



**Universidade Federal do Tocantins
Campus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

ÂNGELA FRANCIELY MACHADO

**DISSOLUÇÃO, DOSES DE CALCÁRIO, MÉTODOS E
DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES EM CINCO SOLOS DO
TOCANTINS**

**GURUPI - TO
2017**



**Universidade Federal do Tocantins
Campus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

ÂNGELA FRANCIELY MACHADO

**DISSOLUÇÃO, DOSES DE CALCÁRIO, MÉTODOS E
DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES EM CINCO SOLOS DO
TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Ribeiro da Silva

**GURUPI - TO
2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

M149d Machado, Ângela Franciely.
Dissolução, Doses de Calcário, Métodos e Disponibilidade de Nutrientes em Cinco Solos do Tocantins. / Ângela Franciely Machado. – Gurupi, TO, 2017.
61 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Produção Vegetal, 2017.

Orientador: Rubens Ribeiro da Silva

1. Latossolo. 2. Neossolo. 3. Plintossolo. 4. Calagem. I. Título

CDD 635

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



Universidade Federal do Tocantins
Campus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

ATA nº 2/2017

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE ÂNGELA
FRANCIELY MACHADO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PRODUÇÃO VEGETAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS**

Aos 24 dias do mês de fevereiro do ano de 2017, às 09:00 horas, na Sala 04 do Bloco B, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador **Dr. Rubens Ribeiro da Silva** do Campus Universitário de Gurupi/ Universidade Federal do Tocantins, **Dr. Leandro Bortolon** da Embrapa, Prof. **Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis** do Campus Universitário de Gurupi/ Universidade Federal do Tocantins, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de Ângela Franciely Machado intitulada "**DISSOLUÇÃO, DOSES DE CALCÁRIO, MÉTODOS E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES EM CINCO SOLOS DO TOCANTINS**". Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, habilitando-a ao título de Mestre em Produção Vegetal.

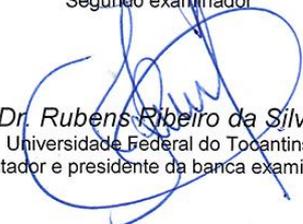
Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Dr. Leandro Bortolon
Primeiro examinador



Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis
Segundo examinador



Dr. Rubens Ribeiro da Silva
Universidade Federal do Tocantins
Orientador e presidente da banca examinadora

Gurupi, 24 de fevereiro de 2017.



Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

À minha mãe e irmã, razões pela qual encontro forças para não desistir.
DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus e à Nossa Senhora, pelo amparo, cuidado e misericórdia sempre.

Aos meus pais pelo dom da vida.

À minha mãe, Maria Luciene, e à minha irmã, Any Micaely, por abrirem mão da presença constante, mas sempre dando o apoio e suporte necessários para cumprir cada etapa de crescimento.

Ao meu cunhado, Hiago, e à tia Zenaide e Tianinha por cuidarem das minhas pequenas, mãe e Mi, o que me tranquiliza para continuar cada jornada.

Aos meus encontros de alma, pessoas que Gurupi me deu e que sem eles seria impossível viver: Luana Milhomem (Perua), Guilherme Nunes, Aldenis Cavalcante, Luziana Gama e suas famílias.

À eterna família Venâncio, pelos anos de convivência e companheirismo: Adriana, Danilo, Eliete, Yasmin, Sara, Walberisa, Suelen.

Aos lindos do meu coração pela amizade e carinho: Rosana, Michelle Cristina, Fernanda, Claudineis, Levy, Walmíria, Thayrine.

Aos frutos que o Amazon Soil me deu, Rodrigo Prieto e Rodrigo Tavares, pela amizade e cumplicidade.

Aos meus colegas de UFT pela ajuda e amizade: Jaci, Túlio e Cidinha.

Ao meu orientador, Rubens, a quem eu devo tanto, pela orientação, cuidado e paciência nesse caminho.

Aos meus colegas de Grupo NERO, cada um participou de uma forma tão única de cada etapa. Evandro, que não mediu esforços para que cada análise laboratorial e incubação fosse cumprida; Álvaro, Rubson, Jefferson e Índio que ajudaram desde a escolha dos solos até a coleta; Lara, Tayná e Gilson Alexandrino nas análises iniciais; Antonio, que ajudou desde os estudos para o processo seletivo até as revisões finais. E todos que de uma forma ou outra participaram dessa etapa: Moisés, Robson, Gilson, Eduardo, Hugo.

Aos motoristas, João e Janiere, que tiveram participação importante na coleta dos solos. E à EMBRAPA por ceder os solos mais distantes.

Aos meus colegas de estudo que o PPGPV me presenteou: Horrana, Wilma.

Aos professores do PPGPV, de modo especial ao professor Rodrigo Fidelis pela generosa acolhida.

À Universidade Federal do Tocantins pela realização desse trabalho.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	8
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	9
CAPÍTULO 1	10
INTRODUÇÃO	12
MATERIAL E MÉTODOS	14
RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
CONCLUSÕES.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
CAPÍTULO 2	33
INTRODUÇÃO	35
MATERIAL E MÉTODOS	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
CAPÍTULO 3	48
INTRODUÇÃO	50
MATERIAL E MÉTODOS	51
RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. pH em H ₂ O (A) e pH em CaCl ₂ (B) de um Plintossolo Pétrico em função de doses do corretivo de acidez PA no período de incubação de 15 e 60 dias. Buritirana TO, 2017.....	17
Figura 2. Teores de Al (A), H+Al (B), Ca (C) e Mg (D) de um Plintossolo Pétrico em função das doses do corretivo de acidez PA no período de incubação de 15 e 60 dias. Buritirana TO, 2017.....	19
Figura 3. pH em H ₂ O (A) e pH em CaCl ₂ (B) de um Latossolo Vermelho em função de doses do corretivo de acidez PA no período de incubação de 15 e 60 dias. Buritirana TO, 2017.....	20
Figura 4. Teores de Al (A), H+Al (B), Ca (C) e Mg (D) de um Latossolo Vermelho em função das doses do corretivo de acidez PA no período de incubação de 15 e 60 dias. Buritirana TO, 2017.....	21
Figura 5. pH em H ₂ O (A) e pH em CaCl ₂ (B) de um Latossolo Vermelho-Amarelo em função de doses do corretivo de acidez PA no período de incubação de 15 e 60 dias. Gurupi TO, 2017.	23
Figura 6. Teores de Al (A), H+Al (B), Ca (C) e Mg (D) de um Latossolo Vermelho-Amarelo em função das doses do corretivo de acidez no período de incubação de 15 e 60 dias. Gurupi TO, 2017.....	24
Figura 7. pH em H ₂ O (A) e pH em CaCl ₂ (B) de um Neossolo Quartzarenico da região norte do Tocantins (Guaraí) em função de doses do corretivo de acidez PA no período de incubação de 15 e 60 dias. Guaraí TO, 2017.....	26
Figura 8. Teores de Al (A), H+Al (B), Ca (C) e Mg (D) de um Neossolo Quartzarenico da região norte do Tocantins (Guaraí), em função das doses do corretivo de acidez no período de incubação de 15 e 60 dias. Guaraí TO, 2017.....	27
Figura 9. pH em H ₂ O (A) e pH em CaCl ₂ (B) de um Neossolo Quartzarenico da região sul do Tocantins (Gurupi) em função de doses do corretivo de acidez PA no período de incubação de 15 e 60 dias. Gurupi TO, 2017.	28

Figura 10. Teores de Al (A), H+Al (B), Ca (C) e Mg (D) de um Neossolo Quartzarenico da região sul do Tocantins em função das doses do corretivo de acidez no período de incubação de 15 e 60 dias. Gurupi TO, 2017

..... 29

CAPÍTULO 2

Figura 1. pH em H₂O (A) e pH em CaCl₂ (B) do Plintossolo Pétrico (Buritirana), Latossolo Vermelho (Buritirana), Latossolo Vermelho-Amarelo (Gurupi), Neossolo Quartzarenico¹ (Guaraí), Neossolo Quartzarenico² (Gurupi) ao final dos 60 dias de incubação em função das doses crescentes do corretivo de acidez PA. Gurupi TO, 2017.....

42

Figura 2. Teores de Al (A), H+Al (B), Ca (C) e Mg (D) do Plintossolo Pétrico (Buritirana), Latossolo Vermelho (Buritirana), Latossolo Vermelho-Amarelo (Gurupi), Neossolo Quartzarenico¹ (Guaraí), Neossolo Quartzarenico² (Gurupi) ao final dos 60 dias de incubação em função das doses crescentes do corretivo de acidez. Gurupi TO, 2017.....

