

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI A CALAGEM

Antonio Luís Galvão de Almeida

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI A CALAGEM

Antonio Luís Galvão de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

Coorientador: Dr. Francisco de Brito Melo

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

Junho – 2013

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ANTONIO LUÍS GALVÃO DE ALMEIDA - filho de Vicente Rodrigues de Almeida e Elisa Otacília Galvão de Rodrigues, natural de Piripiri estado do Piauí, nasceu aos 07 de dezembro de 1961. Graduado em Agronomia em dezembro de 1989 pela Universidade Federal do Ceará (UFC); Especialista em Docência do Ensino Superior e em Educação do Campo; foi docente da UESPI (Universidade Estadual do Piauí) no câmpus de União, onde assumiu o cargo de Coordenador do curso de Agronomia por um ano; foi professor do Colégio Agrícola de Teresina, vinculado a UFPI (Universidade Federal do Piauí), no curso Técnico em Agropecuária, ministrando as disciplinas denominadas “Agroindústria, Fruticultura e Paisagismo”. Obteve o título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal) em 2007, pela UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ, tendo como orientador o Professor Dr. Júlio Cesar de Azevedo Nóbrega. Em agosto de 2009 ingressou no curso de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado em Produção Vegetal – Doutorado Interinstitucional (DINTER) UFPI / UNESP / FCAV câmpus de Jaboticabal, São Paulo, tendo como orientador o Professor Assistente Dr. Leandro Borges Lemos, Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária de Jaboticabal e como Coorientador o Dr. Francisco de Brito Melo, pesquisador da Embrapa Meio-Norte.

"Nossas atitudes escrevem nosso destino. Nós somos responsáveis pela vida que temos. Culpar os outros pelo que nos acontece é cultivar a ilusão. A aprendizagem é nossa e ninguém poderá fazê-la por nós, assim como nós não poderemos fazer pelos outros. Quanto mais depressa aprendermos isso, menos sofreremos."

Zíbia Gasparetto

AGRADEÇO

A Deus que me guia através das intuições no caminho do bem, e por meus sonhos realizados.

DEDICO

A meus pais Vicente Rodrigues de Almeida (*In memoriam*) e Elisa Otacília Galvão Rodrigues pela própria existência e pelos valiosos ensinamentos e princípios de vida, que me educaram através dos bons exemplos e por sempre estarem ao meu lado em minhas decisões.

OFEREÇO

A minha família, em especial a minha esposa Maria do Carmo Brito Galvão de Almeida e meus filhos Luana Brito Galvão de Almeida e Mateus Brito Galvão de Almeida por me apoiarem nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – FCAV/UNESP, pelos ensinamentos oferecidos;

Ao Professor Dr. Leandro Borges Lemos, pelos importantes ensinamentos, orientação e amizade, e por sempre estar disposto a esclarecer minhas dúvidas;

Ao Dr. Francisco de Brito Melo por me aceitar como coorientado e a Embrapa Meio-Norte por estar sempre a disposição para receber os pós-graduando;

A Universidade Federal do Piauí e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pelo conhecimento e formação.

Aos membros da Comissão Examinadora do Exame Geral de Qualificação, Prof. Dr. Renato de Mello Prado, Prof. Dr. Domingos Fornasieri Filho, Prof. Dr. Miguel Ângelo Mutton, Prof. Dr. Gustavo Vitti Moro pelas oportunas observações e sugestões que resultaram no aperfeiçoamento da presente tese;

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação DINTER, em Agronomia (Produção Vegetal) da FCAV/UNESP pela importante contribuição em meu crescimento científico;

Aos colegas de Pós-Graduação, em especial a Raimundo Nonato Benvindo, Jaqueline Zanon de Moura, Carlota Joaquina de Sousa Rozal, Maria da Conceição Bezerra Matias, Cristiane Lopes Carneiro de Sousa, Laurielson Chaves Alencar, Francisco Reinaldo Rodrigues Leal, Francisco Carlos Gandara, Fábio Luiz Checchio Mingotte, Marcela Midori Yada, Tatiana Pagan Loeiro da Cunha, Camila Baptista do Amaral, Juciléia Írian dos Santos, pelo admirável convívio e pelas importantes contribuições neste trabalho.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| RESUMO..... | ix |
| SUMMARY | xi |
| LISTA DE TABELAS | xii |
| LISTA DE FIGURAS | xiv |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 3 |
| 2.1. A CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI | 3 |
| 2.2. CALAGEM | 5 |
| 2.3. A CALAGEM NO FEIJÃO-CAUPI | 9 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 11 |
| 3.1. LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO..... | 11 |
| 3.2 TRATAMENTOS, DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATOS CULTURAIS.. | 12 |
| 3.3. AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO | 16 |
| 3.4. AVALIAÇÕES NA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI..... | 16 |
| 3.4.1. DESEMPENHO AGRONÔMICO | 16 |
| 3.4.2. TEOR DE NUTRIENTES NAS FOLHAS E GRÃOS..... | 17 |
| 3.4.3. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DOS GRÃOS..... | 18 |
| 3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA | 19 |

| | |
|---|-----------|
| 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO | 20 |
| 4.1. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO | 20 |
| 4.2. DESEMPENHO AGRONÔMICO DO FEIJÃO-CAUPI..... | 30 |
| 4.3. TEOR DE NUTRIENTES NAS FOLHAS E GRÃOS | 48 |
| 4.4. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DOS GRÃOS..... | 62 |
| 5. CONCLUSÕES | 70 |
| 6. REFERÊNCIAS..... | 71 |
| 7. APÊNDICES | 80 |

RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI A CALAGEM

RESUMO – O presente trabalho foi desenvolvido no município de Teresina, PI, objetivando avaliar as alterações nos atributos químicos do solo e o desempenho agrônomo, nutricional e tecnológico de cultivares de feijão-caupi, à aplicação superficial de doses de calcário em um Argissolo Vermelho Amarelo em Teresina (PI), durante os anos de 2011 e 2012. O experimento foi instalado no delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas com dez tratamentos e quatro repetições, totalizando 40 subparcelas. As parcelas foram compostas por cinco doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹) correspondendo a zero, uma, duas, três e quatro vezes a dose para elevar a saturação por base a 50% aplicadas a lanço e sem incorporação em 15 de janeiro de 2011. As subparcelas foram compostas por duas cultivares de feijão-caupi BR 17 Gurguéia e BRS Guariba de porte semi-prostrado e semi-ereto, respectivamente. As subparcelas foram constituídas de cinco linhas de 10 m no espaçamento 0,45 m, com cinco plantas por metro, após desbaste. A semeadura das cultivares de feijão-caupi foi em 09 de abril de 2011 e em 06 de abril de 2012. Aos 5 e aos 17 meses após a aplicação do calcário procedeu-se a retirada de amostras de solo para fins de análise da fertilidade. A calagem proporcionou a elevação do pH, dos teores de cálcio, magnésio e saturação por bases do solo, sendo que os valores de saturação por bases obtidos foram menores do que os estimados pelo método da elevação do V%. A aplicação de calcário nas doses de 3,7 e 3,8 t ha⁻¹ promoveram os máximos rendimentos de vagens do feijão-caupi nas cultivares BR 17 Gurguéia e BRS Guariba. Doses de calcário, de 3,0 e 3,2 t ha⁻¹ promoveram a máxima produtividade de grãos da cultivar BR 17 Gurguéia, e a de 3,3 e 3,4 t ha⁻¹ proporcionaram produtividades de 792 e 827 kg ha⁻¹ na cultivar BRS Guariba. Mesmo ocorrendo respostas diferenciadas entre as cultivares BR 17 Gurguéia e BRS Guariba, as máximas produtividades de grãos foram obtidas com 46% a 56% de saturação por bases, podendo ser referências para recomendação da calagem em feijão-caupi. A cultivar BRS Guariba apresentou maior relação de hidratação dos grãos em comparação a BR

17 Gurguéia. O tempo utilizado de 12 horas no teste de capacidade de hidratação, não foi suficiente para estimar a máxima hidratação dos grãos das cultivares.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, doses de calcário, química do solo, produtividade e tecnologia de grãos.

RESPONSE OF COWPEA CULTIVARS TO LIMESTONE

SUMMARY – This study was conducted in the city of Teresina, PI, to evaluate changes in soil chemical and agronomic performance, nutritional and technological cultivars of cowpea, the surface application of lime in a Alfissol in Teresina (PI), during the years 2011 and 2012. The experiment was arranged in a randomized block design in split plot design with ten treatments and four replications, totaling 40 plots. Each plot consisted of five doses of lime (0, 1.3, 2.6, 3.9 and 5.2 t ha⁻¹) corresponding to zero, one, two, three and four times the dose to increase saturation based on 50% broadcast applied without incorporation on 15 January 2011. The subplots consisted of two cultivars of cowpea and BRS BR 17 Gurguéia Guariba sized semi-prostrate or semi-erect, respectively. The plots consisted of five rows of 10 m at 0.45 m spacing, with five plants per meter after thinning. The sowing of cultivars of cowpea was April 9, 2011 and April 6, 2012. At 5 and 17 months after liming proceeded to withdrawal of soil samples for analysis of fertility. The liming to increase the pH, calcium, magnesium and base saturation of the soil, and the base saturation values obtained were lower than those estimated by raising the V%. The application of lime at doses of 3.7 and 3.8 t ha⁻¹ promoted the maximum yield of pods of cowpea cultivars BR 17 Gurguéia and BRS Guariba. Lime rates of 3.0 and 3.2 t ha⁻¹ promoted the maximum grain yield of cultivar BR 17 Gurguéia, and 3.3 and 3.4 t ha⁻¹ provided yields of 792 and 827 kg ha⁻¹ BRS Guariba. Even occurring responses differed among the cultivars BR 17 BRS Guariba Gurguéia and the maximum grain yields were obtained with 46% to 56% of base saturation and may be references to liming recommendation in cowpea. BRS Guariba showed higher grain hydration compared to BR 17 Gurguéia. The time used in the test 12 hours of hydration capacity was not sufficient to estimate the maximum hydration of the cultivars.

Keywords: *Vigna unguiculata*, limestone, soil chemistry, yield and grain technology.

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|---|-----------|
| Tabela 1 - Atributos químicos de um Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), Teresina-PI..... | 21 |
| Tabela 2 - Número e massa de vagens por planta de duas cultivares de feijão caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI | 31 |
| Tabela 3 - Rendimento de vagens e comprimento da vagem em duas cultivares de feijão caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI | 34 |
| Tabela 4 - Número de grãos por vagem e massa de grãos por planta em duas cultivares de feijão caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI | 37 |
| Tabela 5 - Massa de 100 grãos e produtividade de grãos em duas cultivares de feijão caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI .. | 40 |
| Tabela 6 - Massa seca da planta e índice de colheita em duas cultivares de feijão caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI | 45 |
| Tabela 7 - Valores de correlação (r) entre os componentes de produção e produtividade de grãos (variável dependente) de duas cultivares de feijão caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI | 48 |
| Tabela 8 - Teores foliares de macronutrientes em duas cultivares de feijão caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI | 49 |

Tabela 9 - Teores de macronutrientes no grão em duas cultivares de feijão caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI50

Tabela 10 - Teor de proteína bruta e tempo para cozimento dos grãos de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI63

Tabela 11 - Relação de hidratação dos grãos em duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI67

Tabela 12 - Tempo para máxima hidratação dos grãos (TH) em duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI69

LISTA DE FIGURAS

Página

| | |
|---|-----------|
| Figura 1 - Precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima, a cada cinco dias, durante o período de desenvolvimento (janeiro a junho) de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), em 2011, em Teresina-PI. Ano de 2011: aplicação do calcário em 15/01, semeadura em 09/04, florescimento em 19/05 e colheita em 19/06..... | 14 |
| Figura 2 - Precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima, a cada cinco dias, durante o período de desenvolvimento (abril a junho) de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), em e 2012, em Teresina-PI. Ano de 2012: semeadura em 06/04, florescimento em 16/05 e colheita em 16/06..... | 15 |
| Figura 3 - Alterações no pH (CaCl₂) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012. | 22 |
| Figura 4 - Alterações no teor de matéria orgânica (g kg⁻¹) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012. | 22 |
| Figura 5 - Alterações no teor de P-resina (mg dm⁻³) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012. | 23 |
| Figura 6 - Alterações no teor de H + Al (cmol_c dm⁻³) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012. | 24 |
| Figura 7 - Alterações no teor de K (cmol_c dm⁻³) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012. | 25 |
| Figura 8 - Alterações no teor de Ca (cmol_c dm⁻³) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012. | 26 |

| | |
|--|-----------|
| Figura 9 - Alterações no teor de Mg ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012. | 27 |
| Figura 10 - Alterações na soma de bases – SB ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012. | 28 |
| Figura 11 - Alterações na capacidade de troca de cátions – CTC ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012..... | 29 |
| Figura 12 - Alterações na saturação por bases – V (%) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012. | 30 |
| Figura 13 - Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no número de vagens por planta de duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha^{-1}), Teresina-PI, 2011 e 2012. | 32 |
| Figura 14 - Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário na massa de vagens por planta de duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha^{-1}), Teresina-PI, 2011 e 2012. | 33 |
| Figura 15 - Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no rendimento de vagens (kg ha^{-1}) de duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha^{-1}), Teresina-PI, 2011 e 2012. | 35 |
| Figura 16 - Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no comprimento da vagem (cm) de duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha^{-1}), Teresina-PI, 2011 e 2012. | 36 |
| Figura 17 - Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no número de grãos por vagem em duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS | |

| | |
|--|----|
| Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha ⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012. | 38 |
| Figura 18 - Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário na massa de grãos por planta (g) de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha ⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012. | 39 |
| Figura 19 - Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário na massa de 100 grãos em duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha ⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012. | 41 |
| Figura 20 - Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário na produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha ⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012. | 43 |
| Figura 21 - Desdobramento da interação cultivares x saturação por bases na produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba), Teresina-PI, 2011 e 2012. | 44 |
| Figura 22 - Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário na massa seca da planta em duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha ⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012.. | 46 |
| Figura 23 - Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no índice de colheita de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha ⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012. | 47 |
| Figura 24 - Teor de nitrogênio (N) total foliar (g kg ⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha ⁻¹), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI..... | 51 |
| Figura 25 - Teor de nitrogênio (N) total nos grãos (g kg ⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha ⁻¹), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI. .. | 52 |

- Figura 26 - Teor de fósforo (P) foliar (g kg^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e $5,2 \text{ t ha}^{-1}$), em 2012, em Teresina-PI.53**
- Figura 27 - Teor de fósforo (P) nos grãos (g kg^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e $5,2 \text{ t ha}^{-1}$), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI..... 54**
- Figura 28 - Teor de potássio (K) foliar (g kg^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e $5,2 \text{ t ha}^{-1}$), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI.55**
- Figura 29 - Teor de potássio (K) nos grãos (g kg^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e $5,2 \text{ t ha}^{-1}$), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI..... 56**
- Figura 30 - Teor de cálcio (Ca) foliar (g kg^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e $5,2 \text{ t ha}^{-1}$), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI.57**
- Figura 31 - Teor de cálcio (Ca) nos grãos (g kg^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e $5,2 \text{ t ha}^{-1}$), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI..... 58**
- Figura 32 - Teor de magnésio (Mg) foliar (g kg^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e $5,2 \text{ t ha}^{-1}$), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI. 59**
- Figura 33 - Teor de magnésio (Mg) nos grãos (g kg^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e $5,2 \text{ t ha}^{-1}$), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI..... 60**
- Figura 34 - Teor de enxofre (S) foliar (g kg^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e $5,2 \text{ t ha}^{-1}$), em 2012, em Teresina-PI. 61**

- Figura 35 - Teor de enxofre (S) nos grãos (g kg^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha^{-1}), em 2011, em Teresina-PI. 62**
- Figura 36 - Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no teor de proteína bruta em grãos de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha^{-1}), Teresina-PI, 2011 e 2012. 64**
- Figura 37 - Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no tempo para cozimento dos grãos de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha^{-1}), Teresina-PI, 2011 e 2012.. 66**
- Figura 38 - Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário na relação de hidratação dos grãos em duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha^{-1}), Teresina-PI, 2011 e 2012.. 68**

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) é de grande importância para as regiões Norte e Nordeste do Brasil pela sua adaptabilidade às condições edafoclimáticas por ser cultivado em solos com variações de fertilidade e consideráveis variações climáticas, é importante fonte de proteína, carboidratos, vitaminas e minerais, para as populações dessas regiões (AMARAL et al., 2005). Segundo dados do IBGE (2011) o Nordeste brasileiro apresenta produção de 637.153 toneladas em área cultivada de 1.449.793 ha e colhida de 1.411.200 ha, sendo cultivado principalmente na região semi-árida.

No Piauí, a produtividade média da cultura é reduzida, da ordem de 483 kg ha⁻¹, produção de 111.125 toneladas, em área plantada de 230.199 ha (IBGE, 2011). No entanto, segundo Freire Filho et al. (2005) com a adoção de nível de tecnologia compatível com a utilização da irrigação, correção do solo, cultivares melhoradas e adubação, um hectare de feijão-caupi pode alcançar rendimentos médios superiores a 2.500 kg ha⁻¹.

O feijão-caupi, apresenta cultivares com capacidade de se desenvolverem satisfatoriamente em solos de baixa fertilidade, entretanto, em solos ácidos adequadamente corrigidos tem-se obtido aumento da produtividade de grãos.

A calagem quando bem conduzida proporciona elevação do pH, neutralização do alumínio trocável, fornecimento de cálcio e magnésio, aumento na capacidade de troca catiônica, maior disponibilidade do fósforo e molibdênio às plantas, insolubilização do manganês e outras alterações na disponibilidade de micronutrientes (NEVES, 1991). A calagem, além de afetar atributos químicos do solo, pode alterar as propriedades eletroquímicas e conseqüentemente as físicas, agregando ou desagregando o solo. A calagem é uma das práticas mais comuns e efetivas para aumentar a produção agrícola em solos ácidos. O uso adequado do calcário é fundamental para aumentar a produção e, ao mesmo tempo, reduzir seu custo (FAGERIA, 2001).

Vários índices são usados na determinação da necessidade de calagem e avaliar o solo quanto a sua fertilidade, a saturação por bases é importante índice de acidez do solo que mensura dosagens de calcário para muitas culturas anuais. Segundo Fageria (2001) a saturação por bases está relacionada ao fornecimento de bases trocáveis em níveis ótimos para o desenvolvimento das culturas.

O objetivo do trabalho foi avaliar as alterações nos atributos químicos do solo e no desempenho agronômico, nutricional e tecnológico de cultivares de feijão-caupi, à aplicação superficial de doses de calcário em Argissolo Vermelho Amarelo em Teresina (PI), durante os anos de 2011 e 2012.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI

O feijão-caupi é cultivado nas regiões Norte e Nordeste do Brasil para produção de grãos visando à alimentação humana, por ser fonte de proteínas (23% a 25%, em média) de fibras e de nutrientes para população de baixa renda (AMARAL et al., 2005). Originário do continente africano é uma espécie adaptada a condições de calor e seca, e intolerante à geada. Segundo Amaral et al. (2005), as médias mensais entre 22°C e 25°C, durante o ciclo vegetativo da cultura, constitui a faixa térmica ideal. Altas temperaturas durante o florescimento reduzem o pegamento floral, prejudicando a floração e a produção final, sendo consideradas como faixa ótima, temperaturas entre 20°C e 30°C. Temperaturas inferiores a 19°C influenciam diretamente na produtividade da leguminosa, ocasionando o aumento do ciclo vegetativo e retardando o florescimento, enquanto temperaturas superiores aos 35°C acarretam abortos espontâneos das flores, retenção das vagens e redução no número de sementes por vagem.

A cultura do feijão-caupi exige um mínimo de 300 mm de precipitação, distribuídos regularmente durante o ciclo da cultura, para que produza satisfatoriamente, sem a necessidade de irrigação suplementar. Regiões com níveis pluviométricos entre 250 e 500 mm são consideradas aptas para inserção da cultura. O feijão-caupi é bastante tolerante a ocorrência de períodos com déficits hídricos no início de seu desenvolvimento, sendo considerada resistente à seca, condição esta determinante em sua implantação no Nordeste. Os períodos fenológicos críticos da cultura são compreendidos entre o florescimento e enchimento dos grãos, sendo necessário nesse período um nível de umidade que satisfaça as exigências das características da cultura, para que não ocasione o comprometimento da produção (AMARAL et al., 2005).

O feijão-caupi tem a Nigéria como o maior produtor mundial, seguido por Níger e Brasil (FAOSTAT, 2012; FREIRE FILHO et al., 2011). De acordo com Freire Filho et al. (2011) e produtividade média mundial em torno de 462 kg ha⁻¹.

Esta espécie é cultivada e seus grãos consumidos mundialmente, abrangendo importantes nichos de mercado. No Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, o feijão-caupi representa uma das principais alternativas sociais e econômicas de suprimento alimentar e de geração de emprego e renda, para as populações rurais. É importante destacar que nas regiões Sudeste e Centro-Oeste têm sido constatados aumento do cultivo e da produção de feijão-caupi, em decorrência da elevada demanda deste produto em grandes centros urbanos. Outro aspecto é que feijão-caupi pode ser comercializado em vagens e grãos verdes bem como grãos secos, além da possibilidade de avanços em seu processamento industrial, como resfriamento, congelamento, pré-cozimento e enlatamento (FREIRE FILHO et al., 2011).

No Brasil, apesar da baixa produtividade em nível nacional, em torno de 369 kg ha⁻¹, o feijão-caupi apresenta-se como opção de cultura de entressafra e ser explorada numa diversidade de sistemas de produção e níveis tecnológicos, obtendo-se produtividades superiores a 2.500 kg ha⁻¹, podendo alcançar patamares ainda mais elevados, principalmente em regiões de clima favorável e em função das cultivares de elevada produtividade e adaptadas ao local de cultivo (FREIRE FILHO et al., 2005; ROCHA et al., 2007; FREIRE FILHO et al., 2011). O Estado do Piauí é um dos principais produtores de feijão-caupi, sendo cultivado numa área de 230.199 ha e produtividade de 483 kg ha⁻¹ (IBGE, 2011).

Várias espécies de feijões são cultivadas no Brasil, no entanto, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), instituiu o novo Regulamento Técnico do Feijão, com isso, somente as espécies *Phaseolus vulgaris* (L.) e *Vigna unguiculata* (L.) Walp, são consideradas feijões (BRASIL, 2008). De acordo com as espécies a que pertencem, esses feijões são classificados em grupo I (feijão-comum) e grupo II (feijão-caupi); este, de acordo com a coloração do tegumento é classificado em quatro classes: branco, preto, cores e misturado.

O ciclo fenológico da cultura do feijão-caupi é caracterizado, segundo Campos et al. (2000) como: fase vegetativa (V0 – semeadura; V1 – cotilédones emergidos na superfície do solo; V2 – folhas unifolioladas completamente abertas; V3 – primeira folha trifoliolada com folíolos separados e completamente abertos; V4 - segunda folha trifoliolada com folíolos separados e completamente abertos; V5 - terceira folha trifoliolada com folíolos separados e completamente abertos; V6 – primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifolioladas, podendo também ser observados nas axilas das primeiras folhas trifolioladas; V7 – primeira folha do ramo secundário completamente aberta; V8 – segunda folha do ramo secundário completamente aberta; V9 – terceira folha do ramo secundário completamente aberta); fase reprodutiva: (R1 – surgem os primórdios do primeiro botão floral no ramo principal; R2 – antese da primeira flor, geralmente oriunda do primeiro botão floral; R3 – início da maturidade da primeira vagem, geralmente oriunda da primeira flor; R4 – maturidade de 50% das vagens da planta; e R5 – maturidade de 90% das vagens da planta).

A escolha da cultivar para determinado ambiente e sistema de produção é de grande importância, para aumentar a produção, porém só isto não é suficiente para o sucesso da exploração. É necessário também saber se a cultivar atende as exigências do comércio, se a cultivar tem características de grão e de vagem (FREIRE FILHO et al., 2000).

2.2. CALAGEM

A calagem é uma das práticas agrícolas que mais contribuem com a eficiência do aproveitamento da adubação pelas plantas aumentando a produtividade das culturas. A calagem adequada possibilita a elevação do pH; fornece Ca e Mg como nutrientes; diminui ou elimina os efeitos tóxicos do Al, Mn e Fe; diminui a “fixação” de P; aumenta a disponibilidade do N, P, K, Ca, Mg, S e Mo no solo; aumenta a eficiência dos fertilizantes; aumenta a atividade microbiana e a liberação de nutrientes, tais como N, P, S e B pela decomposição da matéria orgânica; melhora as propriedades físicas do solo,

proporcionando melhor aeração, circulação de água, favorecendo o desenvolvimento das raízes das plantas (LOPES, 1991). A maneira mais fácil, correta e economicamente viável de corrigir a acidez do solo, notadamente na camada arável, diz respeito ao uso do calcário através da prática da Calagem (VALE et al., 1997). O calcário apresenta baixa solubilidade, razão por que requer adequado contato com as partículas de solo para reagir, portanto, a incorporação ao solo é fundamental para a sua reação (QUAGGIO, 2000).

A ação neutralizante ou eficiência relativa do calcário depende do tamanho das partículas e da área superficial de contato da partícula com o solo. Quanto menor a partícula maior é a velocidade de reação (QUAGGIO, 2000). A boa distribuição do calcário e sua incorporação são importantes por possuir baixa solubilidade, com isso há a necessidade que seja facilitado sua ação neutralizante, pois depende da superfície de contato e tempo de reação com o solo. O calcário apresenta baixa mobilidade quando aplicado na superfície do solo, limitando sua eficiência na redução da acidez subsuperficial (MIYAZAWA et al., 2000).

A prática bem estabelecida de se fazer calagem nos solos ácidos tropicais até alcançar sua neutralidade, não tem o mesmo efeito para a maioria dos solos altamente intemperizados dos trópicos úmidos. Com bastante frequência a calagem até pH 7,0 ocasiona mais danos que benefícios (ALFAIA et al., 1988).

A elevação do pH, em decorrência do uso de corretivos, induz a uma série de mudanças nas características químicas do solo, concorrendo para que haja aumento ou diminuição na disponibilidade de diversos elementos e, conseqüentemente, uma maior ou menor produtividade das culturas. Andreotti et al. (2001) constataram que as aplicações de calcário dolomítico em um Latossolo Vermelho proporcionaram aumento do pH no primeiro cultivo, passando do valor inicial de 4,0 para 4,7, com a dose de 3,03 t ha⁻¹ de calcário. Esse mesmo efeito foi verificado na concentração de Ca²⁺ + Mg²⁺, a qual alcançou 4,85 cmol_c dm⁻³ com a dose máxima de calcário (3,03 t ha⁻¹).

Segundo Albuquerque et al. (2003), a calagem melhora o ambiente edáfico na camada analisada, ao elevar o pH do solo, os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis, a soma de bases e a CTC, e reduzindo significativamente os teores de Al³⁺ trocável, sendo

observado também a não influencia nos teores de K trocável e na condutividade elétrica. O mesmo foi observado por Alleoni et al. (2005), sendo estas modificações observáveis até a profundidade de 20 cm.

O movimento do calcário é dependente da dose e do tipo de calcário aplicado na superfície, da textura do solo, da porosidade, da matéria orgânica do solo e do regime hídrico do solo (ALLEONI et al., 2005). Segundo Caires et al. (2000), em regiões sem problemas de limitações hídricas a aplicação de calcário na superfície tem indicado aumento do pH, dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis e redução do Al^{3+} trocável até 40 cm de profundidade. O mesmo não acontece em regiões com restrições hídricas.

O fator mais importante que limita o crescimento dos vegetais cultivados em solos ácidos é a toxicidade do alumínio. Entre os seus principais efeitos nas plantas estaria a inibição do crescimento das raízes e formação dos nódulos nas leguminosas, precipitação do fósforo nas raízes, diminuição do transporte de água e nutrientes (PAVAN & MIYAZAWA, 1991).

Quando a calagem é realizada sobre a superfície do solo, a exemplo do que acontece no sistema plantio direto seus efeitos na correção da acidez e na alteração de outros atributos (neutralização do Al^{3+} e aumento de Ca^{2+} e Mg^{2+} no perfil) normalmente se restringem a poucos centímetros abaixo da superfície (ALLEONI et al., 2005), principalmente em solos com poder tampão baixo ou médio, entretanto, a aplicação de calcário sobre a superfície do solo tem melhorado o ambiente radicular (LEITE et al., 2006). Esses mesmos autores observaram que o maior contato calcário-solo favoreceu maior reação do corretivo apresentando valor de pH mais elevados, proporcionando uma maior uniformidade de correção do solo em profundidade.

O calcário calcinado, como o caso do "filler", é mais reativo e apresenta maior rapidez na correção do solo. Pode ser aplicado até 15 a 30 dias antes do plantio (OLIVEIRA et al., 2005)

Segundo Sousa & Lobato (1996, citado por Fageria 2001), dados obtidos experimentalmente indicam que a produtividade de grãos das culturas de sequeiro, (soja, milho, trigo e feijão) aumenta com a saturação por base até 40%, estabiliza entre os valores de 40% e 60% e diminui quando a saturação por base é maior que 60%.

Para saturação por base maiores que 60%, o pH em água do solo será de 6,3 e, nessa situação, poderá ser induzida a deficiência de zinco, cobre, ferro e manganês, sendo muito frequente na Região do Cerrado.

Em ensaio conduzido em um Latossolo Vermelho, Oliveira et al. (1997), após seis meses da aplicação do calcário, observaram aumento no valor do pH, passando de 4,0 (testemunha) para 5,2 com a aplicação das doses de 8,8 t ha⁻¹.

Silva et al. (2004), estudando o efeito da aplicação de calcário nas doses (1,59; 3,18 e 4,48 t ha⁻¹) sobre as características químicas de um Latossolo Vermelho distrófico, verificou que 30 dias após a calagem houve alteração no valor do pH do solo, passando de 4,0 (testemunha) para 5,1 na maior dose aplicada, segundo os autores, a concentração de cálcio de 0,5 cmol_c dm⁻³ para 2,5 cmol_c dm⁻³ e a de magnésio variou de 0,08 cmol_c dm⁻³ para 0,8 cmol_c dm⁻³ na maior dose de calcário aplicada. Neves (1991) conduzindo um experimento em Argissolo Vermelho Amarelo, aplicando calcário dolomítico nas doses (0 e 1,6 t ha⁻¹), verificaram aumentos nas concentrações de cálcio e magnésio que variaram de 0,24 cmol_c dm⁻³ para 0,65 cmol_c dm⁻³ e de 0,05 cmol_c dm⁻³ para 0,44 cmol_c dm⁻³, respectivamente.

Silva (2001) em trabalho realizado em Argissolo Vermelho Amarelo, utilizando níveis crescentes de saturação por bases (20; 40; 60 e 80%), verificou aumento linear na concentração de potássio no solo, variando de 0,13 cmol_c dm⁻³ para 0,14 cmol_c dm⁻³ aos 80% de saturação por bases, foi verificado também comportamento linear crescente para fósforo em função da saturação por bases, que aumentou de 10,6 mg dm⁻³ para 13 mg dm⁻³ com a máxima saturação por bases.

De Paula (1998), estudando a influência da aplicação do calcário dolomítico na produção de matéria seca do feijão-caupi cultivar BR3-Tracauteua em um Latossolo Amarelo, observou que o peso da matéria seca da parte aérea, vagens e matéria seca total, aumentaram em função da calagem, quando aplicado doses crescentes (0,0 e 1,6 t ha⁻¹).

