of degree 2 to 40 and 55 days of the cycle, both the limestone and to the match. However, for MS and the AGR in all periods, there was no effect for the component of the second degree. For the 55 days of the cycle, the application of 338 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 2.9 t ha<sup>-1</sup> of CaCO<sub>3</sub> promoted the maximum results of AF and 280.0 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 3.9 t ha<sup>-1</sup> of lime were responsible for maximum production of MS. The largest absolute growth rate was between 40 to 55 days of the cycle. Of the 360 mm ETC of 25,3% was used in the initial 16 days, 36,75% from 17 to 35 days and 38% from 36 to 55 days of the cycle.

**Keywords:** soil fertility, liming, phosphate fertilization, yield, evapotranspiration

Trabalho recebido em 21/03/2012 e aceito para publicação em 19/05/2013.

<sup>1</sup> Extraído da Dissertação de Mestrado do primeiro autor

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup>Agrônoma, Ms em Manejo de Solo e Água, DSER/CCA/UFPB, 58.397-000,Areia, PB. E-mail: edvanciasolos@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Dr. Pesquisador, DSER/CCA/UFPB, 58.397-000, Areia, PB. E-mail:oliveira@cca.ufpb.br

## 1. INTRODUÇÃO

Em regiões onde tradicionalmente se pratica os cultivos de subsistência, a disponibilidade de elementos minerais às plantas é, sem dúvida, o fator primordial ao qual as culturas como o feijão-caupi, respondem com crescimento, desenvolvimento e produções permitindo, desta forma, que os agricultores permaneçam no campo. A quantidade e o estado em que os elementos minerais se encontram no solo definem as maneiras de suprir as necessidades nutricionais, pela absorção dos elementos químicos necessários às plantas.

Dos macronutrientes essenciais às plantas, o fósforo é um nutriente essencial para o metabolismo, agindo no processo de fotossíntese, principalmente na fase de reprodução e fertilização, sendo um dos elementos mais limitantes à nutrição de plantas em condições tropicais, e assim, a baixa disponibilidade do elemento costuma ocasionar decréscimo na produção.

Apesar de ser exigido em pequenas quantidades pela maioria das culturas, têm-se aplicado quantidades elevadas de fósforo para suprir as necessidades dos cultivos (Carvalho et al., 1995). Outro grande problema para o cultivo do feijão, são os solos ácidos com elevado teor de alumínio e manganês trocáveis, que

prejudica o desenvolvimento das plantas. A aplicação de calcário traz grandes benefícios ao solo, pois eleva o pH, a saturação por bases, reduz o alumínio e manganês trocáveis, fornece cálcio e magnésio e melhora as condições do solo para os microrganismos.

Dessa forma a adubação fosfatada e a calagem destacam-se como uma prática importante na obtenção de maiores produções, ganhando extrema importância para o desenvolvimento e produtividade das culturas, em virtude da necessidade do fornecimento adequado de fósforo e calcário ao solo.

Objetivou-se com este trabalho, estudar o efeito da aplicação de doses crescentes de fósforo e de calcário em um Latossolo Vermelho-Amarelo, sobre algumas características dos componentes de produção da cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*, (L.) walp) em condições controladas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### Local da pesquisa

O experimento foi conduzido na casa-de-vegetação do Departamento de Solos e Engenharia Rural, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, situado na microrregião do Brejo Paraibano,

município de Areia, no estado da Paraíba, situado geograficamente pelo ponto coordenado 6°58'12" de latitude Sul, 35°42'15" a oeste do meridiano de Greenwich e altitude de 619m. O clima da região, pela classificação de Köppen, é do tipo As' (quente e úmido), com variação de temperatura entre 22 e 26°C, umidade relativa variando entre 75% de novembro/dezembro e 87% nos meses de junho/julho, a pluviosidade média de 1400mm/ano, tendo 75% das chuvas concentradas nos meses de março e agosto com um período de menor pluviometria que se inicia em setembro, prolongando-se até fevereiro do ano seguinte (Gondim e Fernandes, 1980).

amarelo (BRASIL, 1972; EMBRAPA, 1999) da Fazenda Chã do Jardim pertencente ao CCA/UFPB. O solo foi coletado na profundidade 0-20 cm do perfil. Após a coleta as amostras foram conduzidas para o laboratório, onde foram destorroadas, homogeneizadas, colocadas para secarem ao ar e a sombra, passadas na peneira de 2 mm de malha (ABNT N° 10), obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA), da qual foram retiradas alíquotas e enviadas aos laboratórios de física e química do DSER/CCA/UFPB para o procedimento das análises físicas e químicas segundo a metodologia da Embrapa (1997), cujos resultados se encontra na tabela 1.

### Amostragem e análise do solo

Como substrato, foi utilizado material de um Latossolo vermelho

**Tabela 1.** Resultados médios das análises físico-químicas do solo, usado na pesquisa, coletado na profundidade de 0 – 20 cm, do perfil.