43

Figura 3. Teores de Boro (A) e Manganês (B) do Plintossolo Pétrico (Buritirana), Latossolo Vermelho (Buritirana), Latossolo Vermelho-Amarelo (Gurupi), Neossolo Quartzarenico¹ (Guaraí), Neossolo Quartzarenico² (Gurupi) ao final dos 60 dias de incubação em função das doses crescentes do corretivo de acidez PA. Gurupi TO, 2017.....

44

Figura 4. Teores de Fósforo (A) e Potássio (B) dos solos Plintossolo Pétrico (Buritirana), Latossolo Vermelho (Buritirana), Latossolo Vermelho-Amarelo (Gurupi), Neossolo Quartzarenico¹ (Guaraí), Neossolo Quartzarenico² (Gurupi) ao final dos 60 dias de incubação em função das doses crescentes do corretivo de acidez PA. Gurupi TO, 2017.....

45

LISTA DE TABELA

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Classes e localização geográfica dos solos usados na incubação com diferentes doses e tempo de reação do corretivo de acidez. Gurupi – TO, 2017.....	14
Tabela 2. Caracterização química e física dos solos originais utilizados na incubação com doses e tempos de reação do corretivo de acidez do solo. Gurupi – TO, 2017.....	15

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Caracterização química e física dos solos originais utilizados na incubação com doses e tempo de reação de corretivo de acidez do solo. Gurupi – TO, 2017.....	37
---	----

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Caracterização química e física dos solos originais utilizados na incubação com doses e tempo de reação de corretivo de acidez do solo. Gurupi – TO, 2017.....	52
Tabela 2. Equações das curvas de incubação para pH, Ca+Mg e V% na calibração dos métodos de recomendação para cinco solos do Tocantins para atingir pH 6,0. Gurupi - TO, 2017	54
Tabela 3. Recomendação de calagem visando a construção da fertilidade para o cultivo da soja em cinco solos do Tocantins pelos métodos da incubação, da neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio e pelo da saturação por bases. Gurupi – TO, 2017	57

INTRODUÇÃO GERAL

Com uma área de 2,04 milhões de hectares, aproximadamente 24% do território nacional, o Cerrado é o segundo maior bioma Brasileiro (PEREIRA & SANTOS, 2015). O bioma Cerrado domina aproximadamente 90% do território do estado do Tocantins (TOCANTINS, 2010).

Devido às características climáticas, material de origem e ao alto intemperismo, os solos do Cerrado, são intensamente lixiviados e com baixa fertilidade natural (WATANABE et al., 2005). Os principais solos de ocorrência no estado do Tocantins são das classes Plintossolos (23%), Latossolos (22%) e Neossolos Quartzarenicos (19%) (IBGE, 2015). Latossolos e Neossolos apresentam excelentes condições topográficas para a mecanização, porém, com composição química que demanda por melhorias para a construção da fertilidade. Em função disso, a calagem mostra-se como prática indispensável para qualquer atividade agrícola em solos de Cerrado. Além de corrigir a acidez do solo, a calagem proporciona melhorias na elevação dos teores de cálcio e magnésio, disponibilidade de nutrientes como P, Mn, B e melhoram a atividade de microrganismos fixadores de N₂ (BEHERA & PATTANAYAK, 2016). Entretanto, não existe metodologia unificada para determinação da calagem no Brasil. Os métodos usados em solos de Cerrado são neutralização do alumínio com elevação dos teores de cálcio e magnésio e o método da saturação por bases.

Com a expansão da agricultura no estado do Tocantins, principalmente com o cultivo de soja, e não existência de uma metodologia unificada para determinação da calagem, cada vez mais tem-se aplicado elevadas doses de calcário e em períodos muito próximos ao plantio, mesmo desconhecendo a dinâmica da dissolução desses corretivos nas condições climáticas dos solos do Tocantins. Diante disso, estudos sobre a dinâmica dos nutrientes em solos do Tocantins, bem como, a comparação entre as diversas metodologias para recomendação de calagem, são de suma importância para o desenvolvimento da agricultura no estado. Pesquisas nesse sentido podem evitar problemas como a supercalagem e tempo insuficiente de reação do calcário no solo.

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de doses e tempo de incubação na disponibilidade dos nutrientes e ajustar a dose de calagem para cinco solos do Tocantins a partir do método da incubação, em comparação aos métodos da

neutralização do alumínio com elevação dos teores de cálcio e magnésio e da saturação por bases.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEHERA, R. D.; PATTANAYAK, S. K. Influence of different sources of liming materials on chemical properties of the soil for maize crop grown in acid soil. **International Journal of Agriculture Science and Research**, Odisha, v. 6, n. 3, p. 535-544, 2016.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Solos Tocantins. 2015. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos> Acesso em jan. 2017.

PEREIRA, A. C.; SANTOS, E. R. Frutas nativas do Tocantins com potencial de aproveitamento econômico. **Agri-Environmental Sciences**, Palmas v. 1, n. 1, p. 22-37, 2015.

TOCANTINS. Portal de Informações e Serviços do Estado do Tocantins. Características do Tocantins. 2010. Disponível em: <http://to.gov.br/> Acesso em nov. 2016.

WATANABE, R. T.; FIORETTO, R. A.; FONSECA, I. B.; SEIFERT, A. L.; SANTIAGO, D. C.; CRESTE, J. E.; HARADA, A.; CUCOLOTO, M. Soybean yield under different density of populations and cations percentage (Ca, Mg and K) in base saturation. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 4, p. 477-484, 2005.

CAPÍTULO 1

PERÍODOS DE DISSOLUÇÃO E DOSES DE CORRETIVO DA ACIDEZ EM ALGUNS ATRIBUTOS QUÍMICOS PARA CONSTRUÇÃO DA FERTILIDADE DE CINCO SOLOS DO TOCANTINS

RESUMO

Na rápida ocupação dos solos do Tocantins pelo cultivo de soja, tem se observado a aplicação de doses elevadas de calcário e em período muito próximo do plantio. O tempo insuficiente para dissolução ou a dose elevada do corretivo promove um desequilíbrio químico no solo, com conseqüente redução na disponibilidade da maioria dos nutrientes. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de doses e tempos de incubação do corretivo da acidez nos atributos químicos de solos do Tocantins. O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 10 tratamentos obtidos em um esquema fatorial 5X2, combinando cinco doses de calcário (0; 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 t ha⁻¹) e dois períodos de incubação (15 e 60 dias). Os solos usados na incubação foram: Plintossolo Pétrico, textura argilosa (Buritirana); Latossolo Vermelho, textura argilosa (Buritirana); Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média (Gurupi); Neossolo Quartzarenico, textura arenosa (Gurupi) e Neossolo Quartzarenico, textura arenosa (Guaraí). Os teores de alumínio e acidez potencial (H+Al) foram reduzidos e os teores de cálcio e magnésio foram elevados significativamente com o aumento da dose de calcário aplicada. Para a construção da fertilidade do Plintossolo Pétrico (Buritirana) e Latossolo Vermelho (Buritirana) foram necessárias 6 t ha⁻¹ para os alcançar valores ideais de Ca, Mg, Al e pH aos 60 dias após aplicação. Aos 15 dias essa construção é alcançada na dose de 8 t ha⁻¹. A construção da fertilidade do Latossolo Vermelho Amarelo (Gurupi), foi alcançada com a dose de 4 t ha⁻¹ aos 60 dias. Já para o Neossolo Quartzarenico de Guaraí e Gurupi a aplicação de 2 t ha⁻¹ do corretivo de acidez do solo foram suficientes para neutralizar a acidez trocável e elevar o valor de pH aos 60 dias após aplicação, contudo, não foi suficiente para a construção da fertilidade em cálcio e magnésio.

Palavras-chave: Latossolo, Neossolo, Plintossolo, Calagem.

SUMMARY

In the fast occupation of Tocantins soils by soybean cultivation, it has been observed in high doses of limestone and in a period very close to the plan. Insufficient time to dissolve or a high dose of the corrective promotes a chemical imbalance in the soil, with consequent reduction in the availability of most nutrients. Thus, the effect of doses and the incubation times of the acidity corrector and the chemical attributes of Tocantins soils were evaluated. The work was conducted in a completely randomized design with 10 treatments obtained in a 5X2 factorial scheme, combining five doses of limestone (0, 2.0, 4.0, 6.0 and 8.0 t ha⁻¹) and two treatments Incubation periods (15 and 60 days). The soils used in the incubation were: Petric Plinthsol, clay texture (Buritirana); Red Latosol, clayey texture (Buritirana); Red-Yellow Latosol, medium texture (Gurupi); Quartzarenic Neosol, sandy texture (Gurupi) and Quartzarenic Neosol, sandy texture (Guaraí). The content of aluminum and potential acid (H+Al) were reduced and calcium and magnesium contents were increased with increasing limestone dose applied. For the construction of the fertility of the Petric Plinthsol (Buritirana) and Red Latosol (Buritirana), 6 t ha⁻¹ are required to reach ideal values of Ca, Mg, Al and pH at 60 days after application. At 15 days this construction is achieved at a dose of 8 t ha⁻¹. The construction of the fertility of the Red- Yellow Latosol (Gurupi), was dosed with a dose of 4 t ha⁻¹ at 60 days. For the Quartzarenic Neosol of Guaraí and Gurupi, an application of 2 t ha⁻¹ of the soil acidity corrector to neutralize the exchangeable acidity and raise the pH value to 60 days after application is not enough for a fertility construction in calcium and magnesium.

