



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

DHEIME RIBEIRO DE MIRANDA

**UTILIZAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA APLICADO EM SUPERFÍCIE E
INCORPORADO ASSOCIADO À ADUBAÇÃO FOSFATADA**

Araguatins - TO

2017

DHEIME RIBEIRO DE MIRANDA

**UTILIZAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA APLICADO EM SUPERFÍCIE E
INCORPORADO ASSOCIADO À ADUBAÇÃO FOSFATADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em Agronomia do
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do
Tocantins – IFTO/*Campus* Araguatins, como exigência à
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite.

Araguatins - TO

2017

DEDICATÓRIA

A toda minha família que sempre esteve a meu lado me incentivando e apoiando, tornando este sonho possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pai todo poderoso por ser fonte de esperança, fé e reflexão quando a incerteza pesa na escolha dos caminhos a seguir.

A meu esposo João Paulo Miranda Mota, minha filha Ana Paula Miranda Mota, meus pais Raimundo Gomes de Miranda e Zilda Ribeiro de Miranda, meu irmão Rallysson Ribeiro de Miranda, pelo incentivo, carinho, paciência e amor.

Aos amigos que levarei pra sempre comigo, Marcos Antônio, Gelza Carliane, Natanael Teles, Daryel Queluz, Sebastião Feitosa e Gustavo Ferreira pelo companheirismo, carinho, amizade e união.

A todos os professores em especial a meus orientadores de graduação Raimundo Laerton de Lima Leite, Rosângela Oliveira Martins, Alfonso Siqueira D'Império e Lineardo Sampaio Melo pela disponibilidade e pelos valiosos conhecimentos transmitidos para a minha formação.

Aos técnicos de laboratório Ricardo Alencar, José Armando Trovão e Maristela Gonçalves pelos auxílios prestados em trabalhos realizados no decorrer de todo o curso.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – *Campus Araguatins*, por proporcionar toda estrutura necessária ao nosso aprendizado e fazer da instituição uma excelência em ensino.

Por fim agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse sonho.

“Aprender é a única coisa que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.

(Leonardo da Vinci)

UTILIZAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA APLICADO EM SUPERFÍCIE E INCORPORADO ASSOCIADO À ADUBAÇÃO FOSFATADA

RESUMO

O bioma do cerrado representa uma das maiores áreas cultivadas do mundo, ocupando aproximadamente um quarto do território nacional. Esses solos são naturalmente ácidos, devido a constituição de seu material de origem, limitando consideravelmente a produção agrícola em escala mundial. Assim, para a obtenção de melhores índices de produção, torna-se necessário atenuar ou eliminar os efeitos negativos da acidez do solo, o que pode ser feito com o uso de calagem e gessagem, aumentando a eficiência de adubações, principalmente a fosfatada. Com este trabalho, objetivou-se avaliar as características morfogênicas, bromatológicas e análise de qualidade do milho (*Zea mays* L.) aplicando-se calcário e gesso em superfície ou incorporados, associados a diferentes dosagens de fósforo na forma de P_2O_5 (0, 60, 80, 100 e 120 Kg ha⁻¹). Os delineamentos experimentais foram realizados em blocos casualizados (DBC), distribuídos em 4 blocos x 5 dosagens de P_2O_5 x 2 formas de aplicação (superfície e incorporado), constituindo-se de 40 parcelas com 16m² cada. As avaliações foram realizadas aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE), sendo analisados os parâmetros morfológicos (altura da planta, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo e desenvolvimento radicular), bromatológicos (massa verde e 1ª massa seca) e de qualidade da espiga (peso da espiga com palha e sem palha, diâmetro da espiga e do sabugo, comprimento da espiga, número de grãos por fileira e massa de 100 grãos). Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. Os testes estatísticos foram realizados com o auxílio do programa ASSISTAT e os gráficos e tabelas confeccionados no Microsoft Excel. Concluiu-se com a pesquisa que nas condições de solo e clima estudados a forma de aplicação de calcário e gesso em superfície ou incorporados promoveram incremento no desenvolvimento da planta cultivada, considerando-se como o melhor tratamento a dosagem de 100 Kg P_2O_5 ha⁻¹ com aplicação de calcário e gesso em superfície.

Palavras-chave: acidez, fósforo, produção.

USE OF LIMESTONE AND AGRICULTURAL PLASTER APPLIED IN SURFACE AND INCORPORATED ASSOCIATED WITH PHOSPHATE FERTILIZING

ABSTRACT

The cerrado biome represents one of the largest cultivated areas in the world, occupying approximately a quarter of the national territory. These soils are naturally acidic, due to the constitution of their source material, considerably limiting agricultural production on a world scale. Thus, to obtain better production rates, it is necessary to reduce or eliminate the negative effects of soil acidity, which can be done with the use of liming and plaster, increasing the efficiency of fertilization, mainly phosphate. The objective of this work was to evaluate the morphogenic, bromatological and maize quality (*Zea mays* L.) characteristics, applying limestone and gypsum on the surface or incorporated, associated to different phosphorus dosages in the form of P_2O_5 (0, 60, 80, 100 and 120 kg ha⁻¹). The experimental design was performed in randomized blocks (DBC), distributed in 4 blocks x 5 dosages of P_2O_5 x 2 application forms (surface and incorporated), constituting 40 plots with 16m² each. The evaluations were performed at 15, 30, 45, 60 and 75 days after emergence (DAE). The morphological parameters (plant height, ear insertion height, stalk diameter and root development), bromatological parameters (And 1 st dry mass) and of ear quality (weight of ear with straw and without straw, diameter of ear and cob, length of ear, number of grains per row and mass of 100 grains). The collected data were submitted to analysis of variance and the averages were compared by the Tukey test at 1% of probability. The statistical tests were performed with the assistance of the ASSISTAT program and the graphs and tables made in Microsoft Excel. It is concluded with the research that in the conditions of soil and climate studied the form of application of limestone and gypsum in surface or incorporated promoted an increment in the development of the cultivated plant, considering as the best treatment the dosage of 100 Kg P_2O_5 ha⁻¹ with Application of limestone and gypsum on the surface.

Keywords: acidity, phosphor, production.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	Área experimental.....	18
FIGURA 2	Dados de temperatura e precipitação pluvial durante o desenvolvimento do experimento.....	19
FIGURA 3	Médias de peso da espiga com palha (PEc/P) e peso da espiga sem palha (PEs/P) em milho híbrido AG-1051, com dados coletados aos 75 dias após a emergência (DAE).....	30
FIGURA 4	Médias de diâmetro da espiga (DE) e diâmetro do sabugo (DS) em milho híbrido AG-1051, com dados coletados aos 75 dias após a emergência (DAE).....	31
FIGURA 5	Desenvolvimento do sistema radicular do milho (<i>Zea mays</i>), com aplicação de calcário dolomítico e gesso agrícola em superfície (à esquerda) e incorporado (à esquerda) e diferentes dosagens de P ₂ O ₅	34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Dados de análises químicas e físicas obtidos antes da implantação do experimento.....	19
TABELA 2	Descrição das propriedades químicas do gesso agrícola.....	21
TABELA 3	Médias de altura da planta (AP) e de inserção da espiga (AE) em milho híbrido AG-1051, com dados coletados aos 75 dias após a emergência (DAE).....	25
TABELA 4	Médias de diâmetro do colmo (DC) em milho híbrido duplo AG-1051, com dados coletados aos 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE).....	26
TABELA 5	Médias de número de folhas (NF) em milho híbrido AG-1051, com dados coletados 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE).....	27
TABELA 6	Médias de massa verde total (MVT) em milho híbrido AG-1051, com dados coletados 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE).....	28
TABELA 7	Médias de massa pré-seca total (1ª MS) em milho híbrido AG-1051, com dados coletados 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE).....	29
TABELA 8	Médias de N° de fileiras de grãos (NFG), comprimento de espiga (CE) e massa de 100 grãos (M100G) em milho híbrido AG-1051, com dados coletados 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE).	32

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1	Aplicação de calcário para correção da acidez do solo em superfície..	12
2.2	Gesso agrícola como condicionante de solo em profundidade.....	13
2.3	Potencialização da adubação fosfatada com a correção do solo (calagem e gessagem).....	15
2.4	Considerações sobre o Milho (<i>Zea mays</i> L.).....	16
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1	Área experimental.....	18
3.2	Delineamento experimental, descrição dos tratamentos e condução do experimento.....	21
3.3	Parâmetros Avaliados.....	22
3.3.1	Componentes morfológicos.....	22
3.3.2	Componentes bromatológicos	22
3.3.3	Análise de qualidade da espiga.....	23
3.4	Análise Estatística.....	23
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1	Parâmetros morfológicos de crescimento da planta indicadora (<i>Zea mays</i> L.).....	24
4.2	6.1 Avaliação dos componentes bromatológicos em plantas de milho...	28
4.3	Análise de qualidade da espiga de <i>Zea mays</i> L.....	29
4.4	Análise do desenvolvimento radicular em plantas de <i>Zea mays</i> L. submetidos a diferentes tratamentos.....	33
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
	REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

O bioma do cerrado representa uma das maiores áreas cultivadas do mundo, ocupando aproximadamente um quarto do território nacional. Esses solos são naturalmente ácidos, devido a constituição de seu material de origem, apresentando baixos níveis de saturação por bases, elevada toxidez por alumínio (Al), deficiência de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e fósforo (P), limitando consideravelmente a produção agrícola em escala mundial (NETO et al., 2009). Assim, para a obtenção de melhores produtividades agrícolas tornou-se necessário atenuar ou eliminar os efeitos negativos da acidez e fertilizar o solo (CAIRES et al., 2004).

A calagem é a prática de correção da acidez mais comum e eficiente, pois neutraliza a acidez, aumentando a disponibilidade de nutrientes, diminuindo o teor de elementos tóxicos e restaurando a capacidade produtiva do solo (SORATTO e CRUSCIOL, 2008). Porém, devido sua baixa solubilidade é pouco móvel no perfil do solo, não tendo efeito relevante na redução de acidez em profundidade. Uma alternativa viável para a melhoria desse ambiente é a aplicação de gesso agrícola, o mineral gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), atuando como condicionador do solo favorecendo o desenvolvimento de raízes (VELHO et al., 1998).

O intuito de utilizar esses produtos associados é corrigir a acidez superficial e melhorar o ambiente em profundidade reduzindo a complexação de fósforo por soluções iônicas, bem como promover aumento da eficiência de adubações, principalmente a fosfatada, visto que o fósforo é um elemento essencial para o aumento da produtividade e é o insumo de maior custo para o produtor (SARMENTO et al., 2001).

