JNT FACIT BUSINESS AND TECHNOLOGY JOURNAL
ISSN: 2526-4281 - ANO 2026 - MÊS DE OUTUBRO
Ed. 78. Vol. 1 - Págs. 482-498
DOI: 10.5281/zenodo.23220715



CAPES

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

QUALIS A2



DESENVOLVIMENTO AGRONÔMICO DO FEIJÃO-CAUPI (*vigna unguiculata* (L.) WALP.EM) FUNÇÃO DO TEMPO DE REAÇÃO DO CALCÁRIO NO SOLO EM REGIÃO DE CERRADO[1]

AGRONOMIC PERFORMANCE OF COWPEA (*Vigna unguiculata* (L.) WALP.) AS AFFECTED BY TIME SINCE LIMING IN CERRADO SOIL

Vinicius Teles da CUNHA
Afya Centro Universitário (UNITPAC)
E-mail: vinicius12345teles@icloud.com
ORCID: http://orcid.org/0009-0002-0208-8037

Fábio Henrique Batista LIMA
Afya Centro Universitário (UNITPAC)
E-mail: fabiohenriquebl009@gmail.com
ORCID: http://orcid.org/0009-0006-5278-0530

José ANDRÉ JÚNIOR
Afya Centro Universitário (UNITPAC)
E-mail: jose.andre@afya.com.br
ORCID: http://orcid.org/0009-0008-1119-7685

RESUMO

A acidez do solo constitui importante limitação à produção agrícola em solos do Cerrado, e os efeitos da calagem evoluem ao longo do tempo. Objetivou-se avaliar a influência do tempo decorrido após a calagem sobre o desenvolvimento agronômico do feijão-caupi (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*), comparando áreas com 6 meses (T1) e 24 meses (T2) após a aplicação do corretivo, em Araguaína, Tocantins. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e seis repetições. Avaliaram-se altura de planta, diâmetro do caule, comprimento radicular, número de vagens por planta e número de grãos por planta. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. O comprimento radicular foi a única variável significativamente influenciada pelo período após a calagem ($P<0,05$), com médias de 11,20 cm em T1 e 17,67 cm em T2, correspondendo a incremento de aproximadamente 57,8%. As demais variáveis não diferiram entre os tratamentos. Conclui-se que, nas condições do estudo, o maior período decorrido após a calagem favorece o desenvolvimento radicular do feijão-

[1] COMO CITAR: (ABNT): CUNHA, V. T.; LIMA, F. H. B.; ANDRÉ JÚNIOR, J. Desenvolvimento Agronômico do Feijão-Caupi (vigna unguiculata (L.) WALP.EM) Função do Tempo de Reação do Calcário no Solo em Região de Cerrado. **JNT Facit Business and Technology Journal.** Qualis A2. ISSN: 2526-4281, Mês de Outubro de 2026 - Ed. 78. VOL. 01. Págs. 482-498. Disponível: http://revistas.faculdadefacit.edu.br. Acesso em: ___/___/___.

caupi, sem alterar significativamente as características da parte aérea e os componentes de produção avaliados.

Palavras-chave: Calagem. Acidez do solo. *Vigna unguiculata*. Cerrado tocantinense. Efeito residual.

ABSTRACT

Soil acidity is an important constraint to agricultural production in Cerrado soils, and the effects of liming evolve over time. This study evaluated the influence of time since liming on the agronomic development of cowpea (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*), comparing areas at 6 months (T1) and 24 months (T2) after lime application in Araguaína, Tocantins, Brazil. The experiment was conducted in a completely randomized design with two treatments and six replicates. Plant height, stem diameter, root length, number of pods per plant, and number of grains per plant were evaluated. Data were subjected to analysis of variance and Tukey's test at the 5% probability level. Root length was the only variable significantly affected by time since liming (p=0.0002), with means of 11.20 cm in T1 and 17.67 cm in T2, representing an increase of approximately 57.8%. The other variables did not differ between treatments. Under the conditions of this study, the longer period after liming favored cowpea root development without significantly altering shoot traits or the evaluated yield components.

Keywords: Liming. soil acidity. *Vigna unguiculata*. Cerrado of Tocantins. Residual effect.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*), também conhecido regionalmente por diferentes denominações, constitui uma leguminosa de expressiva importância alimentar, econômica e social, especialmente nas regiões tropicais. A espécie apresenta ampla adaptação a ambientes de clima quente e possui mecanismos de tolerância ao déficit hídrico, características que favorecem seu cultivo em diferentes condições de produção (Hall, 2004; Carvalho *et al*., 2017). No Cerrado tocantinense, seu cultivo representa uma alternativa para a diversificação dos sistemas agrícolas, sobretudo em razão de sua importância alimentar e de sua adaptação às condições tropicais de cultivo.