2.3. A CALAGEM NO FEIJÃO-CAUPI

O efeito da calagem sobre a elevação do pH, disponibilidade de cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions, soma de bases, saturação por alumínio, atividade microbiana e outras propriedades químicas do solo, é assunto discutido no campo da ciência do solo (NEVES, 1991).

Alfaia & Muruoca, (1997), em trabalho realizado na Amazônia central em Latossolo Amarelo cultivando soja (1985), arroz (1986) e feijão-caupi (1987 e 1988) em rotação, avaliaram o efeito residual da calagem e interação com micronutrientes, quando aplicaram doses de calcário calcítico (0; 2,0; 3,0 e 5,0 t ha⁻¹) e (2,0; 3,0 e 5,0 t ha⁻¹) de calcário calcítico mais micronutrientes (5,0 kg ha⁻¹ de Cu, 7,5 kg ha⁻¹ Mn, 0,5 kg ha⁻¹ de Mo, 4,5 kg ha⁻¹ de Zn e 2,0 kg ha⁻¹ de B). Observaram que a calagem, até os treze meses, manteve o alto nível de pH e cálcio e baixo teores de alumínio trocável no solo, ocorrendo decréscimo contínuo nos teores de nutrientes do solo, com reduzida produtividade de feijão-caupi (em torno de 700 kg ha⁻¹) no último ano de cultivo.

Oliveira & Galvão (1999) em trabalho realizado em um Latossolo Amarelo no Nordeste paraense cultivado com milho e feijão-caupi, submetido à calagem nas doses (0,0 e 3,3 t ha⁻¹), verificaram aumento nas concentrações de Ca²⁺ + Mg²⁺, que passou de 1 cmol_c dm⁻³ na testemunha para 3 cmol_c dm⁻³ com aplicação de 3,3 t ha⁻¹ de calcário; verificaram também o aumento do pH do solo, com valor igual a 5,8.

Brasil et al. (2010) avaliando o efeito residual da aplicação de escória de siderurgia e de calcário dolomítico (0,0; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 t ha⁻¹) sobre os atributos químicos do solo (Latosolo Amarelo distrófico) na Embrapa Amazônia Oriental com feijão-caupi em sucessão ao milho, observaram que os valores de pH, Ca + Mg, V% e P reduziram, com exceção do Al que aumentou, indicando que a ação neutralizante dos corretivos passou a decrescer após o cultivo do milho; contudo, verificaram efeito residual dos corretivos sobre a produtividade de feijão-caupi, com acréscimos da ordem de 22% e 31%, respectivamente, a partir da aplicação de escória e de calcário, em relação a testemunha.

Em condução de experimento em casa de vegetação, Costa et al. (1991) avaliaram o efeito de fontes de calcário (Megaó, Magnecal e Cambucá), doses (3,0; 6,0 e 9,0 t ha⁻¹) e granulometria (Comercial, 200 e 400 malhas/pol.) na fixação biológica de nitrogênio (Estirpe J-01) em feijão-caupi (cv. Pitiúba) em Podzólico Vermelho Amarelo e concluíram que a calagem aumentou a absorção dos nutrientes nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio e, em todos os casos, ficou provado o efeito do magnésio, tendo em vista que a maior absorção ocorreu sempre com os calcários com maiores teores desse nutriente.

Cravo et al. (2012) avaliaram a influencia da calcário e efeito residual em atributos do solo (Latossolo Vermelho distrófico) na produtividade de culturas anuais (arroz, milho e feijão-caupi) nos período de 2003 a 2008, onde testaram doses de calcário (0,0; 0,1; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 e 2,0 t ha⁻¹), após a aplicação de 1 t ha⁻¹ de calcário, verificaram após 50 meses aumento no teor de Ca + Mg, e baixa a saturação por alumínio; após quatro anos de cultivos sucessivos, os valores desses atributos do solo encontravam-se muito próximos dos observados no inicio do experimento.

Fonseca et al. (2010) avaliando o efeito da saturação por bases (50% e 60%) e da adubação fosfatada (0, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) sobre os teores e acúmulos de macro e micronutrientes na massa seca da parte aérea (MSPA) e nos grãos de feijão-caupi cv. BRS Tracuateua observaram que a adubação fosfatada quando V 60%, não influenciou no teor de N na MSPA; para V 50% foi observado aumento nos teores de N. O mesmo não ocorreu nos grãos, em que os teores de N foram mais elevados na maior saturação por base, observaram também a interação entre doses de P e saturação por bases influenciando nos teores e acúmulos de micronutrientes.

Sousa Lima et al. (2008) avaliaram a produção de biomassa seca da parte aérea e acúmulo de Ca, Mg, K, P e Na em cultivo de feijão-caupi em dois solos, Neossolo Flúvico Eutrófico Salino Sódico (textura franco e franco argiloso). Observaram que o aumento das doses de gesso resultou no decréscimo do teor de sódio e no incremento de matéria seca nas plantas de feijão-caupi.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido sob regime de sequeiro na área experimental do Colégio Agrícola de Teresina, vinculado à Universidade Federal do Piauí, situado no município de Teresina, PI, (05° 05' 21" de latitude sul, 42° 48' 07" de longitude oeste) e 74 m de altitude, no período de janeiro de 2011 a junho de 2012. O clima, segundo a classificação de Köppen, é classificado como Aw', clima do bioma Transição Amazônia-Caatinga, quente e úmido com chuvas de verão/outono e precipitações pluviométricas variando de 1000 mm a 1800 mm, sendo mais elevada entre os meses de março e abril, com evapotranspiração potencial média anual de 2.973 mm, umidade relativa do ar média anual de 69,9%, insolação total anual de 2.625 horas, e temperatura média anual de 28°C. O solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, segundo Embrapa (2009).

Antes da instalação do experimento, a área foi desmatada, destocada e procedeu-se à retirada de amostras para fins de análise da fertilidade onde se desejou encontrar solo com saturação por bases com valor em torno de 25%, na camada 0,0 - 0,20 m, conforme metodologia proposta por Raij & Quaggio (1983), obtendo-se valores de pH (CaCl₂)= 4,3; M.O (g dm⁻³)= 2,2; P resina (mg dm⁻³)= 12; H + Al (cmol_c dm⁻³)= 3,6; Al (cmol_c dm⁻³)= 0,4; K (cmol_c dm⁻³)= 0,08; Ca (cmol_c dm⁻³)= 0,9; Mg (cmol_c dm⁻³)= 0,3; soma de bases (cmol_c dm⁻³)= 1,28; capacidade de troca de cátions (cmol_c dm⁻³)= 4,88; e saturação por bases (V%)= 26,2%.

A análise granulométrica revelou 339 g kg⁻¹ de areia grossa, 536,5 g kg⁻¹ de areia fina, 48,5 g kg⁻¹ de silte e 76 g kg⁻¹ de argila, apresentando classificação textural areia franca.

3.2. TRATAMENTOS, DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATOS CULTURAIS

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram representadas por cinco doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹) correspondendo a zero, uma, duas, três e quatro vezes a dose para elevar a saturação por base a 50%. O calcário utilizado foi o finamente moído apresentando teor de CaO = 32%; MgO = 15%; PN (Poder Neutralizante) = 94,5%; RE (Reatividade) = 96,30%; PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) = 91% . A aplicação do calcário foi manual a lanço e sem incorporação, realizada no dia 15 de janeiro de 2011.

As subparcelas foram compostas por duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) com cinco linhas de feijão-caupi com dez metros de comprimento e 0,45 m entre linhas, sendo consideradas úteis as duas linhas centrais, desprezando-se 0,5 metros de cada extremidade.

A cultivar BR 17 Gurguéia caracteriza-se por apresentar hábito de crescimento indeterminado; porte enramador (semi-prostrado); folha do tipo globosa; floração inicial aos 43 dias; floração média aos 53 dias; ciclo médio de 75 dias (para cultivo em sequeiro), flor de cor roxa; vagem imatura de cor verde; vagem seca de cor amarela; comprimento médio de vagem de 17 cm; em média 15 grãos por vagem, e peso médio de 100 grãos de 12,5g, grãos de cor esverdeada, classe cores, subclasse sempre-verde apresentando formato reniforme, estando dentro dos padrões aceitáveis pelos consumidores piauienses (FREIRE FILHO et al., 1994).

A cultivar BRS Guariba apresenta crescimento indeterminado; porte semi-ereto; folhas do tipo globosas; vagem imatura de cor verde; cor da vagem madura roxa; vagem seca de cor roxa; comprimento de 17,8 cm; número de grãos por vagem 12; floração inicial aos 41 dias; ciclo 65 – 70; massa de 100 grãos de 19,5g (FREIRE FILHO et al., 2004).

Realizou-se a semeadura manualmente em covas, utilizando cinco plantas por metro, em 09 de abril de 2011 e 06 de abril de 2012, sendo a colheita realizada em 19 e 16 de junho para ambos os anos de experimentação.

Considerando solos pobres, preferencialmente, em condição de vegetação nativa em início de incorporação ao processo produtivo, nos dois anos de experimentação foram aplicados, na semeadura, 60 kg ha⁻¹ P₂O₅ na forma de superfosfato simples (18% de P₂O₅), 50 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio (60% de K₂O) e 20 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia, para uma produtividade de 1.500 kg ha⁻¹, aplicados em cobertura, não incorporado, no estágio fenológico V₃ (primeira folha trifoliolada com folíolos separados e completamente abertos), seguindo as recomendações de Melo et al. (2005).

A cultura do feijão-caupi foi mantida sob condições de sequeiro e os dados de precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima ocorridas no período de cultivos nos anos de 2011 e 2012, estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

O controle de plantas invasoras foi realizado por meio de capina manual, não ocorrendo necessidade da aplicação de produtos fitossanitários para o controle de insetos-praga e doenças.

Antes da colheita foi determinada a população final de plantas nas três linhas de cultivo da área útil da parcela, obtendo valores médios de 64 mil e 68 mil plantas ha⁻¹, em 2011 e 2012, respectivamente.

Para o segundo ano do experimento, as parcelas permaneceram demarcadas para a repetição do experimento com os tratamentos nas mesmas parcelas do ano anterior, sendo a área preparada inicialmente com ajuda de roçadeira e depois usada a capina manual para limpeza da área, coincidindo cada parcela com as utilizadas no ano anterior onde receberam os mesmos tratamentos.

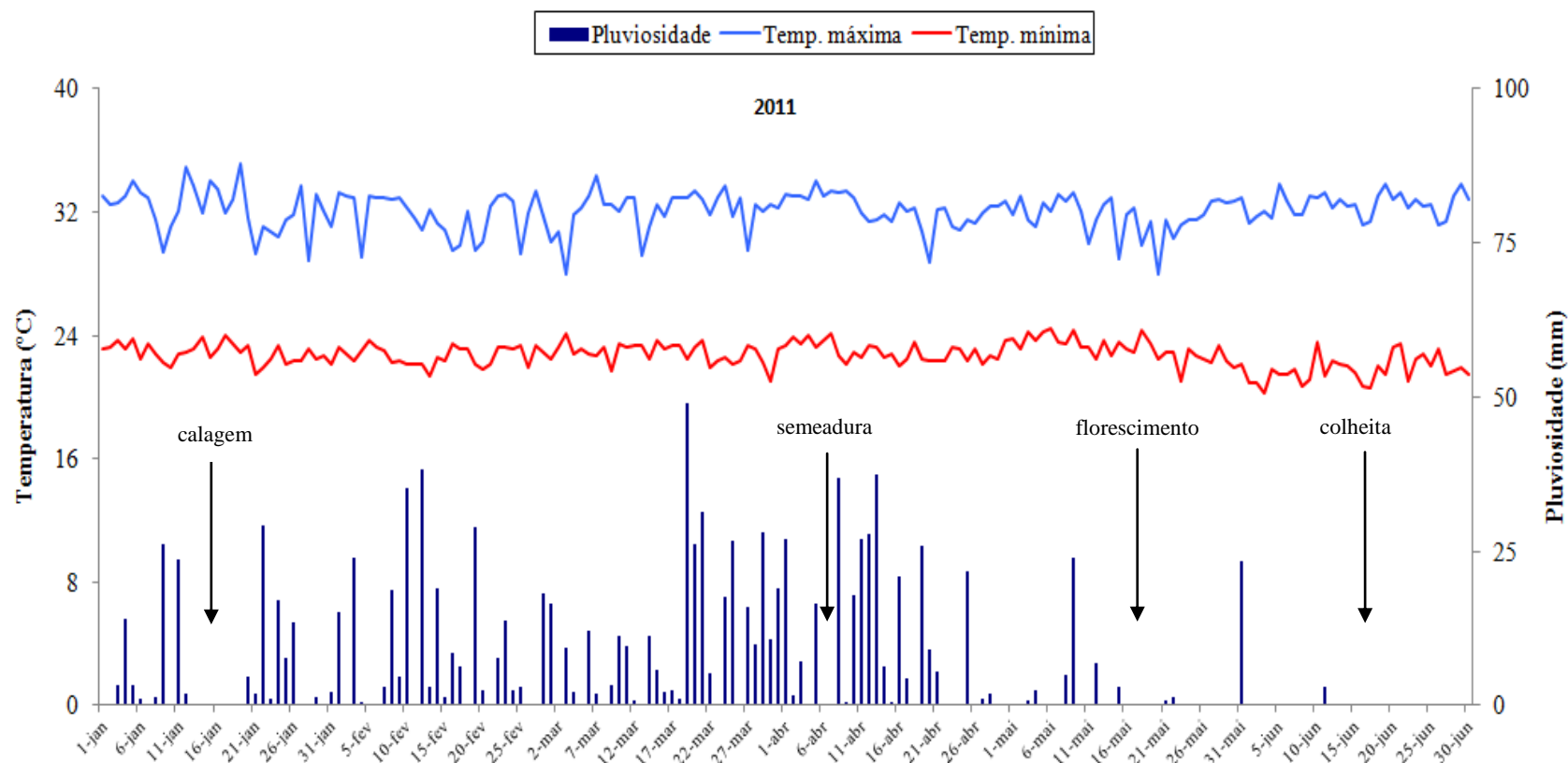


Figura 1. Precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima, a cada cinco dias, durante o período de desenvolvimento (janeiro a junho) de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), em 2011, em Teresina-PI. Ano de 2011: aplicação do calcário em 15/01, semeadura em 09/04, florescimento em 19/05 e colheita em 19/06.

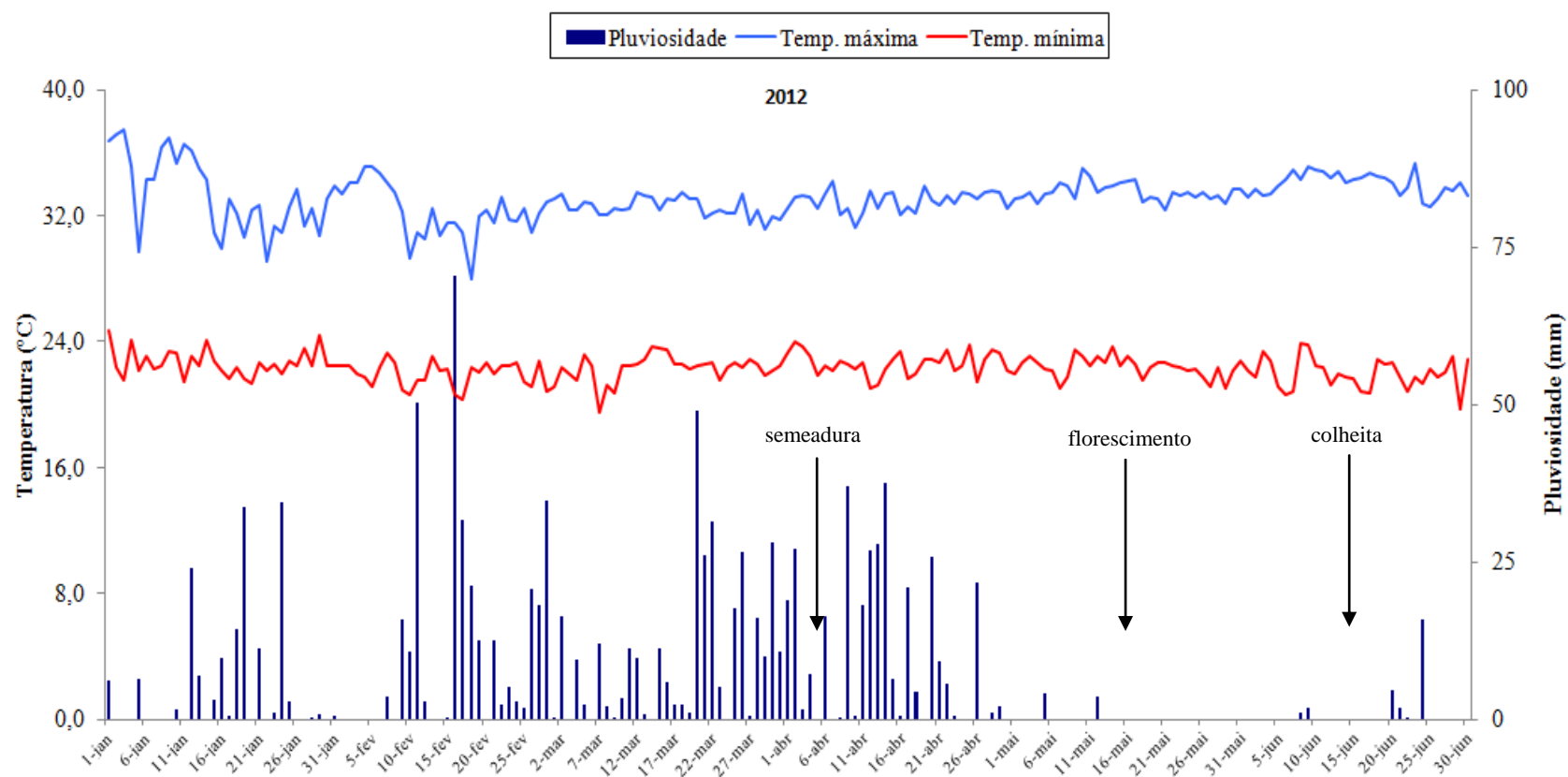


Figura 2. Precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima, a cada cinco dias, durante o período de desenvolvimento (abril a junho) de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), em 2012, em Teresina-PI. Ano de 2012: sementeira em 06/04, florescimento em 16/05 e colheita em 16/06.

3.3. AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Aos cinco e aos dezessete meses após aplicação do calcário, ou seja, no final do ciclo das cultivares foram coletadas 10 subamostras para uma amostra de solo na profundidade de 0,00 – 0,20 m nas entrelinhas em cada subparcela para determinação dos atributos químicos, conforme método descrito por Rajj & Quaggio (1983).

3.4. AVALIAÇÕES NA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI

3.4.1. DESEMPENHO AGRONÔMICO

Foram coletadas dez plantas consecutivas na linha de cultivo para a determinação dos componentes de produção (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos) e outras determinações.

Número de vagens/planta - foram contadas as vagens em dez plantas/subparcela, posteriormente calculado a média do número de vagens por planta, provenientes das dez plantas das duas linhas úteis.

Massa de vagens/planta (g) - foram pesadas as vagens em dez plantas em cada subparcela, posteriormente calculado a média de vagens por planta, provenientes das duas linhas úteis.

Rendimento de vagens secas (kg ha^{-1}) – o rendimento de vagens foi obtido pela pesagem das vagens presentes nas duas linhas úteis, com valores estimados para kg ha^{-1} .

Comprimento da vagem/planta (cm) - foi medido o comprimento das vagens em dez plantas em cada subparcela, com o uso de uma régua, posteriormente calculado a média do comprimento de vagens por planta, provenientes das duas linhas da área úteis.

Número de grãos/vagem - foram contadas as sementes das vagens das variáveis medidas anteriormente, posteriormente calculado a média do número de sementes por planta, provenientes das duas linhas úteis;

Massa de grãos/planta (g) - foram pesadas as sementes em dez plantas por subparcela, posteriormente calculado a média do peso de sementes por planta, provenientes das duas linhas úteis;

Massa de 100 grãos (g) - foram contadas e pesadas cem sementes retiradas em dez plantas por subparcela;

Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) - a produtividade de grãos foi obtida após colheita de duas linhas centrais de cada subparcela, somando-se a quantidade de grãos produzidos pelas 10 plantas coletadas anteriormente para contabilização dos componentes de produção, com determinação do grau de umidade dos grãos, padronizando-se a 13% de base úmida e transformação dos valores para kg ha^{-1} .

Massa seca da planta(g) - após a colheita total das parcelas foram arrancadas todas as plantas da área útil de cada subparcela, contadas e pesadas e calculada a massa seca vegetativa remanescente, foi deixado os restos culturais na área de cada parcela, inclusive as plantas utilizadas para massa seca que retornaram as suas respectivas subparcelas.

Índice de colheita - foi obtido pela relação percentual entre a produção econômica (grãos) e a produção biológica da planta (massa seca da parte aérea).

3.4.2. TEOR DE NUTRIENTES NAS FOLHAS E GRÃOS

Por ocasião do florescimento pleno (R_2) foi realizada a avaliação do estado nutricional coletando-se três folhas com pecíolo no terço mediano de 10 plantas da área útil das subparcela conforme indicação de Ambrosano et al. (1997) para a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). O material coletado foi submetido à lavagem, secagem em estufa a 60 – 70°C por 72 horas e posteriormente moído. Assim como o tecido foliar, amostras de grãos foram moídas e submetidas à determinação de

macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), segundo metodologia descrita por Bataglia et al. (1983) e Malavolta et al. (1997).

3.4.3. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DOS GRÃOS

Após a colheita do feijão-caupi no primeiro ano, os grãos de cada subparcela foram selecionados manualmente, acondicionados em sacos de papel e armazenados por 180 dias em geladeira. Para o segundo ano, após a colheita os grãos foram selecionados e acondicionados em sacos de papel e armazenados por 90 dias em geladeira. Após esses períodos, os grãos foram submetidos a avaliações referentes ao teor de proteína bruta, tempo para cozimento e capacidade de hidratação.

O teor de proteína bruta (g kg^{-1}) - foi determinado pela fórmula $\text{PB} = \text{N total} \times 6,25$; em que o N total é o teor de nitrogênio nos grãos (g kg^{-1}), obtido pela determinação segundo Malavolta et al. (1997)

O tempo para cozimento (minutos) - foi determinado com o auxílio do cozedor de Mattson, descrito por Durigan (1979), que consta basicamente de 25 estiletos verticais, cada um com peso de 90 gramas, terminados em ponta de 1/16" de diâmetro. A ponta fica apoiada no grão de feijão durante o cozimento e quando o grão encontra-se cozido a ponta penetra-o deslocando o estilete. O tempo final para cozimento da amostra foi obtido quando $50\% + 1$, ou seja, com 14 estiletos deslocados. Para essa determinação os grãos foram hidratados em água destilada durante um período de 12 horas. Durante a condução do teste a temperatura da água foi mantida a 96°C .

Capacidade de hidratação - foi determinada por meio da metodologia descrita por Durigan (1979), que consiste na utilização de uma proveta graduada com capacidade de 500 mL e precisão de 5 mL, béqueres com capacidade de 250 mL. Em cada béquer foi colocada uma amostra de 50 gramas de grãos previamente escolhidos, adicionando-se 200 mL de água destilada. De hora em hora num intervalo de 12 horas foram feitas avaliações do volume de água não absorvido pelos grãos, vertendo-a do béquer para a proveta. Ao final do tempo previsto para a hidratação a água em excesso

foi drenada e os grãos pesados. Não foram detectados grãos com casca dura (hardshell). A relação de hidratação foi determinada pela razão entre a massa final e a massa inicial dos grãos. Foi aplicado o estudo de regressão polinomial entre o tempo (horas) e a capacidade de hidratação (mL), visando determinar o tempo necessário à máxima hidratação dos grãos de feijão. Durante a condução do teste a temperatura da água foi de 25°C.

3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Realizou-se o desdobramento da interação entre cultivares e doses de calcário, por meio de regressão polinomial. Para os componentes de produção (número de vagem por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos) foi realizado o estudo de correlação simples (r), considerando a produtividade como fator dependente e os valores obtidos foram submetidos ao teste t a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

A aplicação de calcário em superfície promoveu aumentos lineares no pH, e nos teores de Ca e Mg e isso elevou a saturação por bases do solo, tanto aos cinco quanto aos dezessete meses após a aplicação do material corretivo no solo (Tabela 1). Estes resultados indicam que o uso do corretivo no solo se reflete em melhorias nos atributos químicos do solo disponibilizando cátions e diminuindo a acidez.

Os valores de pH, de acordo com os dados da tabela 1 e figura 3, variaram de 4,1 a 5,0 e de 4,5 a 5,6, em 2011 e 2012, com a aplicação crescente de calcário. É muito importante que o pH do solo não seja elevado demasiadamente, pois poderá ocorrer a indisponibilidade de alguns micronutrientes com ferro, manganês, cobre e zinco. Também Andreotti et al. (2001) e Silva et al. (2004), em trabalhos com aplicação de calcário dolomítico em doses crescentes em Latossolo Vermelho distrófico, observaram incremento no valor do pH do solo, de acordo com as doses crescentes de calcário.

Quanto ao teor de matéria orgânica do solo este não foi influenciado pela aplicação de doses crescente de calcário tanto aos cinco como aos dezessete meses após a aplicação, cujo valores estão compreendidos na faixa média de MO no solo (13,3 – 14,6 e 12,3 – 14,7 g kg⁻¹), respectivamente (Tabela 1, Figura 4).

Tabela 1. Atributos químicos de um Argisolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), Teresina-PI ¹.

| Tratamentos | pH | M.O. | P | H + Al | K | Ca | Mg | SB | CTC | V |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------|---|-------------------|--------|--------|--------|-------------------|---------|
| | (CaCl ₂) | (g dm ⁻³) | (resina) (mg dm ⁻³) | ----- (cmol _c dm ⁻³) ----- | | | ----- | | | (%) |
| 5 meses após aplicação | | | | | | | | | | |
| Doses de calcário (D) | | | | | | | | | | |
| 0 | 4,1 c | 13,3 | 5,3 b | 3,7 a | 0,06 | 0,9 b | 0,3 c | 1,2 c | 4,9 | 25,0 c |
| 1,3 | 4,6 b | 13,3 | 6,7ab | 3,3 ab | 0,06 | 1,2 b | 0,6 bc | 1,8 bc | 5,1 | 35,8 bc |
| 2,6 | 4,9ab | 13,6 | 7,7ab | 2,7 ab | 0,05 | 1,4 ab | 1,0ab | 2,4abc | 5,1 | 47,3ab |
| 3,9 | 5,0a | 14,0 | 8,7a | 2,6 b | 0,05 | 1,4 ab | 1,1ab | 2,6ab | 5,2 | 49,8ab |
| 5,2 | 5,1a | 14,6 | 9,7a | 2,5 b | 0,06 | 1,8 a | 1,3a | 3,2a | 5,6 | 55,3a |
| CV (%) | 3,0 | 8,1 | 19,3 | 14,7 | 15,3 | 21,1 | 28,3 | 22,4 | 10,2 | 17,5 |
| Teste F (D) | 27,4** | 0,9 ^{ns} | 5,3* | 5,2* | 1,4 ^{ns} | 5,6** | 11** | 8,4** | 1,1 ^{ns} | 10,6** |
| 17 meses após aplicação | | | | | | | | | | |
| Doses de calcário (D) | | | | | | | | | | |
| 0 | 4,4 d | 12,3 | 7,0 b | 3,1a | 0,08 | 0,7 c | 0,3 d | 1,1 d | 4,2 | 25,8 c |
| 1,3 | 4,8 c | 14,7 | 7,3 b | 2,4ab | 0,09 | 1,1 bc | 0,6 cd | 1,7 cd | 4,1 | 42,8 b |
| 2,6 | 5,1 b | 14,0 | 15,3a | 1,9 b | 0,07 | 1,3ab | 0,7 bc | 2,1 bc | 4,0 | 52,0ab |
| 3,9 | 5,1 b | 14,7 | 13,3ab | 2,2ab | 0,08 | 1,5ab | 1,0ab | 2,6ab | 4,8 | 54,0ab |
| 5,2 | 5,6a | 14,7 | 8,7ab | 1,7 b | 0,07 | 1,7a | 1,3a | 3,0a | 4,7 | 64,8a |
| CV (%) | 2,2 | 18,3 | 28,8 | 19,1 | 13,2 | 18,7 | 17,8 | 17,1 | 11,6 | 13,8 |
| Teste F (D) | 58,5** | 0,7 ^{ns} | 6,4** | 6,4** | 2,7 ^{ns} | 11,4** | 28,** | 17,7** | 1,8 ^{ns} | 19,5** |

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ** significativo a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F, respectivamente.

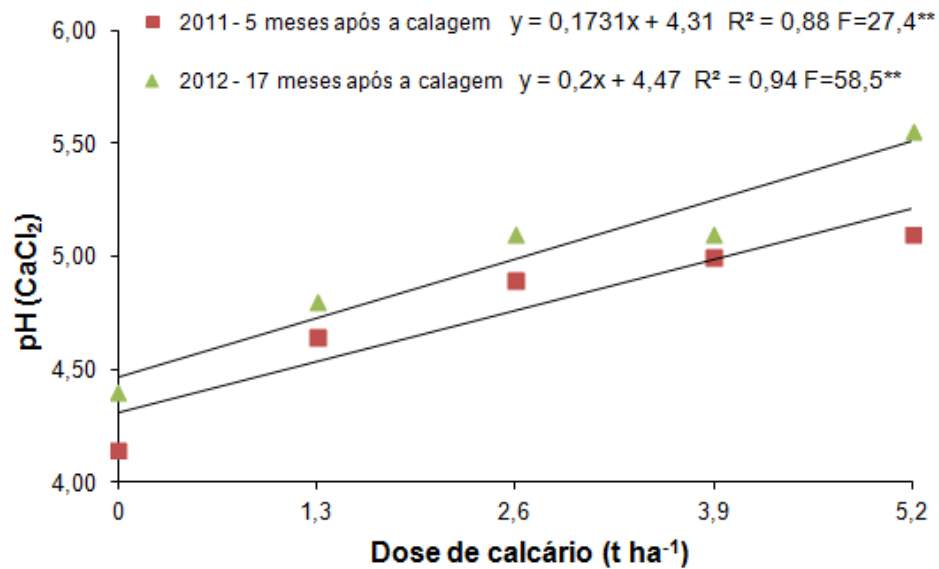


Figura 3. Alterações no pH (CaCl₂) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.

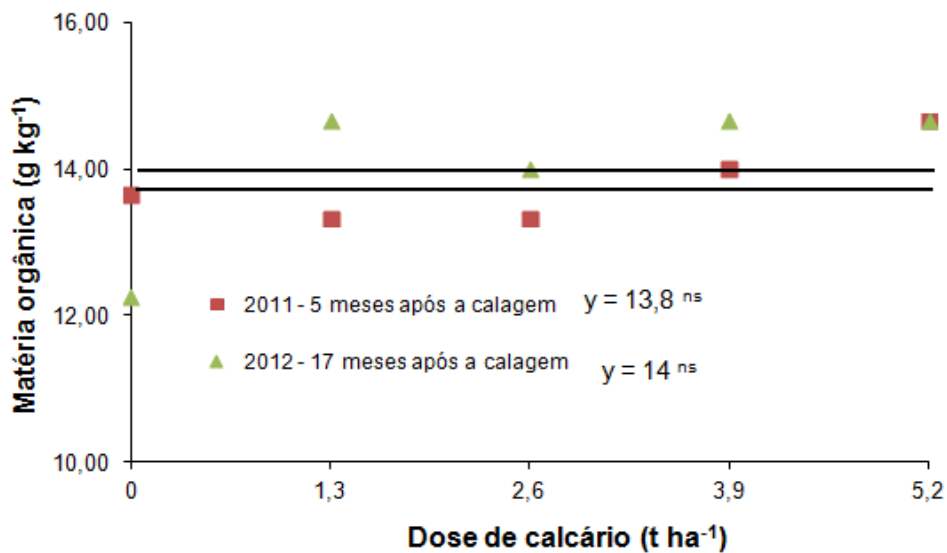


Figura 4. Alterações no teor de matéria orgânica (g kg⁻¹) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.