A acidez e a baixa disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas em solos agricultáveis brasileiros são características preocupantes devido as restrições causadas ao desenvolvimento da planta (CAIRES et al., 1999). Em função dessa problemática considerou-se essencial a realização da presente pesquisa determinando a forma mais eficiente de aplicação de calcário e gesso (superfície ou incorporado) associado a diferentes dosagens de fósforo, utilizando-se como planta indicadora o milho (*Zea mays*), que é uma planta de ciclo curto e de elevadas exigências nutricionais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aplicação de calcário para correção da acidez do solo em superfície

A produção agrícola nacional ainda é bastante limitada devido a condições climáticas, fertilidade e principalmente pela acidez dos solos agricultáveis. Os solos podem ser ácidos naturalmente em decorrência do material de origem ou pela intensidade da ação de agentes de intemperismo, como clima e os organismos. Além disso, regiões sujeitas a processos erosivos, sejam por condições climáticas ou por manejo inadequado do solo podem tornar-se acidificadas pela remoção de cátions de caráter básico do complexo de troca, expondo os horizontes subsuperficiais, que são geralmente mais ácidos (SOUSA et al., 2007; WHITE, 2009).

A acidez do solo tem sido considerada um fator limitante para a produção agrícola em diversas áreas do mundo (LOPES e GUILHERME, 2007), tais como em regiões de Cerrado brasileiro, onde a agricultura ainda é bastante limitada pela baixa fertilidade natural do solo e pluviosidade nos meses de seca. Aliado a essas deficiências naturais, existe um excesso na acidez do solo nas camadas sub e superficiais em decorrência da presença de alumínio (Al) e manganês (Mn) em concentrações tóxicas, baixa saturação por bases e baixos teores de cátions de caráter básico, como o cálcio (Ca) e magnésio (Mg), proporcionando condições desfavoráveis à produtividade de diversas culturas, por causar danos ao sistema radicular das plantas, afetando a absorção de nutrientes essenciais, em especial o fósforo e o molibdênio, ocasionando diminuição do volume de solo explorado pelo sistema radicular, potencializando os efeitos negativos das estiagens, pois mesmo havendo água no solo, ela não pode ser acessada pela planta (SOUSA et al., 2007).

Com a tecnificação da agricultura tornou-se possível atenuar ou eliminar os efeitos negativos da acidez do solo com a utilização de corretivos, que são materiais que contêm carbamatos, óxidos, hidróxidos ou silicatos de cálcio e /ou magnésio como princípio ativo. No Brasil, os corretivos mais utilizados na agricultura são os de rochas calcárias moídas conhecidos por calcários, sendo classificados de acordo com a concentração de MgO (RAIJ et al., 1997). A calagem, quando usada de forma adequada, promove além da correção da acidez do solo, um estímulo a atividade microbiana, melhorias na fixação simbiótica de N pelas leguminosas, aumento na

disponibilidade de nutrientes (Ca e Mg) pelas plantas e preservação do teor de matéria orgânica do solo (ALVAREZ V. et al., 1999; CAIRES et al., 2004).

Contudo, a quantidade de calcário a ser aplicado deve ser sempre baseada em análise prévia do solo, pois uma dosagem excessiva é considerada tão prejudicial quanto à acidez elevada, sendo ainda mais agravante pela maior dificuldade na correção. Uma supercalagem pode provocar a deficiência de outros nutrientes, sobretudo o fósforo, zinco, boro e manganês pela precipitação desses nutrientes (ALVAREZ V. et al., 1999). A maioria dos casos de supercalagem deve-se à tentativa de corrigir a acidez de camadas mais profundas, pois em grande parte dos solos agricultáveis a acidez não se limita apenas a camada superficial, principalmente pelo fato da baixa solubilidade dos produtos utilizados, havendo geralmente restrições dos produtos da reação do calcário na camada subsuperficial, que também é considerada potencialmente acidificada e limitante à produção (CAIRES et al., 1998).

A correção da acidez no subsolo pode ser feita através de calagem profunda. Contudo, essa prática necessita de revolvimento do solo. Por essa razão não é indicada para áreas já estabelecidas com sistemas de cultivo que não envolve preparo convencional. Além disso, a calagem profunda exige máquinas potentes e equipamentos caros, o que torna a prática onerosa (CAIRES et al., 1998). Uma alternativa mais viável é a aplicação de gesso agrícola (VITTI, 2000; SOUSA et al., 2007; FOLONI et al., 2008).

2.2 Gesso agrícola como condicionante de solo em profundidade

O gesso agrícola tem sido utilizado na agricultura como um produto complementar ao calcário, objetivando diminuir toxicidade do Al e aumentar a concentração de Ca em profundidade. Esse condicionante do solo é o sulfato de cálcio diidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que pode ser obtido como subproduto da indústria de fertilizantes que utilizam como matéria-prima a rocha fosfática (ALVAREZ V. e RIBEIRO, 1999; SOUSA et al., 2005) ou pode ser proveniente do mineral gipsita, conhecido como gesso natural (VELHO et al., 1998).

O gesso agrícola proveniente da gipsita é um produto relativamente solúvel que penetra no perfil do solo e deposita-se na camada subsuperficial (SOUSA et al., 2005), onde ocorre a troca iônica do Al na superfície de troca pelo Ca, formando o par iônico

AlSO_4^+ , que não é tóxico para as plantas e a precipitação do Al^{3+} na forma de oxihidróxido (SOUSA et al., 2007), promovendo maior absorção de nutrientes por favorecer um melhor desenvolvimento do sistema radicular em profundidade, tornando as plantas mais resistentes a estiagens usando mais eficientemente a água e os nutrientes disponíveis no solo (LOPES e GUILHERME, 2007).

Aliado a neutralização da acidez da camada mais subsuperficial, o gesso agrícola ainda pode ser utilizado para corrigir a deficiência de cálcio e de outros nutrientes, por possuir em sua constituição significativos teores de Ca, S, P, F, Mg, além da presença de micronutrientes permitindo que esse material seja utilizado, principalmente como fonte de Ca e S e na correção de camadas subsuperficiais com altos teores de Al^{3+} , favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade (ALVAREZ V. e RIBEIRO, 1999; LOPES e GUILHERME, 2007).

Nos solos do Cerrado, cerca de 70% das áreas agricultáveis apresentam índices de saturação de alumínio acima de 10% na subsuperfície do solo, valor considerado prejudicial ao desenvolvimento do sistema radicular de grande parte das plantas. Além deste potencial problema à produtividade agrícola da região, cerca de 86% da área destinada a produção possui teores de cálcio inferiores a $0,4 \text{ cmol/dm}^3$ (SOUSA et al., 2005). Contudo, em estudos realizados com a cultura do milho foram constatados que a utilização de gesso agrícola foi eficiente na solução de problemas relacionados a disponibilidade de nutrientes (enxofre, cálcio e magnésio), a saturação por alumínio e ao aumento do volume explorado pelo sistema radicular e, conseqüentemente, a produção de grãos e acúmulo de matéria seca (OLIVEIRA et al., 2005).

A eficiência do gesso agrícola na melhoria das propriedades químicas do subsolo e sua resposta como melhorador do ambiente radicular em profundidade têm sido observadas para uma grande diversidade de culturas e demonstrada em vários trabalhos (CARVALHO e RAIJ, 1997), destacando-se a cultura de milho (*Zea mays*) (CAIRES et al., 2004; SOUSA et al., 2005). Porém ainda há dúvidas sobre os benefícios que o gesso pode trazer ao solo em profundidade e sua relação com as adubações realizadas, visto que altas concentrações de Al tóxico refletem na imobilização de certos nutrientes, como o caso do fósforo, que ao reagir com Al solúvel, forma fosfatos de Al de baixa solubilidade em solos ácidos (ALVAREZ et al., 1999).

2.3 Potencialização da adubação fosfatada com a correção do solo (calagem e gessagem)

A planta, como dreno, tem o solo como sua principal fonte de nutrientes minerais e em casos de deficiências, a produtividade de uma planta é viabilizada pela fertilização do solo, isto é, pelo aumento da disponibilidade de nutrientes para satisfazer o dreno-planta (NOVAIS et al., 2007). Contudo, mesmo com a realização de adubações, certos nutrientes podem não estar disponíveis na solução do solo para a planta, como é o caso do fósforo, que pode ser adsorvido pelos seus colóides, tornando-se com o tempo não disponível, dada a formação de compostos de baixa solubilidade, não propiciando a esperada contribuição para a produção vegetal (ARAÚJO e MACHADO, 2006).

A retenção do fósforo adicionado ao solo, em formas lábeis ou não, ocorre tanto pela sua precipitação em soluções iônicas (Al^{++} , Fe^{++} e Ca^+), quanto pela adsorção aos oxidróxidos de Fe e Al, presentes de modo geral, em maiores quantidades em solos tropicais intemperizados, de modo particular os mais argilosos (VALLADARES et al., 2003; ROLIM NETO et al., 2004). Sua ocorrência em formas orgânicas e sua lenta taxa de difusão na solução do solo tornam o fósforo o nutriente menos prontamente disponível na rizosfera (VANCE et al., 2003), mesmo sendo um nutriente essencial para o desenvolvimento da planta.

O fósforo (P) participa de vários processos metabólicos em plantas, como transferência de energia, síntese de ácidos nucléicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e desativação de enzimas, reações redox, metabolismo de carboidratos e fixação de N_2 (VANCE et al., 2003). Limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo que seja aumentado o suprimento de P a níveis adequados (GRANT et al., 2001).

A deficiência de fósforo pode reduzir tanto a respiração como a fotossíntese, havendo acúmulo de carboidratos o que deixa as folhas com coloração verde-escura, podendo ainda reduzir a síntese de ácidos nucléicos e de proteína, induzindo a acumulação de compostos nitrogenados solúveis (N) no tecido (VANCE et al., 2003). O crescimento da célula é retardado e potencialmente paralisado. Assim, os sintomas de deficiência de P incluem diminuição na altura da planta, atraso na emergência das folhas, redução na brotação e no desenvolvimento de raízes secundárias, na produção

de matéria seca e na produção de sementes, características essas observadas em pesquisas realizadas com milho (*Zea mays*) (GRANT et al., 2001).