| Atributos Físicos                      |      | Atributos Químicos  |      |
|--|------|---|------|
| Areia (g dm <sup>-3</sup> )            | 506  | pH em água (1:2,5)  | 4,20 |
| Silte (g dm <sup>-3</sup> )            | 52   | CE (dS m <sup>-1</sup> )                                      | 0,47 |
| Argila (g dm <sup>-3</sup> )           | 442  | Ca <sup>+2</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )                    | 0,15 |
| Dens.Solo (kg dm <sup>-3</sup> )       | 1,11 | Mg <sup>+2</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )                    | 0,15 |
| Dens.partículas (kg dm <sup>-3</sup> ) | 2,64 | Na <sup>+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )                     | 0,01 |
| Umidade em peso (g kg <sup>-1</sup> )  |      | Al <sup>+3</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )                    | 1,20 |
| 0,033 Mpa                              | 165  | (H <sup>+</sup> +Al <sup>+3</sup> ) (cmolc dm <sup>-3</sup> ) | 7,34 |
| 1,5 Mpa                                | 139  | K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )                         | 11,0 |
|  |      | P <sup>+5</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )                        | 1,40 |
|  |      | M.O (dag Kg <sup>-1</sup> )                                   | 2,22 |

Classificação textural – franco argilo arenosa

## Tratamentos

Os tratamentos foram definidos por quatro níveis de calcário (0,0; 32,0; 45,0 e 58,0 g vaso<sup>-1</sup>, correspondendo respectivamente a 0,0; 2,5; 3,5 e 4,5 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> e cinco doses de fósforo (0,0; 1,7; 3,3; 5,0 e 6,7 g vaso<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) que corresponde respectivamente a 0; 80; 160; 240 e 320 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Utilizou-se uma adubação de manutenção a base de nitrogênio (5,0 g vaso<sup>-1</sup> de N), potássio (3,0 g vaso<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) correspondente a 100 Kg ha<sup>-1</sup> de N e 90 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e boro (3,0 mg L<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>). Como fontes de nitrogênio, fósforo e potássio foram utilizados, sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio.

## Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 4 + 2; (três doses de calcário: 32,0; 45,0 e 58,0 g vaso<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> versus quatro doses de fósforo: 1,7; 3,3; 5,0; e 6,7 g vaso de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) + dois tratamentos adicionais; zero de fósforo (0,0 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário) e zero de calcário (240,0 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário), com três repetições. A unidade experimental foi representada por um vaso plástico com capacidade para 20L,

contendo 15 kg do material de solo seco ao ar.

## Aplicação dos tratamentos

Os tratamentos com calcário foram aplicados ao solo três meses antes do plantio, usou-se calcário dolomítico com PRNT de 65% corrigido para 100%. Durante o período de incubação, o solo permaneceu à sombra com conteúdo de água próximo a capacidade de campo, com revolvimento semanal do material do solo.

Os tratamentos com fósforo foram aplicados ao solo por ocasião do plantio, juntamente com a adubação nitrogenada e potássica. Esses adubos foram devidamente misturados ao solo manualmente.

## Preparação das unidades experimentais

Em cada uma das unidades experimentais (vaso plásticos com capacidade para 20L) foi feito um orifício com aproximadamente 10 mm de diâmetro, onde se conectou uma mangueira plástica (silicone), transparente, com cerca de 35 mm de comprimento, utilizada como dispositivo de drenagem do excesso de água aplicada ao solo. Foram colocados recipientes plásticos (garrafas pet) com capacidade para 2 litros, para que fosse conectada a outra extremidade da mangueira com a finalidade de coletar a

água quando drenada em cada tratamento. Os materiais drenados eram reutilizados em seu próprio vaso nas irrigações seguintes.

### **Condução do experimento**

Após o preparo e instalação de todos os vasos, fez-se uma irrigação para elevar a umidade do solo à capacidade de campo. Procedeu-se a sementeira, colocando cerca de cinco sementes por vaso, cuja operação foi realizada em 18-08-2008, quatro dias após ocorreu a emergência das plântulas, 20 dias após a emergência foi feito um desbaste, deixando-se quatro plantas em cada vaso. Foi então identificada uma planta como referência (planta teste) que passaria a ser avaliada até o final do experimento. Aos 25, 40 e 55 dias do ciclo da cultura (dias após a emergência), foram coletadas as 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> planta.

### **Tomada de dados**

A tomada de dados para variável área foliar foi realizado em todas as plantas de cada unidade experimental, onde foi realizado aos 25, 40 e 55 DAE. As medidas das áreas foliar procedeu-se a partir das dimensões do comprimento (C) e a maior largura (L) da folha. Esta operação foi realizada em cinco folhas por planta e o resultado médio dessas cinco folhas foi multiplicado pelo número total de folhas

da planta. Para as medidas da folha usou-se, uma régua milimetrada. Procedeu-se o cálculo da área foliar conforme Ashley et al. (1963) para a cultura do algodão adotando a seguinte relação  $AF = C \times L \times f$ , onde AF = área foliar em  $\text{cm}^2$ ; C = comprimento da folha em cm; L = maior largura em cm e f = fator de correção da área foliar. O fator f foi obtido pela correlação entre a área foliar estimada pelo método do comprimento versus largura da folha e a área foliar determinada pelo método das pesagens. A obtenção do fator de correção (f) encontrado serviu como base de cálculo para obtenção de todas as áreas foliares em distintos períodos do ciclo da cultura.

### **Produção de matéria seca**

Para quantificar a produção de massa seca realizaram-se três determinações, aos 25, 40 e 55 dias do ciclo da cultura. As plantas foram cortadas rente ao solo, acondicionadas em saco de papel, levadas a estufa, com temperatura de 60 a 65<sup>o</sup>C para secagem, até atingir o peso constante. Após a secagem, o material foi pesado em balança eletrônica digital com precisão de 0,01g e, os resultados expressos em  $\text{g planta}^{-1}$ .