Para o teor de fósforo observa-se efeito de doses de calcário tanto aos cinco como aos dezessete meses após aplicação do calcário, (Tabela 1). O teor de fósforo no solo aumentou de forma linear crescente no primeiro ano com o incremento das doses

de calcário, e de forma quadrática no segundo ano (Figura 5), os resultados demonstram que a calagem proporcionou maior disponibilidade de fósforo no solo o que se atribui a diminuição da fixação do fósforo pelos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, isso demonstra a importância da calagem na disponibilização desse nutriente adsorvido à superfície dos óxidos hidratados de ferro e alumínio, melhorando a fertilidade do solo em relação ao fósforo, que se tornam mais solúveis com o aumento do pH (QUAGGIO, 2000).

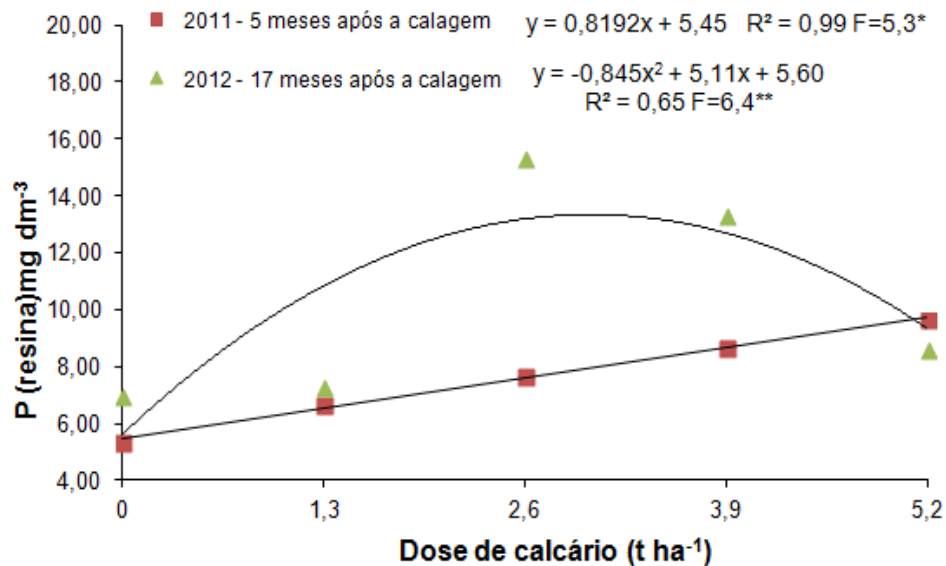


Figura 5. Alterações no teor de P-resina (mg dm⁻³) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.

Para a acidez potencial houve resposta linear decrescente, contribuindo de forma eficaz na neutralização do alumínio, o calcário aplicado ao solo continua agindo nos atributos químico do solo tanto aos cinco quanto aos dezessete meses após a aplicação (Figura 6), por ser um corretivo com PRNT alto (91%), com reatividade de 96,30%, mostrando o efeito residual existente na disponibilização de nutrientes. Mello et al. (2003) observaram que após 12 meses da aplicação de calcário superficialmente, a acidez potencial foi reduzida na camada de 0-5 cm.

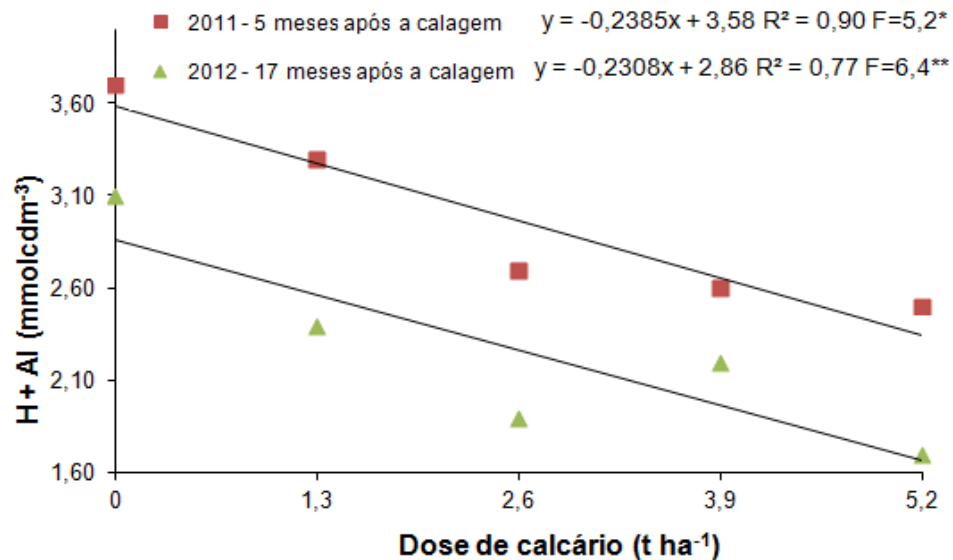


Figura 6. Alterações no teor de H + Al ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.

O potássio não foi influenciado com a aplicação das doses de calcário (Tabela 1). Com a aplicação, há o fornecimento de bases ao solo, e mesmo assim a aplicação de corretivo não influenciou significativamente para esse atributo, e com o incremento de cálcio e magnésio, a elevação do pH pode ter mantido os teores desse nutriente no solo (Figura 7). Quaggio (2000) mencionou que a calagem reduz as perdas deste nutriente devido elevação do pH através da calagem, liberando cargas negativas dependentes de pH, aumentando sítios de retenção de íons K^+ . Magalhães (1979) aplicando doses crescentes de calcário dolomítico em um Latossolo Vermelho verificou que as concentrações de potássio não se alteraram com os tratamentos. Resultados também encontrados por Duarte et al. (1999), mostraram que as doses crescentes de calcário dolomítico não alteraram o valor do potássio trocável do solo, permanecendo em torno de $0,03 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ em todas as doses aplicadas.

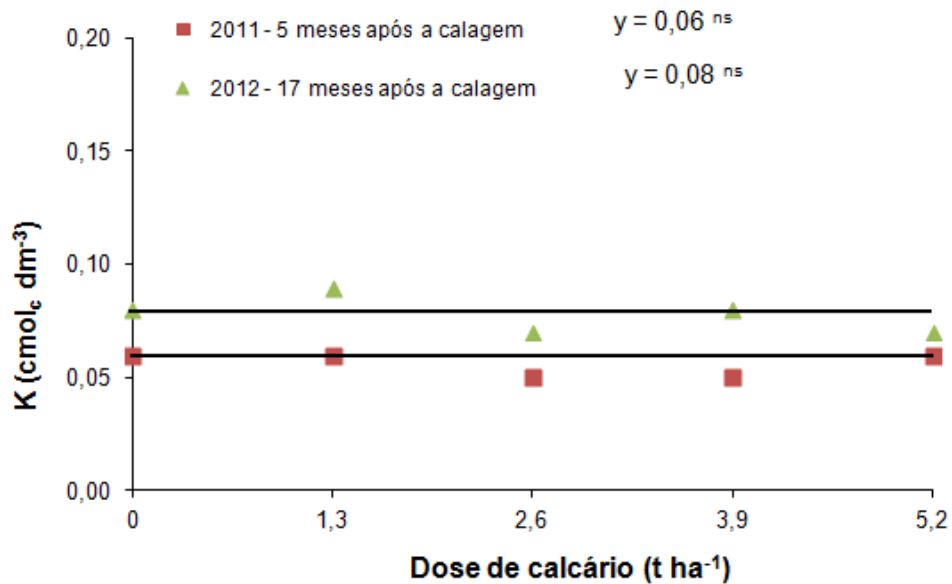


Figura 7. Alterações no teor de K (cmol_c dm⁻³) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.

Nos teores de cálcio (Tabela 1), observam-se aumentos tanto aos cinco como aos dezessete meses após a aplicação de calcário, proporcionando aumento linear crescente para esse parâmetro (Figuras 8). Esses resultados concordam com os encontrados por Neves (1991), Andreotti, Sousa e Crusciol (2001), em Argissolo Vermelho Amarelo, onde observaram aumentos significativos de Ca e Mg trocáveis.

Para Oliveira & Galvão (1999) em ensaio conduzido em um Latossolo Vermelho Amarelo do Nordeste do Pará, avaliando as alterações da fertilidade do solo cultivado com milho e feijão-caupi, submetidos à calagem (0 e 3,3 t ha⁻¹), verificaram elevação da concentração de cálcio e magnésio, passando de 1,0 cmol_c dm⁻³, na dose 0 (zero), para 3 cmol_c dm⁻³ na dose 3,3 t ha⁻¹ de calcário.

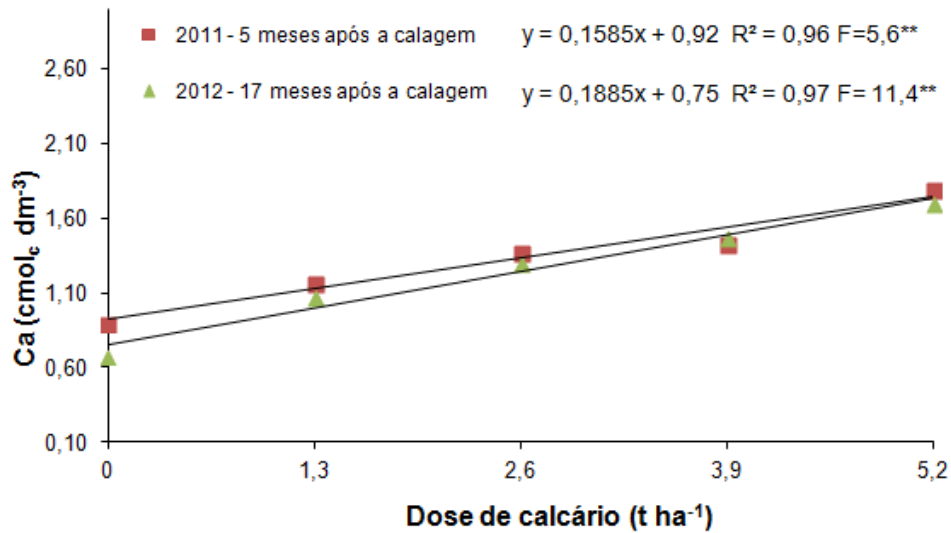


Figura 8. Alterações no teor de Ca (cmol_c dm⁻³) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.

Para os teores de magnésio os valores aumentaram com as doses crescentes de calcário tanto aos cinco como aos dezessete meses após a aplicação do calcário, não sendo observada diferença significativa nas doses 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹ em 2012 (Tabela 1). Na figura 9 o incremento de calcário no solo disponibilizou este nutriente para a cultura tendo uma resposta linear crescente. Moreira (1999) observou aumento no teor de Mg na camada de 0-5 cm após sete meses da aplicação superficial de calcário. Porém Ciota et al. (2004) somente observaram incremento no teor de magnésio até a profundidade de 20 cm após quatro anos da aplicação. Lima (2004) verificou aumento no teor de magnésio até a camada de 20-40 cm após cinco meses da aplicação superficial.

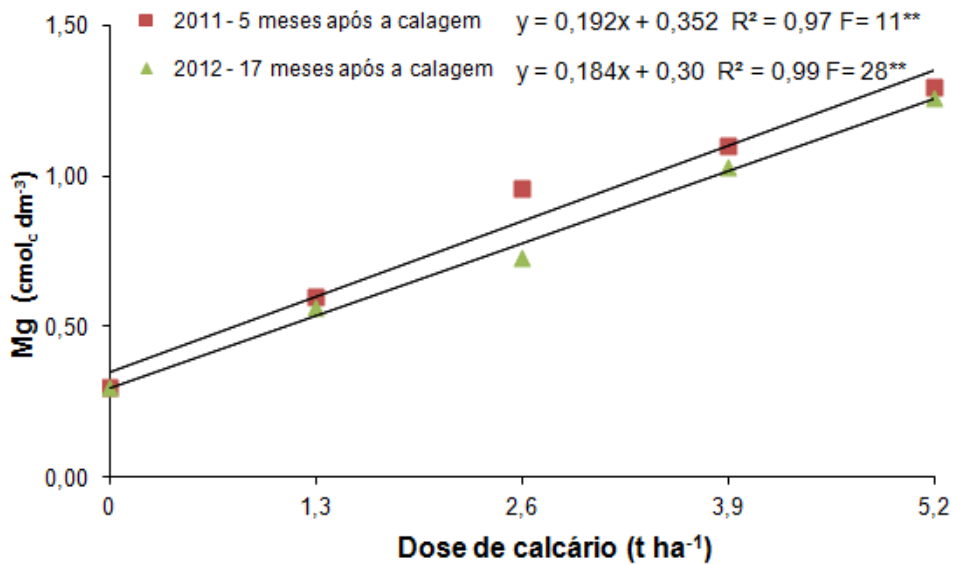


Figura 9. Alterações no teor de Mg (cmol_c dm⁻³) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.

A aplicação das doses crescentes de calcário proporcionou aumento linear da soma de bases do solo, a qual passou de 1,2 cmol_c dm⁻³ a 3,2 cmol_c dm⁻³ e 1,1 cmol_c dm⁻³ a 3,0 cmol_c dm⁻³ em 2011 e 2012, respectivamente (Tabela 1). Isso se deu em função da maior disponibilidade das bases, principalmente em função do aumento dos teores de cálcio e magnésio (Figura 10). Os maiores valores apresentados com as doses crescentes de calcário, provavelmente deveu-se aos teores de cálcio e magnésio existentes no corretivo utilizado. O comportamento ascendente da curva indica que as doses do corretivo foram insuficientes, para esse solo, para determinar o valor máximo da soma de bases do solo.

Duarte et al. (1999) em experimento de campo realizado em um Neossolo com a aplicação de doses crescentes de calcário dolomítico, obtiveram aumentos dos valores da soma de bases, que passou de 0,3 cmol_c dm⁻³ na testemunha, para 2,1 cmol_c dm⁻³ na dose de 6 t há⁻¹ de calcário.

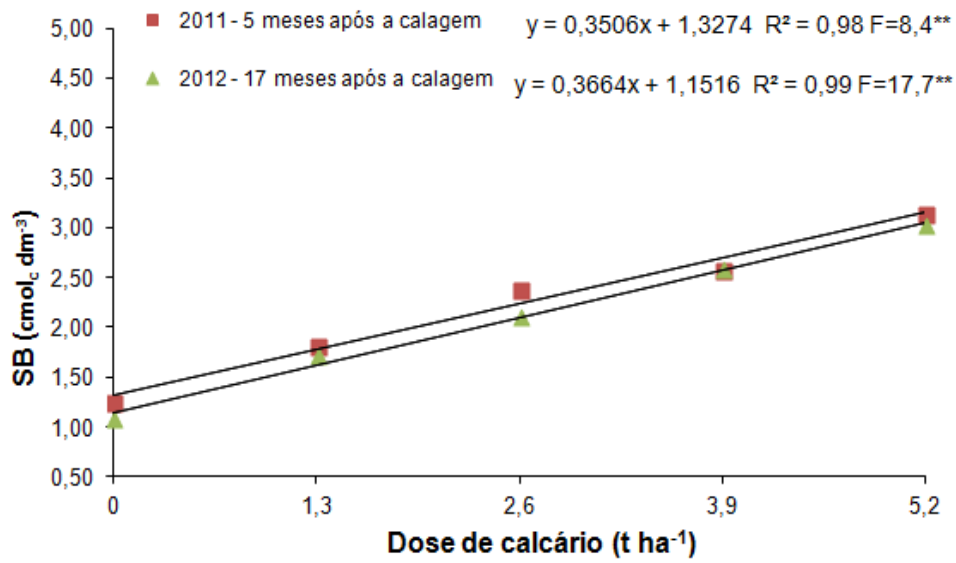


Figura 10. Alterações na soma de bases – SB (cmol_c dm⁻³) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.

A aplicação crescente de doses de calcário não influenciou na capacidade de troca de cátions, apresentando resposta constante aos cinco e aos dezessete meses após a aplicação de calcário (Tabela 1). Em função da maior disponibilidade das bases, principalmente em função do aumento dos teores de cálcio e magnésio não foi observado resposta significativa para esse atributo, visto que o calcário é a principal fonte destes nutrientes (Figura 11).

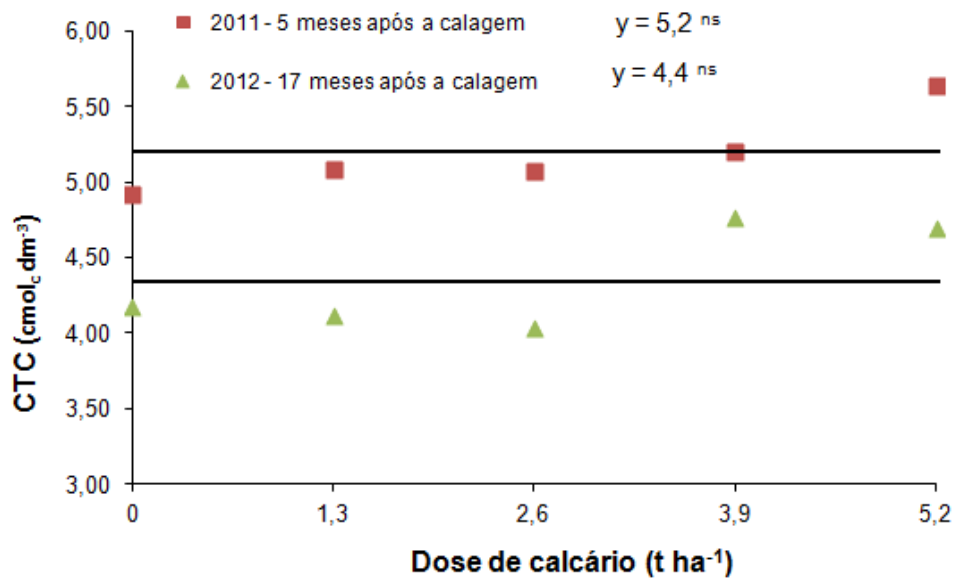


Figura 11. Alterações na capacidade de troca de cátions – CTC (cmol_c dm⁻³) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.

A saturação por bases foi influenciada pela aplicação de doses crescentes de calcário logo aos cinco meses da aplicação do calcário (Figura 12), atingindo valores de 25% a 55% para as doses 0 (zero) e 5,2 t ha⁻¹, e, 26% a 65% após 17 meses de aplicação do calcário, respectivamente, portanto inferiores aos estimados pelo método da elevação do V%. Contudo, esperavam-se valores mais elevados, o que não ocorreu provavelmente devido à granulometria fina do calcário, que apesar do efeito residual não foi suficiente para elevar o V%. Ciota et al. (2004) constataram aumento do V% até a profundidade de 15 cm após 4 anos da aplicação superficial de calcário. Quaggio et al. (1982) em trabalho realizado sobre a resposta da cultura da soja à calagem, estimaram a dose de 5 t ha⁻¹ de calcário para atingir a saturação por base de 70%, portanto uma saturação máxima de 68% somente foi obtida com aplicação de 12 t ha⁻¹.

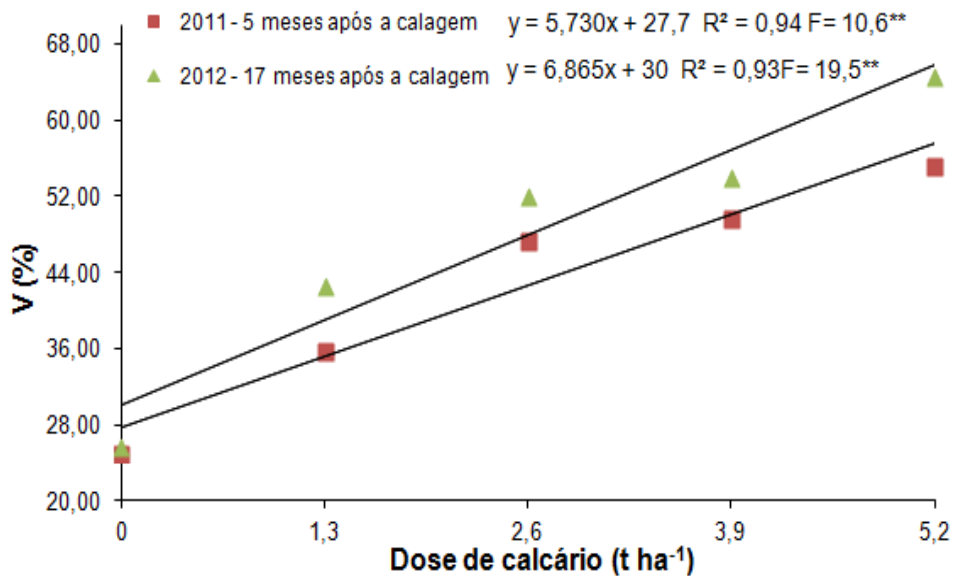


Figura 12. Alterações na saturação por bases – V (%) num Argissolo Vermelho Amarelo aos 5 e aos 17 meses após aplicação de doses de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.

4.2. DESEMPENHO AGRONÔMICO DO FEIJÃO-CAUPI

Dentre os componentes de produção avaliados, na comparação de médias pelo teste de Tukey, o número de vagens por planta foi influenciado pelas doses de calcário no segundo ano de cultivo e pelas cultivares em 2011 e 2012, apresentando a cultivar BR 17 Gurguéia com número de vagem superior a BRS Guariba (Tabela 2).

Sousa et al. (2004) ao avaliarem os efeitos da população (100, 200, 300 e 400 mil plantas ha⁻¹) e níveis de adubação e correção (doses 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 vezes a dose recomendada de fertilizantes e de calcário) observaram que o número de vagens por planta do feijoeiro (cultivar IAPAR 81) foi incrementado linearmente com o aumento da calagem.

Para a massa de vagem por planta não houve influencia das doses crescentes de calcário no primeiro ano, sendo observado efeito de cultivar nos dois anos do experimento e efeito de dose no segundo ano (Tabela 2).

Tabela 2. Número e massa de vagens por planta de duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI ¹.

| Tratamentos | Número de vagens por planta | | Massa de vagens por planta | |
|------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| | ----- n ^o ----- | | ----- g ----- | |
| Doses de calcário (D) | | | | |
| 0 | 10,1 | 9,1 c | 27,7 | 27,4 ab |
| 1,3 | 10,7 | 10,1 bc | 27,9 | 30,5 ab |
| 2,6 | 11,5 | 12,5 a | 28,8 | 31,9 a |
| 3,9 | 11,0 | 10,9 b | 28,0 | 28,9 ab |
| 5,2 | 10,2 | 10,1 bc | 29,8 | 25,9 b |
| CV (%) | 8,1 | 8,3 | 12,9 | 11,6 |
| Cultivares (C) | | | | |
| BR 17 Gurgueia | 11,4 a | 12,2 a | 29,9 a | 32,3 a |
| BRS Guariba | 10,0 b | 8,9 b | 27,0 b | 25,5 b |
| CV (%) | 16,0 | 9,1 | 14,1 | 8,0 |
| Teste F | | | | |
| D | 3,33* | 16,43** | 0,46 ^{ns} | 4,09* |
| C | 7,11* | 116,68** | 5,14* | 86,70** |
| D x C | 0,26 ^{ns} | 0,56 ^{ns} | 0,22 ^{ns} | 2,04 ^{ns} |

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ** significativo a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F, respectivamente.

Na Figura 13 os resultados obtidos indicam que a calagem promove incrementos no número de vagens por planta nos dois anos de cultivo, ou seja, melhorando os atributos químicos do solo, ocasionando ainda efeitos benéficos, devido seu poder residual no número de vagens por planta, no cultivo do feijão-caupi.

Quanto a massa de vagem por planta, no desdobramento foi observado resposta constante no ano de 2011, com superioridade da cultivar BR 17 Gurgueia (Figura 14), este resultado provavelmente esta relacionado ao número de vagem por planta que foi superior para a cultivar BR 17 Gurgueia, mostrando o seu potencial genético, já em 2012, a massa de vagem por planta foi influenciado pelas cultivares, mantendo-se a superioridade da cultivar BR 17 Gurgueia e pelas doses de calcário, onde sugere o efeito residual do calcário continuando a disponibilizar nutrientes à planta. Araújo et al. (2009), em trabalho realizado em São Luiz (MA), em cultivar de BRS Guariba, quando avaliaram o efeito de diferentes doses de nitrogênio e calcário na produção de feijão-

caupi, onde utilizaram duas doses de nitrogênio em cobertura (40 e 80 kg ha⁻¹) na forma de ureia e 3 doses de calcário equivalentes a (9; 18 e 27 t ha⁻¹), comparando-se as avaliações no período de florescimento pleno, a massa seca de vagens não apresentou efeito significativo em relação as diferentes doses de nitrogênio e calcário.

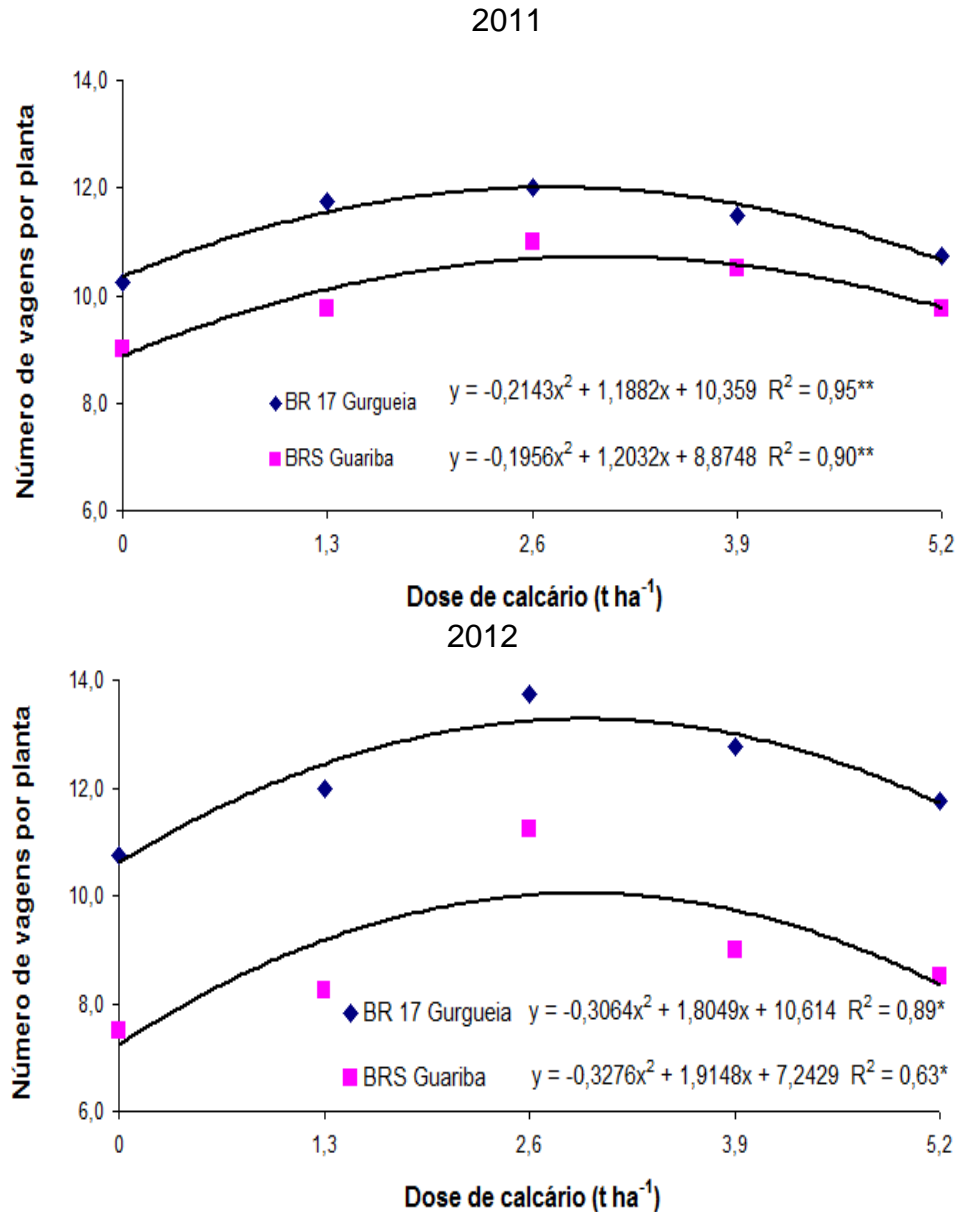


Figura 13. Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no número de vagens por planta de duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012.

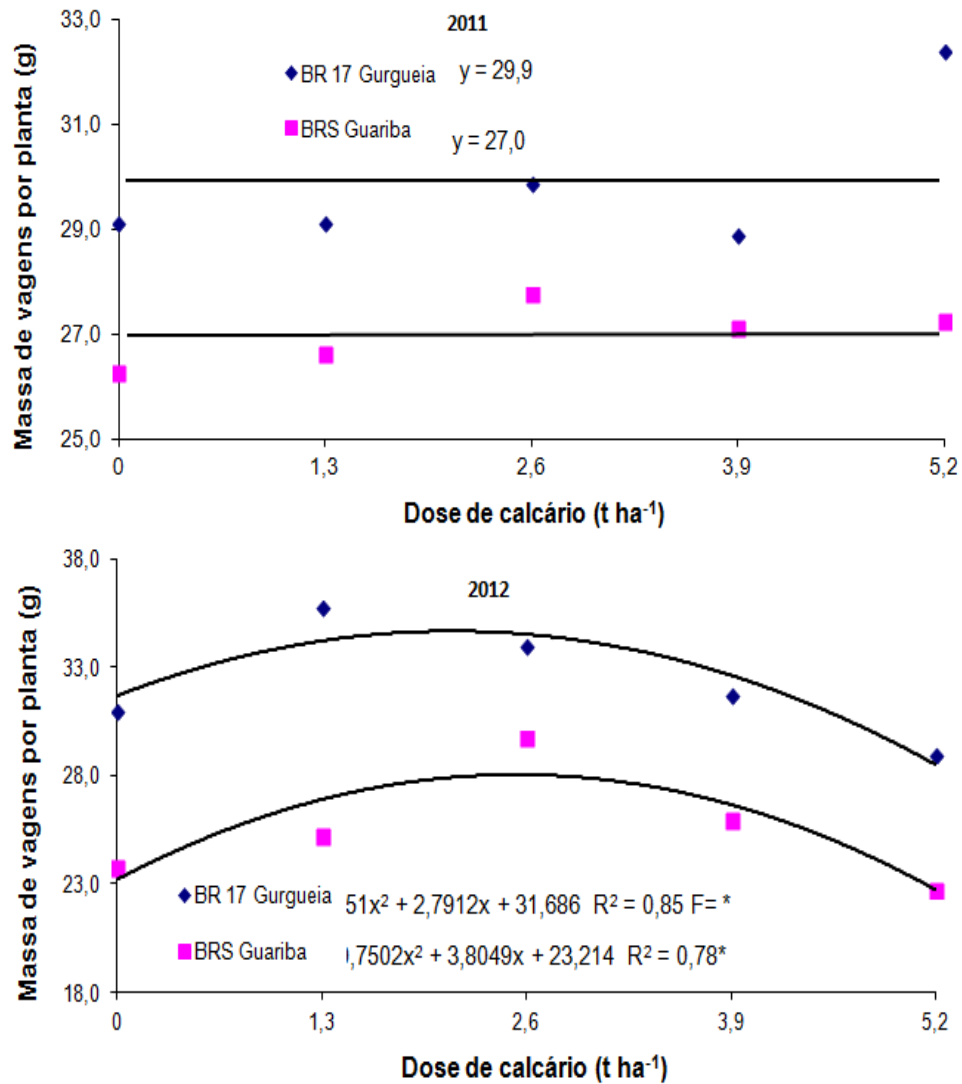


Figura 14. Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no peso de vagens por planta de duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012.