Key words: Latosol, Neosol, Plinthsol, Liming.

INTRODUÇÃO

O estado do Tocantins está localizado numa região ecotonal entre os estados do Goiás, Bahia, Piauí, Mato Grosso, Pará e Maranhão (HAIDAR et al., 2013). O bioma Cerrado domina aproximadamente 90% do território estadual. Os principais solos de ocorrência são das classes Plintossolos (23%), Latossolos (22%) e Neossolos Quartzarenicos (19%) (EMBRAPA, 2006). Esses solos apresentam excelentes condições topográficas para a mecanização, porém com composição química que demanda por melhorias para a construção da fertilidade. São predominantes as características de elevada acidez, alta toxidez por alumínio e baixos teores de cálcio e magnésio, além de muito baixos teores de fósforo e enxofre, baixos teores de potássio, e muito baixo a baixos teores de micronutrientes (CFSEMG, 1999).

Para que haja sistemas agropecuários mais produtivos sobre os principais solos do Tocantins é necessária a construção da fertilidade com práticas como: calagem, gessagem e adubação. A calagem corrige acidez, fornece os nutrientes cálcio e magnésio e constrói um equilíbrio químico que favorece a disponibilidade dos demais nutrientes. A gessagem não tem a ação de correção da acidez do solo, ela atua favorecendo a movimentação de cátions ao longo do perfil do solo e através da formação de sulfato de alumínio reduz os níveis de toxicidade do alumínio (MARQUES et al, 2016). A adubação consiste no fornecimento de adubos ou fertilizantes ao solo, a fim de recuperar ou manter sua fertilidade, e suprir a necessidade nutricional (BRITO et al., 2015).

O processo de correção da acidez do solo pode ser dividido em duas etapas sendo a primeira pela dissolução do carbonato em bicarbonato e a segunda pela dissolução do bicarbonato em gás carbônico e água. Como produto tem-se as hidroxilas e os nutrientes, cálcio e magnésio. À medida que ocorre a dissolução dos carbonatos de cálcio e magnésio, libera-se bicarbonato e hidroxila. A hidroxila reage com o H^+ da solução do solo, formando água. Na sequência o ânion bicarbonato quebrará uma nova molécula de água, produzindo uma segunda hidroxila, gás carbônico e água. As hidroxilas produzidas irão neutralizar a acidez e os íons cálcio e magnésio serão usados como nutrientes. O equilíbrio da acidez ativa (Al) com a acidez potencial ($H+Al$) na solução do solo permite que aconteça uma neutralização gradativa, onde o alumínio se precipita na forma de hidróxido de alumínio ($Al(OH)_3$) (ALLEONI & MELO, 2009). Durante essa reação a CTC vai sendo desocupada pelo

Al e H^+ e ocupada por cátions benéficos como cálcio, magnésio e potássio, elevando a saturação por bases. Além dessas bases também são alocados os principais micronutrientes catiônicos (zinco, manganês e cobre), adicionados pela prática da adubação.

O excesso de calcário é tão prejudicial quanto a falta. Um dos problemas da supercalagem é o desequilíbrio químico do sistema solo afetando a disponibilidade de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Com adição de Ca, Mg e OH^- em excesso os nutrientes catiônicos tenderão a formar moléculas com a hidroxila e os aniônicos com os nutrientes cálcio e magnésio. As moléculas formadas não são absorvidas pelas plantas, caracterizando uma baixa fertilidade do solo mesmo com a presença dos nutrientes. Dentre as possíveis ligações que reduzem a disponibilidade dos nutrientes são destacadas as ligações do fosfato com o cálcio e do manganês com a hidroxila. Contudo, o excesso de calagem pode aumentar a disponibilidade de nutrientes como o boro, devido ao excesso de hidroxilas forçar o deslocamento de ânions da CTA para a solução do solo com conseqüente possível aumento na disponibilidade (ALLEONI & MELO, 2009).

O método da curva de incubação simula as condições naturais do solo durante o período de incubação com doses crescente de calcário. As curvas de neutralização são elaboradas com a determinação de índices de acidez, como pH e acidez ativa em função das doses de calcário. Em função de sua maior confiabilidade esse método é considerado padrão, portanto, indicado para calibração dos demais métodos (QUAGGIO, 2000). Porém, apesar de sua precisão não é utilizado como rotina, tendo em vista o tempo prolongado de sua realização.

Com a expansão da agricultura no estado do Tocantins, principalmente com o cultivo de soja, cada vez mais tem-se aplicado elevadas doses de calcário e em períodos muito próximos ao plantio, mesmo desconhecendo a dinâmica da dissolução desses corretivos nas condições climáticas dos solos do Tocantins. Diante disso, e da ausência de trabalhos científicos sobre o efeito de doses de calagem e o tempo de incubação do corretivo de acidez em solos da região, estudos da dinâmica dos atributos químicos nesses solos são de suma importância para o desenvolvimento da agricultura do Estado. Pesquisas nesse sentido podem evitar problemas como a supercalagem e tempo insuficiente de reação do calcário no solo.

Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de doses e tempos de incubação do corretivo da acidez nos atributos químicos de cinco solos do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi, localizado na região sul do estado do Tocantins.

Para o estudo, foram selecionados solos das principais classes que ocorrem no estado do Tocantins. Foram coletadas amostras no distrito de Buritirana, e nas cidades de Guaraí e Gurupi (Tabela 1). Os solos foram caracterizados física e quimicamente (Tabela 2).

Tabela 1: Classes e localização geográfica dos solos usados na incubação com diferentes doses e tempo de reação do corretivo de acidez. Gurupi – TO, 2017

Classe de solo	Localização geográfica	Cidade de ocorrência
Plintossolo Pétrico (FF)	10°13'15.01"S 47°59'14.84"O	Buritirana
Latossolo Vermelho (LV)	10°13'18.67"S 47°58'55.29"O	Buritirana
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA)	11°26.605' S 048°38.579' O	Gurupi
Neossolo Quartzarenico (RQ1)	8°41'41.18" S 48°16'6.66" O	Guaraí
Neossolo Quartzarenico (RQ2)	11°32.869" S 048°43.599' O	Gurupi

O ensaio de incubação foi instalado sob casa de vegetação, em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. Os 10 tratamentos foram obtidos em um esquema fatorial 5X2, combinando cinco doses de calcário (0; 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 t ha⁻¹) e dois tempos de incubação (15 e 60 dias). Os solos usados na incubação foram: Plintossolo Pétrico (FF), região central do estado (Buritirana); Latossolo Vermelho (LV), região central do Tocantins (Buritirana); Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), região sul do estado (Gurupi); Neossolo Quartzarenico (RQ1), região norte do Tocantins (Guaraí) e Neossolo Quartzarenico (RQ2), região sul do estado (Gurupi). Cada tratamento foi composto por 0,3 kg de solo, mais a dose

de corretivo equivalente. O corretivo de acidez do solo utilizado foi o Puro Analítico (PA) ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$) na relação estequiométrica Ca:Mg de 2,5:1. Todos os tratamentos foram adubados com o equivalente a 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Superfosfato Simples), 150 kg ha^{-1} de K_2O (Cloreto de potássio) e 100 kg ha^{-1} de FTE BR 12 (9% Zn – 1,8% B – 0,8% Cu – 2% Mn – 3,5% Fe – 0,1% Mo), todos macerados e aplicados em pó. Em seguida, foi adicionado a cada uma destas amostras, volume de água equivalente a 70% da capacidade de campo. Os sacos plásticos foram fechados, e o teor de umidade foi repostado a cada dois dias. A incubação foi executada durante um período de 60 dias.

As amostragens dos solos incubados foram realizadas aos 15 e 60 dias. Os solos foram preparados como TFSA e encaminhados para o Laboratório de Solos – LABSOLO, para as análises dos teores de Ca, Mg, Al, acidez potencial (H+Al), pH (CaCl_2) e pH (H_2O).