Apesar de sua adaptação às condições tropicais, o feijão-caupi (*Vigna*

unguiculata (L.) Walp.) pode apresentar limitações ao desenvolvimento quando cultivado em solos com elevada acidez, condição frequente nos solos do Cerrado. Nessas condições, a presença de alumínio (Al^{3+}) em formas tóxicas e a baixa disponibilidade de nutrientes podem comprometer o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Sousa e Lobato, 2004). No feijão-caupi, a acidez e a toxicidade por alumínio podem provocar alterações fisiológicas e nutricionais, afetando o desempenho da cultura e tornando o sistema radicular particularmente importante na resposta da planta a esse estresse (Silva e Santos, 2023).

A calagem é a prática corretiva mais difundida para a neutralização da acidez do solo, promovendo a elevação do pH, a redução da atividade do alumínio tóxico e o fornecimento de cálcio e magnésio às plantas. Contudo, a reação do calcário no solo não é imediata: o produto precisa de tempo para se dissolver, reagir com os componentes do solo e distribuir seus efeitos ao longo do perfil explorado pelas raízes. Esse período de reação compreendido entre a aplicação do corretivo e a estabilização dos atributos químicos do solo em níveis adequados é variável e dependente de fatores como textura do solo, umidade, temperatura, granulometria do calcário, dose aplicada e forma e profundidade de incorporação (Caires *et al.,* 2011; Sousa; Lobato, 2004).

Os efeitos da aplicação de calcário sobre os atributos químicos do solo ocorrem de forma progressiva, podendo persistir por vários anos e alcançar camadas subsuperficiais ao longo do tempo, dependendo das características do solo, das condições ambientais e do manejo adotado (Caires *et al*., 2005; Caires *et al*., 2011). Entretanto, ainda são necessárias informações sobre a resposta agronômica do feijão-caupi em função de diferentes períodos decorridos após a calagem nas condições edafoclimáticas do Tocantins. Diante desse contexto, formulou-se a seguinte pergunta de pesquisa: diferentes períodos decorridos após a aplicação de calcário, aos 6 e 24 meses, influenciam o desenvolvimento agronômico do feijão-caupi (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*) cultivado em solo do Cerrado tocantinense?

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do tempo decorrido após a calagem sobre o desenvolvimento agronômico do feijão-caupi (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*), comparando áreas com 6 e 24 meses após a aplicação do corretivo, em condições de campo no município de Araguaína, Tocantins.

REFERENCIAL TEÓRICO

Importância do Feijão-Caupi no Brasil e no Tocantins

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*) pertence à família Fabaceae e apresenta origem africana, com evidências arqueológicas, históricas e genéticas indicando sua domesticação na África Subsaariana e posterior dispersão para outras regiões do mundo (Herniter *et al.,* 2020). No Brasil, a cultura foi introduzida no século XVI e difundiu-se inicialmente pela região Nordeste, expandindo-se posteriormente para outras regiões do país (Freire Filho *et al.,* 2011).

Tradicionalmente associado às regiões Norte e Nordeste, onde apresenta expressiva importância alimentar e socioeconômica, o cultivo do feijão-caupi também se expandiu para áreas do Centro-Oeste brasileiro, favorecido por sua adaptação às condições tropicais e pelos avanços obtidos no melhoramento genético e nos sistemas de produção (Freire Filho *et al.,* 2011).

Do ponto de vista nutricional, o feijão-caupi apresenta relevante valor alimentar, destacando-se como fonte de proteínas, carboidratos, fibras alimentares e minerais. Os grãos apresentam teor proteico em torno de 20 a 25%, além de fornecerem minerais como ferro, zinco, magnésio, fósforo, cálcio e potássio, características que contribuem para sua importância na alimentação humana (Affrifah *et al.,* 2022). Dessa forma, o feijão-caupi desempenha importante papel na segurança alimentar, especialmente em regiões onde constitui uma fonte acessível de proteína de origem vegetal.

Acidez do Solo e seus Efeitos sobre o Feijão-Caupi

A acidez do solo constitui uma importante limitação à produção agrícola em regiões tropicais, especialmente em solos altamente intemperizados, como os Latossolos predominantes em extensas áreas do Cerrado. Em condições de elevada acidez, alterações na disponibilidade de nutrientes e o aumento da atividade de elementos potencialmente tóxicos, principalmente o alumínio (Al^{3+}), podem restringir o desenvolvimento das plantas (Von Uexküll e Mutert, 1995; Sousa e Lobato, 2004).

A toxicidade por alumínio afeta principalmente o sistema radicular, podendo reduzir o crescimento e a elongação das raízes e, consequentemente, limitar a exploração do solo e a absorção de água e nutrientes. Esses efeitos estão relacionados a alterações em processos celulares e fisiológicos nos tecidos radiculares, tornando o sistema radicular um dos principais componentes da resposta das plantas cultivadas em solos ácidos (Kochian *et al*., 2015). No feijão-caupi, condições de acidez e presença de alumínio também podem provocar alterações fisiológicas e nutricionais capazes de comprometer o desenvolvimento da cultura (Silva e Santos, 2023).

Além da toxicidade por alumínio, a elevada acidez modifica a disponibilidade de nutrientes essenciais às plantas. Em solos ácidos e altamente intemperizados, o fósforo apresenta baixa disponibilidade em razão de sua forte interação com os constituintes minerais do solo, especialmente óxidos de ferro e alumínio. Paralelamente, baixos teores de cálcio e magnésio podem limitar o desenvolvimento vegetal, tornando a correção da acidez uma prática importante para melhorar as condições químicas do solo e favorecer o aproveitamento dos nutrientes pelas culturas (Sousa e Lobato, 2004).