O rendimento de vagens não variou com as doses de calcário aplicadas no primeiro ano de cultivo, variando somente no ano de 2012 quando foram comparado as médias pelo teste Tukey, sendo observado efeito de cultivar com a cultivar BR 17 Gurgueia superior a BRS Guariba nos dois anos do experimento, não houve interação entre doses e cultivares nos dois anos de cultivo (Tabela 3).

No comprimento de vagens, não houve variação com as doses crescentes de calcário nos dois anos agrícolas (Tabela 3), mas evidenciando diferenças entre as

cultivares para o ano de 2012 com a cultivar BRS Guariba apresentando comprimento superior.

Tabela 3. Rendimento de vagens e comprimento da vagem em duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI ¹.

| Tratamentos | Rendimento de vagens | | Comprimento da vagem por planta | |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| | ----- kg ha ⁻¹ ----- | | ----- cm ----- | |
| Doses de calcário (D) | | | | |
| 0 | 1049,6 | 889,9 b | 17,1 | 17,1 |
| 1,3 | 1124,2 | 1013,7 b | 16,6 | 17,7 |
| 2,6 | 1254,5 | 1366,7 a | 17,1 | 17,6 |
| 3,9 | 1176,1 | 1115,1 ab | 16,9 | 17,0 |
| 5,2 | 1115,0 | 1109,7 ab | 17,2 | 17,0 |
| CV (%) | 17,5 | 15,6 | 2,6 | 4,9 |
| Cultivares (C) | | | | |
| BR 17 Gurgueia | 1264,6 a | 1253,9 a | 17,0 | 17,0 b |
| BRS Guariba | 1023,1 b | 944,1 b | 17,0 | 17,5 a |
| CV (%) | 7,0 | 19,8 | 2,8 | 2,2 |
| Teste F | | | | |
| D | 1,16 ^{ns} | 8,08 ^{**} | 2,42 ^{ns} | 1,44 ^{ns} |
| C | 91,27 ^{**} | 20,31 ^{**} | 0,00 ^{ns} | 16,67 ^{**} |
| D x C | 1,76 ^{ns} | 0,29 ^{ns} | 1,13 ^{ns} | 0,42 ^{ns} |

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ** significativo a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F, respectivamente.

No desdobramento da interação cultivares x doses de calcário observa-se efeito de doses de calcário nos dois anos do experimento com resposta quadrática para ambas cultivares, foi observado também efeito de cultivar com rendimento superior para a cultivar BR 17 Gurguéia. A cultivar BR 17 Gurguéia por ser de porte semiprostrado com maior número de ramos lhe proporciona maior número de vagens, conseqüentemente, maior rendimento.

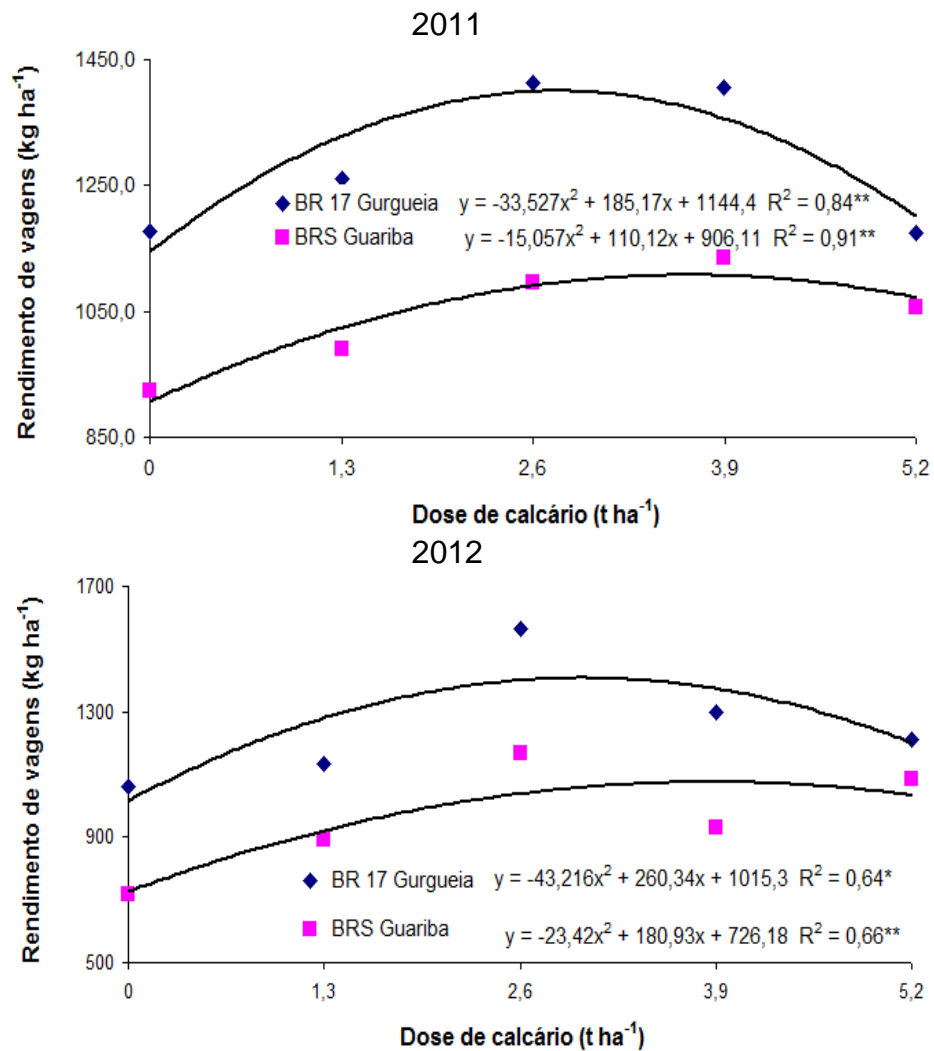


Figura 15. Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no rendimento de vagens (kg ha⁻¹) de duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012.

Para o comprimento de vagem, por ser uma característica da cultivar, a BRS Guariba apresenta maior comprimento de vagem tanto no primeiro como no segundo ano do experimento (Figura 16).

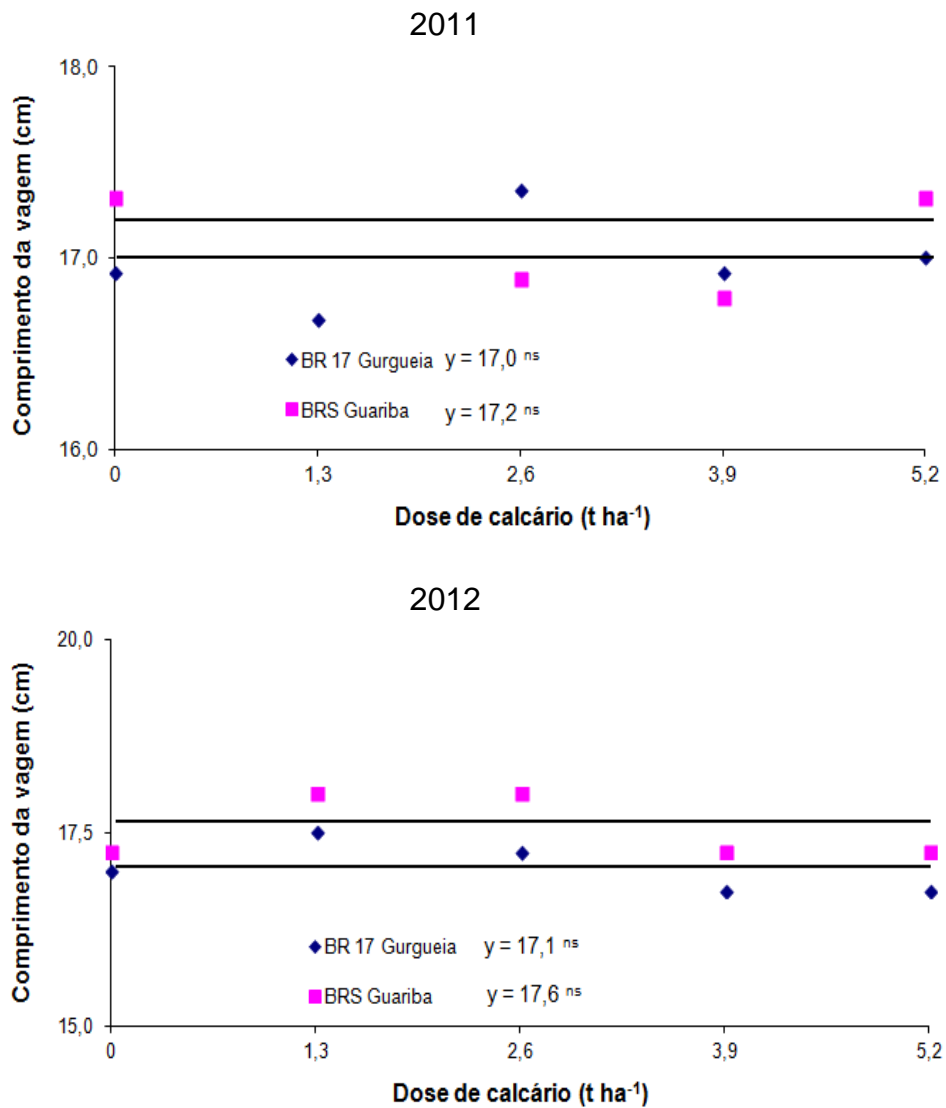


Figura 16. Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no comprimento da vagem (cm) de duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012.

Quanto ao número de grãos por vagens o comportamento de superioridade da BR 17 Gurgueia em relação à BRS Guariba se manteve independentemente da dose de calcário aplicada (Tabela 4). Essa diferença evidencia o efeito das características genéticas das cultivares sobre o desenvolvimento destes componentes de produção podendo ser atribuído à variabilidade genética das cultivares indicando que a cultivar

BR 17 Gurguéia seja mais adaptada às condições edafoclimáticas existentes durante a condução do experimento (Tabela 4).

Para a massa de grãos por planta (Tabela 4), não houve influência das doses do calcário para os dois anos agrícolas, mas houve efeito de cultivar evidenciando a superioridade da cv BR 17 Gurguéia em relação à BRS Guariba, nos dois anos de cultivo.

Tabela 4. Número de grãos por vagem e massa de grãos por planta em duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI¹.

| Tratamentos | Número de grãos por vagem | | Massa de grãos por planta | |
|-----------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| | ----- n ^o ----- | | ----- g ----- | |
| Doses de calcário (D) | | | | |
| 0 | 11,7 | 11,6 | 18,0 | 18,0 |
| 1,3 | 11,6 | 12,1 | 18,5 | 18,1 |
| 2,6 | 11,9 | 12,5 | 19,1 | 21,0 |
| 3,9 | 12,1 | 12,0 | 18,1 | 17,5 |
| 5,2 | 11,2 | 11,5 | 19,1 | 19,5 |
| CV (%) | 6,6 | 9,8 | 13,8 | 21,0 |
| Cultivares (C) | | | | |
| BR 17 Gurgueia | 13,3 a | 13,7 a | 19,7 a | 20,9 a |
| BRS Guariba | 10,1 b | 10,1 b | 17,4 b | 16,7 b |
| CV (%) | 7,3 | 5,6 | 16,5 | 13,4 |
| Teste F | | | | |
| D | 1,39 ^{ns} | 0,93 ^{ns} | 0,35 ^{ns} | 1,03 ^{ns} |
| C | 142,42 ^{**} | 288,00 ^{**} | 5,27 [*] | 27,09 ^{**} |
| D x C | 0,59 ^{ns} | 0,36 ^{ns} | 0,04 ^{ns} | 1,53 ^{ns} |

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ** significativo a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F, respectivamente.

Na Figura 17 observa-se efeito de dose para o segundo ano mostrando a cultivar BR 17 Gurguéia superior à BRS Guariba. Sávio et al. (2011) ao avaliarem os efeitos de formas de aplicação de calcário dolomítico na dose de 4,5 t ha⁻¹ (testemunha sem calcário, em superfície e incorporado) e doses de gesso (0; 0,5; 1,0 e 1,5 t ha⁻¹) no

desempenho agrônômico da soja (cultivar Emgopa 313) verificaram aumento no número de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade de grãos pela aplicação do calcário, independente da forma de aplicação.

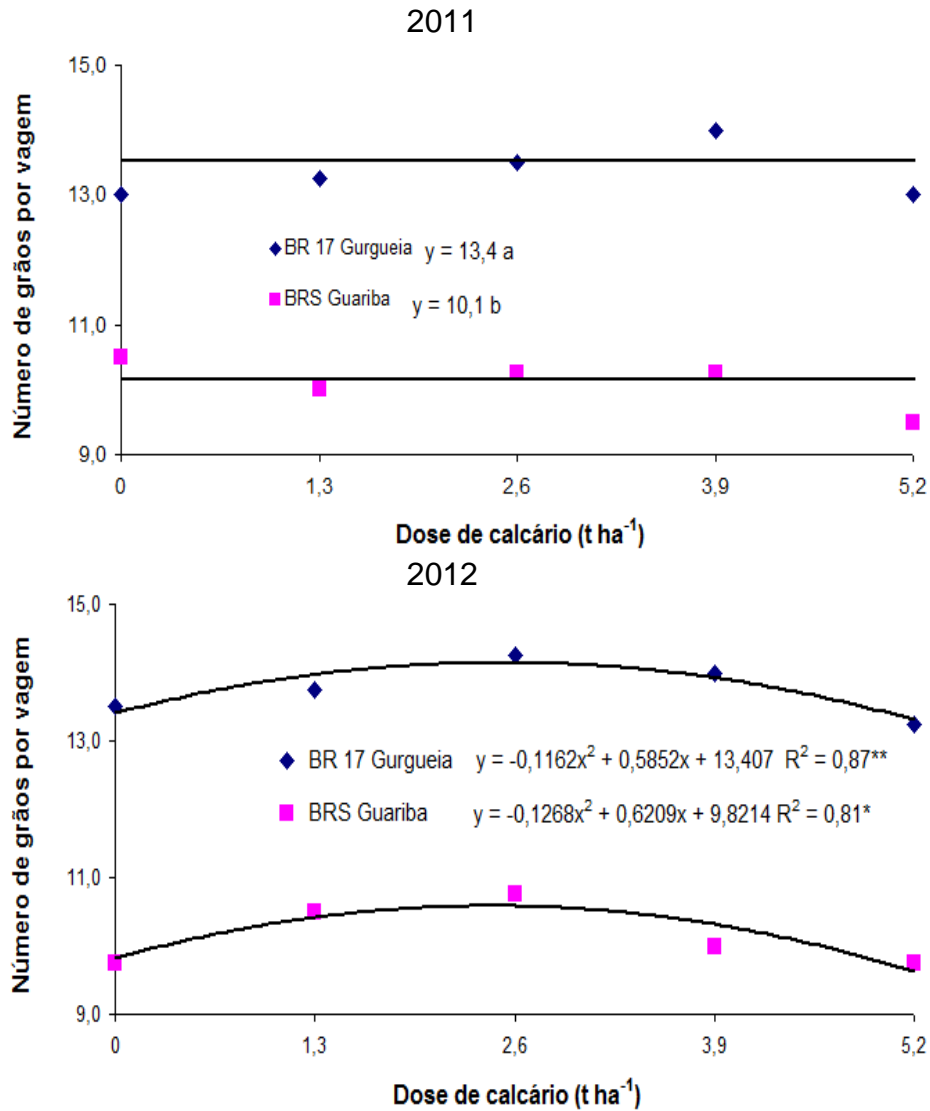


Figura 17. Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no número de grãos por vagem em duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012.

No desdobramento cultivar x dose de calcário foi observado efeito de cultivar, podendo-se atribuir a essa diferença a variabilidade genética das cultivares expondo seus efeitos sobre esse componente de produção (Figura 18).

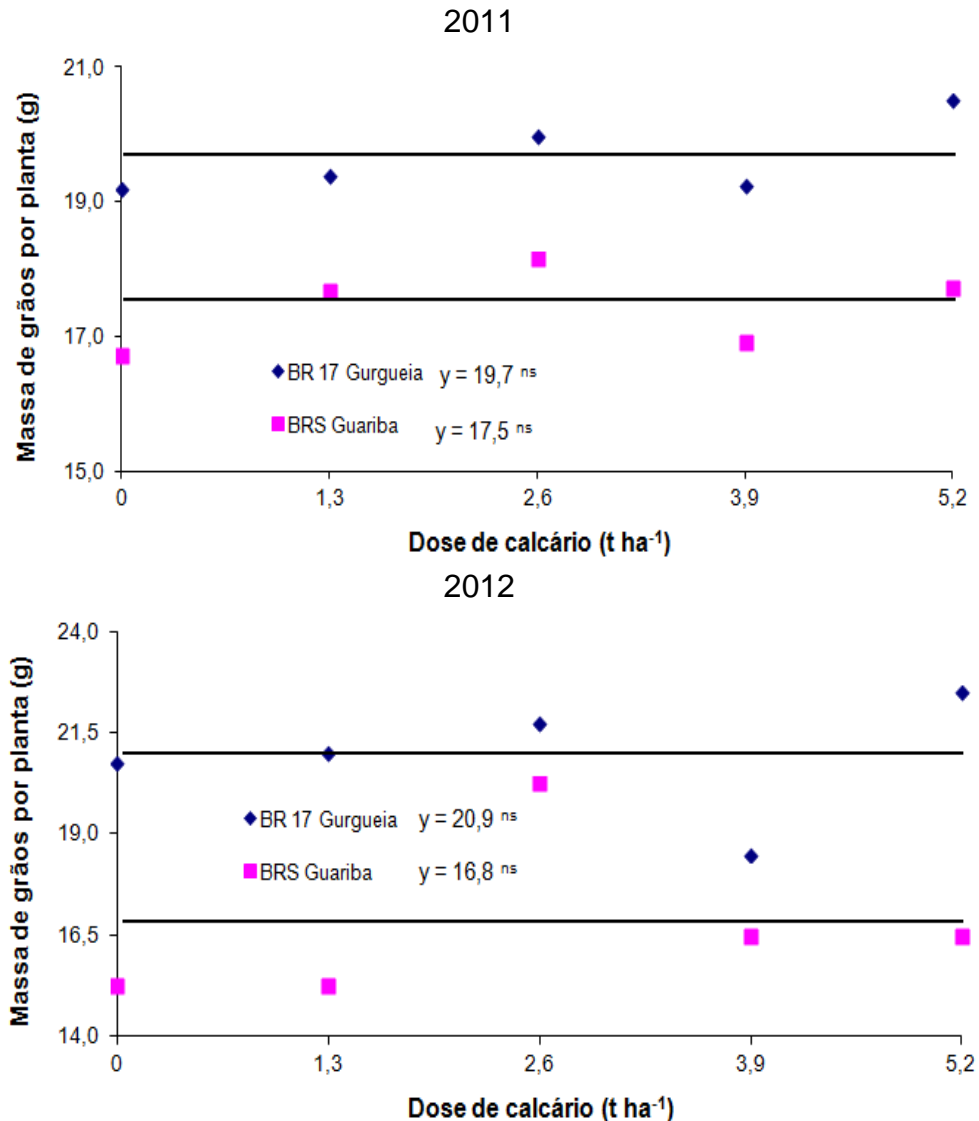


Figura 18. Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário na massa de grãos por planta (g) de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012.

Quanto à massa de 100 grãos não se observou efeito da aplicação de calcário nesta característica (Tabela 5), evidenciando diferenças entre as cultivares, sendo a BRS Guariba superior em relação a BR 17 Gurgueia, prevalecendo apenas diferenças

quanto ao fator genético das cultivares de feijão-caupi. Os valores encontrados foram semelhantes aos apresentados por Freire Filho et al. (2011) a partir dos dados obtidos por essa cultivar nos estados do Maranhão e Piauí (19,0 g), expressando, portanto, o seu potencial genético.

Para a produtividade de grãos, na comparação de médias pelo teste de Tukey, não houve influencia com as crescentes doses de calcário no primeiro ano sendo observado efeito de dose no segundo ano (Tabela 5).

Tabela 5. Massa de 100 grãos e produtividade de grãos em duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI¹.

| Tratamentos | Massa de 100 grãos | | Produtividade de grãos | |
|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| | ----- g ----- | | ----- kg ha ⁻¹ ----- | |
| Doses de calcário (D) | | | | |
| 0 | 17,1 | 16,6 | 653 | 598 c |
| 1,3 | 17,7 | 17,3 | 759 | 725 bc |
| 2,6 | 17,5 | 17,4 | 952 | 1056 a |
| 3,9 | 17,3 | 16,9 | 926 | 898 ab |
| 5,2 | 17,2 | 16,7 | 800 | 807 b |
| CV (%) | 4,1 | 2,9 | 24,9 | 15,6 |
| Cultivares (C) | | | | |
| BR 17 Gurgueia | 14,2 b | 14,2 b | 942 a | 943 a |
| BRS Guariba | 20,5 a | 19,7 a | 694 b | 691 b |
| CV (%) | 3,9 | 3,3 | 6,6 | 21,1 |
| Teste F | | | | |
| D | 0,96 ^{ns} | 4,01* | 2,91 ^{ns} | 15,11** |
| C | 853,40** | 955,42** | 208,79** | 21,46** |
| D x C | 0,28 ^{ns} | 0,45 ^{ns} | 1,16 ^{ns} | 0,32 ^{ns} |

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ** significativo a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F, respectivamente.

Para o desdobramento da interação cultivares x doses de calcário na massa de 100 grãos não houve efeito de dose e sim de cultivar para os dois anos do experimento, confirmando a cultivar BRS Guariba superior à BR 17 Gurgueia (Figura 19). Em trabalho realizado por Teixeira et al. (2010), estudando o desenvolvimento agrônomo e qualidade de semente de feijão-caupi, encontraram massa de 100 grão, para a

cultivar BRS Marataoã, de 17 g e 19 g para a cultivar BRS Guariba, estando dentro do considerado como padrão e semelhante ao encontrado neste trabalho. Sousa et al. (2008) em trabalho realizado com feijoeiro (cultivar Iapar 81) envolvendo quatro populações (100 mil, 200 mil, 300 mil e 400 mil plantas ha^{-1}) e quatro níveis de adubação e calagem (0; 0,5; 1; e 1,5 vezes a dose recomendada de NPK e de calcário) a massa de 100 grãos não foi influenciada.

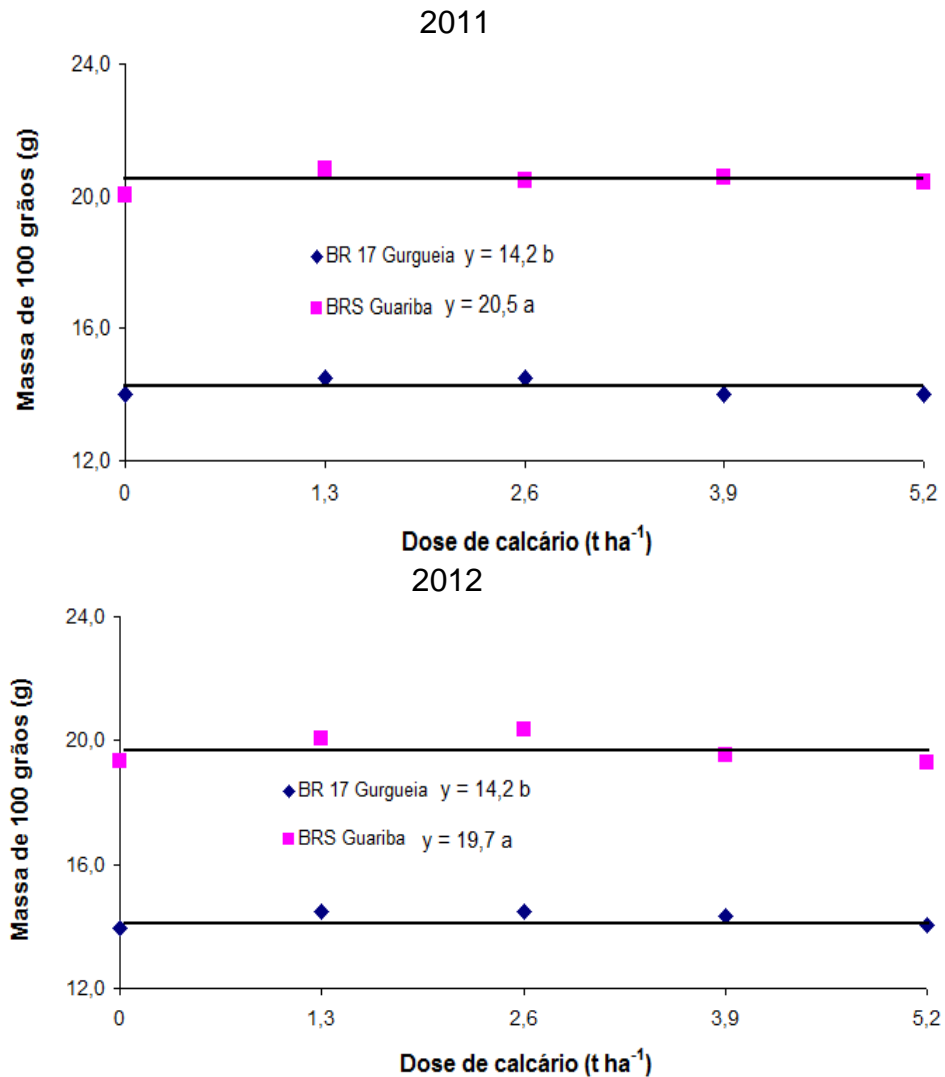


Figura 19. Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário na massa de 100 grãos em duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha^{-1}), Teresina-PI, 2011 e 2012.

A correção no perfil é benéfica para que o sistema radicular das culturas explore maior volume de solo, de modo que as plantas apresentem maior eficiência na absorção de água e nutrientes para o seu crescimento, desenvolvimento e produtividade.

No desdobramento da interação cultivares x doses de calcário na produtividade de grãos, mesmo não sendo significativo pelo teste de Tukey, ocorreram respostas quadráticas por ambas cultivares. No entanto, a maior produtividade de grãos foi observada na cultivar BR 17 Gurguéia, hábito semiprostrado em relação à BRS Guariba, hábito semiereto. Doses de calcário, de 3,0 e 3,2 t ha⁻¹ promoveram a máxima produtividade de grãos da cultivar BR 17 Gurguéia, e a de 3,3 e 3,4 t ha⁻¹ proporcionaram produtividades de 792 e 827 kg ha⁻¹ na cultivar BRS Guariba (Figura 20). Este resultado pode ser explicado pelos valores elevados do número de vagens por planta e do rendimento de vagem desta cultivar que apresentou resultados superiores para estes componentes com aplicação de calcário.

Brasil et al., (2010) avaliando o efeito residual da aplicação de escória de siderurgia e calcário dolomítico nas doses de 0, 1, 2, 3 e 4 t ha⁻¹ sobre os atributos químicos do solo (Latosolo Amarelo distrófico) e na produtividade de grãos de feijão-caupi (cultivar BR3 Tracuateua) cultivado aos 150 dias após a aplicação, verificaram acréscimos da ordem de 22% e 31%, respectivamente, a partir da aplicação de escória e calcário, em relação à testemunha. Os pesquisadores observaram ainda que independentemente do corretivo, a aplicação de doses crescentes promoveu acréscimo na produtividade de grãos, obtendo-se o máximo valor (1.416 kg ha⁻¹) associado à dose equivalente de 2,557 t ha⁻¹. Outra observação importante é que, apesar de a massa se 100 grãos ter se correlacionado fortemente com a produtividade de grãos (mesmo que apenas no segundo ano de cultivo), esta característica não foi capaz de fazer com que a produtividade da cultivar BRS Guariba (maior massa de 100 grãos) fosse pelo menos semelhante à BR17 Gurguéia. Estes resultados indicam que o feijão-caupi apresenta, assim como o feijoeiro comum, plasticidade dos componentes produtivos em relação à produtividade de grãos.

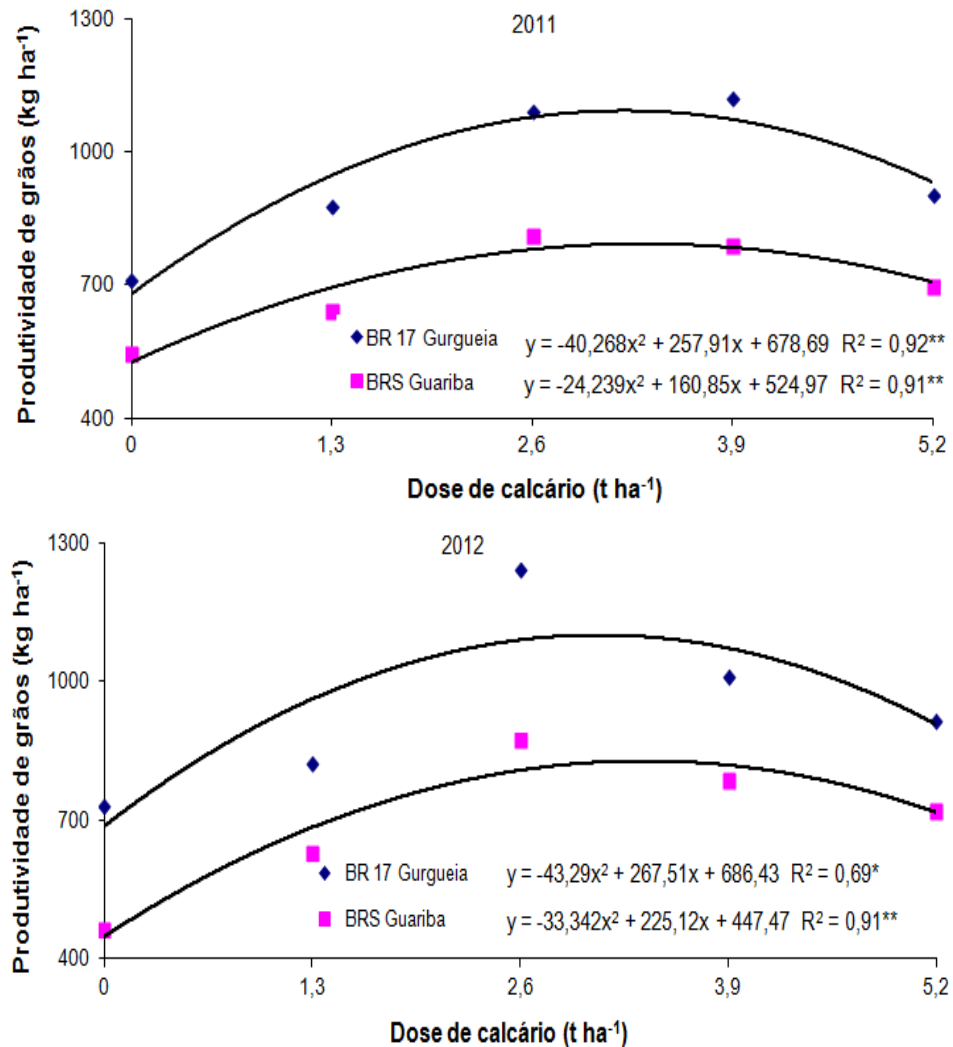


Figura 20. Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário na produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012.