Atualmente, são desenvolvidas inúmeras pesquisas sobre a resposta de plantas à aplicação de P, destacando-se o milho por ser uma cultura de ciclo curto com intenso desenvolvimento necessitando, assim, de maior nível de nutrientes (NOVAIS et al., 2007). Experimentos realizados pela Embrapa Milho e Sorgo mostraram que a maior exigência dessa cultura refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se o cálcio, magnésio e fósforo. Porém, mesmo que as exigências do milho em fósforo sejam em quantidades bem menores que as de nitrogênio e potássio, as doses recomendadas normalmente são altas, em função da baixa eficiência (20 a 30 %) de aproveitamento desse nutriente pela cultura (COELHO, 2006). Isso decorre da alta capacidade de fixação do fósforo adicionado ao solo através de mecanismos de adsorção e precipitação, reduzindo sua disponibilidade (NOVAIS et al., 2007).

2.4 Considerações sobre o milho (*Zea mays* L.)

De acordo com a classificação botânica, o milho é uma monocotiledônea pertencente a família Graminae (Poaceae), subfamília Panicoidae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. (SILVA, 2012). Quanto a sua origem, arqueólogos afirmam que este já era cultivado a cerca de 7 a 10 mil anos no México – América Central (BORÉM e GIÚDICE, 2008), sendo atualmente o cereal mais cultivado e consumido em todos os continentes, distribuindo-se nas mais diversas altitudes. Porém por ser uma cultura de metabolismo C4 necessita de calor e umidade adequada, apresentando altas produtividades em regiões de clima tropical (GUIMARÃES, 2007).

O milho é uma planta herbácea, anual, diplóide e alógama de caráter monóico e morfologia que resultou da supressão, condensação e multiplicação de várias partes da anatomia básica das gramíneas (MAGALHÃES, 2002; COELHO, 2006). É uma planta evolutivamente adaptada por possuir mecanismos que garantem alta resistência à seca, tais como: sistema radicular fasciculado, podendo atingir de 1,5 a 3,0 m de comprimento, concentrado nos primeiros 30 cm de profundidade, pequeno tamanho das células, cutícula foliar, acúmulo de metabólito intermediário e ajuste estomático, o que justifica sua reduzida tolerância a deficiência hídrica (SILVA et al., 2006). Possui

ainda raízes adventícias que auxiliam na sustentação da planta e absorção de nutrientes (SILVA, 2012).

O *Zea mays* L. é considerado uma das mais importantes fontes de alimento da atualidade, sendo cultivado em quase todas as regiões agrícolas do mundo. Porém para que haja uma boa produtividade a planta é bem exigente em nutrientes e necessita ser cultivado em solos com pH em torno de 5,5 ou 6,0 (CANTARELLA e DUARTE, 2008) e precipitação variando de 300 a 5.000 mm anuais. Estresses hídricos em determinados estágios de desenvolvimento fisiológicos, tais como florescimento, pode comprometer drasticamente o rendimento da produção, principalmente se for aliado à escassez de nutrientes e condições de manejo agrônômico inadequado (MAGALHÃES, 2002).

O ciclo da cultura segue um padrão de desenvolvimento fisiológico que divide-se em estágios vegetativos (VE a VT) e reprodutivos (R1 a R6), que vão desde a emergência das sementes (VE) à maturação fisiológica da planta. Dentre estes a planta segue por períodos bastante críticos ao desenvolvimento, destacando-se o estágio V12 onde o tamanho e o número de óvulos de cada espiga é definido. Além deste, o período de florescimento (VT-R1), fase de pendramento do milho e emissão da boneca, bem como o enchimento dos grãos (R2 a R6), quando então haverá depósito de matéria seca nos grãos determinam o rendimento final da produção (MAGALHÃES, 2011).

No mercado nacional a importância desse cereal reside em sua capacidade de gerar mão-de-obra, visto que em virtude de suas características de produção, essa cultura tem grande participação na geração de emprego no setor rural. O milho é ainda o principal insumo para a produção de rações para animais domésticos (cerca de 80% do milho produzido), para alimentação humana (cerca de 13 %) e o restante constitui-se como matéria-prima para diversos produtos industrializados, movimentando grandes complexos industriais e gerando empregos (NOGUEIRA NETTO, 1996; FANCELLI e DOURADO NETO, 2000). De acordo com a FIESP (2017) estima-se que a produção 2016/2017 deverá atingir uma marca de 86,5 milhões de toneladas com aumento de 29,1% em relação a 2015/16, o que coloca o país como o terceiro no ranking mundial, sendo superado apenas pelos EUA com 384,8 e pela China com 219,6 milhões de ton.

Considerando a problemática da acidez dos solos agricultáveis brasileiros que, em muitos casos, é uma característica preocupante devido as restrições causadas ao desenvolvimento da planta (CAIRES et al., 1999), utilizou-se o milho como planta indicadora de qualidade do solo e deficiência nutricional, por ser de grande importância

Os dados termopluviométricos referentes ao período de condução do experimento demonstrados na figura 2, foram obtidos no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) da Estação Meteorológica de Araguatins (INMET, 2016).

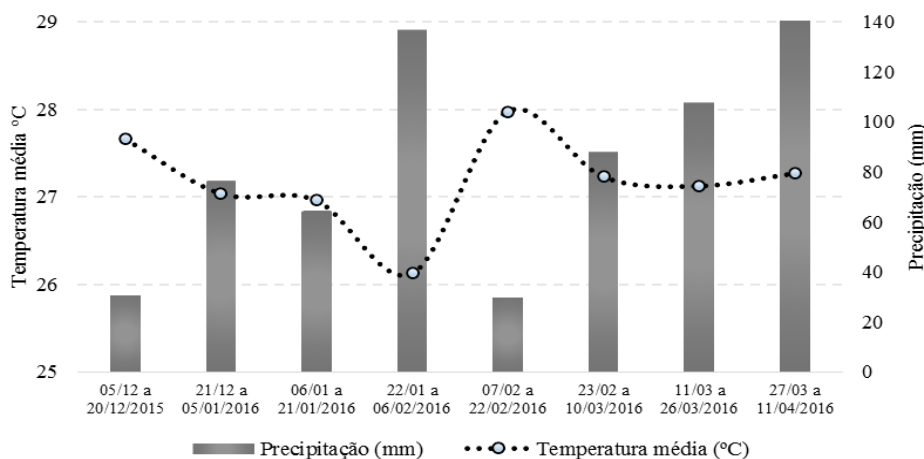


Figura 2: Dados de temperatura e precipitação pluvial, distribuídos em períodos de 16 dias, em Araguatins-TO, correspondente ao intervalo que inclui aplicação de calcário dolomítico (08/12/2016), gesso agrícola (23/12/2016), semeadura (22/01/2016) até a última coleta aos 75 dias após a emergência (DAE) (11/04/2016). Fonte: INMET (2016).

Antes da instalação do experimento foram coletadas 15 sub-amostras de solo para compor a amostra composta das camadas de 0-20 e de 20-40 cm de profundidade, as análises de suas propriedades químicas (teores de P, K, Ca, Mg, Al, (H+Al) e pH em água) e físicas (Areia, Silte e Argila) (Tabela 1) foram realizadas de acordo com o Manual de Análises Químicas desenvolvido por Silva (1999), determinando-se dosagens de aplicação de calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizantes.

Tabela 1: Dados de análises químicas e físicas obtidos antes da implantação do experimento.

PROFUNDIDADE (CM)	QUÍMICAS										FÍSICAS		
	pH (H ₂ O)	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	T	V	AREIA	ARGILA	SILTE
		mg/dm ³								%	%		
0-20	4,8	3,08	22	1,0	0,9	0,2	1,65	1,96	3,61	54,25	87,59	7,72	4,68
20-40	4,5	1,32	10	0,7	0,6	0,4	1,98	1,33	3,31	40,10	85,93	7,72	6,34

3.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), com 10 tratamentos e 4 repetições (blocos), totalizando 40 parcelas de 16m² cada (4 metros de

largura x 4 de comprimento), distribuídas em 5 linhas com espaçamento entre si de um metro. Considerou-se como área útil das parcelas as três fileiras centrais.

Os tratamentos consistiram na aplicação de calcário dolomítico ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) e gesso agrícola (gipsita - $\text{Ca}(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) nas dosagens recomendadas por Alvarez et al. (1999), associadas a diferentes dosagens de fósforo (P) (0, 60, 80, 100 e 120 kg ha^{-1}). Os tratamentos, conforme descritos abaixo, foram distribuídos de forma aleatória na área.

- Tratamentos com aplicação de calcário e gesso em superfície:

- A- Cultivo de milho com aplicação de calcário dolomítico aos 45 dias antes da semeadura (DAS) + gesso agrícola aos 30 dias + 0 $\text{Kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ (testemunha);
- B- Cultivo de milho com aplicação de calcário dolomítico aos 45 dias antes da semeadura (DAS) + gesso agrícola aos 30 dias + 60 $\text{Kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$;
- C- Cultivo de milho com aplicação de calcário dolomítico aos 45 dias antes da semeadura (DAS) + gesso agrícola aos 30 dias + 80 $\text{Kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$;
- D- Cultivo de milho com aplicação de calcário dolomítico aos 45 dias antes da semeadura (DAS) + gesso agrícola aos 30 dias + 100 $\text{Kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$;
- E- Cultivo de milho com aplicação de calcário dolomítico aos 45 dias antes da semeadura (DAS) + gesso agrícola aos 30 dias + 120 $\text{Kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$.

- Tratamentos com aplicação de calcário e gesso incorporados:

- F- Cultivo de milho com aplicação de calcário dolomítico aos 45 dias antes da semeadura (DAS) + gesso agrícola aos 30 dias + 0 $\text{Kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ (testemunha);
- G- Cultivo de milho com aplicação de calcário dolomítico aos 45 dias antes da semeadura (DAS) + gesso agrícola aos 30 dias + 60 $\text{Kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$;
- H- Cultivo de milho com aplicação de calcário dolomítico aos 45 dias antes da semeadura (DAS) + gesso agrícola aos 30 dias + 80 $\text{Kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$;
- I- Cultivo de milho com aplicação de calcário dolomítico aos 45 dias antes da semeadura (DAS) + gesso agrícola aos 30 dias + 100 $\text{Kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$;
- J- Cultivo de milho com aplicação de calcário dolomítico aos 45 dias antes da semeadura (DAS) + gesso agrícola aos 30 dias + 120 $\text{Kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$.

No preparo da área foi realizada uma gradagem a 20 cm de profundidade para nivelamento do terreno. Em seguida foi realizada a elevação da saturação por bases de 54,25% (Tabela 1) para 60%, na profundidade de 0-20 cm em função do solo e a da

cultura a ser implantada, aplicando-se calcário dolomítico ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) na dosagem de 260 Kg ha^{-1} e o gesso agrícola (gipsita - $\text{Ca}(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Tabela 2) para melhoramento do ambiente radicular na profundidade de 20-40 cm na dosagem de 280 Kg ha^{-1} . Após 45 dias após a aplicação de calcário dolomítico e 30 de gesso agrícola foi realizada a semeadura de forma manual dia 22/01/2016, distribuindo-se de 6 a 7 sementes por metro linear, atingindo-se uma densidade aproximada de 70 mil plantas ha^{-1} .