### **Consumo de água pelas plantas**

Inicialmente, as irrigações foram realizadas a cada dois dias, colocando-se

água suficiente para manter o conteúdo de água no solo na capacidade de campo. Posteriormente, a partir dos 20 dias do ciclo da cultura, as irrigações foram feitas diariamente. A cada intervalo de oito dias procedeu-se a drenagem do solo de cada vaso, cuja operação permitiu avaliar o consumo de água pela cultura no intervalo observado. Toda a água drenada retornava ao seu respectivo vaso na irrigação seguinte, para evitar desperdício dos nutrientes lixiviados.

A evapotranspiração da cultura (ETc) foi estimada pela diferença entre a quantidade de água aplicada nas irrigações e o excesso drenado em cada unidade experimental e, os resultados foram expressos em milímetros por planta, para os 25, 40 e 55 dias do ciclo da cultura.

#### **Análise dos resultados**

Os resultados foram submetidos a análise de variância, com o nível de significância determinado pelo teste “F” e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados significativos com os tratamentos com fósforo e calcário foram submetidos a análise de regressão polinomial.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **Área foliar**

Na Tabela 2 estão os resultados da análise de variância (quadrados médios), referente a área foliar da cultura, determinados aos 25, 40 e 55 DAE. Observa-se que houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) dos tratamentos sobre todas as épocas de área foliar, no entanto, o efeito foi decorrente apenas para os tratamentos com fósforo. Observa-se ainda que não houve efeito significativo da interação fósforo versus calcário para todas as épocas. Os tratamentos adicionais, comparados com o fatorial, também mostraram efeito significativo, para todas as épocas avaliadas. No entanto não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos adicionais. A análise de regressão polinomial revelou efeito linear para a AF aos 25, 40 e 55 DAE, para fósforo e calcário.

**Tabela 2.** Resultados da análise de variância (quadrados médios) referentes a área foliar da cultura do feijão-caupi submetido a diferentes doses de calcário e fósforo aplicados ao solo, Areia-PB.

| C. Variação                | GL | Quadrado médio       |                       |                        |
|----------------------------|----|----------------------|-----------------------|------------------------|
|                            |    | AF1 (25 dias)        | AF2 (40 dias)         | AF3 (55 dias)          |
| Fósforo (P)                | 3  | 41680,6**            | 108505,2**            | 854682,4**             |
| Calcário (C)               | 2  | 2557,4 <sup>ns</sup> | 18590,3 <sup>ns</sup> | 348815,4 <sup>ns</sup> |
| P x C                      | 6  | 6147,8 <sup>ns</sup> | 553,4 <sup>ns</sup>   | 43676,3 <sup>ns</sup>  |
| Fat x trat. adic.          | 1  | 177497,4**           | 655105,2**            | 3570478,6**            |
| Fat x trat.adic.P          | 1  | 87619,9**            | 257138,7**            | 1534885,1**            |
| Fat x trat.adic.C          | 1  | 103876,8**           | 463441,1**            | 2353853,2**            |
| Tra. adic.P. x trat.adic.C | 1  | 374,5 <sup>ns</sup>  | 16338,6 <sup>ns</sup> | 47241,6 <sup>ns</sup>  |
| C1                         | 1  | 42735,9**            | 10020,5 <sup>ns</sup> | 245268,6 <sup>ns</sup> |
| C2                         | 1  | 3245,2 <sup>ns</sup> | 63264,5**             | 573863,2**             |
| P1                         | 1  | 109066,6**           | 285095,4**            | 2247084,7**            |
| P2                         | 1  | 5834,1 <sup>ns</sup> | 120851,4**            | 694862,9**             |
| Bloco                      | 2  | 18006,4**            | 8473,6 <sup>ns</sup>  | 352954,1 <sup>ns</sup> |
| Tratamento                 | 13 | 26578,1**            | 79804,6**             | 595496,6**             |
| Resíduo                    | 26 | 2704,6               | 10530,5               | 94662,5                |

<sup>ns</sup>, \* e \*\*: não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste "F".

Na Tabela 3 estão os resultados médios da área foliar da cultura. A comparação entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ) permite afirmar que não houve efeitos entre os tratamentos de calcário ( $p > 0,05$ ), mas o fatorial superou de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) os resultados dos tratamentos adicionais, em média com 183,4%; 105,1% e 106,4%, respectivamente, para a área foliar determinada aos 25, 40 e 55 dias do ciclo da cultura.

A análise de regressão polinomial revelou efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) do fósforo sobre os resultados da área foliar da cultura. Houve efeito linear para a determinação da AF aos 25 DAE (Figura

2A), cujo modelo obtido permite afirmar, que neste período a taxa de crescimento da AF foi da ordem de  $0,77 \text{ cm}^2$  de área foliar para cada  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicado ao solo, cujo efeito foi, teoricamente, explicado em 92% pela presença dos tratamentos isolados de fósforo. Para a área foliar aos 40 dias, através do modelo de 2º grau estimado, possibilita afirmar que a área foliar máxima seria obtida com aplicação de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Ainda através da Figura 2A, é possível observar que para a AF aos 55 DAE, o modelo do 2º grau estimado informa, que a área foliar máxima ( $1.894,7 \text{ cm}^2$ ) seria atingida, teoricamente, com aplicação ao solo de  $338 \text{ kg h}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ . Isto possibilita inferir que os resultados da AF aos 55 DAE foi

explicado em 97% pela presença dos tratamentos isolados de fósforo.