A acidez do solo também pode interferir na simbiose entre leguminosas e bactérias fixadoras de nitrogênio. Condições de baixo pH e toxicidade por alumínio podem prejudicar diferentes etapas da formação e do funcionamento dos nódulos radiculares, comprometendo a fixação biológica de nitrogênio. Dessa forma, o manejo adequado da acidez contribui não apenas para melhorar as condições químicas do solo, mas também para favorecer processos biológicos importantes para o desenvolvimento das leguminosas (Hungria e Vargas, 2000).

Calagem: Princípios e Mecanismos de Ação no Solo

A calagem constitui uma das principais práticas utilizadas para a correção da acidez dos solos agrícolas, especialmente em regiões tropicais. Os corretivos agrícolas são constituídos predominantemente por carbonatos de cálcio e/ou magnésio, cuja dissolução no solo promove o consumo da acidez, a elevação do pH e a redução da atividade do alumínio em formas potencialmente tóxicas. Além desses efeitos, a aplicação de calcário aumenta a disponibilidade de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), contribuindo para a melhoria das condições químicas do solo e do ambiente explorado pelo sistema radicular das plantas (Sousa e Lobato, 2004; Caires *et al.,* 2011).

A ação do calcário depende de sua dissolução em presença de água e de sua reação com os componentes responsáveis pela acidez do solo. À medida que ocorre a dissolução dos carbonatos, há consumo de prótons (H^+) e aumento da atividade de espécies químicas capazes de neutralizar a acidez. Com a elevação do pH, a atividade do alumínio trocável diminui acentuadamente, enquanto Ca^{2+} e Mg^{2+} provenientes do corretivo passam a ocupar maior proporção dos sítios de troca do solo. Como consequência, ocorre aumento da saturação por bases e melhoria das condições químicas para o crescimento das raízes e a absorção de nutrientes (Sousa e Lobato, 2004; Caires *et al*., 2011).

A eficiência e a velocidade de reação do calcário são influenciadas pelas

características do corretivo e pelas condições do solo. Entre os principais fatores estão a granulometria, o poder de neutralização, o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), a dose aplicada, a distribuição e incorporação do produto, além da disponibilidade de água no solo. De modo geral, partículas mais finas apresentam maior superfície específica e reagem mais rapidamente, enquanto partículas maiores apresentam reação mais lenta, podendo contribuir para a persistência do efeito corretivo ao longo do tempo (Sousa e Lobato, 2004).

Os efeitos da calagem não se restringem ao momento imediatamente posterior à aplicação. Alterações no pH, na acidez e na disponibilidade de Ca^{2+} e Mg^{2+} podem persistir por vários anos, embora sua intensidade e distribuição no perfil dependam das características do solo, da dose, da forma de aplicação e das condições ambientais. Estudos de longa duração demonstram que a aplicação de calcário pode produzir efeitos residuais sobre os atributos químicos do solo, reforçando a importância do tempo decorrido após a aplicação do corretivo na avaliação das respostas das culturas (Caires *et al.,* 2011).

Tempo de Reação do Calcário no Solo e Efeito Residual

A reação do calcário no solo ocorre de forma progressiva e sua velocidade depende das características do corretivo, das propriedades do solo, da disponibilidade de água e da forma de aplicação. Após a aplicação, a dissolução das partículas promove gradativamente a neutralização da acidez, a elevação do pH, a redução da atividade do alumínio e o aumento dos teores de cálcio e magnésio. Dessa forma, o tempo decorrido após a calagem constitui um fator importante para a expressão dos efeitos do corretivo sobre os atributos químicos do solo (Sousa e Lobato, 2004; Caires *et al.,* 2005).

A evolução dos efeitos da calagem ao longo do tempo também está relacionada à distribuição dos produtos de sua reação no perfil do solo. Em experimento de longa duração, Caires *et al*. (2005) verificaram que a aplicação superficial de calcário promoveu alterações no pH, no alumínio e nos cátions básicos inicialmente nas camadas mais superficiais, enquanto efeitos em maior profundidade foram observados posteriormente. Esses resultados demonstram que as modificações provocadas pela calagem podem ocorrer gradativamente no perfil do solo e persistir por períodos prolongados.

A influência do tempo sobre a extensão dos efeitos corretivos também foi observada por Caires *et al.* (2008). Os autores verificaram redução da acidez e da toxicidade por alumínio até 10 cm de profundidade um ano após a aplicação

superficial do calcário. Após três anos, foram observados aumento do pH e do teor de cálcio trocável até 20 cm de profundidade, além de redução da toxicidade por alumínio em camadas mais profundas. Esses resultados evidenciam que a extensão das alterações químicas promovidas pela calagem pode aumentar com o tempo decorrido após sua aplicação.