Tabela 2: Descrição das propriedades químicas do gesso agrícola.

ANÁLISE QUÍMICA	
Nutriente	%
Ca	23,70
S	15,20
F	0,61

A planta indicadora utilizada foi o milho híbrido duplo AG-1051 da AGROCERES com garantia de germinação mínima de 85% e pureza de 98%, safra de 2015. Esta cultivar possui arquitetura foliar aberta, ciclo semi-precoce, grãos dentados amarelos, altura de planta de cerca de 2,2m e altura de inserção de espiga de 1,12m, recomendado para grãos, silagem e milho verde (PALHARES, 2003; CALONEGO et al., 2011).

Para adubação de plantio utilizou-se 20 kg ha^{-1} de nitrogênio na forma de Sulfato de Amônio (NH_4). 2SO_4 - 20% de N) e 70 Kg ha^{-1} de K_2O na forma de Cloreto de Potássio (KCl - 60% de K_2O). O P_2O_5 foi utilizado na forma de Superfosfato Simples (SSP - 21% de P_2O_5) nas dosagens de 0, 60, 80, 100 e 120 Kg ha^{-1} . A adubação de cobertura foi realizada após o desbaste aos 30 DAE, com aplicação de 100 Kg ha^{-1} de nitrogênio na forma de ureia (45% de N).

O controle de plantas daninhas para a redução de perdas por competitividade, foi realizado com aplicação do herbicida Glifosato AKB na dosagem de 200 mL/20L aos 7 dias antes do plantio. Para controle de pragas foi realizada a aplicação do inseticida KESHET (lagarta-do-cartucho - *Spodoptera frugiperda*) e iscas formicidas (formiga cortadeira – *Atta* spp.). Os parâmetros avaliados no decorrer do experimento estão descritos abaixo.

3.3 Parâmetros avaliados

3.3.1 Componentes morfológicos:

As avaliações dos parâmetros morfológicos foram realizadas aos 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE). Na primeira análise foram selecionadas e devidamente identificadas três plantas na área útil da parcela e os parâmetros avaliados foram baseados nos protocolos de Oliveira et al. (2012):

- a) **Diâmetro do colmo:** medido com paquímetro digital aos 5 cm do solo;
- b) **Altura da planta:** medida com fita métrica graduada do nível do solo até a curvatura da última folha estendida (folha bandeira);
- c) **Altura média da espiga:** medida do nível do solo até a inserção da primeira espiga;
- d) **Desenvolvimento radicular:** As análises de desenvolvimento do sistema radicular foram realizadas aos 75 dias após a emergência, período de coleta para o milho verde. Selecionou-se uma linha aleatória dentro da área útil da parcela, onde foi feito uma trincheira de 100 cm de largura x 40 cm de profundidade, com parede vertical a 5 cm da planta. As raízes após serem expostas foram pintadas com cal hidratada (Ca(OH)_2), proporcionando dessa forma um contraste de fundo (solo escuro) e as raízes (brancas). Em seguida foi utilizado um grid de madeira com as mesmas dimensões, formando-se uma malha quadriculada com fios de barbantes nas dimensões de 5x5 cm. As imagens do sistema radicular foram registradas com auxílio de uma câmera digital, para análise posterior (SILVA et al., 2000).

3.3.2 Componentes bromatológicos:

Pela grande importância do milho na alimentação animal, foram determinadas as propriedades bromatológicas das plantas obtidas ao durante o experimento. Assim, foram coletadas amostras em campo e transportadas ao laboratório de Bromatologia e Microbiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência Tecnologia do Tocantins – IFTO/Campus Araguatins para preparo e pesagem de massa verde (MV) e massa seca

(1ª MS) aos 30, 45, 60 e 75 dias, com auxílio dos protocolos descritos por Campos et al. (2004).

- a) **Massa Verde (MV):** Para determinação de MV, a cada coleta foram retiradas 3 plantas de cada parcela e cortadas em tamanhos menores para pesagem em balança analítica de precisão.
- b) **Massa Seca (1ªMS ou ASA):** Após a pesagem de MV, o material foi submetido a estufa com circulação forçada de ar a 60°C (amostra seca ao ar – ASA) até alcançar peso constante.

3.3.3 Análise de qualidade da espiga

Para avaliação de qualidade foram coletadas 10 espigas aleatórias das fileiras úteis de cada parcela de acordo com os protocolos de Oliveira et al. (2012):

- a) **Massa de 100 grãos:** realizada após a maturação fisiológica da espiga mediante a pesagem de 3 amostras de 100 grãos por parcela, em balança analítica digital;
- b) **Diâmetro da espiga e do sabugo:** Medido com paquímetro digital;
- c) **Comprimento da espiga:** Medição realizada com régua graduada entre o primeiro e o último grão da fileira mais longa;
- d) **Número de fileiras:** Contagem da quantidade de fileiras da espiga;
- e) **Número de grãos por fileira:** Quantidade de grãos na maior fileira da espiga;
- f) **Peso da espiga com e sem palha:** Pesada em balança analítica, obtendo-se o peso médio.

3.4 Análise estatística

Para os resultados obtidos, foi realizada a análise de variância (ANOVA) e para comparação das médias o teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software ASSISTAT, os gráficos confeccionados no Microsoft Excel e os esquemas de raízes no Paint.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros morfológicos de crescimento da planta indicadora (*Zea mays* L.):

Os genótipos de milho introduzidos recentemente apresentam diversas modificações nos parâmetros morfológicos da planta, como menor estatura e altura de inserção da espiga, menor duração do subperíodo pendramento-espigamento, folhas de angulação mais ereta, elevado potencial produtivo e tolerância ao acamamento (ALMEIDA et al, 2000; ARGENTA et al., 2001a), características essas observadas na cultivar AG 1051.

Porém para que haja melhor desempenho da cultura é necessário além de escolher genótipos adequados às condições edafoclimáticas da região, avaliar o desempenho agrônomo da cultivar. No presente experimento os parâmetros morfológicos avaliados foram: Altura da planta (AP), altura de inserção da espiga (AE), diâmetro do colmo (DC) e número de folhas (NF).

Os resultados das análises de variância mostraram que houve diferença significativa entre os tratamentos para os parâmetros avaliados em função das dosagens de P_2O_5 e da aplicação do calcário dolomítico e gesso agrícola em superfície ou incorporado. Isso se justifica pelo fato de o fósforo se constituir em um dos elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, estando presente em componentes estruturais das células, como nos ácidos nucleicos e fosfolipídios das membranas celulares e também em componentes metabólicos móveis armazenadores de energia, como o ATP (MARTIN et al., 2011). Quanto à forma de aplicação do corretivo e condicionador do solo, destacou-se a que foi realizada em superfície, pois em virtude da alta solubilidade do gesso em relação ao calcário (150 vezes maior) acredita-se que quando aplicado incorporado provocou excesso no carreamento de nutrientes ao longo do perfil (NUERNBERG et al., 2005).

Para o parâmetro altura da planta (Tabela 3), houve um maior incremento com aplicação de calcário e gesso em superfície com 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ aos 30 DAE, no entanto não houve diferença significativa quando se utilizou 60 e 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ aos 75 DAE. De acordo com Guiscern et al (2001), as características fisiológicas e fenológicas se diferenciam (entre 27 a 56 DAE), apresentando aceleração do desenvolvimento até o pendão estar totalmente desenvolvido, período em que ocorre

paralisação do crescimento, já que a planta vai direcionar suas reservas ao desenvolvimento da espiga. Na presente pesquisa essa tendência de paralisação no crescimento pode ser observada a partir dos 60 DAE.

Tabela 3: Médias de altura da planta (AP) com dados coletados aos 30, 45, 60 e 75 dias e de inserção da espiga (AE) com dados coletados aos 75 dias após a emergência (DAE) em milho híbrido AG-1051,. Povoado Santa Tereza, município de Araguatins - TO (2016).

Tratamentos	Altura (cm)				
	Planta (cm)				Espiga (cm)
	30 DAE**	45 DAE**	60 DAE**	75 DAE**	75 DAE**
TA	34,25 fg	95,66 c	169,83 cde	169,84 cde	95,20 ab
TB	59,29 bc	126,16 b	187,75 ab	188,75 ab	98,29 a
TC	64,08 b	147,25 a	186,66 abc	186,66 abc	92,75 ab
TD	72,66 a	156,50 a	198,83 a	198,83 a	97,41 a
TE	62,41 b	149,87 a	180,04 bcd	180,05 bcd	97,87 a
TF	30,91 g	76,33 d	140,83 f	140,83 f	53,33 c
TG	41,25 ef	105,41 c	169,16 de	169,16 de	88,41 ab
TH	42,458 ef	95,08 c	145,16 f	145,16 f	76,79 b
TI	45,16 de	105,83 c	156,54 ef	156,54 ef	80,79 ab
TJ	52,00 cd	132,41 b	177,50 bcd	177,50 bcd	94,00 ab
DMS	8, 56	14, 23	17, 07	17, 89	20, 01
CV%	12,77	9,00	7,50	6,17	17,21

Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **superfície**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TA)** 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (testemunha); **(TB)** 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TC)** 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TD)** 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TE)** 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹. Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **incorporado**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TF)** 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (testemunha); **(TG)** 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TH)** 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TI)** 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TJ)** 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹. *Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% (**) de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV%: coeficiente de variação.

Quanto a relação altura da planta/espiga Casagrande e Fornasiere Filho (2002), explicam que quanto maior a altura de inserção da espiga na planta, maior a predisposição ao acamamento provocando perdas de 5 a 20% da produção mundial, isso ocorre porque a alta relação inserção/estatura pode diminuir o centro de gravidade da planta (REPKE et al., 2012). O híbrido avaliado, além de manter proporcional essa relação é caracterizado como material de porte baixo (altura menor que 2,2 m), o que reduz as perdas por acamamento e quebramento das folhas (CAMPOS et al. 2010).

A altura da planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo são parâmetros que estão interligados, o que corrobora com pesquisas realizadas por

Argenta et al. (2001b). Em relação ao diâmetro do colmo (Tabela 4), não houve diferença significativa quando se utilizou 80, 100 e 120 Kg de P_2O_5 ha^{-1} com aplicações de calcário e gesso em superfície.