Quanto ao calcário (Figura 2B) observa-se que a área foliar respondeu de forma linear significativa ( $p \leq 0,01$ ) aos 25 DAE, onde de acordo com o modelo obtido, neste período do ciclo da cultura, a área foliar cresceria a uma taxa de 42,65  $\text{cm}^2$  para cada t aplicada. Porém, para as áreas foliares determinadas aos 40 e 55 DAE houve resposta significativa ( $p \leq 0,01$ ) para a componente do 2º grau, onde

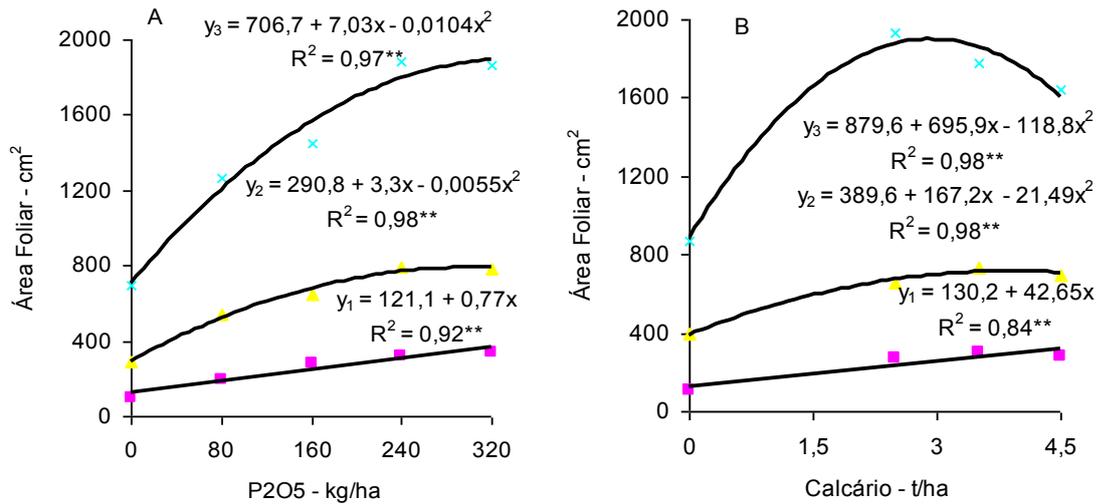
de acordo com os modelos estimados as áreas foliares máximas 714,8  $\text{cm}^2$  e 1898,6  $\text{cm}^2$  seriam teoricamente, atingidas com aplicação de 3,9 e 2,9 ha de calcário, respectivamente. Ainda de acordo com a referida figura, em termos médios os resultados da área foliar seriam explicados em 96% pela presença dos tratamentos isolados de fósforo e em 90% pelo calcário.

**Tabela 3-** Resultados da análise da área foliar da cultura do feijão-caupi, determinada aos 25, 40, e 55 dias após a emergência das plântulas, submetido a diferentes doses de calcário e fósforo aplicados ao solo, Areia-PB.

| Tratamento                                   | Média         |               |               |
|--|---------------|---------------|---------------|
|  | AF1 (25 dias) | AF2 (40 dias) | AF3 (55 dias) |
| $\text{P}_2\text{O}_5$ - $\text{kg ha}^{-1}$ |               |               |               |
| 80   | 192,6         | 563,5         | 1265,2        |
| 160  | 280,2         | 649,5         | 1450,8        |
| 240  | 334,8         | 791,7         | 1885,1        |
| 320  | 338,5         | 781,5         | 18,65,4       |
| Calcário – $\text{t ha}^{-1}$                |               |               |               |
| 2,5  | 273,2 a       | 656,7 a       | 1936,3 a      |
| 3,5  | 302,1 a       | 735,4 a       | 1775,2 a      |
| 4,5  | 284,9 a       | 697,6 a       | 1638,5 a      |
| Fatorial                                     | 286,5a        | 696,6a        | 1616,6a       |
| Trat. adic. P                                | 109,0b        | 391,8a        | 872,1b        |
| Trat. adic. C                                | 92,9b         | 287,5b        | 694,5b        |
| CV(%)  | 20,0          | 15,9          | 20,5          |

CV (%): coeficiente de variação

Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 1.** Resultados da área foliar da cultura do feijão-caupi em função das doses de fósforo (1A) e de calcário (1B) aplicados ao solo, avaliações realizadas aos 25(y<sub>1</sub>), 40(y<sub>2</sub>) e 55(y<sub>3</sub>) dias do ciclo da cultura.

### Matéria seca da cultura

Na tabela 4, estão os resultados da análise de variância (quadrados médios) da matéria seca, determinados aos 25, 40 e 55 dias do ciclo da cultura. Verifica-se que houve efeito ( $p \leq 0,01$ ) dos tratamentos com fósforo para todas as épocas, enquanto que não foi registrado efeito significativo ( $p > 0,05$ ), para o calcário e também não houve efeito da interação fósforo versus calcário para todas as épocas avaliadas. Os tratamentos adicionais mostraram efeito significativo quando comparados com o fatorial para todas as épocas amostradas. No entanto quando comparou o tratamento

adicional P com o tratamento adicional C não houve efeito significativo para as épocas avaliadas. A análise de regressão polinomial revelou efeito da componente do segundo grau para o fósforo e para o calcário em todas as épocas avaliadas.

De acordo com Fageria et al.(2004) a produção de matéria seca está associada com absorção e acumulação de fósforo, sendo este elemento após a calagem o nutriente que mais limita o aumento da produção de matéria seca da parte aérea mesmo o fósforo participando de vários processos fisiológicos e bioquímicos da cultura.