Tabela 2: Caracterização química e física dos solos originais utilizados na incubação com doses e tempo de reação de corretivo de acidez do solo. Gurupi – TO, 2017

Solo	Ca+Mg	Ca ^{1*}	Mg ^{1*}	Al ^{1*}	H+Al ^{2*}	K ^{3*}	CTC(T) ^{4*}	SB ^{5*}	CTC(t) ^{6*}	K ^{3*}	P ^{3*}
cmolc dm ⁻³mg dm ⁻³
FF	0,64	0,59	0,05	0,68	6,67	0,17	7,47	0,81	1,59	65,79	1,16
LV	0,67	0,60	0,07	0,43	5,79	0,16	6,67	0,88	1,31	62,99	1,12
LVA	0,58	0,50	0,08	0,73	3,14	0,06	3,78	0,64	1,37	24,78	0,97
RQ1	0,52	0,45	0,07	0,39	1,37	0,06	1,95	0,58	0,97	23,01	2,59
RQ2	0,75	0,65	0,10	0,70	1,39	0,10	2,24	0,85	1,55	39,01	3,22

Solo	V ^{7*}	M ^{8*}	Mat. Org. ^{9*}	pH _{H2O}	P-rem ^{10*}	Areia	Silte	Argila	
(%).....	...%...	.g dm ⁻³ .		mg L ⁻¹Textura (g kg ⁻¹).....			
FF	10,82	45,68	3,79	37,86	4,26	11,62	375,76	154,93	469,32
LV	13,21	32,79	3,81	38,11	4,33	9,97	382,96	47,73	569,31
LVA	17,03	53,15	0,20	2,20	4,87	20,35	749,61	45,47	204,93
RQ1	29,72	40,25	0,96	9,56	4,27	30,40	949,60	14,40	36,00
RQ2	37,95	32,15	0,50	5,10	5,02	26,98	897,34	47,73	54,93

^{1*} Método KCl 1 mol L⁻¹. ^{2*} Método $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ 0,5 mol L⁻¹, pH 7. ^{3*} Método Melich-1. ^{4*} T = SB + (H+Al). ^{5*} SB = $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$. ^{6*} t = SB + Al³⁺. ^{7*} V = 100.SB/T. ^{8*} m = 100.Al³⁺/t. ^{9*} Método Walkley e Black. ^{10*} concentração de P da solução de equilíbrio após agitar durante 1 h a TFSA com solução de CaCl_2 10 mmol L⁻¹, contendo 60 mg L⁻¹ de P na relação :10. **FF**: Plintossolo Pétrico; **LV**: Latossolo Vermelho; **LVA**: Latossolo Vermelho-Amarelo; **RQ1**: Neossolo Quartzarenico (Guaraí); **RQ2**: Neossolo Quartzarenico (Gurupi).

Análises de atributos químicos do solo:

pH em água e CaCl_2 : o pH foi obtido com potenciômetro que foi ligado 30 minutos antes do início das análises e calibrado com soluções padrões de tampão pH 4,00 e pH 7,00. Em copos plásticos devidamente identificados foram colocados 10

cm³ de solo e 25 mL de água destilada / CaCl₂ 0,01M. Agitou-se com bastão de vidro e após uma hora de repouso procedeu-se com as leituras de pH.

Cálcio, Magnésio e Alumínio trocável: esses atributos foram determinados por titulação feita em bureta digital. Para a determinação desses atributos, foi feita inicialmente a extração em solução 1,0 mol L⁻¹ de KCl da seguinte maneira: foram cachimbados 10 cm³ de TFSA em copos descartáveis devidamente identificados de 300 mL e em seguida adicionou-se 200 mL de KCl 1,0 mol L⁻¹. Agitou-se com bastão de vidro e deixado em repouso por 16 horas. Uma prova em branco (apenas KCl) também é deixado em repouso simultaneamente. Após o tempo de repouso, para determinação de cálcio pipetou-se 50 mL do sobrenadante, ao qual é adicionado 2,0 mL de trietanolamina 50%, 2,0 mL de KOH 10% e um pitada do indicador murexida. Titulou-se com solução 0,0125 mol L⁻¹ de EDTA até viragem da cor rósea para roxo. O volume de EDTA gasto na solução corresponde ao teor de cálcio trocável em cmol_c dm⁻³. Para determinação do teor de magnésio é necessário realizar primeiro a determinação de (Ca+Mg) e, posteriormente, determinar Mg em cmol_c dm⁻³ por diferença, onde $Mg = (Ca+Mg) - Ca$. O teor de (Ca+Mg) em cmol_c dm⁻³ foi feito pipetando-se 50 mL do sobrenadante, ao qual é adicionado 6,5 mL de coquetel tampão (tampão pH 10 + 67,5 de NH₄Cl dissolvido em 200 mL de água destilada + 600 mL de NH₄OH concentrado + 0,0616 g de MgSO₄.7H₂O e 0,930 g de EDTA dissódico) e 4 gotas de indicador eriochrome Black e titulou-se imediatamente com EDTA 0,0125 mol L⁻¹ até viragem da cor vermelho-arroxeadada para azul-esverdeada. O volume de EDTA gasto na solução corresponde ao teor de (Ca+Mg) trocável em cmol_c dm⁻³. Para a leitura do alumínio trocável, pipetou-se 50 mL do sobrenadante adicionou-se 3 gotas do indicador azul de bromotimol. A amostra foi titulada com solução 0,025 mol L⁻¹ de NaOH até coloração verde-azulada persistente. O volume de NaOH 0,025 mol L⁻¹ gasto na titulação corresponde ao teor de Al em cmol_c dm⁻³. A titulação é feita com o uso de bureta digital.

Acidez Potencial (H+Al): esse atributo foi determinado por titulação feita em bureta digital. A extração da acidez potencial foi feita com solução 0,5 mol L⁻¹ de acetato de cálcio em pH 7,0. Cachimbou-se 5 cm³ de TFSA em copos descartáveis devidamente identificados de 200 mL e adicionou-se 75 mL da solução de acetato de cálcio. Agitou-se com bastão de vidro e deixado em repouso por 16 horas. Uma prova em branco (apenas acetato de cálcio) também é deixado em repouso simultaneamente. Após o repouso, pipetou-se 25 mL do sobrenadante ao qual foi

adicionado 5 gotas de indicador fenolftaleína 3%. A amostra foi titulada com solução 0,025 mol L⁻¹ de NaOH até o aparecimento de cor rósea persistente.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão, avaliando a significância dos betas e dos coeficientes de determinação utilizando o programa Estatística versão 7.0 (STATSOFT, 2016). Os gráficos das regressões foram plotados utilizando o programa estatístico Sigma Plot versão 10.0[®], sendo o modelo escolhido com base na melhor significância dos betas (SYSTAT, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Plintossolo Pétrico – Região central do estado do Tocantins (Buritirana)

No Plintossolo Pétrico – FF (Buritirana), o atributo pH apresentou aumento linear ($P \leq 0,01$) em função da aplicação de doses crescentes do corretivo de acidez nos dois períodos avaliados (Figura 1). Aos 60 dias de incubação o Plintossolo Pétrico (Buritirana) já apresentava valor de pH dentro da faixa agronômica considerada aceitável (5,5-6,0) a partir da dose de 6,0 t ha⁻¹. Nos 15 dias de incubação esse valor é alcançado na dose de 8 t ha⁻¹.

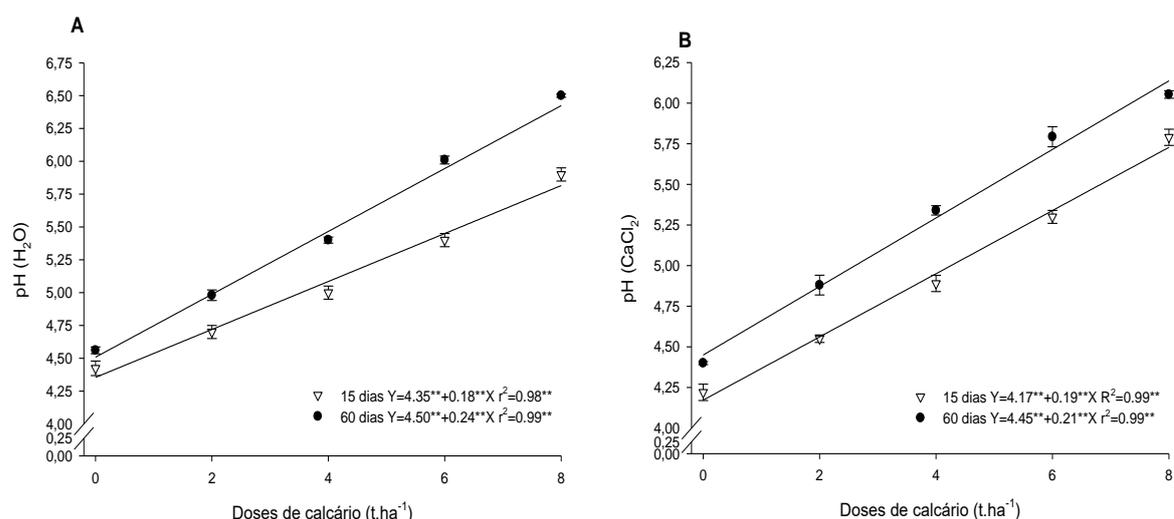


Figura 1. pH em H₂O (A) e pH em CaCl₂ (B) de um Plintossolo Pétrico em função de doses do corretivo de acidez PA nos períodos de incubação de 15 e 60 dias. Buritirana TO, 2017.