Uma outra característica observada em relação ao diâmetro do colmo (Tabela 4) é que em todos os tratamentos houve uma tendência natural de redução a partir de 60 DAE, processo esse que ocorre devido a planta precisar fornecer suporte as folhas e partes florais, além de servir nessa fase como transporte de nutrientes/água e órgão de reserva acumulando sacarose (MAGALHÃES et al., 1995). Posteriormente, durante o período de crescimento intenso dos grãos, se a produção de fotoassimilados for insuficiente para atender a demanda dos grãos, as reservas podem ser remobilizadas e utilizadas como fonte suplementar (ARGENTA et al., 2001b).

Tabela 4: Médias de diâmetro do colmo (DC) em milho híbrido duplo AG-1051, com dados coletados aos 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE). Povoado Santa Tereza, município de Araguatins - TO (2016).

Tratamentos	DC (mm)			
	30 DAE**	45 DAE**	60 DAE**	75 DAE**
TA	12,06 cd	15,75 cde	13,71 de	13,74 cde
TB	15,21 b	16,28 cde	14,25 cde	14,75 bcd
TC	19,37 a	19,12 ab	16,80 ab	16,36 ab
TD	20,99 a	20,44 a	17,25 a	16,79 a
TE	18,86 a	18,08 abc	16,85 ab	15,48 abc
TF	10,02 d	14,10 e	12,62 e	12,76 e
TG	13,89 bc	15,87 cde	13,74 de	13,48 de
TH	13,27 bc	14,76 de	13,41 de	12,90 de
TI	14,72 b	16,84 bcd	14,90 bcd	14,43 bcde
TJ	15,57 b	15,86 cde	16,10 abc	15,81 ab
DMS	2,49	2,52	2,01	1,95
CV%	12,20	11,38	10,11	10,00

Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **superfície**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TA)** 0 Kg de P_2O_5 ha^{-1} (testemunha); **(TB)** 60 Kg de P_2O_5 ha^{-1} ; **(TC)** 80 Kg de P_2O_5 ha^{-1} ; **(TD)** 100 Kg de P_2O_5 ha^{-1} ; **(TE)** 120 Kg de P_2O_5 ha^{-1} . Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **incorporado**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TF)** 0 Kg de P_2O_5 ha^{-1} (testemunha); **(TG)** 60 Kg de P_2O_5 ha^{-1} ; **(TH)** 80 Kg de P_2O_5 ha^{-1} ; **(TI)** 100 Kg de P_2O_5 ha^{-1} ; **(TJ)** 120 Kg de P_2O_5 ha^{-1} . *Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% (**) de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV%: coeficiente de variação.

Quanto ao número de folhas (Tabela 5) houve diferença significativa entre os tratamentos ocorrendo uma tendência de aumento até os 60 dias. Aos 75 dias houve

redução do número de folhas. Isso ocorreu devido a senescência foliar que é um processo natural no ciclo das plantas, sendo a fase final do desenvolvimento de todos os seus órgãos. Ela ocorre durante todo o desenvolvimento da planta e tem início precoce, sendo a taxa de progressão estimulada por limitações hídricas, nutricionais, de manejo da lavoura e fase de desenvolvimento da cultura (STRIEDER, 2006).

Tabela 5: Médias de número de folhas (NF) em milho híbrido AG-1051, com dados coletados 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE). Povoado Santa Tereza, município de Araguatins - TO (2016).

Tratamentos	NF			
	30 DAE**	45 DAE**	60 DAE**	75 DAE**
TA	4,20 c	7,41 de	11,20 bc	8,91 cd
TB	4,37 c	8,79 bc	12,29 ab	10,33 abc
TC	5,33 a	10,83 a	12,75 a	10,66 ab
TD	5,25 ab	10,58 a	12,41 ab	11,58 a
TE	4,95 abc	10,45 a	12,08 ab	10,29 abc
TF	4,50 abc	6,75 e	10,41 c	8,08 d
TG	4,75 abc	8,16 cd	11,50 bc	10,25 abc
TH	4,41 bc	7,29 de	11,37 bc	10,08 abc
TI	4,95 abc	8,54 bcd	12,33 ab	9,62 bc
TJ	4,75 abc	9,75 ab	11,83 ab	9,91 bc
DMS	0,84	1,25	1,21	1,54
CV%	13,35	10,67	7,76	11,68

Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **superfície**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TA)** 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (testemunha); **(TB)** 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TC)** 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TD)** 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TE)** 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹. Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **incorporado**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TF)** 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (testemunha); **(TG)** 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TH)** 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TI)** 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TJ)** 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹. *Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% (**) de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV%: coeficiente de variação.

4.2 Avaliação dos componentes bromatológicos em plantas de milho

O potencial bromatológico de uma cultivar deve ser avaliado porque a relação entre produção de massa verde e massa seca ha⁻¹ são características importantes para a viabilidade econômica de uma forrageira, principalmente quando esta é destinada a produção de silagem (OSVALDO FILHO et al., 2006), uma das indicações para utilização da cultivar AG 1051 (CALONEGO et al., 2011).

Tabela 6: Médias de massa verde total (MVT) em milho híbrido AG-1051, com dados coletados 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE). Povoado Santa Tereza, município de Araguatins - TO (2016).

Tratamentos	MV (Ton. ha ⁻¹)			
	30 DAE **	45 DAE**	60 DAE**	75 DAE**
TA	2,21 e	18,17 abcd	23,28 cd	36,52 abc
TB	4,59 d	19,17 abc	29,52 abc	39,11 ab
TC	10,76 b	23,25 a	32,88 ab	40,31 a
TD	10,60 b	23,29 a	28,56 abcd	40,18 ab
TE	13,98 a	20,19 ab	36,16 a	38,54 abc
TF	3,81 de	12,83 d	23,71 bcd	21,65 d
TG	5,08 cd	17,53 bcd	22,82 cd	28,70 cd
TH	5,21 cd	14,39 cd	22,51 cd	30,90 abcd
TI	7,15 c	19,62 abc	20,14 d	30,09 bcd
TJ	11,14 b	20,05 ab	31,11 abc	33,73 abc
DMS	2,26	5,56	9,31	10,12
CV%	22,77	22,19	25,88	22,41

Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **superfície**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TA)** 0 Kg de P₂O₅ ha⁻¹ (testemunha); **(TB)** 60 Kg de P₂O₅ ha⁻¹; **(TC)** 80 Kg de P₂O₅ ha⁻¹; **(TD)** 100 Kg de P₂O₅ ha⁻¹; **(TE)** 120 Kg de P₂O₅ ha⁻¹. Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **incorporado**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TF)** 0 Kg de P₂O₅ ha⁻¹ (testemunha); **(TG)** 60 Kg de P₂O₅ ha⁻¹; **(TH)** 80 Kg de P₂O₅ ha⁻¹; **(TI)** 100 Kg de P₂O₅ ha⁻¹; **(TJ)** 120 Kg de P₂O₅ ha⁻¹. *Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% (**) de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV%: coeficiente de variação.

De acordo com Osvaldo Filho et al., (2006), quando utilizado para silagem o ideal é que a produção de massa verde seja superior a 40 ton ha⁻¹. Produções inferiores a esse valor são consideradas economicamente inviáveis. Dentre os tratamentos observados na tabela 6 aos 75 dias observa-se que nos tratamentos onde a aplicação de calcário e gesso foi aplicada em superfície não houve diferença significativa, sendo estes considerados os melhores tratamentos quando se faz a relação insumos e produção. Corroborando com esses valores temos os dados de 1ª MS aos 75 DAE, onde não houve diferença significativa na produção de matéria pré-seca (Tabela 7) para os tratamentos onde a aplicação de corretivo e condicionante de solo também foi realizada em superfície.

Tabela 7: Médias de massa pré-seca total (1ª MS) em milho híbrido AG-1051, com dados coletados 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE). Povoado Santa Tereza, município de Araguatins - TO (2016).

Tratamentos	1ª MS (Ton. ha ⁻¹)			
	30 DAE**	45 DAE**	60 DAE**	75 DAE**
TA	0,26 f	2,97 abc	4,85 def	10,34 ab
TB	0,59 ef	3,00 abc	6,78 abc	11,24 a
TC	1,91 b	3,75 a	7,47 ab	9,72 abc
TD	1,99 b	3,62 a	5,98 bcde	11,25 a
TE	2,54 a	3,67 a	8,02 a	9,33 abc
TF	0,80 cde	1,75 d	5,54 cdef	5,71 d
TG	0,75 de	2,63 bc	4,26 ef	7,90 bcd
TH	1,09 cd	2,25 cd	3,73 f	8,55 bc
TI	1,23 c	3,81 a	4,76 def	8,48 bc
TJ	2,34 ab	3,34 ab	6,63 abcd	7,63 cd
DMS	0,43	0,87	1,90	2,60
CV%	24,08	21,41	24,62	21,69

Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **superfície**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TA)** 0 Kg de P₂O₅ ha⁻¹ (testemunha); **(TB)** 60 Kg de P₂O₅ ha⁻¹; **(TC)** 80 Kg de P₂O₅ ha⁻¹; **(TD)** 100 Kg de P₂O₅ ha⁻¹; **(TE)** 120 Kg de P₂O₅ ha⁻¹. Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **incorporado**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TF)** 0 Kg de P₂O₅ ha⁻¹ (testemunha); **(TG)** 60 Kg de P₂O₅ ha⁻¹; **(TH)** 80 Kg de P₂O₅ ha⁻¹; **(TI)** 100 Kg de P₂O₅ ha⁻¹; **(TJ)** 120 Kg de P₂O₅ ha⁻¹. *Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% (**) de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV%: coeficiente de variação.

4.3 Análise de qualidade da espiga de *Zea mays* L.

Para produção e comercialização de milho verde objetiva-se uma produção com elevada porcentagem de espigas comerciais (maiores que 15 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro), sabugo fino e claro, sem falhas de granação, espigas bem empalhadas, alta produção de massa, grãos dentados amarelos e uniformes (CARDOSO et al., 2011; AGRIC, 2016). Para avaliação desses atributos foram analisados os seguintes parâmetros: peso de espiga com palha (PEc/P) e sem palha (PEs/P), diâmetro da espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), número de grãos por fileira (NGF), comprimento da espiga (CE), massa de 100 grãos (M100G) e número de espigas por hectare.

Para empalhamento, observa-se na figura 3 que em todos os tratamentos a relação entre o peso das espigas com palha e sem palha é semelhante, com o peso da palha correspondendo a cerca de 27 a 30% do total da espiga. Esses valores

corroboram com os dados de pesquisas realizadas com diversas cultivares de milho verde, como: AG 1051, AG 4051, BRS 1040, BM 3061, BR 106 e Cativerde 02, onde observou-se que a maior produtividade de espiga verde empalhada e despalhada foi observada na cultivar AG 1051, com peso de palha em torno de 30% (CARDOSO et al., 2011). Esse empalhamento é benéfico por deixar o produto menos susceptível ao ataque de pragas, além de auxiliar na sua conservação (ALBUQUERQUE et al., 2008; CARDOSO et al., 2011).