**Tabela 4.** Resultados da análise de variância (quadrados médios) referentes a matéria seca da cultura do feijão-caupi, submetido a diferentes doses de calcário e fósforo aplicados ao solo, Areia-PB.

| C. Variação                 | GL | Quadrado médio     |                       |                        |
|-----------------------------|----|--------------------|-----------------------|------------------------|
|                             |    | MS1 (25 dias)      | MS2 (40 dias)         | MS3 (55 dias)          |
| Fósforo (P)                 | 3  | 0,3**              | 108505,2**            | 854682,4**             |
| Calcário (C)                | 2  | 0,04 <sup>ns</sup> | 18590,3 <sup>ns</sup> | 348815,4 <sup>ns</sup> |
| P x C                       | 6  | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,1 <sup>ns</sup>     | 0,9 <sup>ns</sup>      |
| Fat x trat. adic.           | 1  | 9,0**              | 41,2**                | 112,3**                |
| Fat x trat.adic.P           | 1  | 3,9**              | 18,8**                | 43,0**                 |
| Fat x trat.adic.C           | 1  | 5,8**              | 25,9**                | 80,9**                 |
| Tra. adic.P. x trat.adic.C. | 1  | 0,1 <sup>ns</sup>  | 0,3 <sup>ns</sup>     | 3,2 <sup>ns</sup>      |
| C1                          | 1  | 0,8**              | 1,0**                 | 23,9**                 |
| C2                          | 1  | 0,5**              | 0,8**                 | 14,2**                 |
| P1                          | 1  | 0,4**              | 13,8**                | 43,1**                 |
| P2                          | 1  | 0,3**              | 3,9**                 | 18,9**                 |
| Bloco                       | 2  | 0,1 <sup>ns</sup>  | 0,1 <sup>ns</sup>     | 2,9 <sup>ns</sup>      |
| Tratamento                  | 13 | 0,8**              | 4,9**                 | 11,5**                 |
| Resíduo                     | 26 | 0,1                | 0,1                   | 1,1                    |

<sup>ns</sup>, \* e \*\*: não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste "F".

Os resultados médios da produção de matéria seca estão apresentados na tabela 5, onde através da comparação entre as médias pelo teste de Tukey é possível constatar que houve efeito ( $p \leq 0,05$ ) do calcário apenas para a matéria seca aos 40

dias do ciclo da cultura, com a dose de 4,5 t ha de  $\text{CaCO}_3$  proporcionando o melhor resultado. Constata-se ainda que os resultados do fatorial superou os tratamentos adicionais em todas as épocas avaliadas.

**Tabela 5.** Resultados médios da matéria seca (MS) da cultura do feijão-caupi determinada aos 25, 40, 55 dias após a emergência das plântulas, submetido a diferentes doses de calcário e fósforo aplicadas ao solo, Areia-PB.

| Tratamento                                   | Média         |               |               |
|--|---------------|---------------|---------------|
|  | MS1 (25 dias) | MS2 (40 dias) | MS3 (55 dias) |
| $\text{P}_2\text{O}_5$ - kg ha <sup>-1</sup> |               |               |               |
| 80   | 2,4           | 4,8           | 8,7           |
| 160  | 2,5           | 5,5           | 9,6           |
| 240  | 2,8           | 6,9           | 10,9          |
| 320  | 2,6           | 6,2           | 10,6          |
| Calcário – t ha <sup>-1</sup>                |               |               |               |
| 2,5  | 2,5 a         | 5,6 b         | 9,6 a         |
| 3,5  | 2,6 a         | 5,9 ab        | 10,0 a        |
| 4,5  | 2,7 a         | 6,0 a         | 10,4 a        |
| Fatorial                                     | 2,6 a         | 5,8 a         | 9,9 a         |
| Trat. adic. P                                | 1,4 b         | 3,2 b         | 6,0 b         |

|               |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|
| Trat. adic. C | 1,1 b | 2,8 b | 4,6 b |
| CV(%)         | 9,2   | 5,7   | 11,5  |

CV (%): coeficiente de variação

Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se na Figura 2 os resultados médios da produção de matéria seca da cultura do feijão-caupi submetido a análise de regressão polinomial. De acordo com a análise houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) do fósforo para a componente do 2º grau sobre os resultados da MS aos 25, 40 e 55 DAE (Figura 2A). Segundo os modelos estimados, os resultados da matéria seca máxima, por planta 2,8g, 6,7 e 11,2g seriam teoricamente, atingidos com aplicação de 233,3, 266,7 e 280,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, aos 40, 25 e 55 DAE. Para o calcário, conforme registro na figura 3B, constata-se que houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) para a componente

do segundo grau, sobre os resultados da produção de matéria seca máxima por planta 2,6g, 6,0g e 10,4g seriam atingidas teoricamente, com aplicação de 3,9, 3,9 e 4,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário, respectivamente, para os 25, 40 e 55 DAE do ciclo da cultura. A calagem tem um efeito pronunciado no aproveitamento de nitrogênio e assim influi nas respostas de produção de matéria seca (Stton e Monteiro, 1997).