A medida em que os teores de Ca e Mg aumentam na solução do solo, há uma troca dos íons H⁺ por íons Ca e Mg na região da dupla camada elétrica. A adição de

corretivo eleva os teores de Ca e Mg na solução, enquanto os teores de H^+ decrescem devido à reação de neutralização, provocando um desequilíbrio químico entre a solução e a fase sólida. Como resposta a essa alteração na condição de equilíbrio químico, os íons Ca e Mg migram para fase sólida ou coloidal do solo, ocupando a CTC. Em contrapartida, íons H^+ migram para a solução a fim de reestabelecer as condições de equilíbrio químico, tanto em massa quanto em carga, entre a solução e a fase sólida (VELOSO et al., 1992). Esse efeito é mais pronunciado em solos como o Plintossolo Pétrico que apresentam valores de CTC ($7,47 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) mais elevados e capacidade tamponante ($P\text{-rem } 11,62 \text{ mg L}^{-1}$), sendo estes atributos relacionados aos teores de argila e matéria orgânica.

Efeito semelhante ocorre quando o pH é medido em solução de CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, entretanto, nessa solução o pH apresenta valores menores que os observados em água. O pH determinado em CaCl_2 reflete a atividade de íons H^+ presentes na solução do solo mais os gerados pela troca de cátions Ca pelos íons H^+ e Al presentes na CTC, associados principalmente a ácidos orgânicos fracos e argilas, respectivamente, refletindo, portanto, à acidez potencial do solo (HENDERSHOT et al., 1993).

Os teores de acidez trocável e acidez potencial (H+Al) foram reduzidos exponencialmente ($P \leq 0,01$) com o aumento na dose recomendada do corretivo da acidez do solo (Figura 2A e 2B). A elevação do pH influenciou de forma negativa os teores de Al e a acidez potencial do Plintossolo Pétrico. A figura 2A evidencia que a elevação da dose aplicada, independentemente do tempo de incubação, contribui para a redução dos teores de Al. Os valores de Al tendem a zero uma vez que a solubilidade desse cátion é insignificante em pH superior a 5,5 (BRESSAN et al., 2013).

Adicionalmente, como mostrado na figura 2B, nenhuma das doses aplicadas foram suficientes em reduzir a acidez potencial para valores ideais, isto é, abaixo de $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Entretanto, a acidez potencial sozinha não prejudica o desenvolvimento das culturas, pois esse H^+ pertence à fração covalentemente ligada, isto é, não está disponível para trocas, e o Al é praticamente nulo em condições de pH acima de 5,5 como discutido anteriormente (SANTOS et al., 2015).

O Ca apresentou resposta linear crescente ($P \leq 0,01$) em função da incubação das doses de calcário em ambos os períodos de avaliação (Figura 2C). Independente da dose do corretivo aplicada, os teores de Ca foram maiores aos 60 dias em decorrência do aumento da dissociação do corretivo com o passar do tempo.

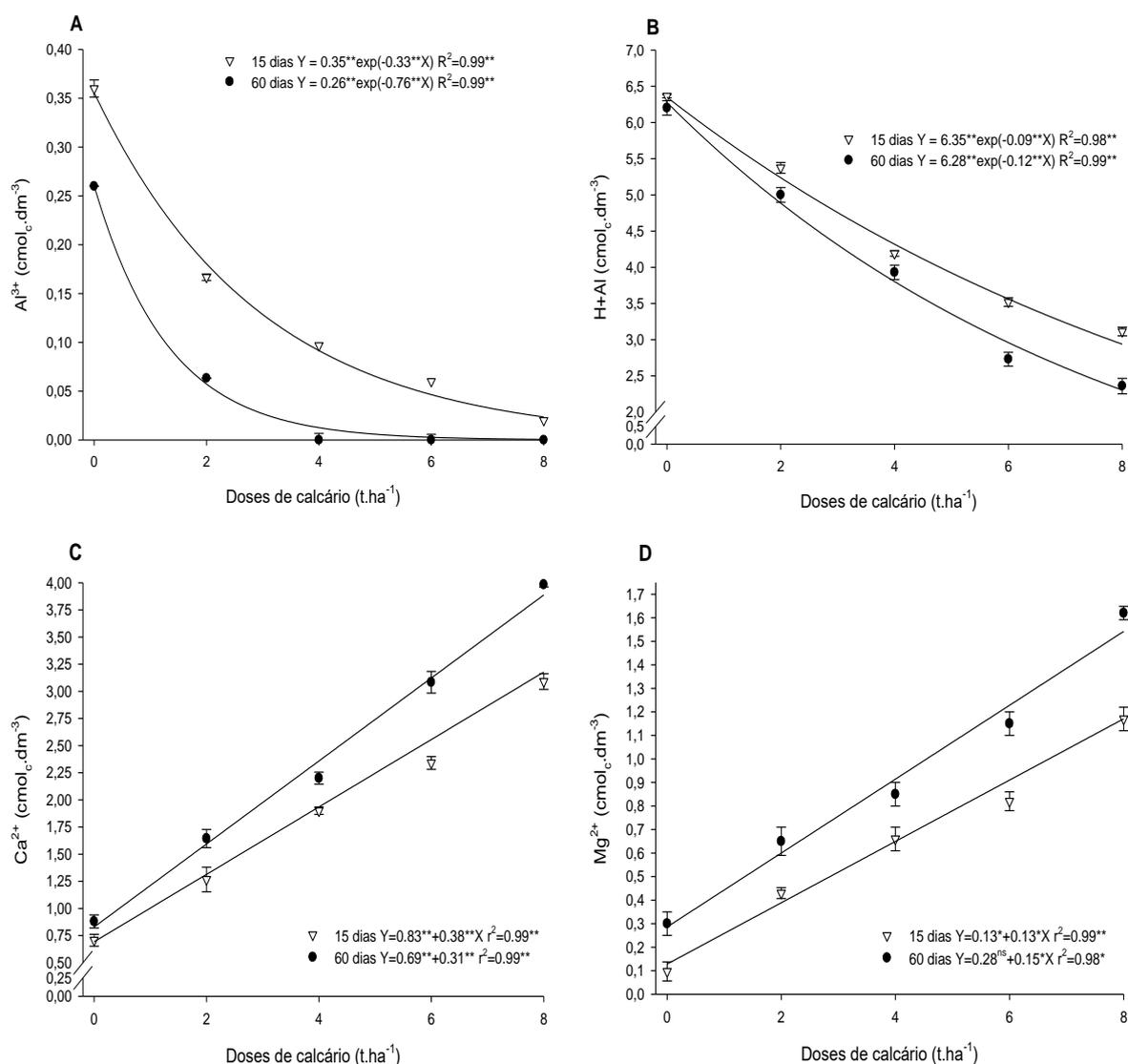


Figura 2. Teores de Al (A), H+Al (B), Ca (C) e Mg (D) em função das doses crescentes de aplicação do corretivo de acidez PA no Plintossolo Pétrico, nos períodos de incubação de 15 e 60 dias. Buritirana TO, 2017.

Aos 60 dias, a aplicação de 6 t ha⁻¹ eleva o teor de cálcio para o valor considerado ideal ($\geq 2,41$ cmol_c dm⁻³) para a maioria das culturas (RIBEIRO et al., 1999). Aos 15 dias esse teor é alcançado na dose de 8 t ha⁻¹. Isso demonstra que a disponibilidade dos nutrientes sofre alteração em função do período de reação posterior a aplicação do corretivo. Em algumas condições ambientais como déficit hídrico e camada superficial com rápida perda de água, a dissolução do corretivo tende a reduzir e pode causar a falsa interpretação que doses mais elevadas de calcário promovem aumento da produtividade (RIBEIRO et al., 1999). Outra dinâmica seria a intensificação da reação de dissolução do corretivo no meio do ciclo de cultivo

da soja causando o aparecimento generalizado de sintomas de deficiências principalmente em micronutrientes catiônicos.