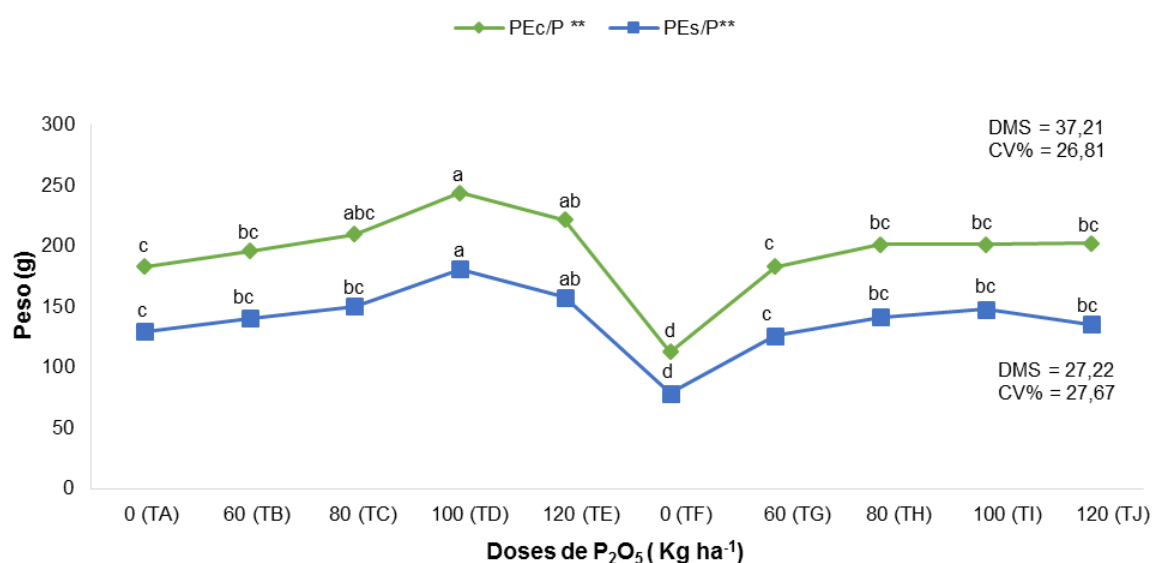


Figura 3: Médias de peso da espiga com palha (PEC/P) e peso da espiga sem palha (PEs/P) em milho híbrido AG-1051, com dados coletados aos 75 dias após a emergência (DAE). Povoado Santa Tereza, município de Araguatins - TO (2016). * Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **superfície**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TA)** 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (testemunha); **(TB)** 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TC)** 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TD)** 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TE)** 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹. Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **incorporado**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TF)** 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (testemunha); **(TG)** 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TH)** 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TI)** 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TJ)** 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹. *Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% (**) de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV%: coeficiente de variação.

Em relação ao diâmetro, de acordo com Cardoso et al. (2011), para a espiga alcançar valor comercial deve apresentar diâmetro acima de 30mm com sabugo fino para que haja maior quantidade de grãos a serem consumidos. Na figura 4, os melhores tratamentos para diâmetro da espiga foram com aplicação de calcário dolomítico e gesso agrícola em superfície, porém para esses mesmos tratamentos em relação ao diâmetro do sabugo, só houve diferença significativa para o tratamento testemunha com 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹.

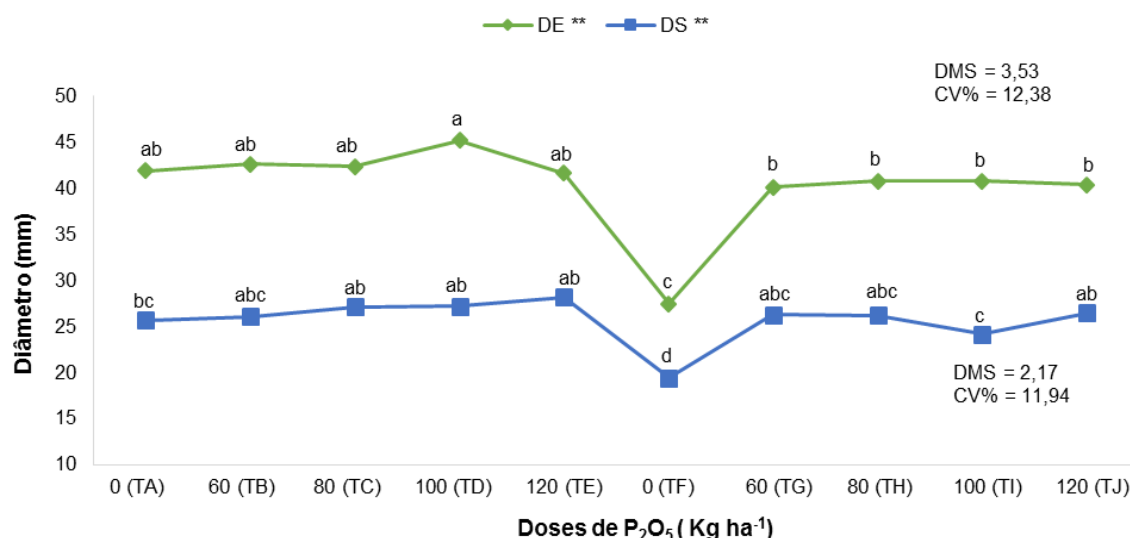


Figura 4: Médias de diâmetro da espiga (DE) e diâmetro do sabugo (DS) em milho híbrido AG-1051, com dados coletados aos 75 dias após a emergência (DAE). Povoado Santa Tereza, município de Araguatins - TO (2016). * Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **superfície**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TA)** 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (testemunha); **(TB)** 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TC)** 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TD)** 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TE)** 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹. Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **incorporado**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TF)** 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (testemunha); **(TG)** 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TH)** 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TI)** 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TJ)** 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹. *Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% (**) de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV%: coeficiente de variação.

Quanto ao número de fileiras por espiga (Tabela 8) observa-se que só houve diferença significativa quando o calcário e o gesso foram aplicados em incorporados com 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹, correspondendo a 9,85 fileiras por espiga. Segundo Marchão et al. (2005), isso ocorre porque a produção é definida, ainda, no primeiro estágio de desenvolvimento, início do processo de diferenciação floral e formação dos primórdios da panícula e da espiga, período em que não há grande exigência por nutrientes. Essa diferença se justifica pela alta taxa de esterilidade das plantas nas parcelas. O que determina a formação da espiga, posteriormente, é a taxa de incidência de radiação solar, nutrientes e água, sendo que a deficiência desses elementos em conjunto ou isolados promove um incremento na taxa de esterilidade, decréscimo do número de grãos por espigas e da massa dos grãos (MARCHÃO, 2005 *apud* SANGOI, 2001).

Na tabela 8, para comprimento da espiga (CE), não houve diferença significativa entre os tratamentos que possuem a sequência de maiores dosagens de P_2O_5 com 80, 100 e 120 Kg ha⁻¹, aplicando-se calcário e gesso tanto em superfície quanto

incorporado. Complementando esse parâmetro temos os valores de massa de 100 grãos que combinado ao anterior (CE) são essenciais do ponto de vista comercial do produto, por serem interdependentes (ALBUQUERQUE et al., 2008; AGRIC, 2016).

Tabela 8: Médias de N° de fileiras de grãos (NFG), comprimento de espiga (CE) e massa de 100 grãos (M100G) em milho híbrido AG-1051, com dados coletados 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE). Povoado Santa Tereza, município de Araguaatins - TO (2016).

Tratamentos	NFG **	CE (cm) **	M100G (g) **
TA	13,45 a	11,97 c	31,48 bc
TB	13,25 a	12,41 bc	31,19 bc
TC	13,05 a	13,22 abc	33,90 a
TD	13,30 a	14,32 a	33,85 a
TE	13,11 a	14,83 a	33,46 ab
TF	9,85 b	9,27 d	21,35 e
TG	13,20 a	12,25 bc	29,63 c
TH	12,83 a	13,62 ab	30,90 c
TI	12,73 a	13,72 ab	29,80 c
TJ	13,80 a	13,07abc	29,43 c
DMS	1,1773	1,4784	2,31
CV%	12,93	16,35	5,77

Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **superfície**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TA)** 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (testemunha); **(TB)** 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TC)** 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TD)** 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TE)** 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹. Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **incorporado**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TF)** 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (testemunha); **(TG)** 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TH)** 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TI)** 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TJ)** 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹. *Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% (**) de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV%: coeficiente de variação.

Quanto a qualidade da espiga, avaliando-se todos os parâmetros considera-se como o melhor tratamento a dosagem de P_2O_5 de 100 Kg ha⁻¹ com aplicações de corretivos em superfície, havendo uma tendência crescente em função das dosagens de fósforo. Isso se justifica por esse ser um nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo o mais exportado, especialmente via grãos, com remoção de cerca de 89% do total absorvido pela planta (MARTIN et al., 2011). Porém o excesso de nutrientes provoca queda de produtividade, poluição ambiental e gastos desnecessários tornando a atividade inviável.

4.4 Análises do desenvolvimento radicular em plantas de *Zea mays* L. submetidos a diferentes tratamentos

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o solo utilizado no experimento foi Neossolo Quartzarênico Órtico Típico (SANTOS et al., 2006). Esta classe de solos ocorre em relevos suavizados, apresentando textura arenosa ao longo do perfil com baixa coesão entre as partículas e susceptibilidade a erosão elevada. Por serem profundos não existe limitação física para desenvolvimento radicular em profundidade, porém o que limita esse desenvolvimento é a presença de caráter álico ou distrófico, associado a baixa retenção de água e nutrientes (EMBRAPA, 2016).

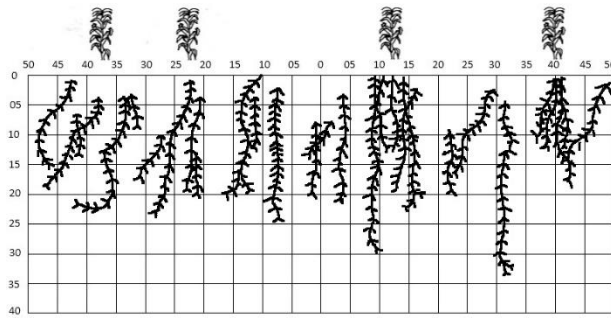
Analizando o desenvolvimento radicular para a cultura do milho no presente experimento, observa-se que a distribuição das raízes (Figura 5), nos tratamentos em que houve aplicação calcário dolomítico e gesso agrícola incorporado em alguns casos alcançaram maiores profundidades, porém o que se destaca é a maior quantidade e melhor distribuição das raízes nos tratamentos com aplicação em superfície em função da mesma dosagem de P_2O_5 .