Além da evolução temporal da reação, o calcário apresenta efeito residual, permitindo que alterações nos atributos químicos do solo permaneçam por vários anos após sua aplicação. A duração desse efeito depende, entre outros fatores, da dose e das características do corretivo, da textura e capacidade tampão do solo, do regime hídrico, do sistema de manejo e dos processos responsáveis pela reacidificação. Assim, áreas submetidas à calagem em diferentes períodos podem apresentar condições químicas distintas para o desenvolvimento das plantas, mesmo quando originalmente submetidas a práticas semelhantes de correção.

Nesse contexto, a comparação do desenvolvimento do feijão-caupi em solos submetidos à calagem em diferentes períodos permite avaliar se o tempo decorrido após a aplicação do corretivo está associado a alterações na resposta agronômica da cultura. Essa relação é particularmente relevante para características dependentes da exploração do perfil do solo, como o desenvolvimento do sistema radicular, uma vez que a redução da acidez e da atividade do alumínio pode proporcionar condições mais favoráveis ao crescimento e à expansão das raízes.

Variáveis Agronômicas do Feijão-Caupi como Indicadores de Resposta à Correção do Solo

A avaliação de características vegetativas e dos componentes de produção permite identificar alterações no desenvolvimento do feijão-caupi em resposta às condições do solo e às práticas de manejo. Em solos ácidos, a calagem pode modificar o ambiente químico explorado pelas plantas por meio da redução da acidez e da toxicidade por alumínio, além do aumento da disponibilidade de cálcio e magnésio. Essas alterações podem refletir no crescimento vegetativo e nos componentes de produção da cultura, embora a magnitude das respostas dependa das condições do solo, do genótipo e do manejo adotado.

A altura de plantas e o diâmetro do caule constituem características vegetativas que permitem acompanhar o desenvolvimento da parte aérea do feijão-caupi. Essas variáveis podem responder às condições de fertilidade e ao ambiente de cultivo, sendo úteis para caracterizar possíveis alterações no crescimento das plantas decorrentes dos tratamentos empregados. Entretanto, por serem características

influenciadas também pelo genótipo e por outros fatores ambientais, sua interpretação deve ser realizada em conjunto com as demais variáveis agronômicas avaliadas.

O comprimento radicular apresenta particular importância em estudos relacionados à acidez do solo, uma vez que o sistema radicular constitui um dos primeiros locais de manifestação da toxicidade por alumínio. Em feijão-caupi, a exposição ao alumínio pode reduzir a elongação das raízes em decorrência de alterações nos tecidos meristemáticos, comprometendo a expansão do sistema radicular e, consequentemente, a capacidade da planta de explorar o solo para absorção de água e nutrientes (Horst *et al.,* 1983). Dessa forma, diferenças no comprimento das raízes podem constituir um indicador importante da resposta da cultura às condições químicas proporcionadas pela correção da acidez.

Além das características vegetativas, o número de vagens por planta e o número de grãos por planta constituem componentes de produção do feijão-caupi e podem contribuir para explicar variações no desempenho produtivo da cultura. Estudos com *Vigna unguiculata* demonstram que o número de vagens por planta e o número de grãos por planta apresentam relação com a produção de grãos, embora essas características sejam influenciadas tanto pelo genótipo quanto pelas condições ambientais e pelas práticas de manejo (Waghmare *et al.,* 2019).

A resposta conjunta dessas características permite avaliar de forma mais abrangente os efeitos das condições do solo sobre o desenvolvimento do feijão-caupi. Assim, a análise da altura de plantas, do diâmetro do caule, do comprimento radicular, do número de vagens por planta e do número de grãos por planta possibilita verificar se diferentes períodos decorridos após a aplicação de calcário estão associados a alterações no crescimento vegetativo, no desenvolvimento radicular e nos componentes de produção da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Afya Centro Universitário (UNITPAC), localizado no município de Araguaína, estado do Tocantins (07°11'28" S, 48°12'26" O; altitude aproximada de 280 m). O município está inserido na região norte do Tocantins, com clima classificado como Aw (tropical úmido com estação seca bem definida), segundo a classificação de Köppen-Geiger, caracterizado por precipitação média anual entre 1.600 e 1.800 mm, concentrada nos meses de outubro a março, e temperatura média anual de 27 °C (Alvares et al., 2013).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo

Distrófico de textura média (LVAd), característico de áreas de Cerrado da região norte do Tocantins (Santos et al., 2018).

Foram adotados dois tratamentos e seis repetições, totalizando doze unidades experimentais. Os tratamentos foram definidos em função do tempo decorrido após a aplicação do calcário:

T1 – área submetida à calagem seis meses antes da implantação do experimento;

T2 – área submetida à calagem 24 meses antes da implantação do experimento.

Cada unidade experimental apresentou dimensões de 3,0 m x 5,0 m (15,0 m^2), com bordadura de 0,5 m nas extremidades, resultando em área útil de 2,0 m x 4,0 m (8,0 m^2). O espaçamento entre as parcelas foi de 1,0 m.

A semeadura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*) foi realizada manualmente, com densidade de 12 sementes por metro linear e espaçamento de 0,45 m entre fileiras. Cada parcela foi constituída por quatro fileiras de plantio, sendo consideradas as duas fileiras centrais para as avaliações, desconsiderando-se as plantas localizadas nas extremidades.