De acordo com Oliveira e Thung, 1988 citado por Fageria et al. 2004, a cultura do feijoeiro tem sua maior produção numa faixa compreendida entre 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

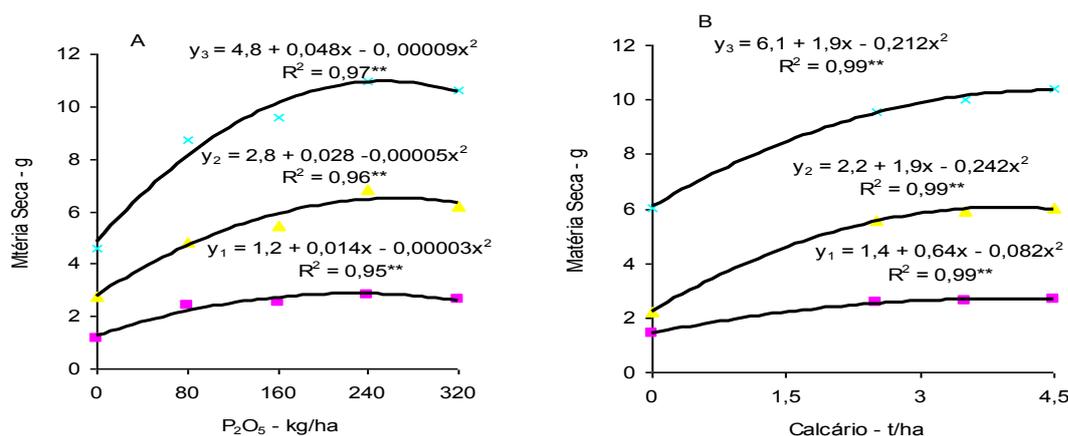


Figura 2. Resultados da produção de matéria seca da cultura do feijão-caupi em função das doses de fósforo (2A) e de calcário (2B) aplicados ao solo, avaliações realizadas aos 25(y1), 40(y2) e 55(y3) dias do ciclo da cultura.

### Evapotranspiração da cultura

Na Tabela 6 encontram-se os resultados da análise de variância (quadrados médios), referente a evapotranspiração da cultura (ETc) do feijão-caupi, determinado da emergência aos 16 DAE (ETc<sub>(0-16dias)</sub>), dos 17 aos 35 dias (ETc<sub>(17-35dias)</sub>) e dos 36 aos 55 dias (ETc<sub>(36-55dias)</sub>) DAE, onde é possível observar que houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) dos tratamentos sobre os resultados da ETc em todos os períodos analisados. Os tratamentos com fósforo causaram efeito sobre os resultados da ETc nos períodos dos 17 – 35 dias e dos 36 – 55 dias e durante os 55 DAE, enquanto para o

calcário houve efeito apenas para o período dos 36 – 55 DAE e para a ETc durante os 55 DAE. Para a interação fósforo versus calcário não foi registrado efeito significativo ( $p > 0,05$ ) sobre os resultados da ETc para os períodos do ciclo da cultura estudados. Os resultados da ETc para os tratamentos adicionais mostraram efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) quando comparados com o fatorial, para todas as épocas analisadas. A análise de regressão polinomial revelou efeito para a componente do 2º grau para ETc<sub>(17-35dias)</sub> e ETc<sub>(36-55dias)</sub> e T<sub>(55dias)</sub>.

**Tabela 6.** Resultados da análise de variância (quadrados médios) referentes a evapotranspiração da cultura (ETc) do feijão-caupi, determinada durante os 16 dias iniciais (ETc<sub>(0-16dias)</sub>), dos 17 aos 35 dias (ETc<sub>(17-35dias)</sub>), dos 36 aos 55 dias (ETc<sub>(36-55dias)</sub>), após a emergência das plântulas e, durante os 55 dias do ciclo da cultura, submetido a diferentes doses de calcário e fósforo aplicados ao solo, Areia-PB.

| Causa da Variação | GL | Quadrado médio          |                            |                            |                         |
|-------------------|----|-------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
|                   |    | ETc <sub>(16dias)</sub> | ETc <sub>(17-35dias)</sub> | ETc <sub>(36-55dias)</sub> | ETc <sub>(55dias)</sub> |
| Fósforo           | 3  | 11,4 <sup>ns</sup>      | 316,2 <sup>**</sup>        | 423,6 <sup>**</sup>        | 754,0 <sup>**</sup>     |
| Calcário          | 2  | 1,35 <sup>ns</sup>      | 174,1 <sup>ns</sup>        | 1006,2 <sup>**</sup>       | 1814,4 <sup>**</sup>    |
| P x C             | 6  | 10,3 <sup>ns</sup>      | 120,8 <sup>ns</sup>        | 185,0 <sup>ns</sup>        | 216,2 <sup>ns</sup>     |
| Fat x trat. adic. | 1  | 218,7 <sup>**</sup>     | 534,2 <sup>**</sup>        | 662,6 <sup>**</sup>        | 838,4 <sup>**</sup>     |
| Fat x trat.adic.P | 1  | 55,6 <sup>**</sup>      | 340,3 <sup>**</sup>        | 844,8 <sup>**</sup>        | 1140,4 <sup>**</sup>    |
| Fat x trat.adic.C | 1  | 329,8 <sup>**</sup>     | 416,9 <sup>**</sup>        | 986,3 <sup>**</sup>        | 1138,2 <sup>**</sup>    |
| C1                | 1  | 15,2 <sup>ns</sup>      | 342,3 <sup>*</sup>         | 674,2 <sup>**</sup>        | 948,5 <sup>**</sup>     |
| C2                | 1  | 6,2 <sup>ns</sup>       | 182,4 <sup>ns</sup>        | 358 <sup>*</sup>           | 552,4 <sup>*</sup>      |
| P1                | 1  | 21,9 <sup>ns</sup>      | 438,0 <sup>**</sup>        | 745,4 <sup>**</sup>        | 965,1 <sup>**</sup>     |
| P2                | 1  | 15,2 <sup>ns</sup>      | 286,9 <sup>*</sup>         | 582,3 <sup>**</sup>        | 638,4 <sup>*</sup>      |
| Bloco             | 2  | 14,3 <sup>ns</sup>      | 42,5 <sup>ns</sup>         | 11,9 <sup>ns</sup>         | 305,6 <sup>ns</sup>     |
| Tratamento        | 13 | 35,8 <sup>**</sup>      | 640,5 <sup>**</sup>        | 782,4 <sup>**</sup>        | 2453,5 <sup>**</sup>    |
| Resíduo           | 26 | 6,01                    | 65,12                      | 82,21                      | 16,19                   |