A profundidade do sistema radicular do milho é variável em função do ambiente de crescimento, mas normalmente se desenvolvem de 1,2 a 1,5 m de profundidade, com 60 a 80% das raízes nos primeiros 30 cm do solo (RHOADS e BENNET, 1990). No presente trabalho a profundidade do sistema radicular na maioria dos tratamentos foram superiores a 30 cm. Respostas semelhantes foram encontradas por Albuquerque e Resende (2002), que afirmaram que essa profundidade pode variar chegando a 50 cm. Profundidade efetiva do sistema radicular é a profundidade do solo onde se concentra maior volume de raízes, que é útil para determinar a lâmina d'água no solo que pode estar disponível para as plantas (EMBRAPA, 2009).

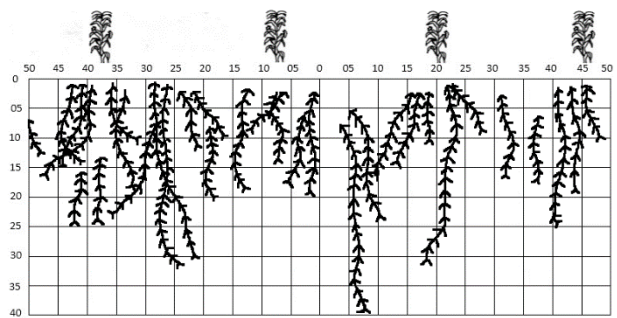
Segundo Nuernberg et al. (2005), a aplicação do gesso apresenta melhor resposta sob condições de deficiência hídrica, sendo refletida no maior crescimento radicular, fato esse que pode ser verificado na figura 2, pois houve um “veranico” no período de 07 a 22/02/2016. Quanto a quantidade e distribuição das raízes acredita-se que em virtude da alta solubilidade do gesso, quando sua aplicação foi realizada de forma incorporada houve carreamento excessivo de nutrientes prejudicando o processo de formação das raízes. Dessa forma, os efeitos positivos da aplicação do

gesso em superfície nas condições de solo e clima estudados são indicativos de que o seu emprego pode também constituir boa alternativa para a melhoria do ambiente radicular em sistemas de cultivo que não envolvem o preparo do solo.

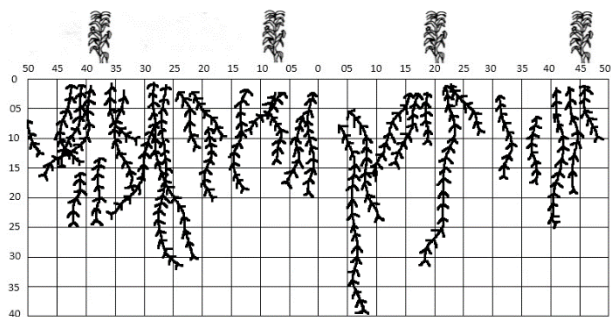
TA (superfície): 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹



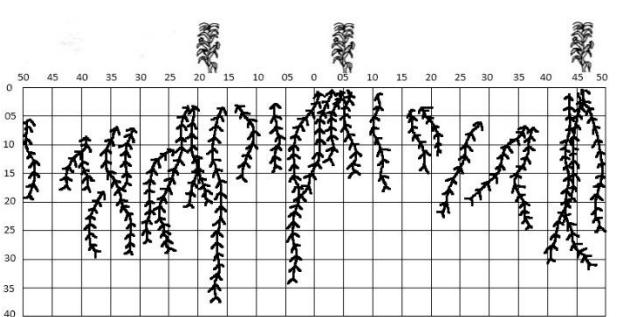
TF (incorporado): 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹



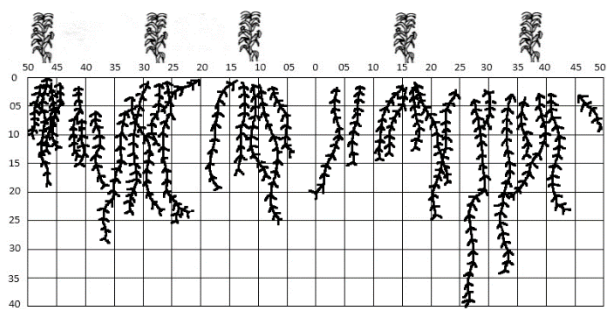
TB (superfície): 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹



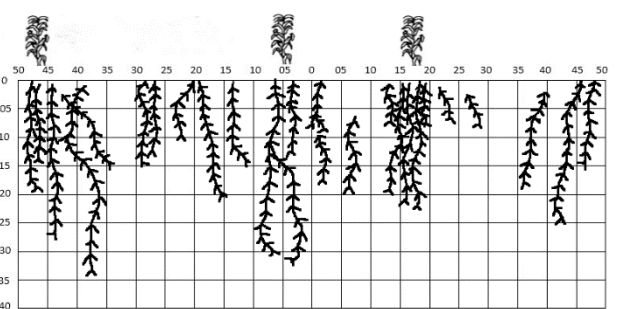
TG (incorporado): 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹



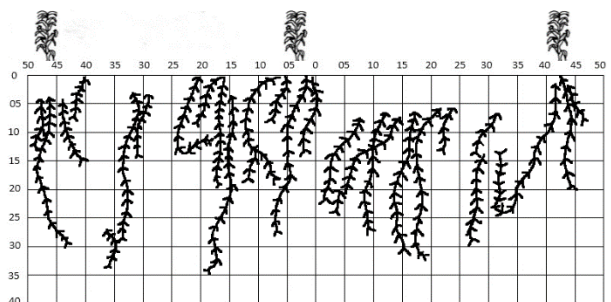
TC (superfície): 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹



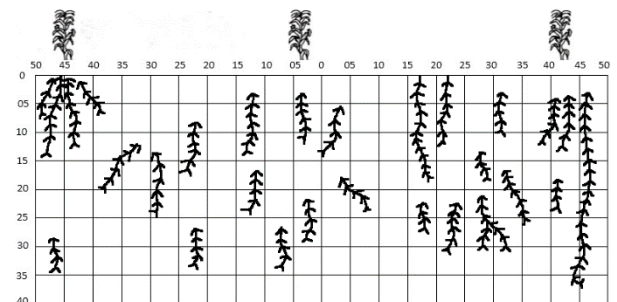
TH (incorporado): 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹



TD (superfície): 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹



TI (incorporado): 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹



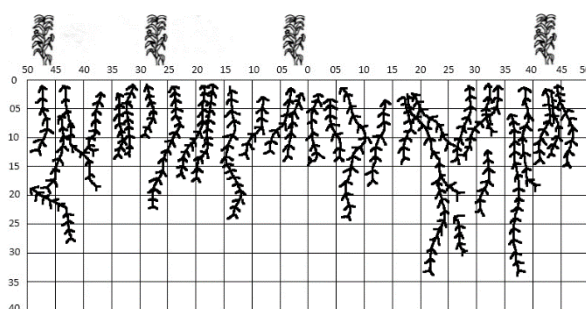
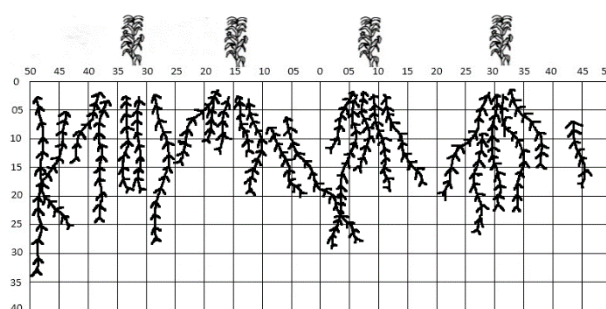
TE (superfície): 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹**TJ (incorporado): 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹**

Figura 5: Desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*), com aplicação de calcário dolomítico e gesso agrícola em superfície (à esquerda) e incorporado (à esquerda) e diferentes dosagens de P_2O_5 . Povoado Santa Tereza, município de Araguatins - TO (2016). * Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **superfície**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TA)** 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (testemunha); **(TB)** 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TC)** 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TD)** 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TE)** 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (à esquerda Tratamentos com aplicação de gesso agrícola e calcário dolomítico em **incorporados**, respectivamente, aos 30 e 45 DAS, com diferentes dosagens de fósforo: **(TF)** 0 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (testemunha); **(TG)** 60 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TH)** 80 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TI)** 100 Kg de P_2O_5 ha⁻¹; **(TJ)** 120 Kg de P_2O_5 ha⁻¹ (à direita).

Outra explicação para o aumento do volume de raiz em função da dosagem de P_2O_5 é que o crescimento do sistema radicular é influenciado pelo fósforo, mostrando efeitos positivos sobre o desenvolvimento do sistema radicular de plantas de milho. O fósforo tem participação no crescimento do sistema radicular porque todos os processos metabólicos da planta que envolvam gasto de energia esse elemento está presente como integrante da molécula do ATP (BULL e CANTARELA, 1993). Isso justifica o fato de que os tratamentos em que o comprimento associado a maior volume e melhor conformação de raízes foram os mesmos que tiveram um melhor desenvolvimento morfológico, bromatológico e produtivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições de solo e clima estudados conclui-se que a forma de aplicação associada às dosagens de P_2O_5 promoveram incrementos nas características morfogênicas, bromatológicas e de qualidade da espiga de *Zea mays*. Assim, analisando as interações entre formas de aplicação x dosagens de P_2O_5 , de acordo com os parâmetros avaliados na planta indicadora, considera-se como o tratamento mais eficiente a utilização de 100 Kg P_2O_5 ha⁻¹ com aplicação de calcário e gesso em superfície.

Quanto ao desenvolvimento do sistema radicular observou-se que nos tratamentos em que as aplicações de calcário dolomítico e gesso agrícola foram

realizadas em superfície houve maior volume e/ou melhor conformação de raízes, sendo compatíveis com os melhores resultados para dosagens de P_2O_5 , indicando que a utilização dessa forma de aplicação é uma excelente alternativa para a melhoria de produtividade em sistemas de cultivo que não envolvam o preparo do solo.