Durante a condução do experimento, as unidades experimentais foram submetidas às mesmas condições de implantação e manejo da cultura. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, conforme a necessidade, e os demais tratos culturais foram conduzidos de maneira uniforme entre os tratamentos.

As variáveis agronômicas foram avaliadas em plantas selecionadas aleatoriamente na área útil de cada unidade experimental, evitando-se aquelas localizadas nas bordaduras. As avaliações foram realizadas conforme os procedimentos descritos a seguir:

a) Altura de planta (cm): medida com régua graduada, do nível do solo até a inserção do último trifólio expandido. Foram avaliadas dez plantas por parcela, sendo a média das medições adotada como valor representativo da unidade experimental;

b) Diâmetro do caule (mm): determinado com paquímetro digital a 5 cm do colo da planta. Foram avaliadas dez plantas por parcela, sendo utilizada a média das medições como valor representativo da unidade experimental;

c) Comprimento da raiz (cm): avaliado em cinco plantas por parcela, mediante retirada cuidadosa das plantas e posterior lavagem do sistema radicular. O comprimento da raiz pivotante foi determinado com régua graduada, considerando-se a distância entre o colo da planta e o ápice radicular;

d) Número de vagens por planta: determinado pela contagem direta das vagens formadas em dez plantas de cada parcela, considerando-se as vagens com grãos desenvolvidos;

e) Número de grãos por planta: determinado pela contagem dos grãos produzidos nas vagens das dez plantas avaliadas em cada parcela, sendo posteriormente calculada a média de grãos por planta para representar a unidade experimental.

Os dados de cada variável foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade de variâncias de Bartlett, a fim de verificar o atendimento aos pressupostos da análise paramétrica (Shapiro; Wilk, 1965; Bartlett, 1937).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com nível de significância de 5% de probabilidade. Para comparação das médias, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Adicionalmente, foram calculados os coeficientes de variação (CV%) para cada variável, adotando-se os critérios de classificação propostos por Pimentel-Gomes (2009): CV ≤ 10% (baixo), 10% < CV ≤ 20% (médio), 20% < CV ≤ 30% (alto) e CV > 30% (muito alto). As análises estatísticas foram realizadas no software SISVAR versão 5.8 (Ferreira, 2011).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com dois tratamentos e seis repetições, totalizando 12 unidades experimentais. Para as variáveis quantitativas, considerou-se o modelo estatístico $Yij = \mu + Ti + \varepsilon ij$, em que Yij representa o valor observado na j-ésima repetição do i-ésimo tratamento; μ, a média geral; Ti, o efeito do i-ésimo tratamento; e εij, o erro experimental aleatório associado à observação, assumido independente, normalmente distribuído, com média zero e variância constante σ^2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância demonstrou que o tempo decorrido após a aplicação do calcário influenciou significativamente apenas o comprimento radicular do feijão-caupi ($p<0,05$). Para altura de planta, diâmetro do caule, número de vagens por planta e número de grãos por planta não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. As médias das variáveis agronômicas avaliadas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Médias das variáveis agronômicas do feijão-caupi em áreas com 6 meses (T1) e 24 meses (T2) após a aplicação do calcário.

Variável	T1 - 6 meses	T2 - 24 meses	*p-valor*	CV (%)
Altura de planta (m)	0,980 a	1,103 a	0,2174	15,58
Diâmetro do caule (mm)	12,60 a	12,22 a	0,5019	7,65
Comprimento da raiz (cm)	11,20 b	17,67 a	0,0002	13,20
Número de vagens por planta	14,53 a	13,80 a	0,6287	17,98
Número de grãos por planta	211,20 a	180,30 a	0,2819	24,04

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T1 = calagem realizada seis meses antes da implantação do experimento; T2 = calagem realizada 24 meses antes da implantação do experimento; CV = coeficiente de variação.
Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

A altura das plantas não diferiu significativamente entre os períodos avaliados, considerando o nível de significância de 5% (α = 0,05), embora a média numérica tenha aumentado de 0,980 m em T1 para 1,103 m em T2 (p = 0,2174), embora a média numérica tenha aumentado de 0,980 m em T1 para 1,103 m em T2. Portanto, nas condições deste experimento, o intervalo de 6 para 24 meses após a aplicação do calcário não produziu alteração estatisticamente detectável no crescimento em altura. Essa ausência de resposta não significa inexistência de efeitos da correção da acidez sobre a cultura, mas indica que, para essa característica, a variabilidade observada entre as unidades experimentais foi maior do que a diferença atribuível aos tratamentos.

Características da parte aérea do feijão-caupi são condicionadas simultaneamente pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes, pela água e pelas condições do ambiente de cultivo. Santos *et al*. (2024), avaliando duas cultivares no Cerrado piauiense, verificaram diferenças entre materiais genéticos para altura de plantas e ausência de efeito significativo das doses de silício para várias características produtivas. Barata Júnior *et al*. (2021), por outro lado, observaram respostas de crescimento vegetativo sob diferentes combinações de fertilização e correção do solo. Em conjunto, esses trabalhos mostram que a parte aérea pode responder ao manejo, mas a magnitude e a direção da resposta dependem do conjunto de fatores que atua sobre a planta, o que é compatível com a ausência de diferença estatística para altura entre T1 e T2.