O índice saturação por bases é bastante utilizado para determinar necessidade de calagem e avaliar o solo quanto a sua fertilidade, com isso a determinação da produtividade se torna necessário, portanto, quanto à produtividade de grãos ocorreram respostas quadráticas para ambas cultivares. No entanto, a maior produtividade de grãos foi observada na cultivar BR 17 Gurgueia, hábito semiprostrado em relação à BRS Guariba, hábito semiereto.

A máxima produtividade de grãos da cultivar BR 17 Gurguéia (1.048 kg ha^{-1}) foi obtida na saturação por bases de 46%, enquanto que 47% de saturação por bases proporcionou o máximo rendimento de grãos pela cultivar BRS Guariba (763 kg ha^{-1}). Para o segundo cultivo a máxima produtividade de grãos da cultivar BR 17 Gurguéia (1.033 kg ha^{-1}), foi obtida na saturação de bases de 53%, já para a cultivar BRS Guariba, 56% foi a que proporcionou a maior produtividade (782 kg ha^{-1}) (Figura 21).

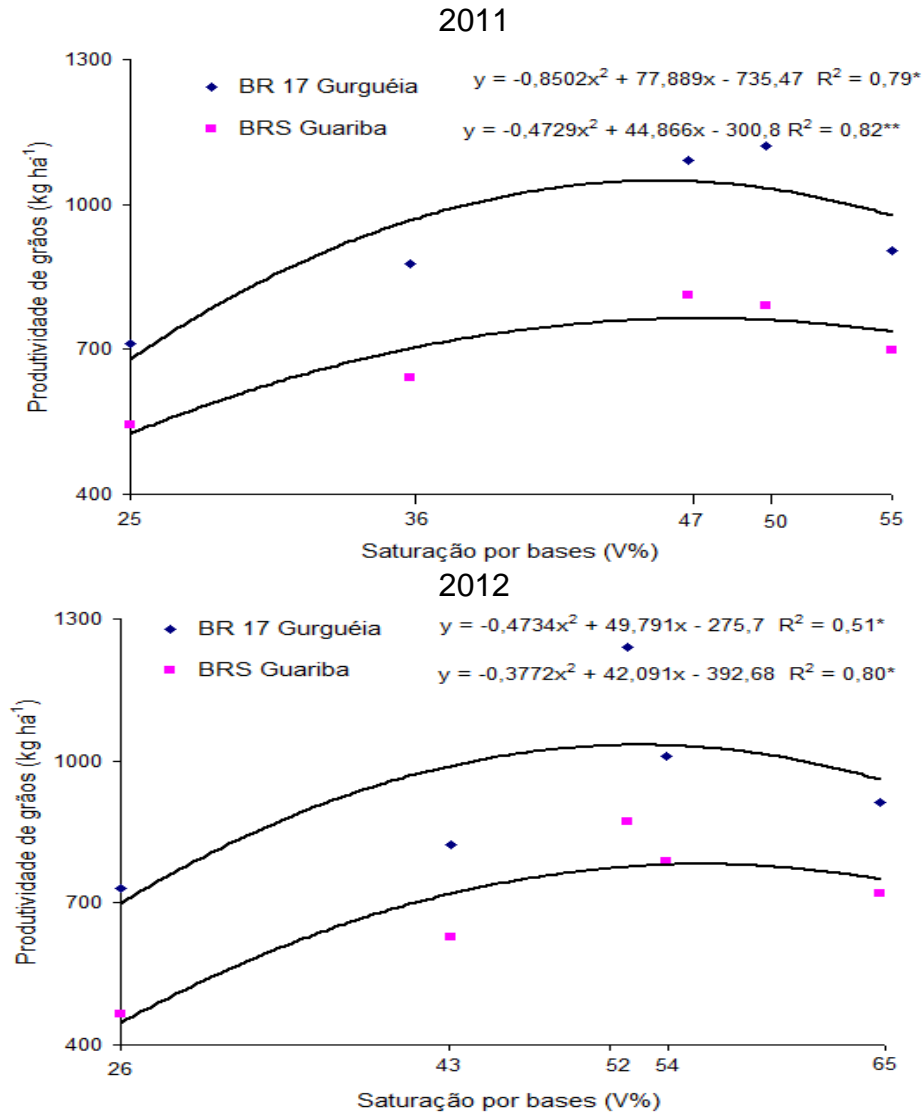


Figura 21. Desdobramento da interação cultivares x saturação por bases na produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba), Teresina-PI, 2011 e 2012.

Na Tabela 6 estão os resultados de massa seca da planta e índice de colheita e pode ser observado diferença significativa para efeito de cultivares nos dois anos agrícolas para massa seca de planta, prevalecendo a superioridade da cultivar BR 17 Gurgueia com maior massa seca em relação à BRS Guariba provavelmente devido essa cultivar ser de porte semiprostrado prevalecendo maior desenvolvimento vegetativo em relação à cultivar BRS Guariba de porte semiereto.

Tabela 6. Massa seca da planta e índice de colheita em duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI ¹.

| Tratamentos | Massa seca da planta | | Índice de colheita | |
|-----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| | ----- g ----- | | - | |
| Doses de calcário (D) | | | | |
| 0 | 1,2 | 1,2 | 0,46 | 0,48 |
| 1,3 | 1,2 | 1,2 | 0,47 | 0,43 |
| 2,6 | 1,2 | 1,4 | 0,47 | 0,46 |
| 3,9 | 0,9 | 1,5 | 0,48 | 0,42 |
| 5,2 | 1,3 | 1,7 | 0,45 | 0,46 |
| CV (%) | 36,5 | 47,6 | 9,6 | 23,8 |
| Cultivares (C) | | | | |
| BR 17 Gurgueia | 1,4 a | 1,8 a | 0,46 | 0,42 b |
| BRS Guariba | 0,9 b | 1,0 b | 0,48 | 0,48 a |
| CV (%) | 30,8 | 46,3 | 12,3 | 12,7 |
| Teste F | | | | |
| D | 0,75 ^{ns} | 1,01 ^{ns} | 0,50 ^{ns} | 0,46 ^{ns} |
| C | 14,63 ^{**} | 17,12 ^{**} | 1,28 ^{ns} | 13,50 ^{**} |
| D x C | 0,88 ^{ns} | 0,54 ^{ns} | 0,68 ^{ns} | 1,36 ^{ns} |

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ** significativo a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F, respectivamente.

Na massa seca de planta, para o desdobramento da interação cultivares x doses de calcário, observa-se que nenhum modelo matemático (linear ou quadrático) se ajustou aos valores para esta variável (Figura 22). Os tratamentos não influenciaram na produção de matéria seca das plantas de feijão-caupi tanto no primeiro quanto no segundo ano. Caires & Fonseca (2000) analisando aplicação de calcário

superficialmente também não obtiveram efeito na produção de matéria seca de plantas de soja. De Paula em trabalho realizado em 1998, constatou aumento da matéria seca total em feijão-caupi cultivar BR3-Tracauteua em função da aplicação de calcário.

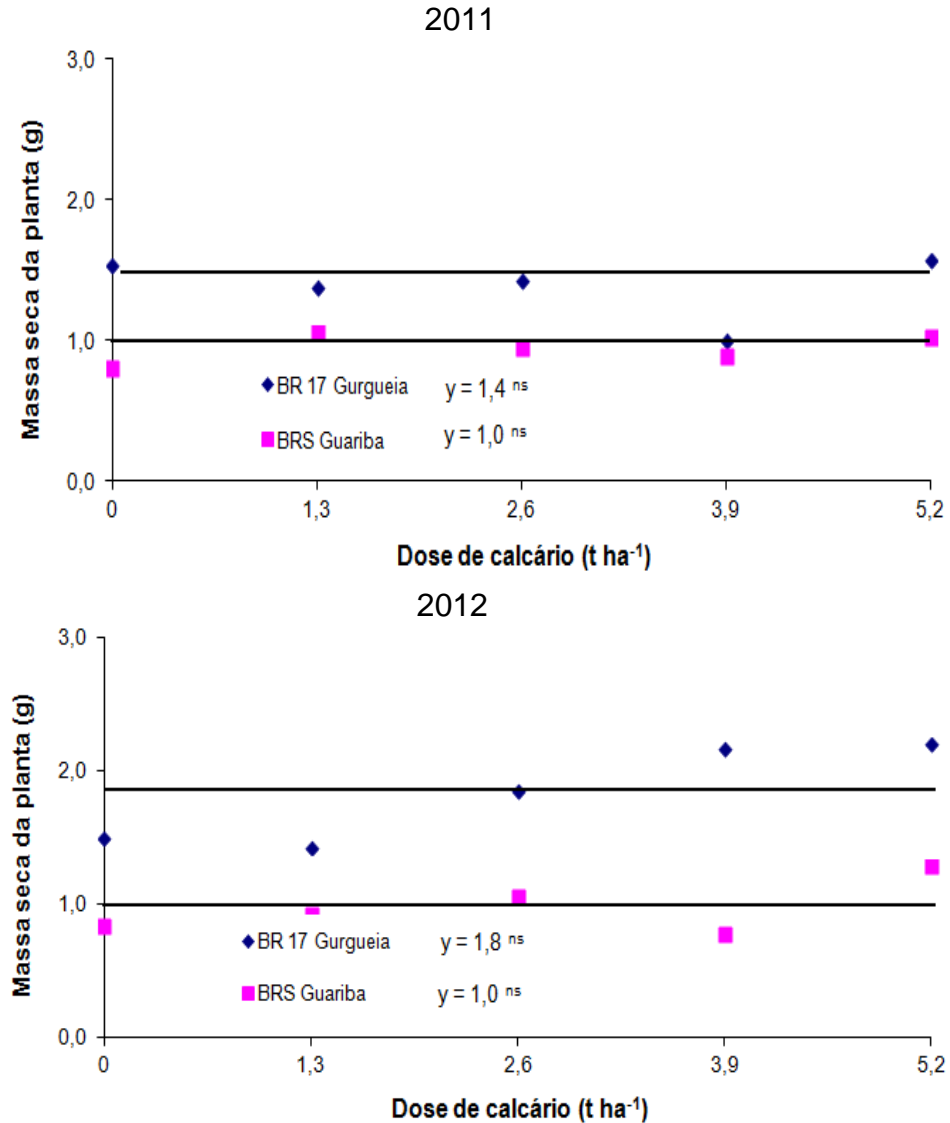


Figura 22. Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário na massa seca da planta em duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012.

Por outro lado, o índice de colheita que representa a relação entre a produção de grãos e a matéria seca total da planta não foi influenciado pela aplicação de doses de calcário (Figura 23). No entanto, diferenças foram observadas em função das cultivares,

com destaque para BRS Guariba (0,48) em relação à BR 17 Gurguéia (0,42), no segundo ano de cultivo. Possivelmente o efeito residual do calcário permitiu a expressão fenotípica diferenciada do índice de colheita entre as cultivares de feijão-caupi.

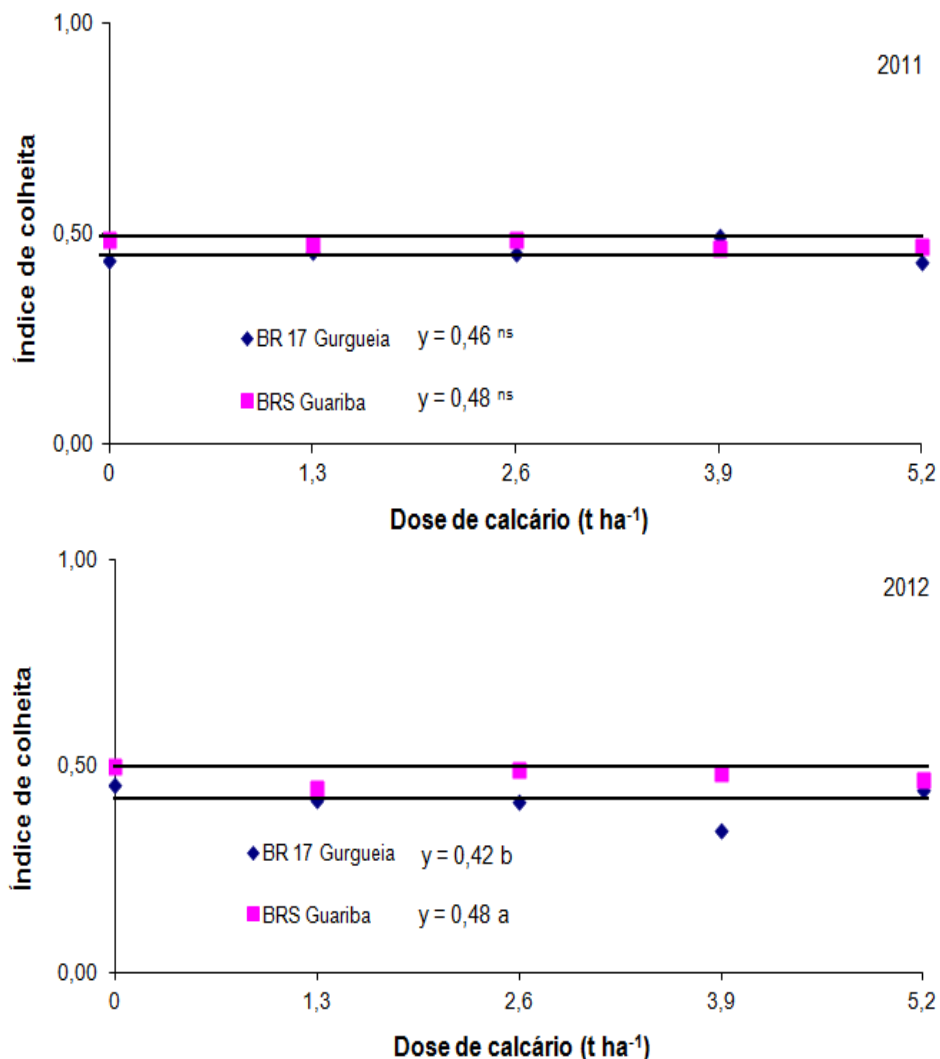


Figura 23. Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no índice de colheita de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012.

Em hipótese, a notória superioridade da cultivar BR 17 Gurguéia em relação a produtividade de grãos, observada no presente trabalho, poderia ser explicada pelos componentes de produção (número de vagens por planta, grãos por vagem e massa de 100 grãos). No entanto, com o resultado da análise de correlação (Tabela 7) pode-se

inferir que o maior número de vagens por planta apresentado pela cultivar BR 17 Gurguéia foi responsável por sua maior produtividade de grãos, nos dois anos de cultivo, quando comparada à BRS Guariba.

Tabela 7. Valores de correlação (r) entre os componentes de produção e produtividade de grãos (variável dependente) de duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI ¹.

| Cultivar | Ano | NVP | PV | RV | CV | NGV | MGP | M100G | MSP |
|---------------|------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| BR17 Gurguéia | 2011 | 0,44* | -0,09 ^{ns} | 0,81** | 0,10 ^{ns} | 0,35 ^{ns} | -0,01 ^{ns} | -0,01 ^{ns} | 0,02 ^{ns} |
| | 2012 | 0,60** | 0,23 ^{ns} | 0,76** | -0,01 ^{ns} | 0,32 ^{ns} | 0,16 ^{ns} | 0,47* | 0,20 ^{ns} |
| BRS Guariba | 2011 | 0,75** | 0,48* | 0,76** | -0,20 ^{ns} | 0,26 ^{ns} | 0,47* | 0,11 ^{ns} | 0,27 ^{ns} |
| | 2012 | 0,77** | 0,41* | 0,72** | 0,14 ^{ns} | 0,15 ^{ns} | 0,66** | 0,42* | 0,14 ^{ns} |

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

4.3. TEOR DE NUTRIENTES NAS FOLHAS E GRÃOS

A disponibilidade de nutrientes é favorecida pela calagem que proporciona um ambiente adequado ao crescimento radicular, melhorando o estado nutricional do feijão-caupi. Os efeitos de doses de calcário nos teores dos macronutrientes nas folhas e grãos estão apresentados nas Tabelas 8 e 9, respectivamente, houve efeito de doses na comparação das médias pelo teste de Tukey, portanto, não houve diferença significativa no ano de 2011 entre as doses 2 e 3, na qual não diferenciaram da testemunha, no ano seguinte, não houve diferença significativa entre as doses 2, 3, 4 e 5. Para os teores foliares de nitrogênio, nos dois anos de cultivo (Figura 24), a cultivar BRS Guariba apresentou valor superior à BR 17 Gurguéia, entretanto os tratamentos apresentaram níveis semelhantes ao encontrado por Sampaio & Brasil (2009), na época do florescimento do feijão-caupi (25 a 40 g kg⁻¹) e abaixo dos níveis adequados de N foliar para feijão comum (30 a 50 g kg⁻¹), (AMBROSANO et al. 1997).

Tabela 8. Teores foliares de macronutrientes em duas cultivares de feijão caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI ¹.

| Tratamentos | N | | P | | K | | Ca | | Mg | | S | |
|-----------------------|--------------------|--------|--------------------|-------------------|--------|-------------------|---------|-------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | g kg ⁻¹ | | | | | | | | | | | |
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| Doses de calcário (D) | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 37,8 bc | 44,0a | 2,4 | 3,1a | 13,9 b | 20,1a | 23,7a | 13,9a | 4,2 bc | 3,6 b | 2,6a | 3,7a |
| 1,3 | 39,5a | 39,0 b | 2,4 | 2,6 c | 11,2 c | 17,9 b | 24,0a | 12,6 bc | 4,7a | 3,6 b | 2,6a | 2,3 b |
| 2,6 | 36,9 c | 44,0a | 2,4 | 3,1a | 14,0 b | 20,1a | 22,7 b | 12,9 b | 4,6ab | 3,7 b | 2,5ab | 3,5a |
| 3,9 | 37,7 bc | 40,1 b | 2,5 | 2,9ab | 15,6a | 20,9a | 17,3 c | 12,4 bc | 4,1 c | 4,6a | 2,5ab | 3,6a |
| 5,2 | 39,0ab | 40,4 b | 2,5 | 2,7 bc | 14,6ab | 20,2a | 16,8 c | 11,8 c | 4,4abc | 5,0a | 2,3 b | 3,4a |
| CV (%) | 2,5 | 4,4 | 9,1 | 5,0 | 5,7 | 4,4 | 3,06 | 4,7 | 6,3 | 10,2 | 6,2 | 11,1 |
| Cultivares (C) | | | | | | | | | | | | |
| BR 17 Gurgueia | 38,1 | 41b | 2,4 | 2,9 | 13,5 b | 19,9 | 21,7a | 12,7 | 4,5a | 4,0 | 2,5 | 3,2 |
| BRS Guariba | 38,3 | 42a | 2,4 | 2,9 | 14,2a | 19,8 | 20,1 b | 12,8 | 4,2 b | 4,1 | 2,5 | 3,3 |
| CV (%) | 2,0 | 2,7 | 6,1 | 5,8 | 4,3 | 5,6 | 8,05 | 7,2 | 8,0 | 6,5 | 7,5 | 8,0 |
| Teste F | | | | | | | | | | | | |
| D | 10,0** | 12,9** | 0,3 ^{ns} | 19,1** | 33,8** | 12,8** | 251,2** | 13,7** | 6,7** | 19,8** | 5,2* | 19,7** |
| C | 1,0 ^{ns} | 5,6* | 0,04 ^{ns} | 1,7 ^{ns} | 12,9** | 0,2 ^{ns} | 8,6* | 0,4 ^{ns} | 6,0* | 0,8 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | 3,4 ^{ns} |
| D x C | 6,3** | 8,7** | 2,2 ^{ns} | 3,0* | 49,3** | 23,2** | 18** | 5,5** | 24,0** | 11,7** | 0,8 ^{ns} | 12,6** |

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ** significativo a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F, respectivamente.

Tabela 9. Teores de macronutrientes no grão em duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI ¹.

| Tratamentos | N | | P | | K | | Ca | | Mg | | S | |
|-----------------------|--------------------------------|--------|-------------------|--------------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | ----- g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | | | |
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| Doses de calcário (D) | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 42,8a | 34,6 b | 3,7ab | 3,6 | 11,6a | 11,0a | 0,6 b | 0,44 | 1,7 b | 1,7 | 2,5a | 1,1 |
| 1,3 | 41,8ab | 37,0a | 3,6 b | 3,6 | 11,3a | 11,1a | 0,6 b | 0,45 | 1,8 b | 1,8 | 2,4ab | 1,2 |
| 2,6 | 40,1ab | 36,9a | 3,7ab | 3,8 | 10,7 b | 10,9a | 0,7ab | 0,40 | 1,9ab | 1,8 | 2,2 bc | 1,2 |
| 3,9 | 39,2 b | 37,1a | 4,0a | 3,9 | 10,2 bc | 10,4ab | 0,8a | 0,49 | 2,0a | 1,8 | 2,1 c | 1,1 |
| 5,2 | 39,2 b | 38,0a | 3,7ab | 3,8 | 9,8 c | 9,9 b | 0,6 b | 0,34 | 1,8 b | 1,8 | 2,0 c | 1,1 |
| CV (%) | 4,5 | 3,5 | 6,1 | 9,6 | 3,1 | 5,5 | 15,8 | 23,3 | 5,1 | 8,8 | 7,7 | 11,3 |
| Cultivares (C) | | | | | | | | | | | | |
| BR 17 Gurgueia | 40,3 | 37,7a | 3,7 | 3,7 | 10,9a | 10,7 | 0,68 | 0,47a | 1,8 | 1,8 | 2,3 | 1,1 |
| BRS Guariba | 40,9 | 35,7b | 3,8 | 3,7 | 10,5 b | 10,6 | 0,65 | 0,38 b | 1,8 | 1,8 | 2,3 | 1,1 |
| CV (%) | 3,8 | 5,0 | 4,1 | 3,3 | 3,6 | 5,4 | 19,3 | 17,4 | 4,1 | 4,7 | 8,5 | 12,2 |
| Teste F | | | | | | | | | | | | |
| D | 6,1** | 7,6** | 2,9* | 0,9 ^{ns} | 40,7** | 6,6** | 7,6** | 2,6 ^{ns} | 9,0** | 0,8 ^{ns} | 12,2** | 1,08 ^{ns} |
| C | 1,8 ^{ns} | 11,8** | 0,5 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | 13,9** | 0,5 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 16,6** | 0,7 ^{ns} | 0,3 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 0,05 ^{ns} |
| D x C | 1,3 ^{ns} | 4,7* | 4,3* | 13,7** | 3,4* | 3,4* | 19,4** | 4,7* | 5,1** | 2,5 ^{ns} | 5,9** | 1,8 ^{ns} |

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ** significativo a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F, respectivamente.

Malavolta et al. (1997), porém, em estudos recentes constataram que os teores de N foliares estão acima dos teores encontrados por Oliveira & Dantas (1984), (18 a 21 g kg^{-1}) dessa forma é possível afirmar que devem ser estabelecidos novos padrões para a diagnose do N foliar do feijão-caupi a ser estabelecidos de acordo com o ambiente de produção e com o uso de cultivares lançada recentemente.

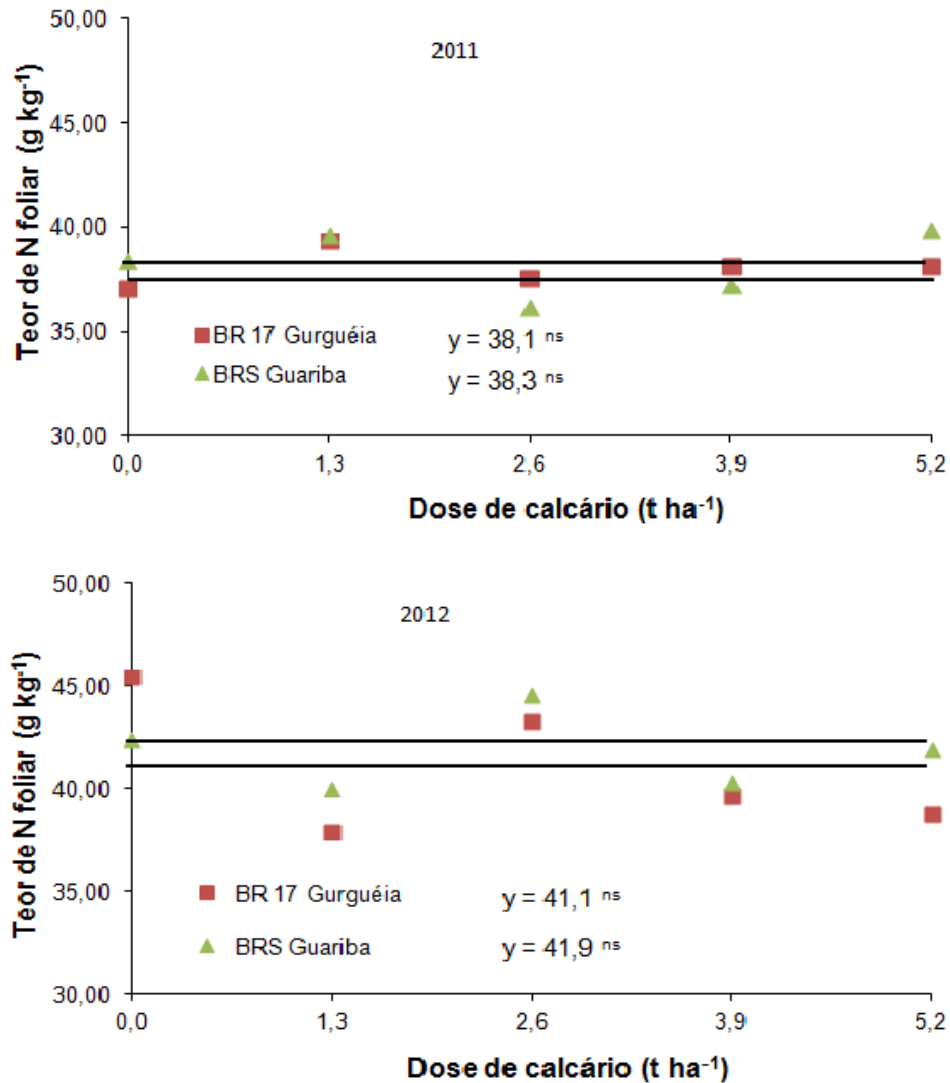


Figura 24. Teor de nitrogênio (N) total foliar (g kg^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha^{-1}), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI.

Quanto aos teores de N nos grãos, foi observado, no primeiro ano, que não houve influência das doses de calcário para a cultivar BRS Guariba, com uma leve queda nos teores para a cultivar BR 17 Gurguéia, de forma linear decrescente (figura 25) muito provavelmente devido ao tipo de solo e a mineralização da matéria orgânica. No plantio seguinte, observou-se uma diferença entre cultivares, apresentando a cultivar BRS Guariba teores maiores à BR 17 Gurguéia, houve um aumento nos teores de N de forma linear crescente com a aplicação do calcário (Figura 25).

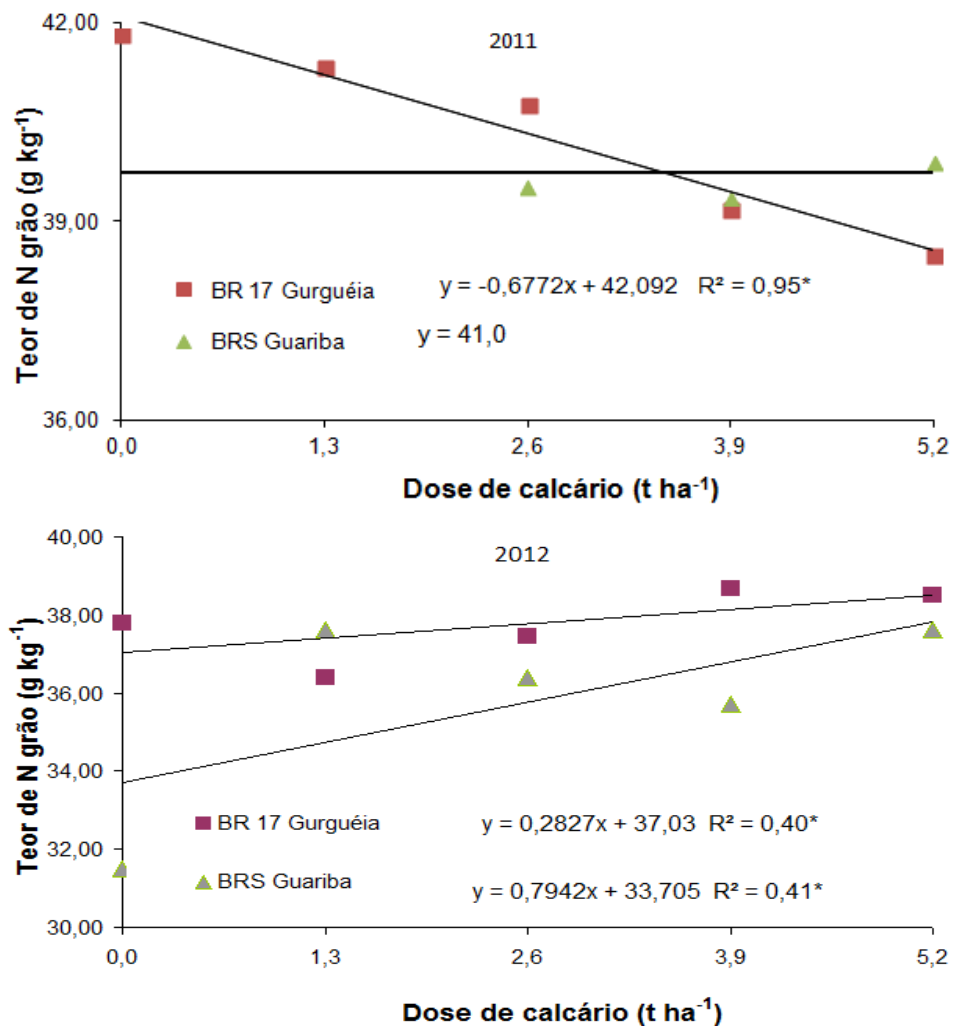


Figura 25. Teor de nitrogênio (N) total nos grãos (g kg⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI.

A calagem pode ter proporcionado o aumento de N nos grãos, a calagem favorece o processo de mineralização da matéria orgânica aumentando a disponibilidade de nitrogênio (SILVA, VALE e GUILHERME, 1994).

Na Tabela 8, observa-se que o teor de fósforo não foi influenciado pelos tratamentos no primeiro ano, somente houve interação cultivares x doses de calcário para o teor de fósforo no segundo ano, os valores encontram-se abaixo dos níveis adequados para a cultura, (2,5 a 4,0 g kg⁻¹) de acordo com Ambrosano et al. (1997) e Malavolta et al. (1997). No desdobramento da interação nota-se pela Figura 26 que não foi observado diferença entre as cultivares com a aplicação do calcário.