<sup>ns</sup>, \* e \*\*: não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste “F”;

Na Tabela 7 encontram-se os resultados médios da evapotranspiração da cultura (ETc) do feijão-caupi, determinado da emergência aos 16 dias (ETc<sub>(0-16dias)</sub>), dos 17 aos 35 dias (ETc<sub>(17-35dias)</sub>) e dos 36 aos 55 dias (ETc<sub>(36-55dias)</sub>). A comparação entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade permite observar que houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) dos tratamentos de fósforo sobre os resultados da ETc para as determinações realizadas dos 17 aos 35 dias, dos 36 aos 55 dias e para os 55 DAE, onde o tratamento 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> reduziu de forma significativa a ETc da cultura e, no entanto, não houve diferença entre as dosagens de 160, 240 e 320 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para os períodos do

ciclo da cultura avaliados. Para esses períodos, idêntico comportamento ocorreu com os tratamentos de calcário, onde os menores resultados da ETc foram provenientes do tratamento com 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário e não houve diferença entre as doses 3,5 e 4,5 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>. As médias do fatorial superaram de forma significativa as médias do tratamento adicional C com calcário em 150,0%, 205,5%, 123,2% e 150,1% e, as médias do tratamento adicional com P em 261,5%, 281,5%, 202,6% e 242,8%, respectivamente, nos períodos (ETc<sub>(0-16dias)</sub>), (ETc<sub>(17-35dias)</sub>), (ETc<sub>(36-55dias)</sub>) e durante os 55 dias após a emergência.

**Tabela 7.** Resultados médios da evapotranspiração da cultura (ETc) do feijão-caupi, determinada durante os 16 dias iniciais (ETc<sub>(0-16dias)</sub>), dos 17 aos 35 dias (ETc<sub>(17-35dias)</sub>), dos 36 aos 55 dias (ETc<sub>(36-55dias)</sub>), após a emergência das plântulas e, durante os 55 dias do ciclo da cultura, submetido a diferentes doses de calcário e fósforo aplicados ao solo, Areia-PB.

|   | Média – mm                |                            |                            |                         |
|---|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
|   | ETc <sub>(0-16dias)</sub> | ETc <sub>(17-35dias)</sub> | ETc <sub>(36-55dias)</sub> | ETc <sub>(55dias)</sub> |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – kg ha <sup>-1</sup> |                           |                            |                            |                         |
| 80  | 86,1a                     | 120,3c                     | 127,8b                     | 334,2b                  |
| 160   | 92,1a                     | 131,9a                     | 136,7a                     | 360,7a                  |
| 240   | 93,2a                     | 136,7a                     | 140,3a                     | 370,2a                  |
| 320   | 93,0a                     | 139,1a                     | 130,8a                     | 374,5a                  |
| Calcário – t ha <sup>-1</sup>                       |                           |                            |                            |                         |
| 2,5   | 83,2a                     | 122,0b                     | 124,8b                     | 330,0b                  |
| 3,5   | 95,3a                     | 137,0a                     | 142,4a                     | 374,7a                  |
| 4,5   | 94,8a                     | 137,1a                     | 143,3a                     | 375,2a                  |
| Fatorial  | 91,1a                     | 132,0a                     | 136,8a                     | 359,9a                  |
| Trat. adic. P                                       | 36,4b                     | 43,2b                      | 61,3b                      | 140,9b                  |
| Trat. adic. C                                       | 25,2b                     | 34,6b                      | 45,2b                      | 105,0b                  |
| CV(%)   | 10,36                     | 6,88                       | 6,45                       | 4,36                    |