De forma semelhante ao teor de Ca, houve incrementos nos teores de Mg com a elevação da dose do corretivo aplicado (Figura 2D). O teor disponível ideal em Mg $\geq 0,91 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ foi atingido aos 60 dias de incubação com a aplicação de 6 t ha^{-1} , e aos 15 dias com 8 t ha^{-1} .

Assim, a aplicação de 6 t ha^{-1} do corretivo utilizado forneceu ao Plintossolo Pétrico da região central do estado do Tocantins (Buritirana) os valores ideais de Ca, Mg, Al e pH aos 60 dias após aplicação, e aos 15 dias esses valores são alcançados na dose de 8 t ha^{-1} .

Latossolo Vermelho – Região central do estado do Tocantins (Buritirana)

No Latossolo Vermelho - LV, o pH apresentou aumento linear ($P \leq 0,01$) em função das doses crescentes do corretivo de acidez (Figura 3). Aos 15 e 60 dias de incubação, o Latossolo Vermelho apresentou valor de pH dentro da faixa agrônômica considerada como boa ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,5-6,0) a partir da dose $6,0 \text{ t ha}^{-1}$.

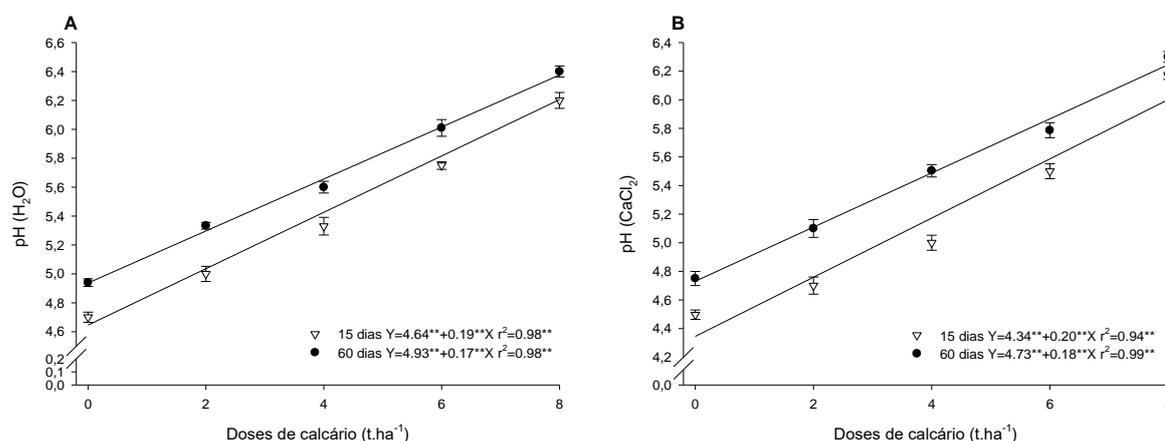


Figura 3. pH em H₂O (A) e pH em CaCl₂ (B) de um Latossolo Vermelho em função de doses crescentes do corretivo de acidez nos períodos de incubação de 15 e 60 dias. Buritirana TO, 2017.

Da dissociação dos carbonatos de cálcio e magnésio há um provável aumento na concentração salina na dupla camada elétrica que aumenta o pH devido à diminuição na atividade de íons H⁺ (VELOSO et al., 1992). O pH estimado em CaCl₂ é pouco afetado pela razão solo/solução, uma vez que a concentração salina de 0,01

mol L⁻¹ padroniza as variações de sais entre amostras, eliminando variações estacionais de pH e a suspensão de solo em CaCl₂ é floculada, o que minimiza erros provenientes do potencial de junção líquida, pois o eletrodo de referência do pHmetro fica imerso em uma solução sem partículas de solo (ANTUNES et al., 2009).

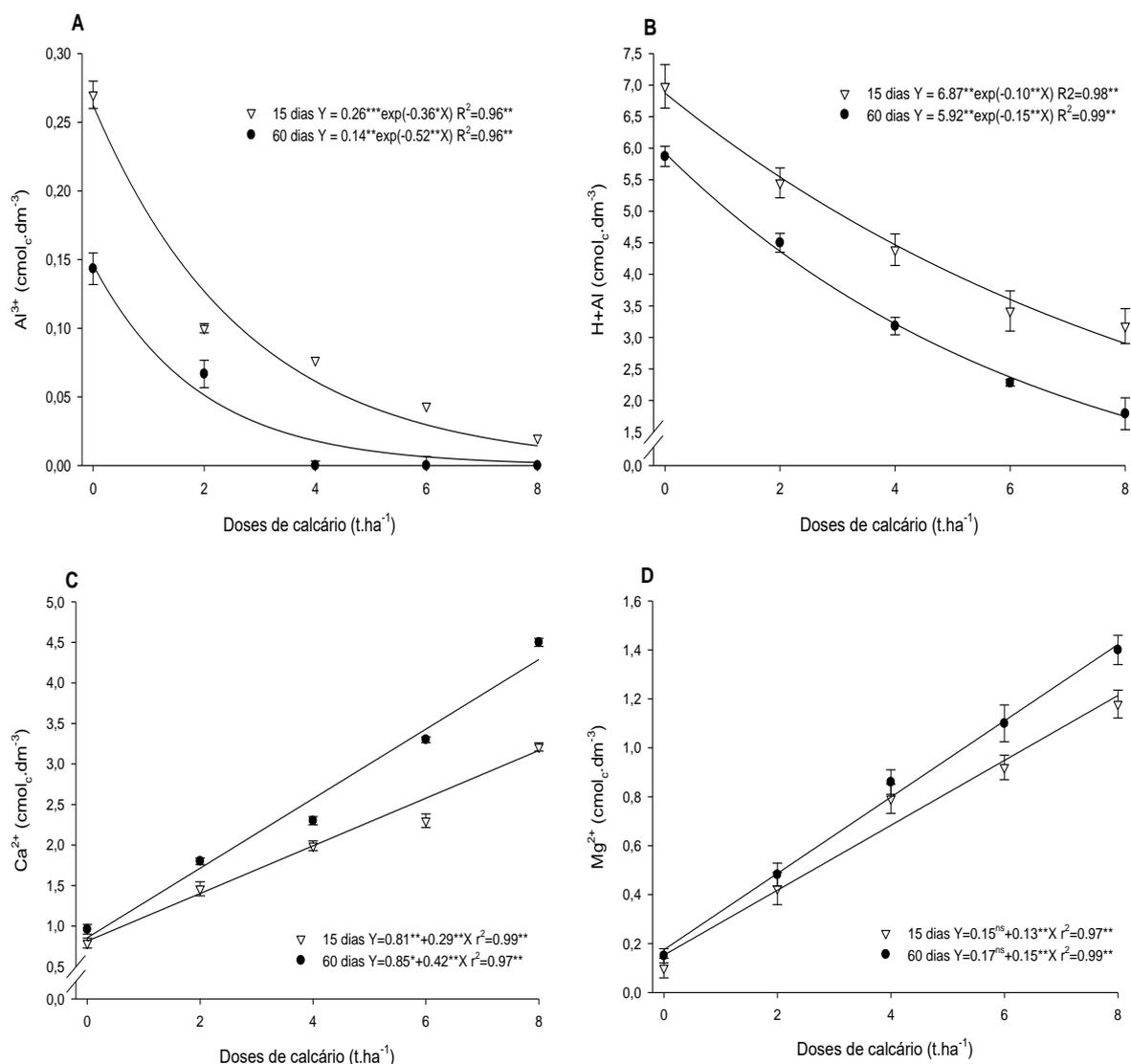


Figura 4. Teores de Al (A), H+Al (B), Ca (C) e Mg (D) em função das doses crescentes de aplicação do corretivo de acidez PA no Latossolo Vermelho, nos períodos de incubação de 15 e 60 dias. Buritirana TO, 2017.

Os teores de Al e acidez potencial (H+Al) foram reduzidos exponencialmente ($P \leq 0,01$) em função do aumento da dose do corretivo da acidez (Figura 4A e 4B), independente do período de incubação. Em aplicação superior a 4 t ha⁻¹ os valores de Al já reduziram para valores inferiores a 0,2 cmol_c dm⁻³, sendo considerados muito baixos e ideais para o solo (RIBEIRO et al., 1999). A acidez do solo controla a reação de dissolução do Al, sendo que sua solubilidade é mínima em pH acima de 5,5

(SOUZA et al., 2007; ROSADO et al., 2014). Além disso, de modo geral, a atividade do Al na solução diminui com o aumento do pH (LINDSAY, 1979). Apesar de o pH ter estado na faixa ideal a partir de 6 t ha⁻¹, as doses de calcário aplicadas não foram suficientes para reduzir a acidez potencial abaixo de 1,0 cmol_c dm⁻³, valor este considerado ideal para o solo (Figura 4B), independentemente do tempo de incubação, sendo, entretanto mais acentuado aos 15 dias. A toxicidade do cátion Al, além de reduzir o crescimento das raízes, diminuindo a absorção de água e nutrientes, interfere na absorção e transporte de nutrientes como o magnésio e o cálcio (SILVA et al., 2013).