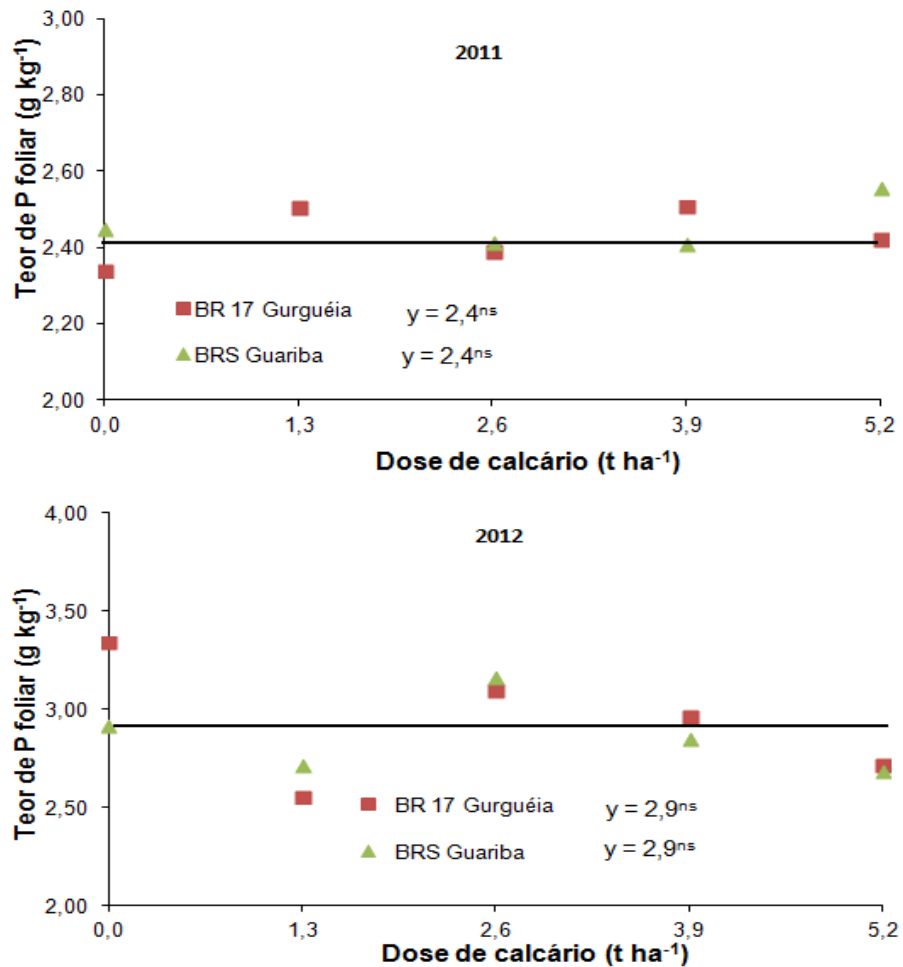


Figura 26. Teor de fósforo (P) foliar (g kg⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), em 2012, em Teresina-PI.

Para os teores de fósforo nos grãos, observa-se diferença significativa no primeiro ano para as diferentes doses de calcário quando comparado às médias pelo teste de Tukey, sendo observada também significância para interação doses de calcário x cultivar nos dois anos agrícolas, pelo teste F. No desdobramento da interação cultivar x dose de calcário para o teor de fósforo nos grãos não foi influenciado pelas doses de calcário, expressando-se constante nos dois anos agrícolas, este comportamento, muito provavelmente por ser a adubação nos sulcos de semeadura insuficiente para suprir a necessidade da cultura (Figura 27).

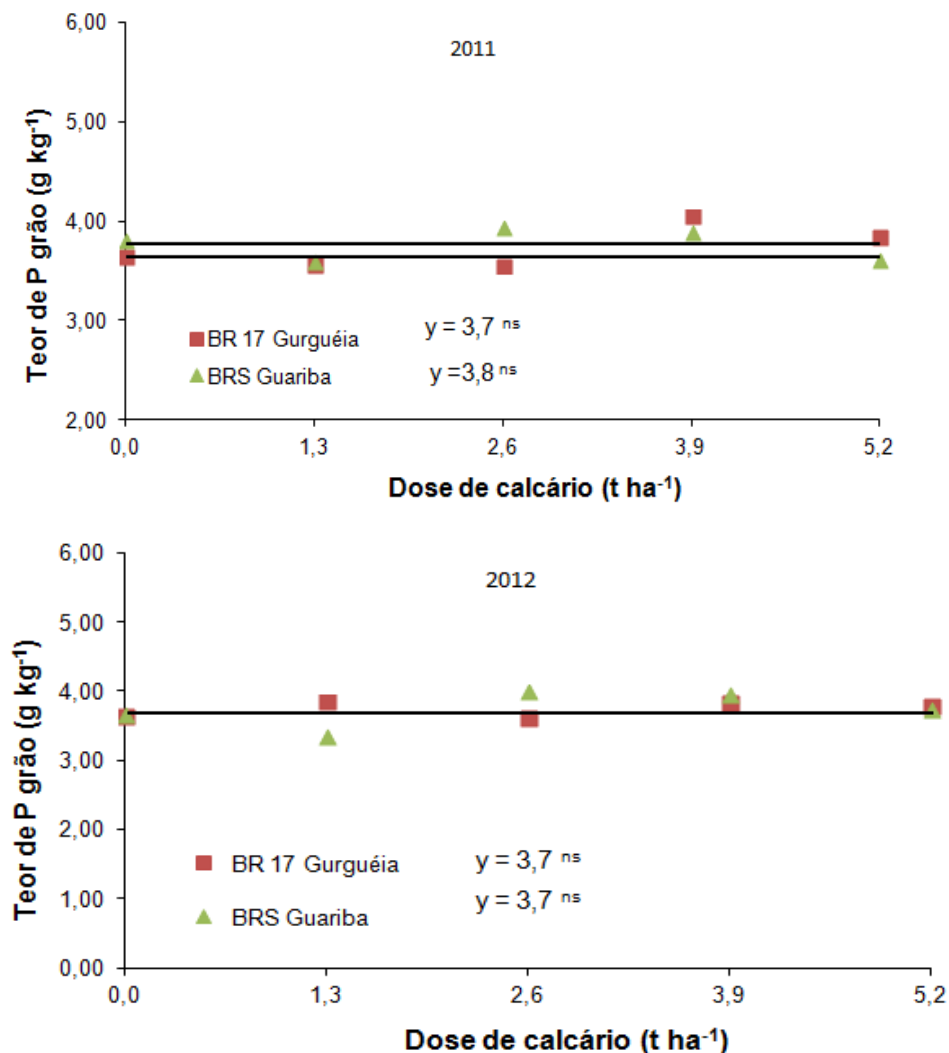


Figura 27. Teor de fósforo (P) nos grãos (g kg^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha^{-1}), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI.

Os teores de potássio nas folhas do feijão-caupi foram observados efeito de dose tanto no primeiro quanto no segundo ano, e somente no primeiro ano observa-se efeito de cultivar (Tabela 8), foi observado também interação dose x cultivar nos dois anos do experimento e no desdobramento da interação não foram observado influência das doses de calcário no solo, com resposta de forma constante nos dois anos de cultivo (Figura 28). De acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), os teores de K na folha são considerados baixos em relação aos encontrados (30 – 35 g kg⁻¹).

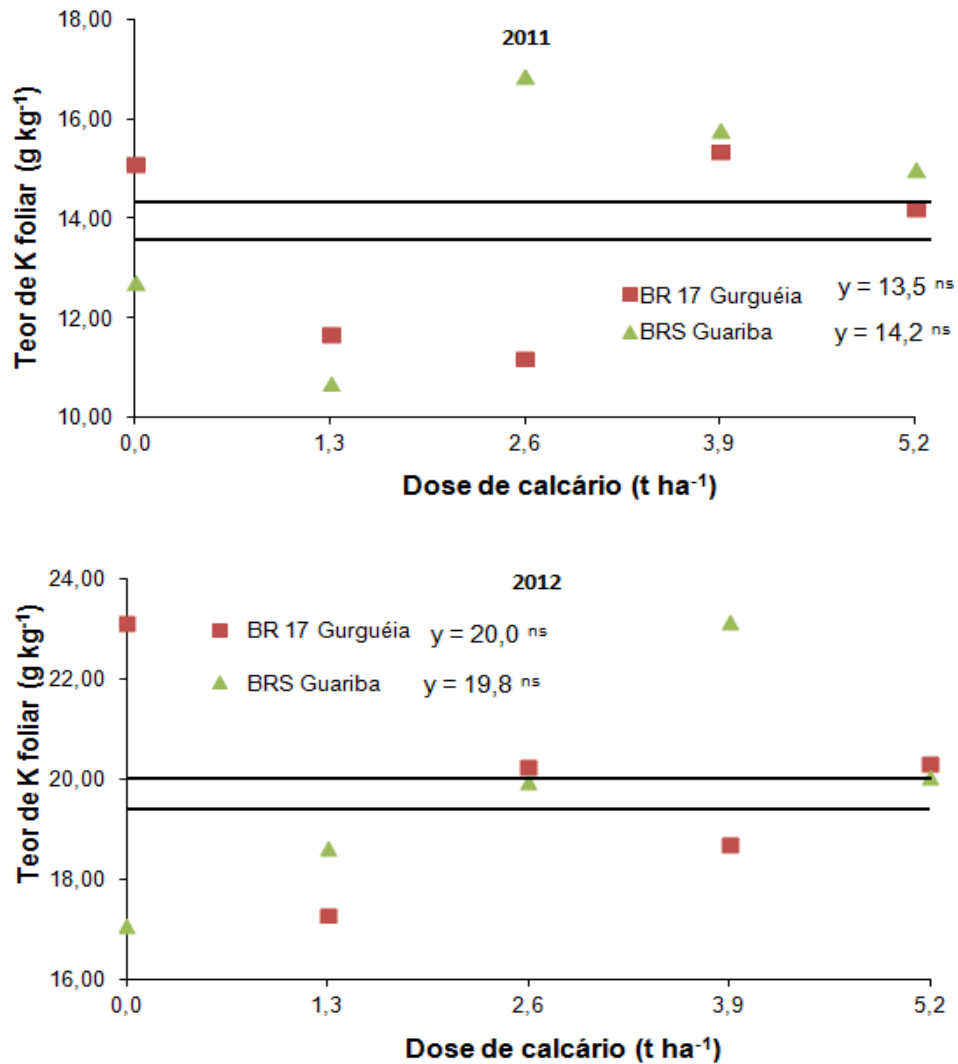


Figura 28. Teor de potássio (K) foliar (g kg⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI.

Os teores foliares de potássio no ano de 2011 foram menores que os encontrados no ano de 2012, podendo estar relacionados ao incremento de Ca no solo via calagem, inibindo a absorção daquele nutriente pela competição existente entre esses cátions em concentração mais alta de Ca (SOARES et al., 1983). Para os teores de K nos grãos, foi observado que as concentrações diminuíram de forma linear decrescente no primeiro ano com as doses de calcário. Provavelmente houve influencia do solo, por ter baixo teor de argila ocasionando a perda de potássio por lixiviação, diminuindo o teor no solo, conseqüentemente a absorção pela planta (Figura 29)

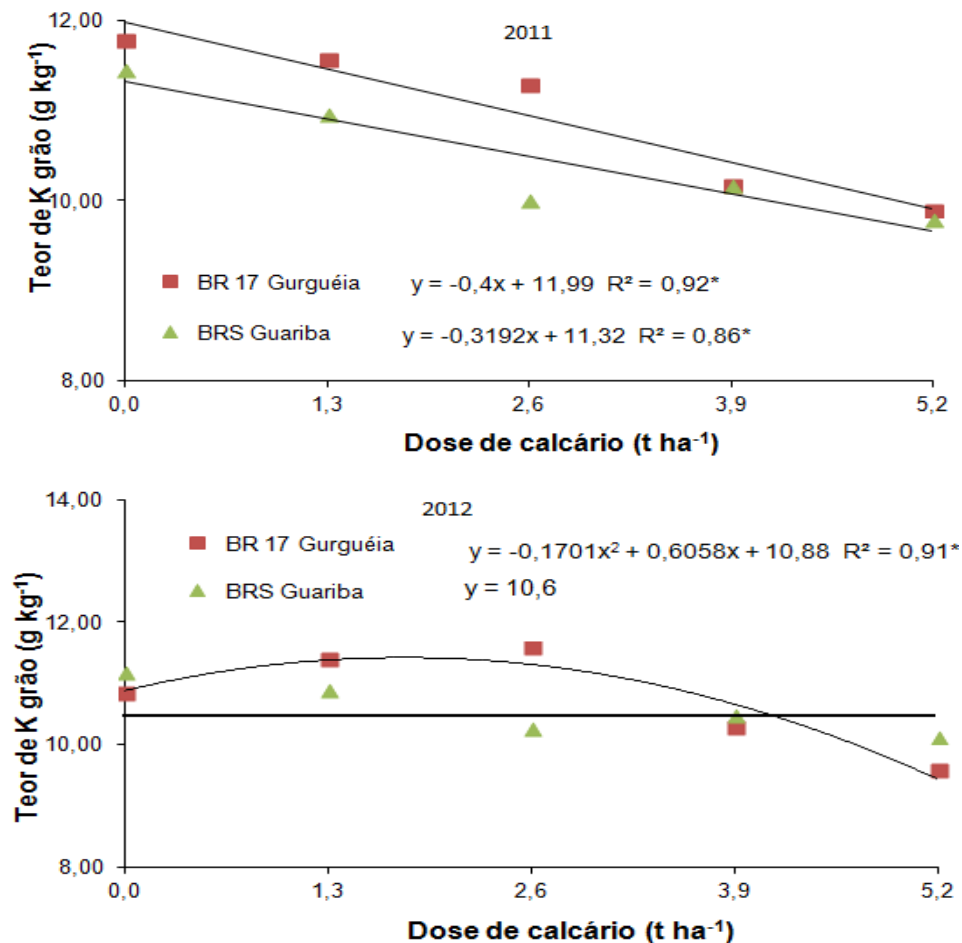


Figura 29. Teor de potássio (K) nos grãos (g kg⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI.

Os teores de cálcio foram influenciados pelas doses calcário na comparação de médias pelo teste de Tukey no primeiro e no segundo ano, mas efeito de cultivar

observa-se no primeiro ano com a cultivar BR 17 Gurguéia superior a BRS Guariba (Tabela 8). Houve interação dose x cultivar e encontra-se na Figura 30, observa-se que não houve variação significativa para os teores de Ca nas folhas, os resultados foram constantes em 2011 e 2012 e os valores encontrados estão dentro da faixa verificados por Linhares (2007), (13,3 a 16,4 g kg⁻¹), mostrando que a aplicação de calcário promoveu o incremento dos teores de Ca nas folhas, disponibilizando esse nutriente para a cultura do feijão-caupi, mantendo os valores adequados para o desenvolvimento da cultura.

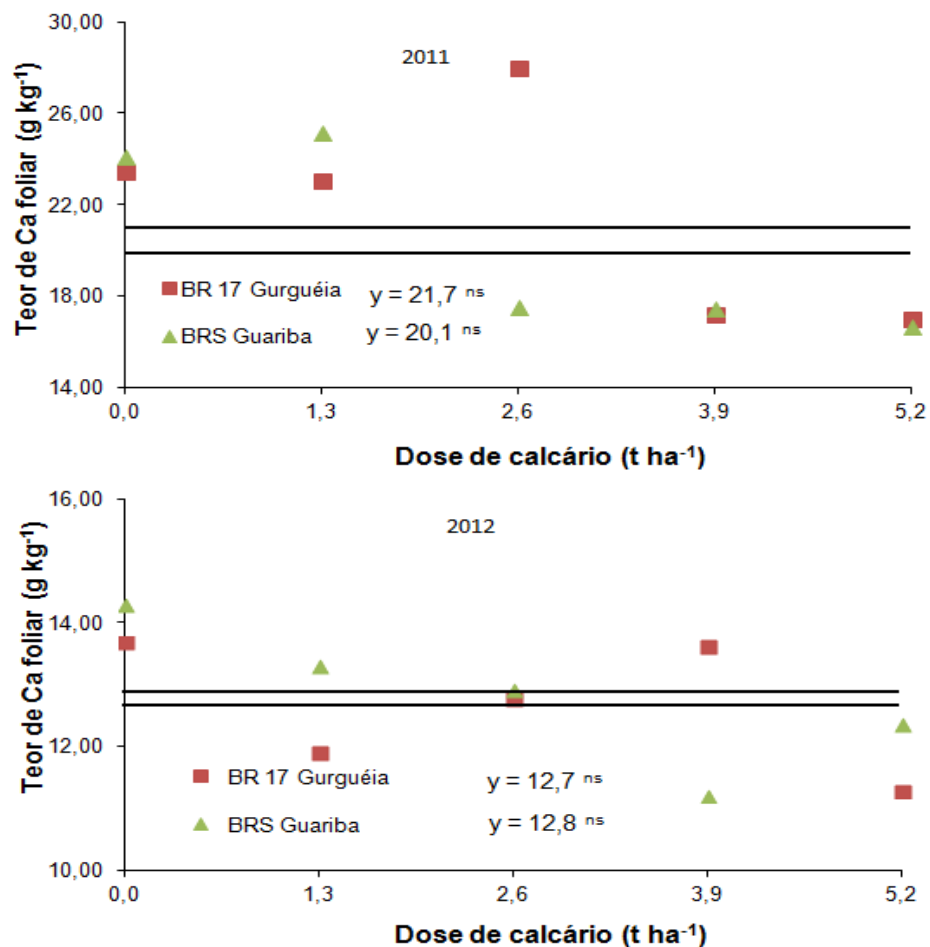


Figura 30. Teor de cálcio (Ca) foliar (g kg⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI.

Quanto aos teores do cálcio nos grãos pode-se observar que houve diferença significativamente apenas no primeiro ano não havendo diferenças entre as doses 3 e 4, foi observado efeito de cultivar no segundo ano com a cultivar BR 17 Gurguéia superior a BRS Guariba (Tabela 9). Na interação doses de calcário x cultivar, observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos para os teores de cálcio nos dois anos do experimento (Figura 31), com médias constantes e coincidentes no primeiro ano, houve efeito de cultivar no segundo ano sendo a cultivar BR 17 Gurguéia superior a BRS Guariba.

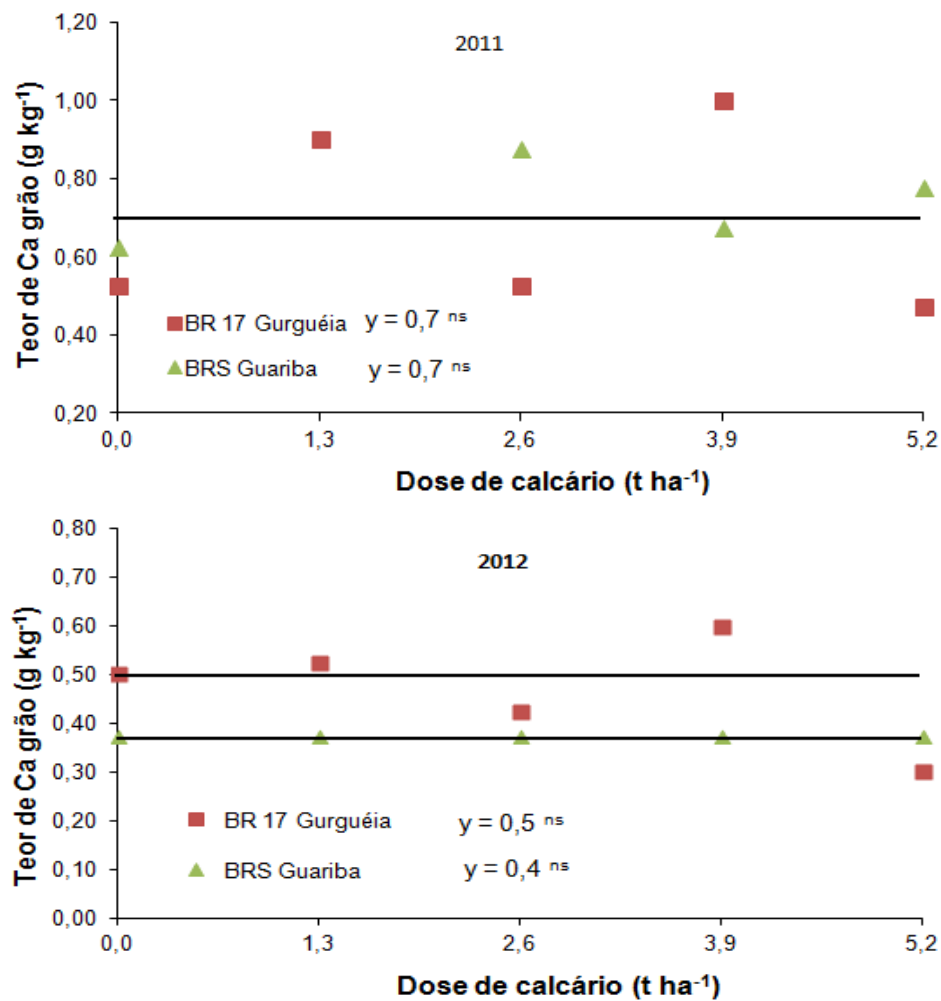


Figura 31. Teor de cálcio (Ca) nos grãos (g kg⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI.

Quanto aos teores foliares de magnésio (Figura 32) não foi observado a influência das doses de calcário no ano 2011, somente houve interação cultivar x doses de calcário no segundo plantio, porém os tratamentos proporcionaram teores adequados, evidenciando a adequada nutrição das plantas para esse nutriente, o mesmo sendo observado por Parry et al. (2008).

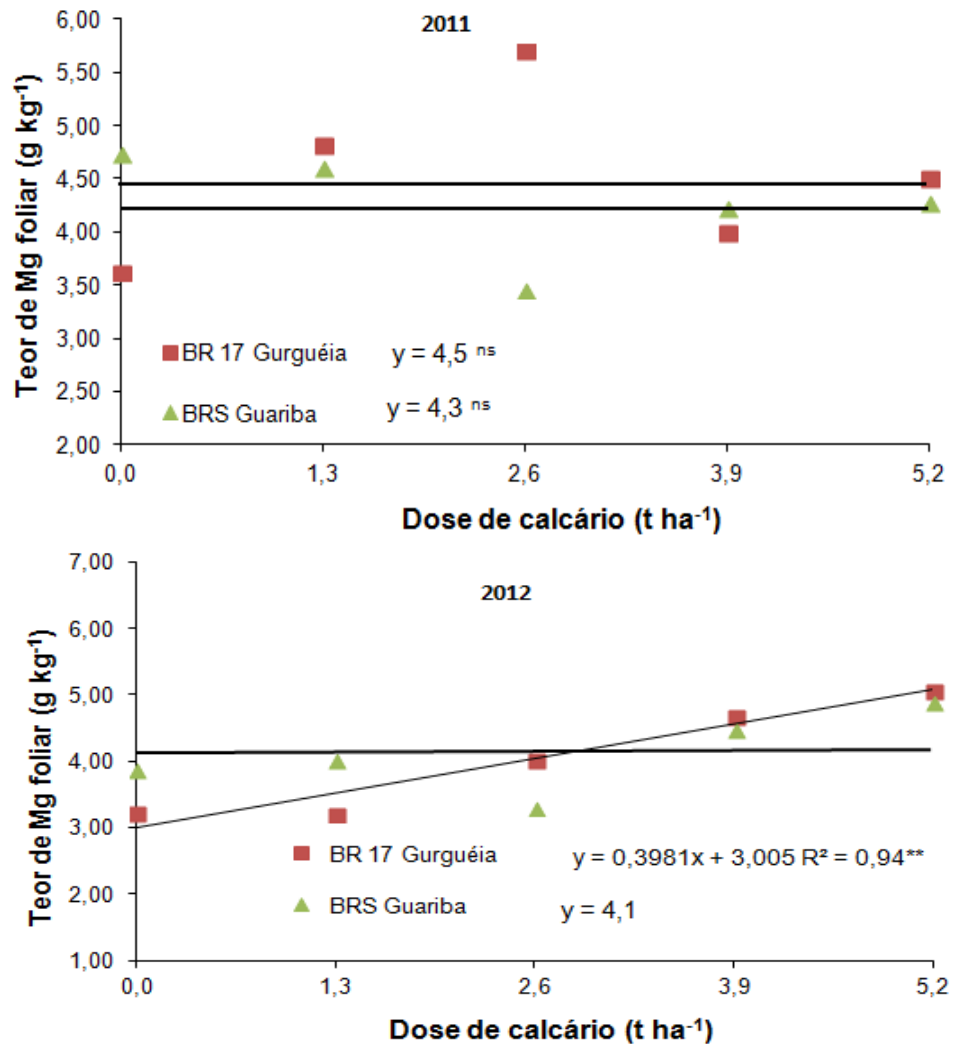


Figura 32. Teor de magnésio (Mg) foliar (g kg⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI.

Para os teores de magnésio no grão, no primeiro ano foi observado diferença significativa para a cultivar BRS Guariba com a aplicação de doses crescentes de

calcário, o mesmo não se repetindo para o segundo plantio, onde permaneceu constante e médias coincidentes (Figura 33). A baixa absorção desses nutrientes pela cultura foi devida, muito provavelmente, por se tratar de um solo arenoso com baixa capacidade de absorção de água e por ser o calcário pouco solúvel dificultando a absorção desses nutrientes.

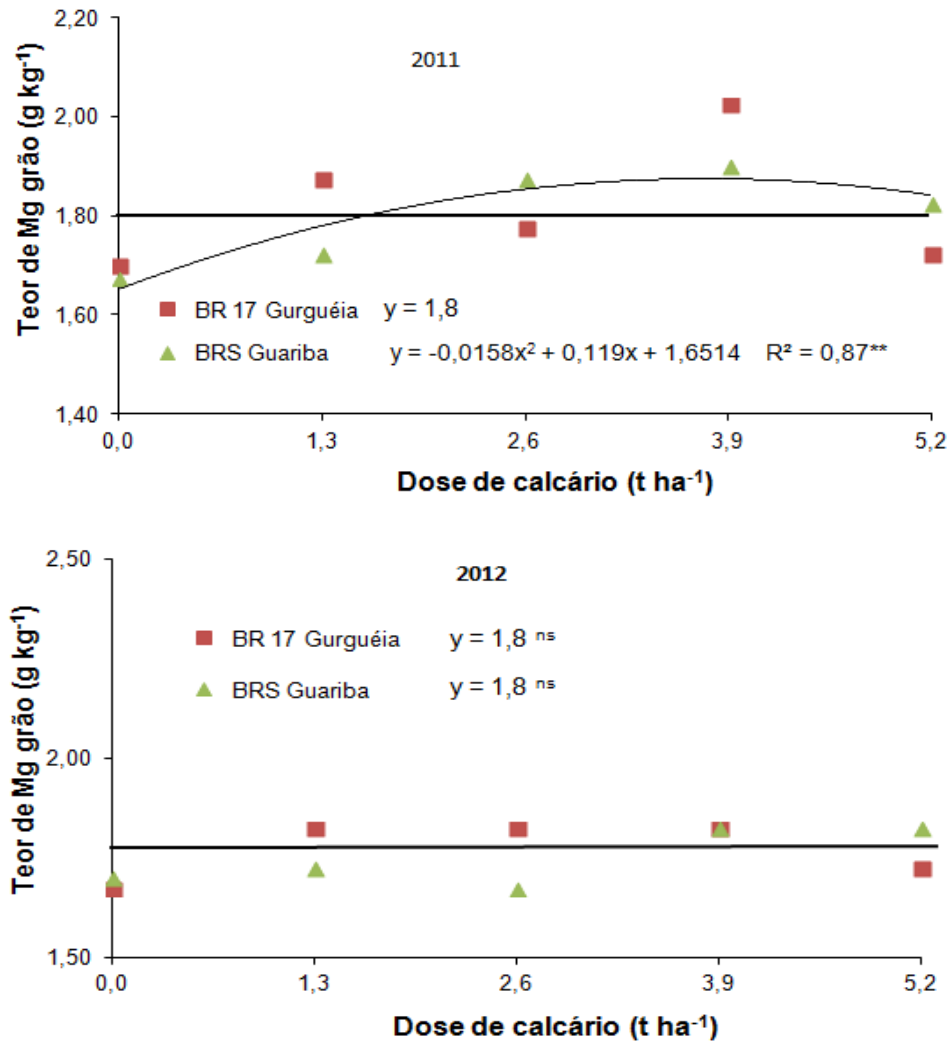


Figura 33. Teor de magnésio (Mg) nos grãos (g kg⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), em dois anos de cultivo (2011 e 2012), em Teresina-PI.

No teor foliar de enxofre houve efeito de doses de calcário nos dois anos do experimento, não sendo observado efeito de cultivar (Tabela 8), no entanto, para o

desdobramento da interação doses de calcário x cultivar, não foi influenciado pelas doses crescentes de calcário no segundo ano de experimentação (Figura 34), mas apresentando teores acima do ideal ($1,2 - 1,9 \text{ g kg}^{-1}$) segundo Oliveira & Dantas (1984) citado por Melo et al. (2005) nos dois anos de cultivo. Nos grãos observou-se efeito de dose no primeiro ano, não sendo observado efeito de cultivar (Tabela 9), os teores de S encontrados estão abaixo dos valores adequados $2,6 \text{ g kg}^{-1}$ (REUTER & ROBINSON, 1997), valores semelhantes aos encontrados por Parry, Kato e Carvalho (2008), que também encontraram valores baixos dos considerados adequados para o feijão-caupi (Figura 35).

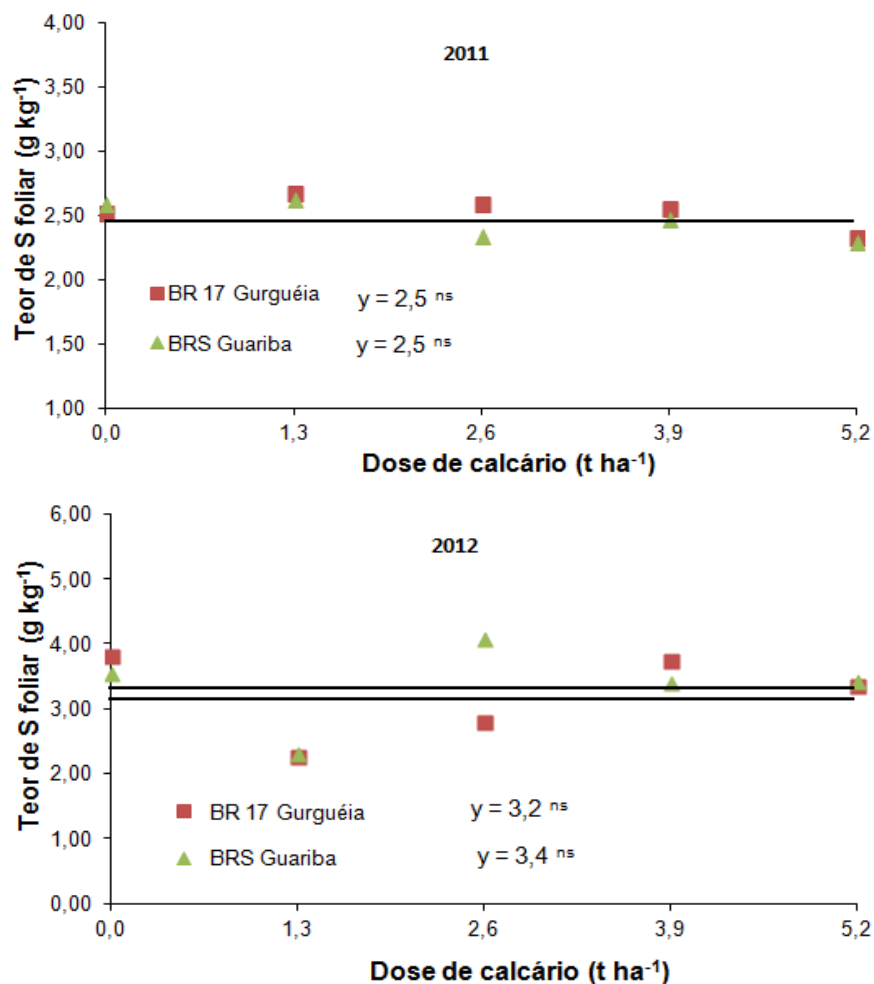


Figura 34. Teor de enxofre (S) foliar (g kg^{-1}) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha^{-1}), em 2012, em Teresina-PI.