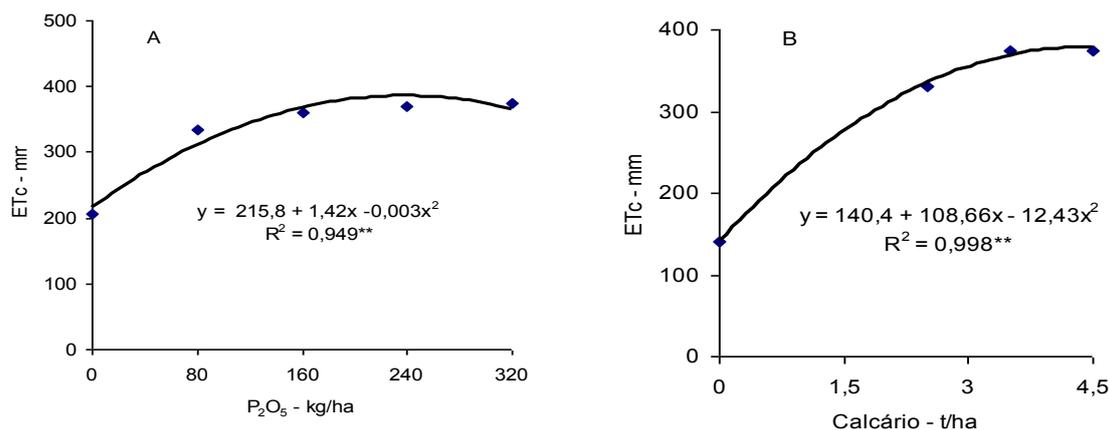
CV(%): coeficiente de variação

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Ainda de acordo com as informações da Tabela 9, comparando-se o tratamento adicional P sem calcário ( $0 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário) na presença de  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , com o tratamento de  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  do fatorial, constata-se que houve um ganho em prol do fatorial da ordem de 156,0%, 216,4%, 128,8% e 162,7%, respectivamente, para a ETc determinada nos períodos de 01 -16 dias, 17 – 35 dias, 36 – 55 dias e durante os 55 dias do ciclo da cultura. De acordo com esses resultados, a redução na ETc nas épocas analisadas deve ser atribuída à ausência do calcário. Por outro lado, comparando-se ao tratamento adicional C ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) na presença de  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário, com o tratamento  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário do fatorial, constata-se que houve um ganho em prol na ETc do fatorial da ordem de 230,1%, 252,6% e 176,1%, e 214,3%, respectivamente, para a ETc determinada nos períodos de 01 -16 dias, 17 – 35 dias, 36 - 55 dias e durante os 55 dias do ciclo da

cultura. De acordo com esses resultados, a redução da ETc nas épocas analisadas deve ser atribuída a ausência do fósforo.

Os resultados médios da evapotranspiração durante 55 dias do ciclo da cultura do feijão-caupi submetidos à análise de regressão polinomial, revelou que os dados da ETc se ajustaram de forma significativa ( $p \leq 0,01$ ) a uma função do 2º grau, tanto para os tratamentos isolados de fósforo (Figura 3A) como para os tratamentos isolados de calcário (Figura 3B). De acordo com os modelos obtidos, a ETc máxima ( $383,8 \text{ mm}$ ) seria atingido teoricamente, com aplicação de  $236,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  ao solo. Para o calcário a ETc máxima ( $377,9 \text{ mm}$ ) seria obtido, teoricamente, com  $4,4 \text{ t ha}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  aplicados ao solo. A referida figura ainda permite afirmar que 95% dos resultados da ETc foram explicados pelos tratamentos isolados de fósforo e em 99% pelo calcário.



**Figura 3.** Resultados médios da evapotranspiração da cultura (ETc) do feijão-caupi em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (3A) e da calagem (3B) aplicados ao solo.

O consumo médio de água pelas plantas ou evapotranspiração da cultura foi da ordem de 360 mm para o período dos 55 dias do ciclo da cultura, portanto uma taxa de 6,54 mm dia. Ainda de acordo com a Tabela 9, da ETc total da cultura 25,3% foi consumido durante os 16 dias iniciais, 36,7% dos 17 aos 35 dias e 38,0% dos 36 aos 55 dias do ciclo da cultura, com taxa de 5,7 mm dia, 7,3 mm dia e 7,2 mm dia, respectivamente. Os resultados obtidos no presente trabalho estão de certa forma de acordo com Doorenbos e Kassam (1994) quando afirmam que as necessidades hídricas da cultura do feijão *Phaseolus* variam entre 300 a 500 mm, dependendo do clima.

#### 4. CONCLUSÕES

1- O calcário reduziu sobremaneira a acidez do solo e o fósforo promoveu

expressivo aumento nos teores de P disponível no solo;

2- O fósforo causou efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) sobre os resultados da área foliar, produção de matéria seca e evapotranspiração da cultura (ETC);

3- Os resultados dos fatoriais foram de forma significativa ( $p \leq 0,01$ ) superiores aos dos tratamentos adicionais de fósforo e de calcário;

4- A ausência de fósforo foi mais limitante sobre os resultados das variáveis analisadas do que a ausência do calcário;

5- A maior taxa de crescimento da cultura ocorreu dos 40 aos 50 dias do ciclo da cultura;

6- Da evapotranspiração máxima (360 mm) 25,3% foi consumido nos 16 dias iniciais, 36,75% dos 17 aos 35 dias e

38,0% dos 36 aos 55 dias do ciclo da cultura;

7- Taxa de consumo de água foi da ordem de 5,7 mm dia, 7,3 mm dia 7,2 mm dia, respectivamente, para os períodos dos 16 dias iniciais, dos 17 aos 35 dias e dos 36 aos 55 dias do ciclo da cultura.

## 5. REFERÊNCIAS

- ASHLEY, D.A.; DOSS, B.D.; VENNETT, O.L. A method of determining leaf area in cotton. *Agronomy Journal*, Madison, v.25, p.484 - 5, 1963.
- BRASIL. Ministério da agricultura. **Levantamento exploratório reconhecimento de solo do estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: MA/SUDENE, 1972. 669p. (Boletim Técnico, 15).
- CARVALHO, A. M. de.; FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I.P de.; KINJO, T. Resposta do feijoeiro a aplicação de fósforo em solos dos cerrados. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.19, n.1, p.61-67. 1995.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem,33).
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. EMBRAPA Solos Rio de Janeiro-RJ, p.412, 1999.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 212p, 1997.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R.S. e. **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Potafos. cap.17, 2004. p. 435-453.
- GONDIM, A. W. de A.; FERNANDES, B. Probabilidade de chuva para o município de Areia-PB. **Agropecuária técnica**, Areia, v.1, p. 55-66,1980.
- OLIVEIRA, I. P.; THUNG, M. D. T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, J. A.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba. Potafos, 1988. p.175-215