O diâmetro do caule apresentou comportamento semelhante, com médias de 12,60 mm em T1 e 12,22 mm em T2 (p = 0,5019). O baixo coeficiente de variação dessa característica (7,65%) indica boa precisão experimental, de modo que a semelhança entre as médias representa efetivamente uma baixa resposta do diâmetro do caule ao intervalo de tempo considerado. Assim, embora a calagem possa

melhorar o ambiente químico do solo, o maior período de reação do corretivo não se traduziu em incremento do diâmetro do caule no ciclo avaliado.

Entre as cinco características analisadas, o comprimento radicular foi a única variável significativamente influenciada pelo período decorrido após a calagem (p = 0,0002). As plantas de T2 apresentaram raízes com 17,67 cm, enquanto em T1 a média foi de 11,20 cm. A diferença corresponde a um aumento de aproximadamente 57,8% no comprimento radicular aos 24 meses em relação aos seis meses, evidenciando que o sistema radicular foi o componente mais sensível às condições associadas ao maior tempo transcorrido após a aplicação do calcário.

Esse resultado apresenta coerência fisiológica com o conhecimento sobre a resposta das raízes à acidez do solo. Horst *et al.* (1983), trabalhando especificamente com genótipos de *Vigna unguiculata*, demonstraram que a elongação radicular é um dos parâmetros mais sensíveis à toxicidade por alumínio e relacionaram sua inibição à redução da divisão celular nos meristemas apicais. Em revisão mais abrangente, Kochian *et al.* (2015) destacam que a toxicidade por Al em solos ácidos constitui importante limitação ao crescimento das culturas e que o sistema radicular é um dos principais locais de manifestação desse estresse. Assim, diferenças no ambiente químico explorado pelas raízes podem aparecer no comprimento radicular antes de produzirem alterações mensuráveis na parte aérea.

Para o próprio feijão-caupi, Silva e Santos (2023) demonstraram que a combinação entre alumínio e diferentes níveis de pH altera respostas fisiológicas, bioquímicas e nutricionais e que a intensidade dessas respostas depende da cultivar. Esse resultado é importante para a interpretação do presente experimento porque confirma que *Vigna unguiculata* responde às condições de acidez e alumínio, mas também evidencia que a resposta é complexa e não deve ser reduzida a um único mecanismo.

O maior comprimento radicular em T2 também é compatível, como hipótese explicativa, com a natureza progressiva da reação do calcário no perfil do solo. Em experimento de longa duração, Caires *et al.* (2005) verificaram que alterações associadas à calagem superficial em pH, alumínio e cátions básicos ocorreram inicialmente nas camadas superficiais e alcançaram a camada de 10–20 cm após período mais prolongado, permanecendo detectáveis por vários anos. Esse comportamento mostra que o tempo transcorrido após a aplicação pode modificar a extensão vertical dos efeitos da calagem e, consequentemente, o volume de solo potencialmente explorável pelas raízes.

Entretanto, a relação entre o resultado radicular obtido neste estudo e esses

mecanismos deve ser apresentada como interpretação, e não como comprovação direta. O experimento não determinou, simultaneamente às avaliações das plantas, pH, Al^{3+}, Ca^{2+}, Mg^{2+} ou saturação por bases nos dois tratamentos. Por isso, os dados permitem afirmar que o maior tempo decorrido após a calagem esteve associado ao maior comprimento radicular, mas não permitem afirmar que a diferença ocorreu especificamente por redução do alumínio, elevação do pH ou aumento de cálcio e magnésio. Essas alterações constituem mecanismos plausíveis sustentados pela literatura e que poderiam ser investigados em estudos posteriores.

Os resultados de Fernandes *et al.* (2013) reforçaram a importância dessa cautela. Os autores avaliaram feijão-caupi em Latossolo Amarelo distrófico submetido a diferentes níveis de saturação por bases e doses de fósforo e observaram que as respostas de crescimento e produção dependem da interação entre as condições de fertilidade. De forma complementar, Farias *et al*. (2016) verificaram que a produtividade do feijão-caupi foi superior no solo submetido à calagem, mesmo utilizando cultivar e estirpes de rizóbio descritas como tolerantes à acidez. Portanto, a tolerância do feijão-caupi a solos ácidos não elimina a possibilidade de benefícios agronômicos decorrentes da correção da acidez.

O número de vagens por planta não diferiu entre T1 e T2 (p=0,6287), com médias de 14,53 e 13,80 vagens, respectivamente. Isso demonstra que o expressivo aumento do comprimento radicular em T2 não foi acompanhado, no mesmo ciclo, por aumento do número de estruturas reprodutivas. A formação de vagens é uma característica de natureza complexa e depende não apenas da exploração radicular do solo, mas também do genótipo, do balanço nutricional, da disponibilidade hídrica e das condições ambientais durante florescimento, fecundação e enchimento.