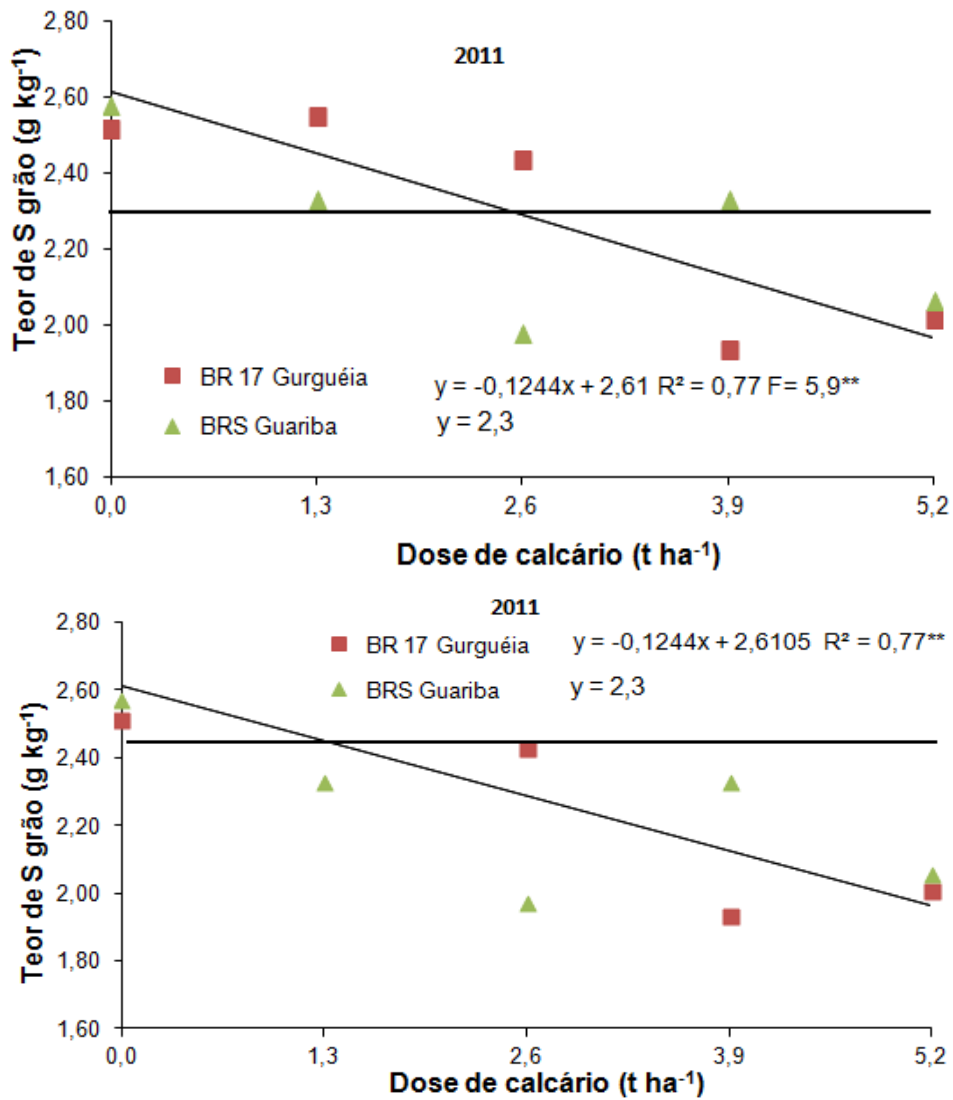


Figura 35. Teor de enxofre (S) nos grãos (g kg⁻¹) de duas cultivares de feijão-caupi (BR17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), em 2011, em Teresina-PI.

4.4. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DOS GRÃOS

O teor de proteína bruta não foi influenciado pelo uso de calcário no decorrer dos dois anos agrícolas, com superioridade da cultivar BR 17 Gurguéia, com valores médios

de 262 g kg⁻¹ e 240 g kg⁻¹ de proteína bruta para as cultivares BR 17 Gurguéia e BRS Guariba, respectivamente (Tabela 10).

Tabela 10. Teor de proteína bruta e tempo para cozimento dos grãos de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI ¹.

| Tratamentos | Teor de proteína bruta | | Tempo para cozimento | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| | 2011 | 2012 | 2011 | 2012 |
| | ----- g kg ⁻¹ ----- | | ----- minutos ----- | |
| Doses de calcário (D) | | | | |
| 0 | 254,3 | 205,6 | 20 | 11 |
| 1,3 | 246,6 | 218,7 | 22 | 14 |
| 2,6 | 252,3 | 230,8 | 20 | 12 |
| 3,9 | 252,7 | 232,4 | 20 | 14 |
| 5,2 | 252,1 | 237,9 | 20 | 14 |
| CV (%) | 8,8 | 12,2 | 29,2 | 23,6 |
| Cultivares (C) | | | | |
| BR 17 Gurgueia | 262,6 a | 231,0 | 20 | 12 |
| BRS Guariba | 240,6 b | 219,2 | 21 | 13 |
| CV (%) | 6,3 | 10,6 | 26,3 | 22,6 |
| Teste F | | | | |
| D | 0,14 ^{ns} | 1,76 ^{ns} | 0,16 ^{ns} | 1,75 ^{ns} |
| C | 19,14 ^{**} | 2,43 ^{ns} | 0,23 ^{ns} | 0,48 ^{ns} |
| D x C | 2,84 ^{ns} | 3,96 [*] | 0,49 ^{ns} | 0,98 ^{ns} |

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ** significativo a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F, respectivamente.

Quando realizado o desdobramento da interação doses de calcário x cultivares para o teor de proteína bruta no ano de 2011, nenhum modelo matemático se ajustou aos valores para esta variável, com a cultivar BR 17 Gurguéia apresentando teor proteico superior nos grãos (Figura 36). Já o desdobramento entre doses de calcário e cultivares no ano agrícola de 2012, a cultivar BRS Guariba apresentou comportamento linear crescente, e para a cultivar BR 17 Gurguéia nenhum modelo matemático (linear ou quadrático) se ajustou aos valores para esta variável (Figura 36).

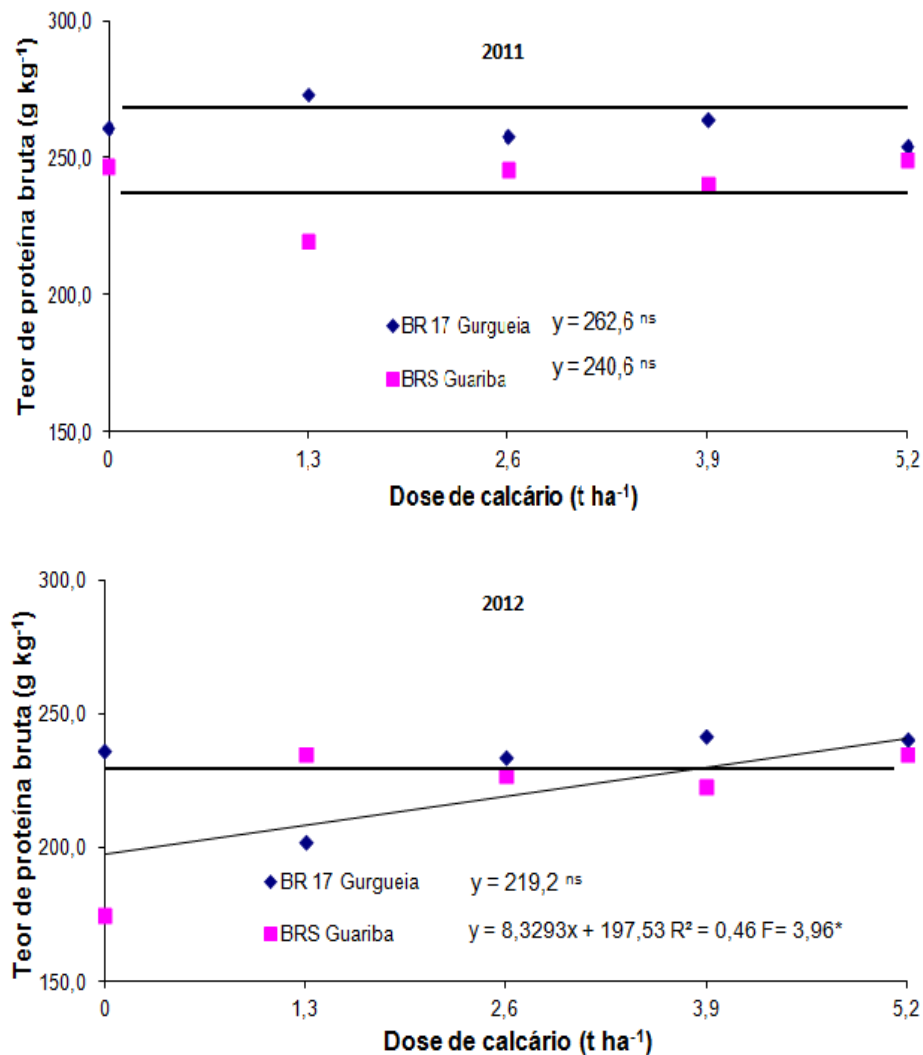


Figura 36. Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no teor de proteína bruta em grãos de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012.

Freire Filho et al. (2011) avaliando oito cultivares de feijão-caupi, relataram que o teor de proteína bruta variou de 215 g kg⁻¹ a 268 g kg⁻¹, valores estes, próximos aos encontrados neste trabalho. Moura (2011), estudando populações segregantes (F₂) de feijão-caupi, encontrou variações no teor de proteína de 249 g kg⁻¹ a 270 g kg⁻¹, Trabalhando com cinco cultivares de *Phaseolus vulgaris* (Carioca, IAC Carioca Eté, Pérola, IAPAR 81 e Campeão 2) e quatro doses de calcário (0; 1,8; 3,6 e 5,4 t ha⁻¹) em

sistema plantio direto por dois anos agrícolas no município de Botucatu (SP), Silva, Lemos e Crusciol (2011) também não observaram diferenças para o teor de proteína bruta nos grãos.

Quanto ao tempo para cozimento, não houve efeito significativo para os dois anos de cultivo em relação as doses de calcário e cultivares (Tabela 10). Como uma das principais funções do cálcio é estrutural, ou seja, é constituinte da parede celular (PRADO, 2008), esperava-se que este elemento tornasse o tegumento mais rígido, influenciando em maior tempo para cozimento, o qual não foi verificado.

A Embrapa Meio-Norte tem avaliado linhagens e cultivares quanto ao tempo de cozimento, encontrando variações de 13 minutos a 23 minutos para as cultivares BRS Tumucumaque e BRS Potengi, respectivamente. Em média o tempo para cozimento de cultivares de feijão-caupi lançadas recentemente foi de 18 minutos (FREIRE FILHO et al., 2011). Silva (2011) em estudo realizado com feijão-caupi encontrou resultados de tempo para cozimento de 14 minutos para a cultivar Pajeú, resultado semelhante encontrado neste trabalho no segundo plantio.

Quando realizado o desdobramento da interação doses de calcário x cultivares (2011), nenhum modelo matemático (linear ou quadrático) se ajustou aos valores para esta variável, no qual a cultivar BRS Guariba apresentou média superior (Figura 37). No desdobramento para o ano de 2012, a cultivar BRS Guariba apresentou comportamento constante, o mesmo sendo observado para a cultivar BR17 Gurguéia, nenhum modelo matemático (linear ou quadrático) se ajustou aos valores para esta variável (Figura 37).

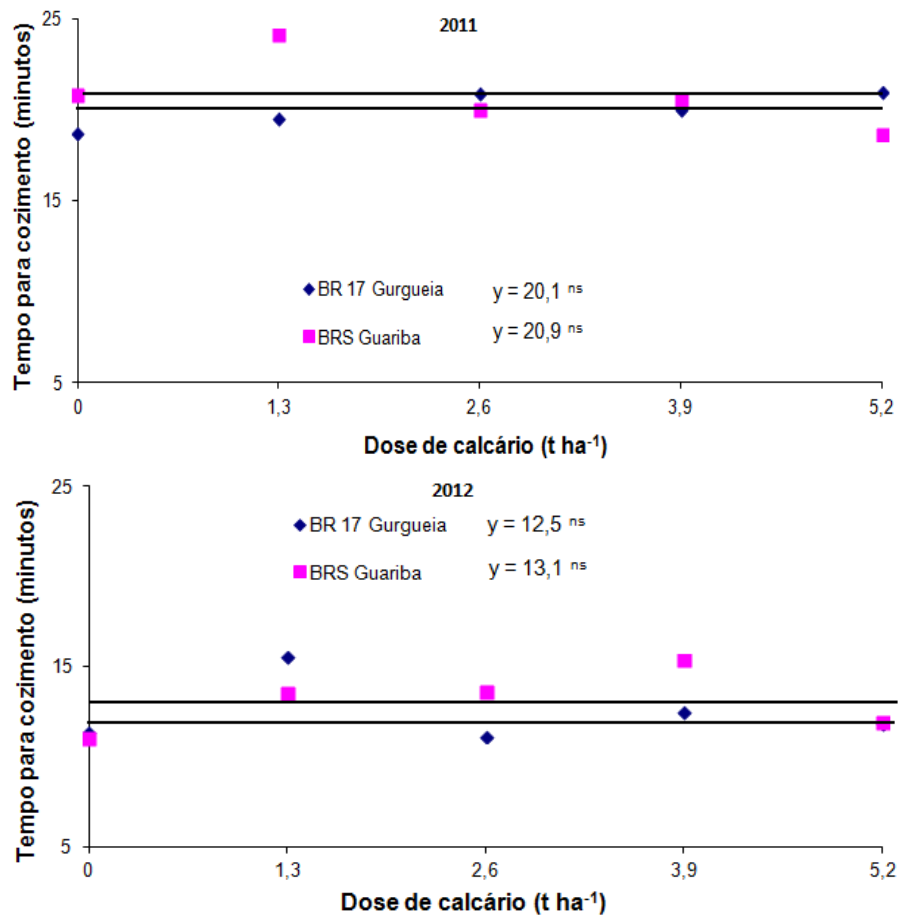


Figura 37. Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário no tempo para cozimento dos grãos de duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012.

A relação de hidratação dos grãos não sofreu efeito das doses de calcário, porém foi influenciada pelas cultivares, no qual a cultivar BRS Guariba foi superior nos dois anos agrícolas (Tabela 11). Os valores encontrados foram satisfatórios, pois após 12 horas de embebição, os grãos absorveram massa de água semelhante à sua massa inicial, concordando com os resultados de Silva, Lemos e Tavares (2006) e Farinelli e Lemos (2010).

Na relação de hidratação não foi observado influencia das doses de calcário para as duas cultivares nos dois anos agrícolas, mas houve diferença significativa em relação às cultivares mostrando a cultivar BRS Guariba com relação de hidratação superior a BR 17 Gurgueia, a relação de hidratação foi satisfatória, visto que os

tratamentos apresentaram relação de hidratação em torno de dois, portanto com o dobro do seu volume inicial.

Tabela 11. Relação de hidratação dos grãos em duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI ¹.

| Tratamentos | Relação de hidratação dos grãos | |
|-----------------------|---------------------------------|--------------------|
| | 2011 | 2012 |
| Doses de calcário (D) | | |
| 0 | 2,08 | 2,13 |
| 1,3 | 2,06 | 2,14 |
| 2,6 | 2,08 | 2,15 |
| 3,9 | 2,07 | 2,12 |
| 5,2 | 2,07 | 2,17 |
| CV (%) | 1,9 | 2,9 |
| Cultivares (C) | | |
| BR 17 Gurgueia | 2,04 b | 2,13 b |
| BRS Guariba | 2,10 a | 2,15 a |
| CV (%) | 1,7 | 1,2 |
| Teste F | | |
| D | 0,28 ^{ns} | 0,89 ^{ns} |
| C | 25,89 ^{**} | 10,4 [*] |
| D x C | 0,67 ^{ns} | 0,26 ^{ns} |

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. ** significativo a 1% e ^{ns} não significativo pelo teste F, respectivamente.

Campos et al. (2010) estudando características tecnológicas de cinco cultivares de feijão-caupi obtiveram resultados que permitiram concluir que a relação de hidratação variaram de 1,96 (BRS Nova Era) a 2,42 (BRS Mazagão), após período de 20 h de embebição.

Quando realizado o desdobramento da interação doses de calcário x cultivares no ano de 2011 e 2012, nenhum modelo matemático (linear ou quadrático) se ajustou aos valores para esta variável, sendo que em ambos a cultivar BRS Guariba mostrou-se superior (Figura 38).

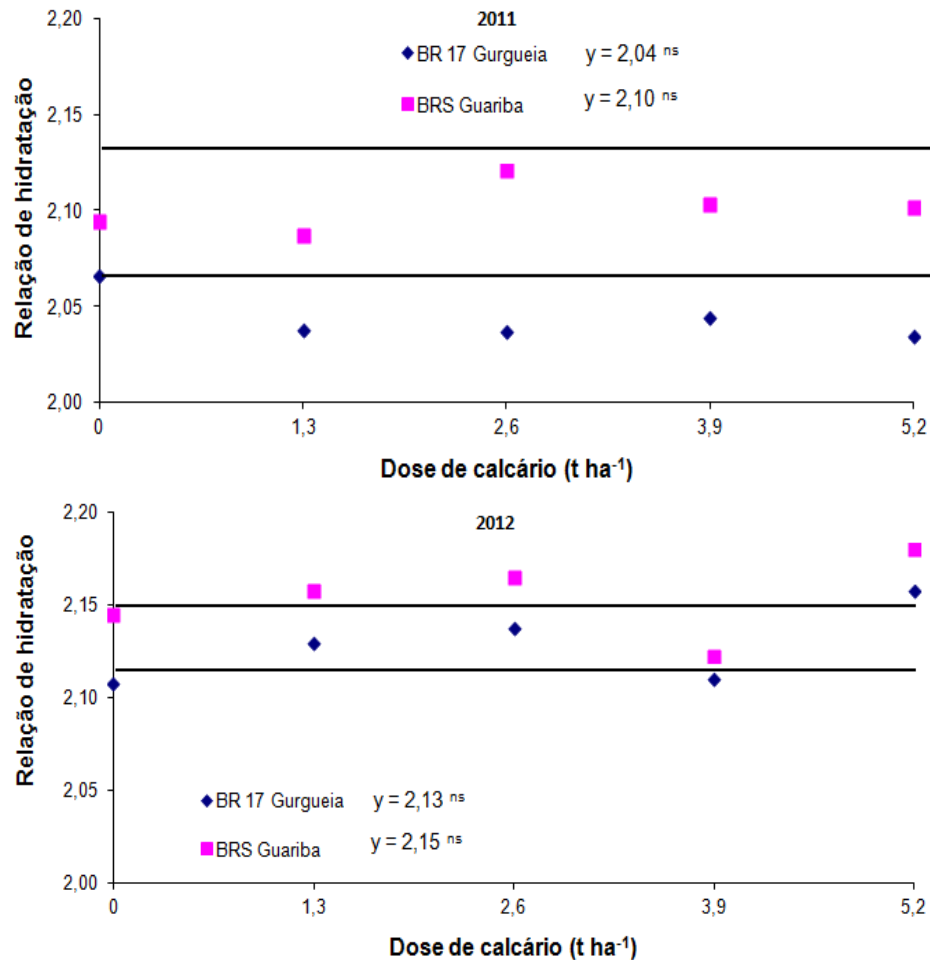


Figura 38. Desdobramento da interação cultivares x doses de calcário na relação de hidratação dos grãos em duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurgueia e BRS Guariba) em função de doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹), Teresina-PI, 2011 e 2012.

A variabilidade em feijão quanto à presença de grãos impermeáveis é devido ao processo de defesa da própria planta diante de alguma situação desfavorável ao seu desenvolvimento, citando que, em condições de excesso de precipitação pluvial por ocasião da semeadura, as sementes normais apodrecem, enquanto as impermeáveis suportam esse período e posteriormente germinam Lam-Sanches et al. (1990). Outro fator que pode interferir na qualidade dos grãos é o tipo de comportamento da planta, sendo influenciado de ano para ano e entre distintos cultivos durante o mesmo ano (LAM-SANCHES et al., 1990).

O tempo para máxima hidratação não foi alcançando por nenhuma cultivar independentemente da dose utilizada, levando-se a concluir que o tempo utilizado (12 horas) não foi suficiente para se obter a máxima hidratação dos grãos (Tabela 12). Para essa característica tecnológica, preconiza-se a obtenção de valores maiores que 12 horas para se atingir a máxima hidratação, uma vez que na culinária brasileira, os grãos de feijão são deixados em embebição na noite anterior ao preparo (SILVA; LEMOS; TAVARES, 2006; FARINELLI & LEMOS, 2010; FIORENTIN et al., 2011; MINGOTTE, 2011). Esses resultados evidenciam a necessidade de pesquisas nessa área do conhecimento, visando verificar a influência de práticas agrônômicas nas características tecnológicas do produto em diferentes ambientes de cultivo (Apêndices).

Tabela 12. Tempo para máxima hidratação dos grãos (TH) em duas cultivares de feijão cupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,2; 2,6; 3,9 e 5,3 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI.

| Dose de calcário ² | Cultivar | Equação de regressão ¹ | R ² | TH |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------|----|
| 0 | BR 17 Gurguéia safra 2011 | y = 0,0603x + 15,369 | 0,83** | - |
| 1,3 | | y = 0,0593x + 15,658 | 0,81** | - |
| 2,6 | | y = 0,0591x + 16,564 | 0,81** | - |
| 3,9 | | y = 0,0596x + 14,354 | 0,85** | - |
| 5,2 | | y = 0,0595x + 15,586 | 0,82** | - |
| 0 | BRS Guariba safra 2011 | y = 0,053x + 22,125 | 0,71** | - |
| 1,3 | | y = 0,0528x + 21,427 | 0,73** | - |
| 2,6 | | y = 0,0542x + 23,477 | 0,70** | - |
| 3,9 | | y = 0,0552x + 20,278 | 0,77** | - |
| 5,2 | | y = 0,051x + 23,538 | 0,67** | - |
| 0 | BR 17 Gurguéia safra 2012 | y = 0,0582x + 20,43 | 0,77** | - |
| 1,3 | | y = 0,0582x + 22,202 | 0,72** | - |
| 2,6 | | y = 0,0586x + 21,848 | 0,73** | - |
| 3,9 | | y = 0,059x + 20,414 | 0,75** | - |
| 5,2 | | y = 0,0602x + 21,728 | 0,75** | - |
| 0 | BRS Guariba safra 2012 | y = 0,055x + 23,612 | 0,71** | - |
| 1,3 | | y = 0,0556x + 25,165 | 0,69** | - |
| 2,6 | | y = 0,0522x + 27,399 | 0,62** | - |
| 3,9 | | y = 0,0524x + 25,974 | 0,64** | - |
| 5,2 | | y = 0,0514x + 28,832 | 0,59** | - |

¹ x = tempo para a hidratação (minutos) e y = quantidade de água absorvida (mL). R² = coeficiente de determinação; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.² Quantidade de calcário aplicada (t ha⁻¹).

5. CONCLUSÕES

1. A calagem proporciona a elevação do pH, dos teores de cálcio, magnésio e saturação por bases do solo, sendo que os valores de saturação por bases obtidos foram menores do que os estimados pelo método da elevação do V%.

2. A aplicação de calcário nas doses de 3,7 e 3,8 t ha⁻¹ promovem os máximos rendimentos de vagens do feijão-caupi nas cultivares BR 17 Gurguéia e BRS Guariba.

3. Doses de calcário, de 3,0 e 3,2 t ha⁻¹ promovem a máxima produtividade de grãos da cultivar BR 17 Gurguéia, e a de 3,3 e 3,4 t ha⁻¹ proporcionam produtividades de 792 e 827 kg ha⁻¹ na cultivar BRS Guariba.

4. As máximas produtividades de grãos foram obtidas com 46% a 56% de saturação por bases, respectivamente para BR 17 Gurguéia e BRS Guariba.

5. A cultivar BRS Guariba apresenta maior relação de hidratação dos grãos em comparação a BR 17 Gurguéia e tempo de cozimento similares.

6. O tempo utilizado de 12 horas no teste de capacidade de hidratação, não foi suficiente para estimar a máxima hidratação dos grãos das cultivares.

6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MAFRA, A. L.; FONTANA, E. C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 799-806, 2003.

ALFAIA, S. S.; MAGALHÃES F. F. M.; MURAOKA, T. Efeito da aplicação de calcário e micronutrientes em Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 18, n. 3-4, p. 13-25, 1998.

ALFAIA, S. S.; MURAOKA, T. Efeito residual de calagem e micronutrientes em latossolo amarelo sob rotação de culturas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 27, n. 3, p. 153-162. 1997.

ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um Latossolo de Cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p.923-934, 2005.

AMARAL, J. A. B; BELTRÃO, N. E. M; SILVA, M. T. - **Zoneamento Agrícola do Feijão-Caupi no Nordeste Brasileiro Safra 2005/2006**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 9 p. (Comunicado Técnico 253).

AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; RAIJ, B., van. QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B., van. CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997, p.189-191. (Boletim Técnico, 100).

ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A. de; CRUSCIOL, C. A. C. Componentes morfológicos e produção de matéria seca de milho em função da aplicação de calcário e zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 321-327, 2001.

ARAUJO, V. S; QUEIROZ, J. V. I.; FURTADO, L. M. ; ARAUJO, A. M. S. Efeitos de diferentes doses de nitrogênio e calcário na produção do feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2 ed REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 7. 2009, BELÉM. **Anais**. Disponível em: Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. CD-ROM.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48 p.

BRASIL, E. C.; NASCIMENTO, E. V. S.; ASSUNÇÃO, E. A.; COSTA, E. J. F. Efeito residual da aplicação de escória de siderurgia sobre atributos químicos relacionados à acidez do solo e a produção de grãos de feijão-caupi. In: XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA- Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil. Teresina. **Resumos...** Teresina:.. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 12** de 28 mar. 2008. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2008. Seção 1, p. 11-14.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n. 1, p.161-169, 2000.

CAMPOS, E. de S.; ALVES, J. M. A.; UCHOA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A. de.; SANTOS, C. S. V. dos. Características morfológicas e físicas de grãos secos e hidratados de cinco cultivares de feijão-caupi. **Revista Agro@mbiente On-line: Boa Vista**, v.4, n.1, p.34-41, 2010.

CAMPOS, F. L.; LOPES, A. C. A; FREIRE FILHO, F. R.; QUEIROZ, V. R. Ciclo Fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.5, n. 2, p.110-116, 2000.

CIOTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.317-326, 2004.

COSTA, J. P. V. da. & STAMFORD, N. P. Efeito de fontes, doses e granulometria de calcários na fixação do N₂ e no estado nutricional de caupi. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 1, n. 1 p. 37-48, 1991.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; BRASIL, E. C. Calagem em Latossolo Amarelo Distrófico da Amazônia e sua influencia em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 895-907, 2012.

DE PAULA, P. W. R. Efeito da calagem na produção de matéria seca em caupi Br-2 no estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 1 CD-ROM.

DE PAULA, P. W. R. Influência da aplicação do calcário dolomítico na produção de matéria seca em caupi- Br-3 pelo método de saturação por bases num Latossolo Amarelo textura média, no estado do Pará. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 4., 1998. Belém. **Resumos...** Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 1998. p. 298- 299.

DUARTE, A. P.; VOLTAN, R. B. Q.; FURLANI, P. R.; KANTHACK, R. A. D. Resposta de cultivares de arroz-de-sequeiro à calagem. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 353-361, 1999.

DURIGAN, J. F. **Influência do tempo e das condições de estocagem sobre as propriedades químicas, físico-mecânicas e nutricionais do feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.)** 1979. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 1979.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. P. 101-118.

FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1419-1424 2001.

FAGERIA, N. K. Resposta de arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 416-424, 2001.

FAO, FAOSTAT. **Crops: cow peas dry**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx? pageID=567>>. Acesso em: 15 de set. 2011.

FARINELLI, R; LEMOS, L. B. Produtividade, eficiência agrônômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 165-172, 2010.

FARINELLI, R; LEMOS, L. B. Qualidade nutricional e tecnológica de genótipos de feijão cultivados em diferentes safras agrícolas. **Bragantia**: Campinas, v.69, n.3, p.759-764, 2010.

FIORENTIN, C. F.; LEMOS, L. B.; JARDIM, C. A.; FORNASIERI FILHO, D. Formação e manutenção de palhada de gramíneas concomitante à influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado em sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 917-924, 2011.

FONSECA, M. R.; FERNANDES, A. R.; SILVA, G. R. da.; BRASIL, E. C. Teor e acúmulo de nutrientes por plantas de feijão-caupi em função do fósforo e da saturação de bases. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 53, n. 2, p. 195-205, 2010.

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

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. do S. da R.; RODRIGUES, E. V. Feijão-Caupi no Brasil. **Produção, melhoramento genético, Avanços e desafios**. Teresina, Piauí, Brasil, p. 18-38. 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, S. M. S.; SITTOLIN, I. M. **BRS Guariba: Nova cultivar de feijão caupi para a Região Meio-Norte**. Embrapa Meio-Norte. Dezembro 2004. Teresina PI.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; SANTOS, A. A. dos. Cultivares de caupi para a região Meio-Norte do Brasil. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 264 p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).

FREIRE FILHO, F. R.; SANTOS, A. A. dos; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S. da S.; RIBEIRO, V. Q. **BR 17 – Gurguéia: Nova cultivar de caupi com resistência a vírus**

para o Piauí. Teresina: Embrapa – CPAMN, 1994. 6 p. (EMBRAPA-CPAMN. Comunicado Técnico, 61).

IBGE. **Instituto brasileiro de geografia e estatística.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 09 março de 2011.

LAM-SANCHEZ, A.; DURIGAN, J. F.; CAMPOS, S. L.; SILVESTRE, S. R.; PEDROSO, P. A. C.; BANZATTO, D. A. Efeitos da época de semeadura sobre a composição química e características físico-químicas de grãos de *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus angularis* (Wild) Wright e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v.2, n.1, p.35-44, 1990.

LEITE, G. H. M. N.; ELTZ, F. L. P.; AMADO, T. J. C.; COGO, N. P. Atributos químicos e perfil de enraizamento de milho influenciados pela calagem em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 685-693, 2006.

LIMA, E.V. **Plantas de cobertura e calagem superficial na fase de implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco.** 2004. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

LINHARES, C. F. L. **Comportamento de três cultivares de caupi submetido à omissão de nutrientes, cultivados em amostras de Gleissolo de várzea do rio Pará.** 2007. 58 f. Dissertação (mestrado em agronomia, área de concentração em solos e nutrição de plantas)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUIMARÃES GUILHERME, L. R. **Correção da acidez do solo.** São Paulo: ANDA. 1991.22 p. (Boletim Técnico 1).

MAGALHÃES, J. C. A. J. Efeito de níveis de calcário e de fósforo em duas variedades de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n.1 p. 24-29, 1979.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Potafos, 1997. P 138-141.