O Ca apresentou resposta linear ($P \leq 0,01$) crescente em todas as épocas avaliadas (Figura 4C). O teor ideal desse nutriente para a construção da fertilidade do solo deve ser $\geq 2,41$ cmol_c dm⁻³, e foi atingido aos 15 e 60 dias a partir da dose 8 e 6 t ha⁻¹ respectivamente. Este nutriente é responsável pela resistência mecânica das estruturas vegetais e por manter a integridade estrutural das membranas e paredes celulares. Sua deficiência resulta principalmente na redução do crescimento de tecidos meristemáticos e apicais e morte do sistema radicular, uma vez que não é transportado pelo floema (DAFLON et al., 2014).

Assim como o Ca, o Mg aumentou linearmente ($P \leq 0,01$) em ambos os períodos de avaliações. Aos 15 e 60 dias, a construção da fertilidade em Mg de $\geq 0,91$ cmol_c dm⁻³ foi obtida com a dose de 8 e 6 t ha⁻¹ respectivamente. Assim como a deficiência de cálcio, baixos teores de magnésio podem proporcionar diminuição na produtividade das culturas, pois é constituinte da molécula de clorofila e, portanto, fundamental para a fotossíntese, ativando enzimas entre outros (TISCHER & NETO, 2012). Por ser um nutriente móvel na planta sua deficiência pode desregular vários processos fisiológicos e bioquímicos (MOREIRA et al., 2013).

Desse modo, a aplicação de 6 t ha⁻¹ do corretivo da acidez forneceu ao Latossolo Vermelho os valores ideais de Ca, Mg, Al e pH ao final dos 60 dias de incubação e aos 15 dias esses valores são alcançados na dose de 8 t ha⁻¹.

Latossolo Vermelho-Amarelo – Região sul do estado do Tocantins (Gurupi)

No Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA, localizado na região sul do Estado (Gurupi) o pH aumentou linearmente ($P \leq 0,01$) em função das doses crescentes do corretivo de acidez e em todos os períodos de dissolução (Figura 5). O Latossolo

Vermelho-Amarelo, obteve resposta significativa com a dose de 4 t ha⁻¹, resposta essa, diferente do Latossolo Vermelho da região central do Tocantins (Buritirana). Isso pode ser explicado principalmente pelo teor de argila do solo da região sul, que apresenta menos da metade (20,49%) que o solo da região central (56,93%).

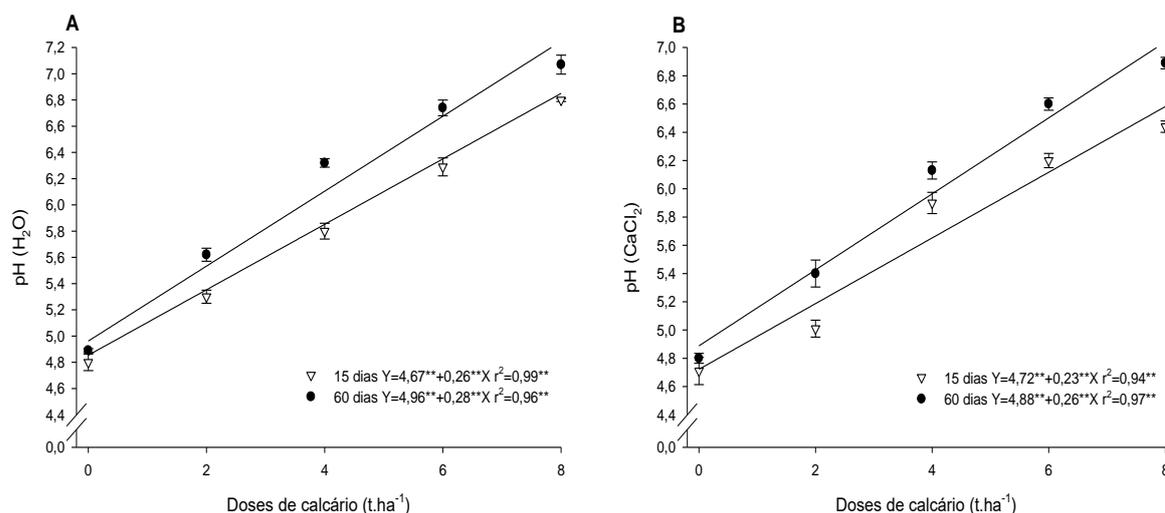


Figura 5. pH em H₂O (A) e pH em CaCl₂ (B) de um Latossolo Vermelho-Amarelo em função de doses crescentes do corretivo de acidez PA nos períodos de incubação de 15 e 60 dias. Gurupi TO, 2017.

Tanto no pH em H₂O quanto no pH em CaCl₂, o Latossolo Vermelho-Amarelo apresentou valores de pH considerados ideais na dose de 4 t ha⁻¹ (Figura 5), independentemente do tempo de incubação. O Latossolo Vermelho-Amarelo tem capacidade tampão média, a qual é definida pela sua textura média, teor de argila entre 15 e 35%. Isso pode explicar a menor necessidade de calcário, quando comparado ao Latossolo Vermelho.

Os teores de Al e acidez potencial (H+Al) obtiveram redução exponencial significativa ($P \leq 0,01$) com o aumento da dose recomendada para o calcário utilizado (Figura 6A e 6B), independentemente do período de incubação. A Figura 6A mostra que a elevação da dose de calcário contribuiu para a redução dos teores de Al a partir dos 15 dias de incubação ficando menor que 0,2 cmol_c dm⁻³. Os valores de Al tendem a zero uma vez que a solubilidade desse cátion é insignificante em pH superior a 5,5 (BRESSAN et al., 2013). Nessa condição de pH a atividade de hidroxilas já será suficiente para a hidrólise do Al a formas não tóxicas na solução do solo (ALLEONI & MELO, 2009).

A acidez potencial com valores abaixo de $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ é considerada ideal agronomicamente (RIBEIRO et al., 1999). No LVA, valores ideais foram alcançados na dose de 8 t ha^{-1} em todas as épocas avaliadas, e ao final dos 60 dias, na dose de 6 t ha^{-1} (Figura 6B). Pavão et al (2013) num experimento de calagem em Latossolo observaram redução de aproximadamente 50% na acidez potencial nessa classe de solo na dose de 6 t ha^{-1} , porém, mesmo com essa redução, não chegaram a valores abaixo de $1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