Farias *et al.* (2016) avaliaram número de vagens por planta e número de sementes por vagem juntamente com a produtividade e mostraram que a resposta agronômica à calagem e à inoculação não ocorre necessariamente de forma uniforme entre todos os componentes de produção. Santos *et al*. (2024), embora estudando doses de silício, também observaram ausência de efeito das doses sobre número de vagens por planta, evidenciando que componentes reprodutivos podem permanecer relativamente estáveis mesmo quando outras características respondem ao tratamento.

O número de grãos por planta também não apresentou diferença significativa (p = 0,2819). T1 apresentou média de 211,20 grãos por planta e T2, 180,30. Apesar da diferença numérica de 30,90 grãos por planta, o coeficiente de variação foi de 24,04%, o maior entre as características avaliadas. Essa maior variabilidade contribui

para explicar por que a diferença numérica entre as médias não se traduziu em diferença estatística e recomenda cautela na interpretação de uma aparente superioridade de T1.

A ausência de resposta significativa dos componentes produtivos, simultaneamente à resposta do sistema radicular, indica que alterações morfológicas nas raízes não necessariamente se convertem imediatamente em maior produção de vagens ou grãos. Leite *et al*. (2020), estudando o efeito residual de fósforo em feijão-caupi cultivado em sucessão, verificaram que características produtivas responderam de maneira diferenciada às condições residuais de fertilidade. Embora o fator estudado por esses autores tenha sido fósforo e não calagem, o trabalho demonstra que efeitos residuais de práticas de manejo podem persistir no solo e que as diferentes características da cultura não apresentam necessariamente a mesma sensibilidade.

Considerando conjuntamente os resultados, o período de 24 meses após a aplicação do calcário esteve associado principalmente à expansão do sistema radicular do feijão-caupi. A ausência de diferenças em altura, diâmetro do caule, número de vagens e número de grãos por planta mostra que a resposta ao maior tempo após a calagem não foi generalizada para toda a planta. O achado central do estudo, portanto, é a maior sensibilidade do comprimento radicular ao período decorrido após a correção do solo.

Do ponto de vista agronômico, um sistema radicular mais desenvolvido pode ampliar a capacidade potencial de exploração do perfil do solo, especialmente em condições de disponibilidade irregular de água e nutrientes. Contudo, como o presente experimento não avaliou diretamente a distribuição das raízes em profundidade, a absorção de nutrientes, o estado hídrico das plantas ou a química do solo durante o cultivo, tais benefícios devem ser tratados como implicações potenciais, e não como efeitos comprovados. Estudos futuros que associem as variáveis agronômicas às análises químicas do solo em diferentes profundidades poderão esclarecer os mecanismos responsáveis pela diferença observada entre 6 e 24 meses após a calagem

CONCLUSÕES

O maior período decorrido após a aplicação do calcário favorece o desenvolvimento radicular do feijão-caupi, proporcionando maior comprimento das raízes, ou seja, o sistema radicular apresenta maior sensibilidade ao tempo decorrido após a calagem.

REFERÊNCIAS

AFFRIFAH, N. S.; PHILLIPS, R. D.; SAALIA, F. K. Cowpeas: nutritional profile, processing methods and products—A review. **Legume Science**, v. 4, e131, 2022. DOI: 10.1002/leg3.131. Disponível em: https://doi.org/10.1002/leg3.131. Acesso em: 08 set. 2026.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em: https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507. Acesso em: 10 set. 2026.

BARATA JÚNIOR, A. P. et al. Avaliação do crescimento vegetativo do Vigna unguiculata sob aplicações de adubações orgânicas e químicas. **Nature and Conservation**, v. 14, n. 4, p. 111-119, 2021. DOI: 10.6008/CBPC2318-2881.2021.004.0011. Disponível em: https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2021.004.0011. Acesso em: 12 ago. 2026.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences**, v. 160, n. 901, p. 268-282, 1937. DOI: 10.1098/rspa.1937.0109. Disponível em: https://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109. Acesso em: 13 jul. 2026.

CAIRES, E. F.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; BARTH, G. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. **Agronomy Journal**, v. 97, n. 3, p. 791-798, 2005. DOI: 10.2134/agronj2004.0207. Disponível em: https://doi.org/10.2134/agronj2004.0207. Acesso em: 11 abr. 2026.

CAIRES, E. F.; PEREIRA FILHO, P. R. S.; ZARDO FILHO, R.; FELDHAUS, I. C. Soil acidity and aluminium toxicity as affected by surface liming and cover oat residues under a no-till system. **Soil Use and Management**, v. 24, p. 302-309, 2008. DOI: 10.1111/j.1475-2743.2008.00166.x. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2008.00166.x. Acesso em: 13 set. 2026.

CAIRES, E. F.; JORIS, H. A. W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 1, p. 45-53, 2011. DOI: 10.1111/j.1475-2743.2010.00310.x. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2010.00310.x. Acesso em: 14 set. 2026.