MELLO, J. C. A.; VILLAS BÔAS, R. L.; LIMA, E. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; BULL, L. T. Alterações nos atributos químicos de um Latossolo distroférico decorrentes da

granulometria e doses de calcário em sistemas plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p.553-561, 2003.

MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2005. Cap. 6. p. 229-242.

MINGOTTE, F. L. C. **Adubação nitrogenada no feijoeiro de primavera em sucessão a milho e braquiária em plantio direto**. 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2011.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agrônomicas**, 2000. 8p. (Encarte técnico, 92).

MOREIRA, S.G. **Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produção da soja**. Piracicaba, 1999, 87p, Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo.

MOURA, J de O. **Potencial de populações segregantes de feijão-caupi para biofortificação e produção de grãos**. UFPI: Teresina. Dissertação de mestrado, 82p. 2011.

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

OLIVEIRA, E. L.; PARRA, M. S.; COSTA, A. Resposta da cultura do milho em um Latossolo Vermelho-Escuro álico à calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 65- 70, 1997.

OLIVEIRA, I. P.; COSTA, K. A. P.; SANTOS, K. J. G. dos.; MOREIRA, F. P. Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, Goiás, v. 1, n. 1, p. 01-12, agosto, 2005.

OLIVEIRA, I. P.; DANTAS, J. P. **Sintomas de deficiência nutricional e recomendações de adubação para caupi**. Goiania: Embrapa-CNPAF, 1984. 23 p.(Embrapa – CNPAF. Documento, 8).

OLIVEIRA, R. F.; GALVÃO, E. V. P. **Alterações de fertilidade do solo cultivado com milho e feijão-caupi submetidos à calagem e adubação química em Irituia- PA**. Belém: EMBRAPA, 1999. 26 p. (EMBRAPA AMAZONIA ORIENTAL. Boletim de Pesquisa, 3).

PARRY, M. M.; KATO, M. S. A.; CARVALHO, J. G. de. Macronutrientes em caupi cultivado sob duas doses de fósforo em diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p.236-242, 2008.

PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M. Influence of chemical forms of phytotoxic aluminum on the uptake of aluminum by wheat roots. In: SAUNDERS, D. A. (ed.) **Wheat for the nontraditional warm areas**. México: CIMMYT, 1991.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. p. 181-200.

QUAGGIO, J. A. A acidez e calagem em solos tropicais. Campinas, **Instituto Agrônomo de Campinas**, 2000. 111p.

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

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**.Campinas: Instituto Agrônomo, 1983, 31 p. (Boletim Técnico, 81).

REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. **Plant analysis an interpretation manual**. 2.ed., Collingwood, Australia: CSIRO Publishing, 1997. 570 p.

ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; CARVALHO, H. W. L.; BELARMINO FILHO, J.; RAPOSO, J. A. A. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de porte semi-ereto na Região Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1283-1289, 2007.

SAMPAIO, L. S.; BRASIL, E. C. Exigência nutricional do feijão-caupi In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém. **Anais...** Belém: CPATU, 2009. p. 573-587.

SAVIO, F. L.; SILVA, G. C. da; TEIXEIRA, I. R.; MOTA, J. H.; BORÉM, A. Calagem e gessagem na nutrição e produção de soja em solo com pastagem degradada. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 2, n. 1, p. 19-31. 2011.

SILVA, A. L. J.; NEVES, J. Produção de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 29-36, 2011.

SILVA, C. A.; VALE, F. R.; GUILHERME, I. R. G. Efeito da calagem na mineralização do nitrogênio em solos de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p.471-476, 1994.

SILVA, L. M.; LEMOS, L. B.; CRUSCIOL, C. A. C.; FELTRAN, J. C. Sistema radicular de cultivares de feijão em resposta à calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p.701-707, 2004.

SILVA, R. C. L. da. **Efeito da calagem e do fósforo no crescimento da soja (*Glycine Max (L) Merrill*) e nas características químicas do Argissolo Vermelho Amarelo sob vegetação de Redenção- PA**. 2001. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo e Nutrição Mineral de Plantas)-Faculdade Ciências Agrárias do Pará, Belém, 2001.

SILVA, T. R. B.; LEMOS, L. B.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade e características tecnológicas de cultivares de feijão em resposta à calagem superficial em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p.196-205, 2011.

SILVA, T. R. B.; LEMOS, L. B.; TAVARES, C. A. Produtividade e característica tecnológica de grãos adubados com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 739-745, 2006.

SOARES, E.; LIMA, L. A.; MISCHAN, M. M.; MELLO, F. A. F.; BOARETTO, A. E. Efeito da relação entre teores trocáveis de Ca e Mg do solo na absorção de K por plantas de centeio. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.58, n. 4, p.315-330, 1983.

SOUSA LIMA, F. de.; CAVALCANTI BARROS, M. de F.; BABOSA FERRAZ, F.; SILVA JUNIOR, S. da; BRITO DE OLIVEIRA, L. Absorção de nutrientes e sódio pelo caupi em solo salino-sódicos corrigido com gesso. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 95-105, 2008.

SOUSA, A. B. de.; ANDRADE, M. J. B. de.; ALVES, V. G. Populações de plantas, adubação e calagem para o feijoeiro(cv. Iapar 81) em um Gleissolo de Ponta Grossa, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 347-352, 2004.

SOUSA, A. B. de.; ANDRADE, M. J. B. de.; VIEIRA, N. M. B.; ALBUQUERQUE, A. de. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional, em ponta grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 1, p. 39-43, 2008.

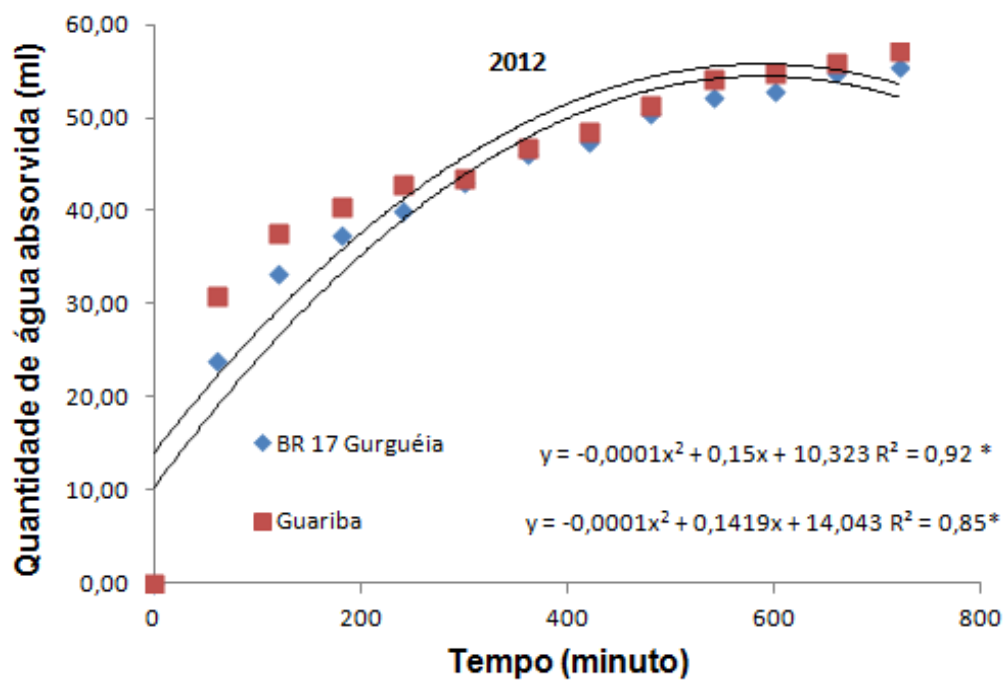
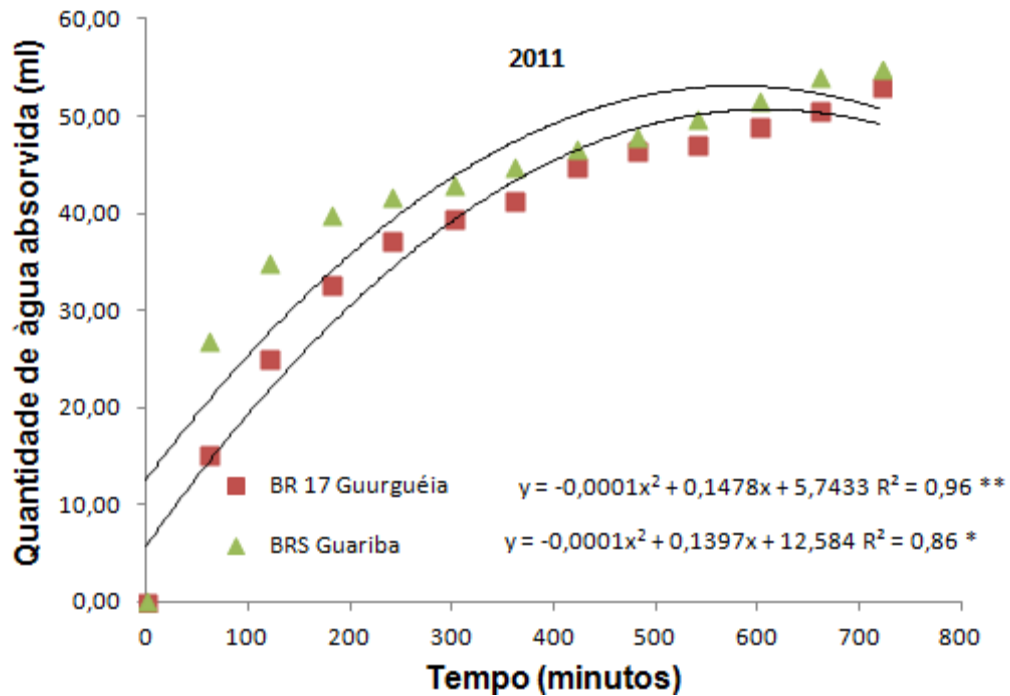
SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 30p. Circular Técnica 33

TEIXEIRA, I. R. SILVA, G. C. da.; OLIVEIRA, J. P. R. de.; SILVA, A. G. da. PELÁ, A. Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 300-307, 2010.

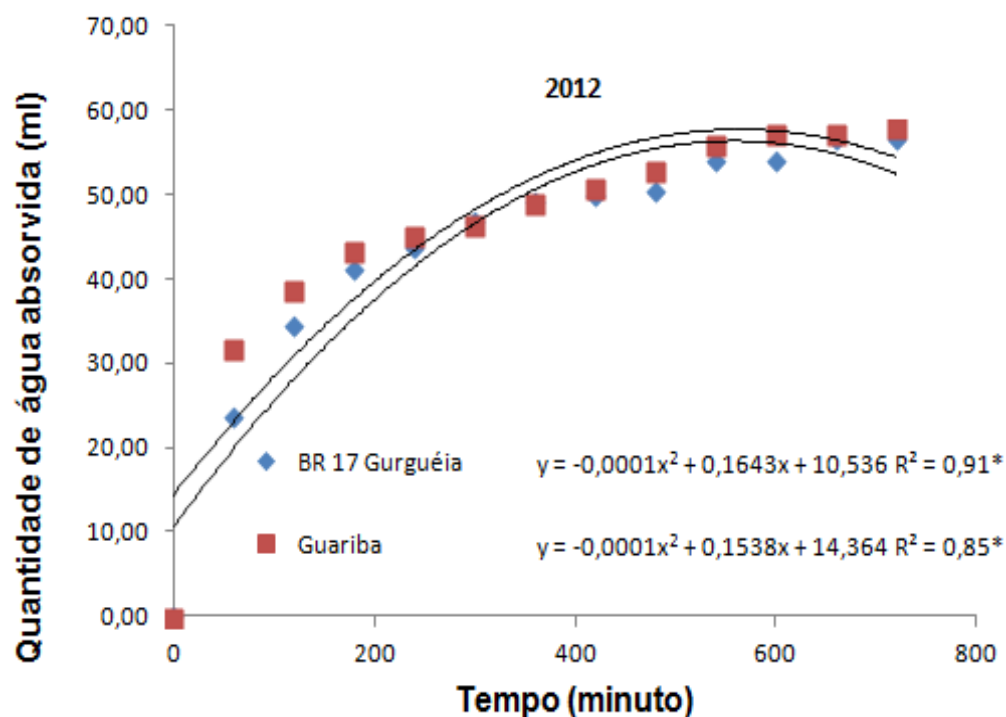
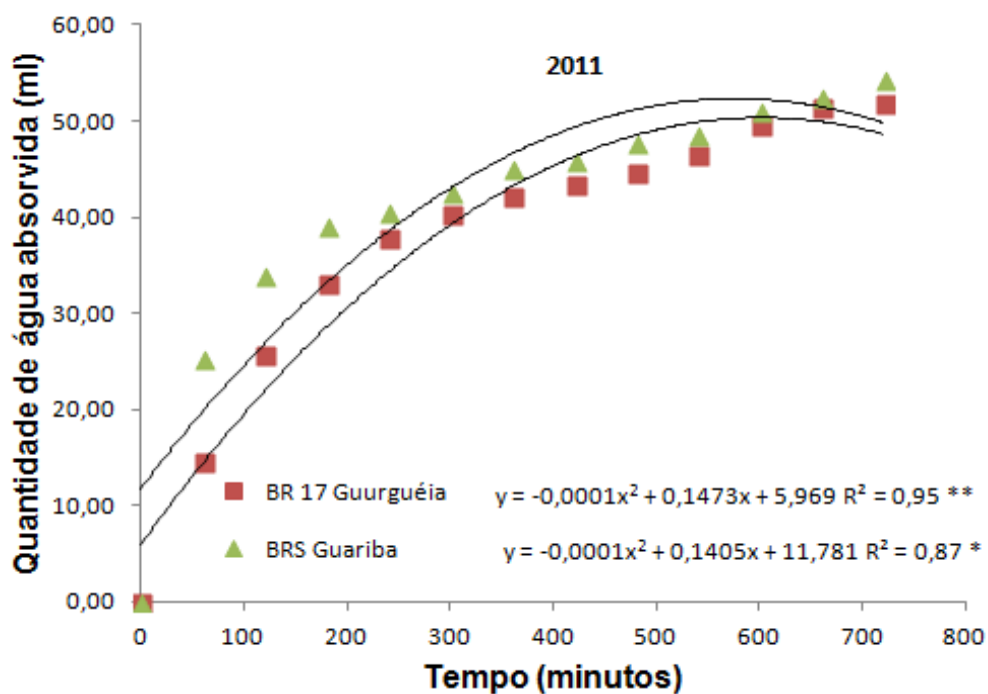
VALE, F. R.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. de A.; FURTINI NETO, A. E. **Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1997. P. 34-40.

7. APÊNDICES

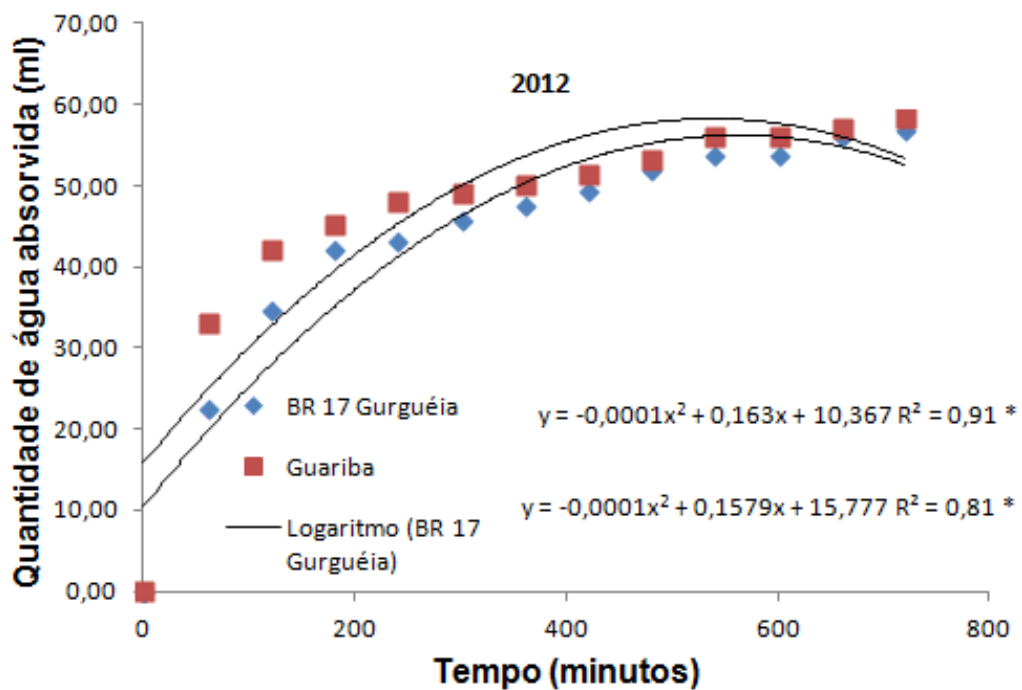
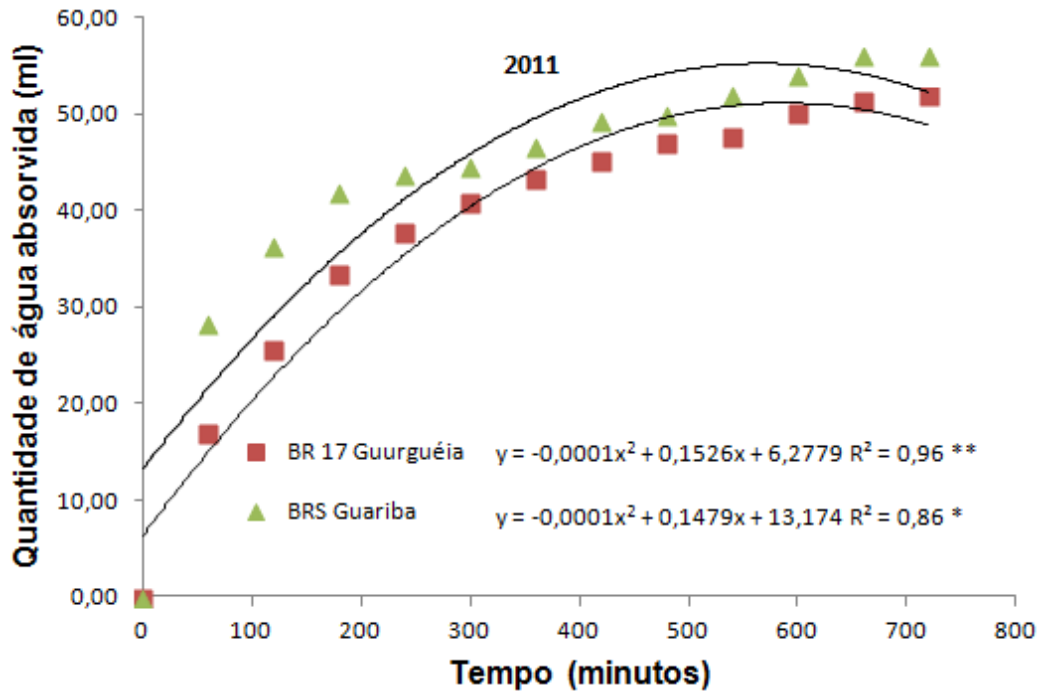
APÊNDICE A. Quantidade de água absorvida por duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função do tempo de embebição na dose zero de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.



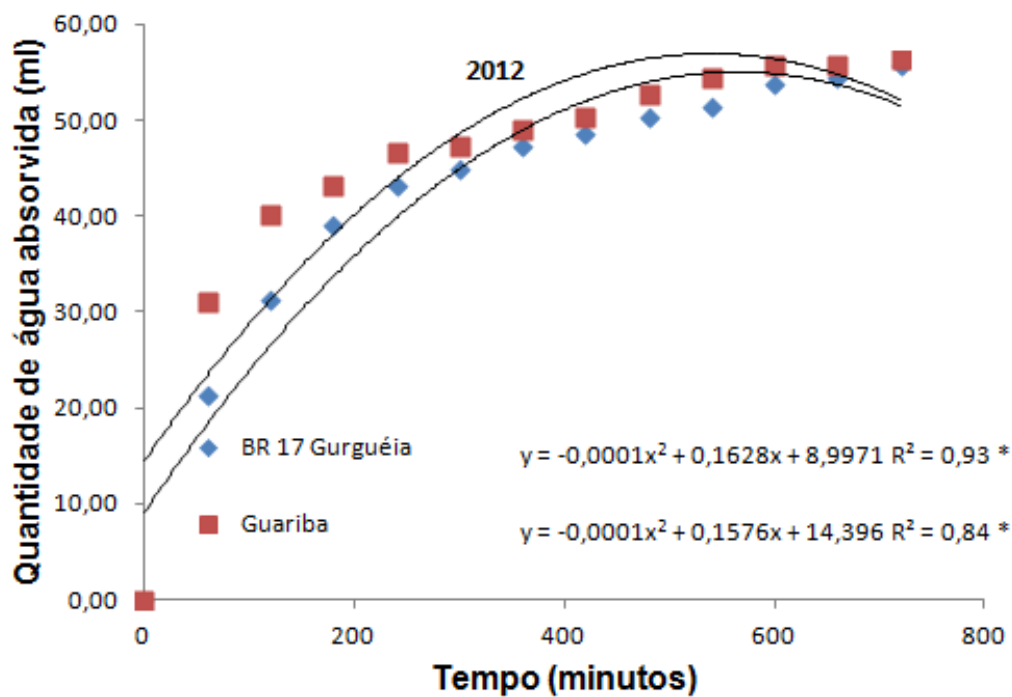
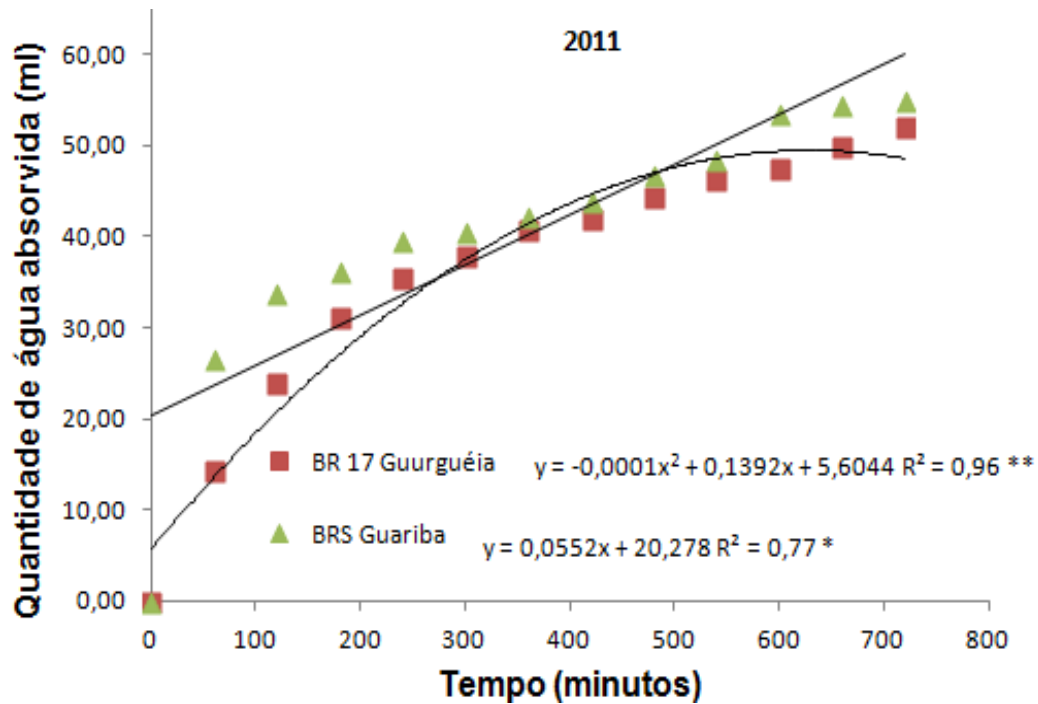
APÊNDICE B. Quantidade de água absorvida por duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função do tempo de embebição na dose 1,3 t ha⁻¹ de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.



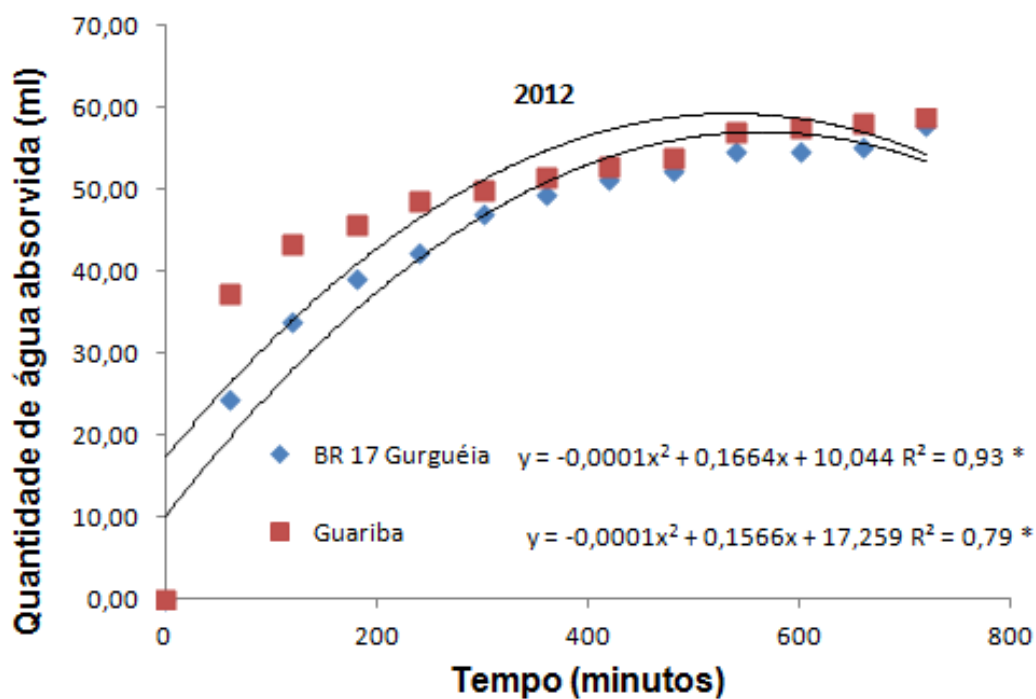
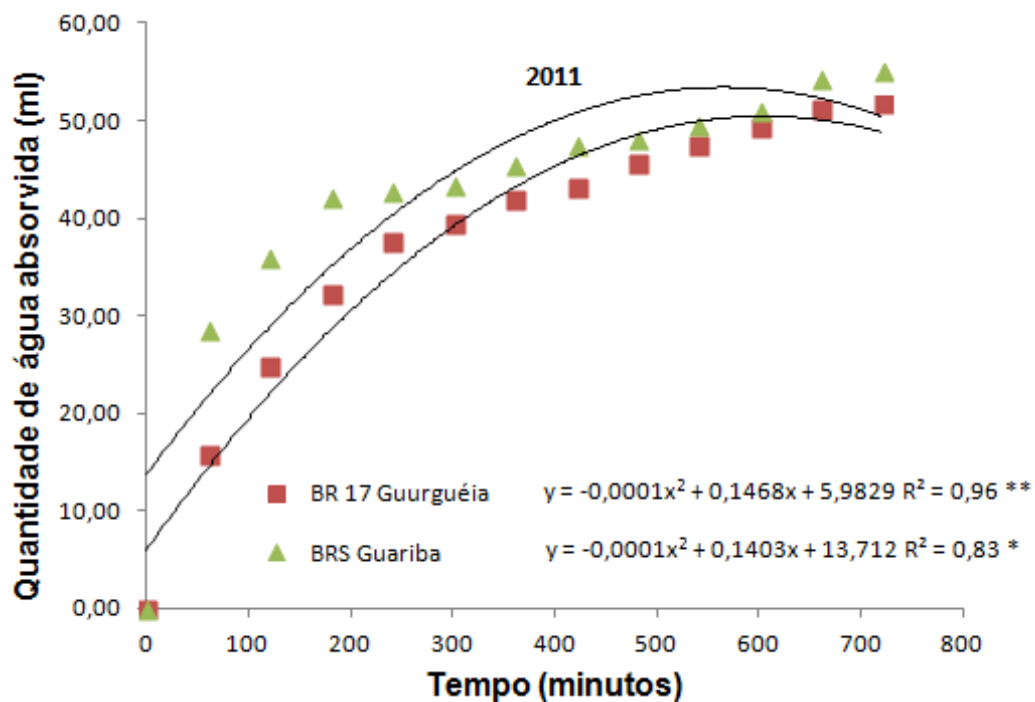
APÊNDICE C. Quantidade de água absorvida por duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função do tempo de embebição na dose 2,6 t ha⁻¹ de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.



APÊNDICE D. Quantidade de água absorvida por duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função do tempo de embebição na dose $3,9 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.



APÊNDICE E. Quantidade de água absorvida por duas cultivares de feijão-caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) em função do tempo de embebição na dose $5,2 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário, Teresina-PI, 2011 e 2012.



APÊNDICE F. Tempo para máxima hidratação dos grãos (TH) em duas cultivares de feijão caupi (BR 17 Gurguéia e BRS Guariba) submetidas a doses de calcário (0; 1,3; 2,6; 3,9 e 5,2 t ha⁻¹) em dois anos agrícolas (2011 e 2012), Teresina-PI.

| Dose de calcário ² | Cultivar | Equação de regressão ¹ | R ² | TH |
|-------------------------------|---------------------------|------------------------------------|----------------|-------|
| 0 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1478x + 5,74$ | 0,96** | 12:19 |
| 1,3 | 2011 BR 17 Gurguéia | $y = -0,0001x^2 + 0,1473x + 5,9$ | 0,95** | 12:16 |
| 2,6 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1526x + 6,27$ | 0,96** | 12:43 |
| 3,9 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1392x + 5,60$ | 0,96** | 11:36 |
| 5,2 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1468x + 5,98$ | 0,96** | 12:14 |
| Média | | | | |
| 0 | 2011 BRS Guariba | $y = -0,0001x^2 + 0,1397x + 12,58$ | 0,86** | 11:38 |
| 1,3 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1405x + 11,78$ | 0,87** | 11:43 |
| 2,6 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1479x + 13,17$ | 0,86** | 12:19 |
| 3,9 | | $y = 0,0552x + 20,278$ | 0,77** | - |
| 5,2 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1403x + 13,71$ | 0,83** | 11:41 |
| Média | | | | 11:25 |
| 0 | 2012 BR 17 Gurguéia | $y = -0,0001x^2 + 0,15x + 10,32$ | 0,92** | 12:30 |
| 1,3 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1643x + 10,53$ | 0,91** | 12:41 |
| 2,6 | | $y = -0,0001x^2 + 0,163x + 10,36$ | 0,91** | 13:35 |
| 3,9 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1628x + 8,99$ | 0,93** | 13:34 |
| 5,2 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1664x + 10,04$ | 0,93** | 13:52 |
| Média | | | | 13:26 |
| 0 | 2012 BRS Guariba | $y = -0,0001x^2 + 0,1419x + 14,04$ | 0,85** | 11:49 |
| 1,3 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1538x + 14,36$ | 0,85** | 12:49 |
| 2,6 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1579x + 15,77$ | 0,81** | 13:10 |
| 3,9 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1576x + 14,39$ | 0,84** | 13:08 |
| 5,2 | | $y = -0,0001x^2 + 0,1566x + 17,25$ | 0,78** | 13:03 |
| Média | | | | 12:48 |

¹ x = tempo para a hidratação (minutos) e y = quantidade de água absorvida (mL). R² = coeficiente de determinação; ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. ² Quantidade de calcário aplicada (t ha⁻¹)