REFERÊNCIAS

- AGRIC. **Cultivo do milho verde**, 2016. Disponível em: <http://www.agric.com.br/producoes/milho_verde.html>. Acesso: 20 de agosto de 2016.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINTO, R. G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Biosci. J.** Uberlândia, v. 24, p. 69-76, 2008.
- ALBUQUERQUE, P. E. P.; RESENDE, M. **Cultivo de milho: Manejo de irrigação**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo (Comunicado Técnico, 47), 2002.
- ALMEIDA, M. L.; MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F. **Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento**. Ciência Rural, 2000.
- ALVAREZ V., V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, A.C.; SOUZA, R.B. **Uso de gesso agrícola**. In: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação/ Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., editores. Viçosa - MG, cap. 10, p. 67-78, 1999.
- ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. **Calagem**. In: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação/ Antônio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., editores. Viçosa - MG, cap. 8, p. 43-60, 1999.
- ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T.: **Fósforo**. In: **Nutrição mineral de plantas /** Manlio Silvestre Fernandes, editor. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, cap.10, 2006.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; VASCO NETO, B. **Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 36, n. 1, p. 71-78, jan. 2001a.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. **Arranjo de plantas em milho: análise do estado da arte**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 31, n. 5, p. 1075-1084, 2001b.
- ASSISTAT Versão 7.6 beta (2013) - Homepage <<http://www.assistat.com>> Por Francisco de A. S.; Silva DEAG-CTRN-UFCG – Atualização 01/08/2016.
- BORÉM, A.; GIÚDÍCE, M.P. del. **Cultivares transgênicos**. In: Tecnologia de produção do milho/ João Carlos Cardoso Galvão, Glauco Vieira Miranda. Editores. Viçosa-MG, cap. 3, p. 85-108, 2008.
- BULL, L. T.; CANTARELA H. **Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, p. 63-145, 1993.
- CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na

superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 22, p. 27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, e em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 23, p. 315-327, 1999.

CAIRES, E.F.; KUSMAN, G.B.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gessagem. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n. 28, p. 125-136, 2004.

CALONEGO, J.C.; POLETO, L.C.; DOMINGUES, F.N.; TIRITAN, C.S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Revista Agrarian**. Dourados, v.4, n.12, p. 84-90, 2011.

CAMPOS, F.P. de; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de Análise de Alimentos**. FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS LUIZ DE QUEIROZ – FEALQ, Piracicaba-MG, 2004.

CAMPOS, M. C.C.; SILVA, V. A.; CAVALCANTE, I. H. L.; BECKMANN, M. Z. Produtividade e características agronômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no Estado de Goiás. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambiental**. Curitiba, v.8, n.1, 2010.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. **Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho**. In: Tecnologia de produção do milho/ João Carlos Cardoso Galvão, Glaucio Vieira Miranda. Editores. Viçosa-MG, cap.5, p.139-182, 2008.

CARDOSO, M.J.; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F.B. **Performance de cultivares de Milho-Verde no Município de Teresina, Piauí**. Comunicado Técnico. ISSN 0104-7647. Dez.,2011.

CARVALHO, M.C.S.; RAIJ, B.V. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. *Plant Soil*, n. 192, p. 37-48, 1997.

CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. **Adubação nitrogenada do milho safrinha**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, n.1, p.33-40, 2002.

COELHO, A. M. **Nutrição e Adubação do Milho**. Circular Técnica 78. Ministério da Cultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), ISSN 1679-1150, Sete Lagoas - MG. Dez. 2006.

EMBRAPA, 2016. **Neossolos Quartzarênicos**. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqtarta66.html>, acesso em 18 de agosto de 2016.

EMBRAPA. Cultivo do milho: Glossário. **Sistemas de Produção**. Revista Eletrônica – 5ª ed. Set., 2009. Disponível em: <www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/glossario.htm>, acesso em 19 de agosto de 2016.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

FIESP – Federação das Indústrias de São Paulo (2017). **Safra Mundial de Milho 2016/17 – 10º Levantamento da UDSA**. Disponível em: <http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2017/02/boletim_milho_fevereiro2017.pdf>, acesso em 03 de abril de 2017.

FOLONI, J.S.S.; SANTOS, D.H.; CRESTE, J.E.; SALVADOR, J.P. **Resposta do feijoeiro e fertilidade do solo em função de altas doses de calcário em interação com a gessagem**. Colloquium Agrariae, v. 4, n. 2, p. 27-35, dez/2008.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (POTAFOS). Informações Agronômicas Nº 95, set., 2001.

GUIMARÃES, P. S. **Desempenho de híbridos simples de milho (*Zea mays* L.) e correlação entre heterose e divergência genética entre as linhagens parentais**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, 2007.

GUISCERN, J. M.; SANS, L. M. A.; NAKAGAWA, J. J.; CRUZ, C.; ISRAEL FILHO, A. P.; MATEUS, G. P. Crescimento e desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays*, L.) em semeadura tardia e sua relação com graus-dia e radiação solar global. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Mana, Y. 9, n. 2, p. 251-260, 2001.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), 2016. Disponível em: <<http://sisdagro.inmet.gov.br:8080/sisdagro/app/monitoramento/bhc>>, acesso em 29 de julho de 2016.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L.R.G. **Fertilidade do solo: Fertilidade do solo e produtividade agrícola**/ Roberto Ferreira Novaes ... [et al.], editores. Viçosa - MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

MAGALHÃES, P.C. **Fisiologia da produção**. In: Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Embrapa Informação Tecnológica (Coleção 500 perguntas, 500 respostas), Brasília – DF, cap.2, p.27-36, 2011.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; CARNEIRO, N.P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. EMBRAPA-CNPMS, Circular Técnica, n. 22, ISSN: 1679-1150, Sete Lagoas – MG, 2002.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃO, F.O.M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**., Sete Lagoas: EMBRAPA, (Circular técnica, nº 20), 1995.

MARCHÃO, R., L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. **Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob**

espaçamento reduzido entre linhas. Pesquisa Agropecuária Tropical, 35 (2): 93-101, 2005.

MARCHÃO, R., L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. *apud* SANGOI (2001). **Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas.** Pesquisa Agropecuária Tropical, 35 (2): 93-101, 2005.

MARTIN, T. N.; PAVINATO, P. S.; SILVA, M. R.; ORTIZ, S.; BERTONCELI, P. **Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas.** Anais do IV Simpósio: Produção e Utilização de Forragens Conservadas, Maringá, p. 173-219, 2011.

NETO, M. S.; PICCOLO, M. de C.; Scopel, E.; COSTA JUNIOR, C. da; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. **Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado.** Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 31, n. 4, 2009.

NOGUEIRA NETTO, V.S. **Impactos do Mercosul na produção e comercialização do milho e da soja na Região Centro-Oeste.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. **Fósforo.** In: Fertilidade do solo/Roberto Ferreira Novais, Victor Hugo V. [et al.], editores. Viçosa - MG, cap. 8, p. 471-550, 2007.

NUERNBERG, N. J.; RECH, D. T.; BASSO, C. **Usos do gesso agrícola.** Epagri: Boletim Técnico, 122. 2.ed. Florianópolis, 2005.

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**, v. 21, n. 1, p. 65-70, 2012.

OLIVEIRA, P.S.R.; FITTIPALDI, W.L.S.L.; OLIVEIRA JÚNIOR, P.R.; GUALBERTO, R.; GUIMARÃES, A.M. **Efeitos de tipos de preparo do solo e uso de gesso agrícola sobre as características químicas e produtividade de milho e braquiária em cultivo consorciado,** p. 53-65, 2005.

OSVALDO FILHO, R.; FRANÇA, A. F. S.; OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, E. R.; ROSA, B.; SOARES, T. V.; MELLO, S. Q. S. **Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorgum bicolor* (L.) Moench) submetidos a três doses de nitrogênio.** Ciência Animal Brasileira. Goiânia, v.7, n.1, p. 37-48, jan./mar. 2006.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e aumento do rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas.** Ano de Obtenção: 2003. 90 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2003.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, Boletim Técnico, 2.ed., n. 100, p. 285, 1997.

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; MARTINS, M. B.; SENNA, M. S.; FELIPE, J. S.; DUARTE, A. D.; BICUDO, S. J. **Altura de planta, altura de inserção de espigas e número de plantas acamadas de cinco híbridos de milho**. XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Águas de Lindóia. Agosto, 2012.

RHOADS, F.M.; BENNETT, J.M. Corn. In: STEWART, B.A; NIELSEN, D.R. (Ed). **Irrigation of agricultural crops**. Madison: American Society of Agronomy, 1990.

ROLIM NETO, F.C.; SCHAEFER, C.E.G.R.; COSTA, L.M.; CORRÊA, M.M.; FERNANDES FILHO, E.I.; IBRAIMO, M.M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto do Parnaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. 2004.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª ed., EMBRAPA SOLOS, Rio de Janeiro – RJ, 2006.

SARMENTO, P.; CORSI, M.; CAMPOS, F.P. **Resposta da alfafa a fontes de fósforo associadas ao gesso e a calagem**. Scientia Agrícola, v. 58, p. 381-390, abr./jun., 2001.

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes/Embrapa solos**. Embrapa Informática agropecuária – Brasília, 1999.

SILVA, J. P. da. **Desempenho de genótipos alagoanos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes densidades de semeadura**. (Dissertação de Mestrado: Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo - AL, 2012.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHER, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 24:191-199, 2000.

SILVA, W.; PATERNIANI, E.; SOLOGUREN, L. CIERO, L. **Guia do Milho: Tecnologia do Campo a Mesa**. Conselho de Informação sobre Biotecnologia. Jul., 2006.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Atribuições químicas do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n. 32, p. 675-688, 2008.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. **Uso de Gesso agrícola nos Solos de Cerrado**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, Circular Técnica 32, ISSN 1517-0187, jan. 2005.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. **Acidez do solo e sua correção, Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa – MG, p. 205-274, 2007.

STRIEDER, M. L. **Resposta do milho à redução do espaçamento entrelinhas em diferentes sistemas de manejo**. 2006, 88p, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; DOS ANJOS, L.H.C. **Adsorção de fósforos em solos de argila de baixa atividade**. Bragantia, 2003.

VANCE, C.P.; UHDE-STONE, C.; ALLEN, D.L. **Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource**. New Phytol., n. 157, p. 423-447, 2003.

VELHO, J.; GOMES, C.; ROMARIZ, C. **Minerais Industriais**. Universidade de Aveiro, 1998.

VITTI, G.C. **Uso eficiente do gesso agrícola na agropecuária**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2000.

WHITE, R.E. **Princípios e práticas da Ciência do Solo: o Solo como um recurso natural**. 4ª Edição. Editora Andrei, 2009.