CARVALHO, M.; LINO-NETO, T.; ROSA, E.; CARNIDE, V. Cowpea: a legume crop for a challenging environment. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 13, p. 4273-4284, 2017. DOI: 10.1002/jsfa.8250. Disponível em: https://doi.org/10.1002/jsfa.8250. Acesso em: 18 set. 2026.

FARIAS, T. P.; TROCHMANN, A.; SOARES, B. L.; MOREIRA, F. M. S. Rhizobia inoculation and liming increase cowpea productivity in Maranhão State. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 3, p. 387-395, 2016. DOI: 10.4025/actasciagron.v38i3.28630. Disponível em: https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i3.28630. Acesso em: 08 mai. 2026.

FERNANDES, A. R.; FONSECA, M. R.; BRAZ, A. M. S. Produtividade de feijão-caupi em

função da calagem e fósforo. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 4, p. 54-62, 2013. Disponível em: https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2770. Acesso em: 11 jun. 2026.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001. Acesso em: 11 set. 2026.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; CARDOSO, M. J.; AZEVEDO, J. N. de; RAMOS, S. R. R.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D. e. **Coleção ativa de germoplasma de feijão-caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp.) e de outras espécies do gênero Vigna, da Embrapa Meio-Norte, no período de 1976 a 2003.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 125 p. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/959125. Acesso em: 18 set. 2026.

HALL, A. E. Breeding for adaptation to drought and heat in cowpea. **European Journal of Agronomy**, v. 21, n. 4, p. 447-454, 2004. DOI: 10.1016/j.eja.2004.07.005. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.07.005. Acesso em: 14 abr. 2026.

HERNITER, I. A.; MUÑOZ-AMATRIAÍN, M.; CLOSE, T. J. Genetic, textual, and archeological evidence of the historical global spread of cowpea (Vigna unguiculata [L.] Walp.). **Legume Science**, v. 2, n. 4, e57, 2020. DOI: 10.1002/leg3.57. Disponível em: https://doi.org/10.1002/leg3.57. Acesso em: 12 set. 2026.

HORST, W. J.; WAGNER, A.; MARSCHNER, H. Effect of aluminium on root growth, cell-division rate and mineral element contents in roots of Vigna unguiculata genotypes. **Zeitschrift für Pflanzenph**ysiologie, v. 109, n. 2, p. 95-103, 1983. DOI: 10.1016/S0044-328X(83)80199-8. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0044-328X(83)80199-8. Acesso em: 11 set. 2026.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N2 fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v. 65, n. 2-3, p. 151-164, 2000. DOI: 10.1016/S0378-4290(99)00084-2. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00084-2. Acesso em: 18 mar. 2026.

KOCHIAN, L. V.; PIÑEROS, M. A.; LIU, J.; MAGALHAES, J. V. Plant adaptation to acid soils: the molecular basis for crop aluminum resistance**. Annual Review of Plant Biology**, v. 66, p. 571-598, 2015. DOI: 10.1146/annurev-arplant-043014-114822. Disponível em: https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043014-114822. Acesso em: 21 ago. 2026.

LEITE, R. C.; LEITE, R. C.; CRAVO, M. S. Second-crop cowpea under residual phosphorus doses in the Brazilian Amazon. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, e66078, 2020. DOI: 10.1590/1983-40632020v5066078. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5066078. Acesso em: 17 set. 2026.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 393 p. Disponível em: https://loja.fealq.org.br/produtos/curso-de-estatistica-experimental-15-edicao/. Acesso em: 15 ago. 2026.

SANTOS, G. F. et al. Desempenho de cultivares de feijão-caupi sob aplicação foliar de

silício no Cerrado piauiense. **International Journal of Agrarian Sciences - PDVAgro**, v. 3, n. 1, p. 32-48, 2024. DOI: 10.31692/2595-2498.v3i1.95. Disponível em: https://doi.org/10.31692/2595-2498.v3i1.95. Acesso em: 12 mai. 2026.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1094003. Acesso em: 18 mar. 2026.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965. DOI: 10.1093/biomet/52.3-4.591. Disponível em: https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591. Acesso em: 28 fev. 2026.

SILVA, F. W. R.; SANTOS, J. Z. L. Response of cowpea plants submitted to acid conditions: aluminum and hydrogen stress. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 47, e0220107, 2023. DOI: 10.36783/18069657rbcs20220107. Disponível em: https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20220107. Acesso em: 22 ago. 2026.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/555355. Acesso em: 21 jul. 2026.

VON UEXKÜLL, H. R.; MUTERT, E. Global extent, development and economic impact of acid soils. **Plant and Soil**, v. 171, p. 1-15, 1995. DOI: 10.1007/BF00009558. Disponível em: https://doi.org/10.1007/BF00009558. Acesso em: 1o set. 2026.

WAGHMARE, P. D.; PETHE, U. B.; SABALE, G. R. Study on correlation and path analysis for yield and yield components in cowpea [Vigna unguiculata (L.) Walp.]. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 8, n. 12, p. 296-303, 2019. DOI: 10.20546/ijcmas.2019.812.041. Disponível em: https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.812.041. Acesso em: 10 jul. 2026.