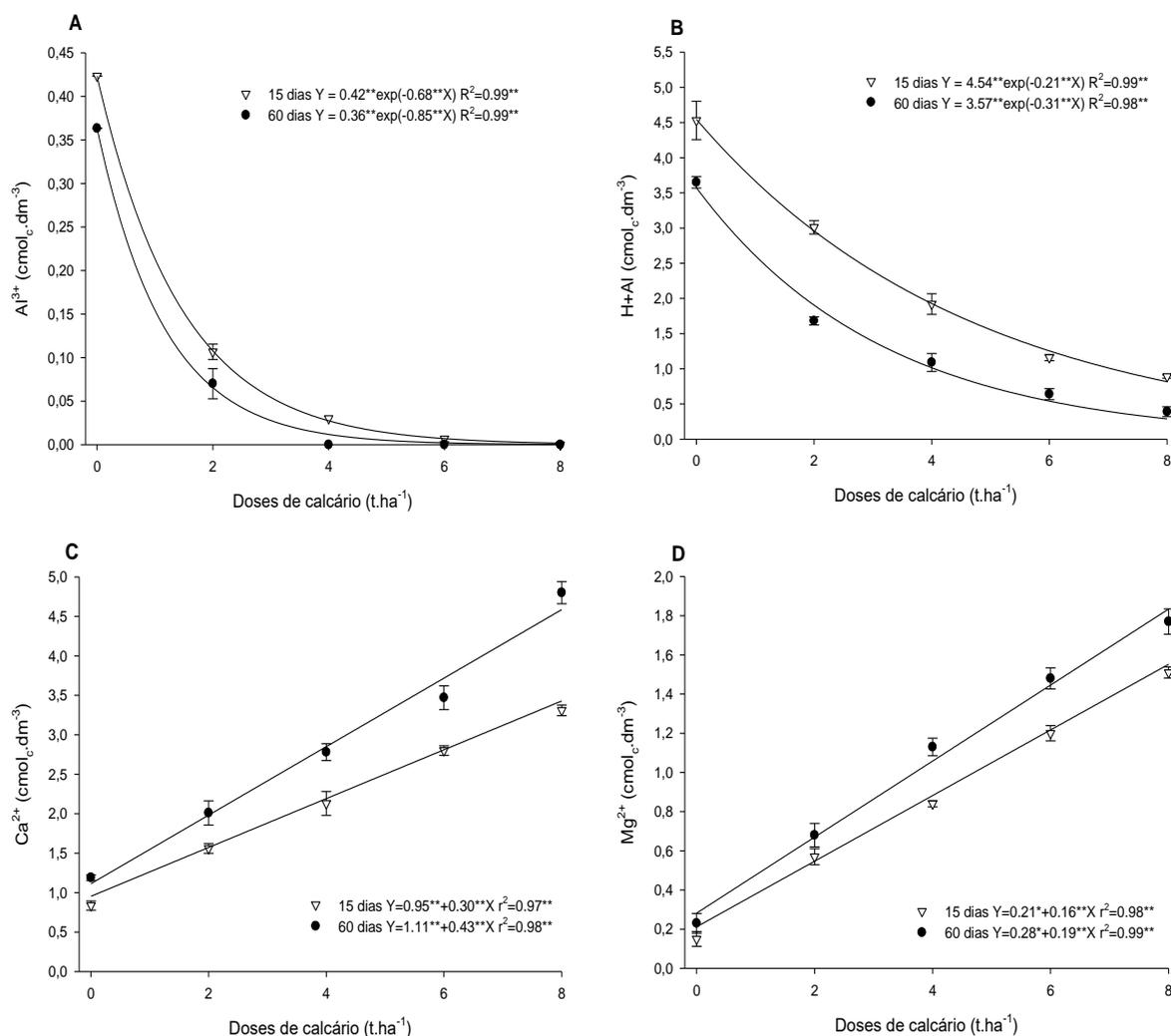


Figura 6. Teores de Al (A), H+Al (B), Ca (C) e Mg (D) em função das doses crescentes de aplicação do corretivo de acidez no Latossolo Vermelho-Amarelo, nos períodos de incubação de 15 e 60 dias. Gurupi TO, 2017.

O Ca apresentou resposta linear ($P \leq 0,01$) aos 15 e 60 dias de incubação (Figura 6C). Com 15 e 60 dias valores ideais $\geq 2,41 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, foram alcançados na dose de 6 e 4 t ha^{-1} respectivamente. Solos com baixos teores de cálcio podem provocar sérios danos ao desenvolvimento das culturas, pois este nutriente atua na

regulação de vários processos fisiológicos e metabólicos, como o controle das altas pressões de turgescências (TISCHER & NETO, 2012).

O Mg aumentou linearmente ($P \leq 0,01$) em todas as épocas de avaliação. De forma análoga aos teores de Ca, houve aumento nos teores de Mg com a elevação da dose de corretivo aplicado (Figura 6D). O teor ideal de Mg $\geq 0,91 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ foi atingido aos 15 e 60 dias com aplicação de 6 e 4 t ha^{-1} respectivamente. O magnésio desempenha funções importantes na fisiologia vegetal, pois participa dos processos de fosforilação oxidativa, fixação de CO_2 , síntese de proteínas e geração de espécies reativas de oxigênio (radicais livres) e na foto-oxidação foliar (TISCHER & NETO, 2012).

Assim, a aplicação de 6 e 4 t ha^{-1} do corretivo estudado forneceu ao Latossolo Vermelho-Amarelo os valores ideais de Ca, Mg, Al e pH aos 15 e 60 dias após aplicação respectivamente.

Neossolo Quartzarenico – Região norte do estado do Tocantins (Guaraí)

A aplicação de doses crescentes de corretivo da acidez proporcionou aumento linear ($P \leq 0,01$) no pH do Neossolo Quartzarenico – RQ1 (Figura 7), independentemente do período de incubação. Valores que caracterizaram uma baixa condição de acidez foram alcançados com a aplicação de apenas 2 t ha^{-1} ao longo dos 15 e 60 dias de incubação.

Entretanto, a aplicação de doses mais elevadas de corretivo levou os valores de pH para fora da faixa considerada ótima. Elevações bruscas no pH mesmo com a aplicação de baixas doses do corretivo de acidez são justificadas pela baixa capacidade tamponante, uma característica de solos arenosos (95% de areia) e pobres em matéria orgânica (1,0%), como este Neossolo Quartzarenico (MOURA et al., 2006).

Os teores de Al e acidez potencial (H+Al) apresentam decréscimo exponencial ($P \leq 0,01$) com o aumento da dose de corretivo de acidez utilizado na incubação (Figura 8A e 8B). Como consequência disso, após aplicação de 2 t ha^{-1} do corretivo de acidez os níveis de Al apresentaram-se inferiores a $0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Figura 8A), quando incubado por 15 e 60 dias. Entretanto, essa dose de aplicação não foi necessária para promover valores ideais de acidez potencial $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Figura 8B).

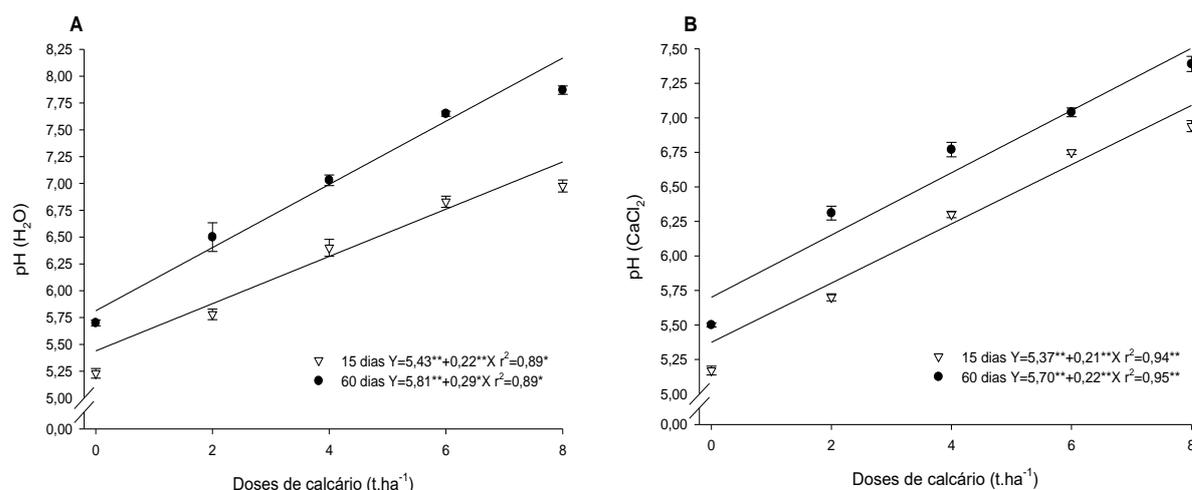


Figura 7. pH em H₂O (A) e pH em CaCl₂ (B) de um Neossolo Quartzarenico da região norte do Tocantins (Guaraí) em função de doses do corretivo de acidez no período de incubação de 15 e 60 dias. Guaraí TO, 2017.

O atributo Ca teve resposta linear ($P \leq 0,01$) aos 15 e 60 dias de avaliação (Figura 8C). A aplicação de 2 t ha⁻¹ que fornece o valor ideal de pH para este Neossolo Quartzarenico não elevou os teores de Ca e Mg para dentro da faixa de idealidade. Quanto aos teores de Ca e Mg, como o pH não atingiu valores superiores a 8,4, não ocorreu precipitação desses cátions, apenas sua solubilização. Em função disso, houve incrementos significativos nos teores desses elementos com a aplicação de doses crescentes do corretivo.

O atributo Mg aumentou linearmente ($P \leq 0,05$) aos 15 dias e ($P \leq 0,01$) aos 60 dias de avaliação (Figura 8D). O baixo teor de Ca e Mg apresentado pelo Neossolo Quartzarenico mesmo após aplicação de 8 t ha⁻¹ de corretivo ocorre devido sua baixa capacidade de retenção de cátions, o que pode ser justificada por dois motivos. O primeiro, já discutido anteriormente, é seu baixo teor de argila (3,6%) e matéria orgânica (1,0%). Aliado a isto, sua condição inicial de acidez muito elevada (pH 4,27) leva à uma alta atividade de íons hidrogênio na solução do solo, o que proporciona uma menor interação de outros cátions com a fase sólida, implicando assim, em uma baixa capacidade de retenção de Ca e Mg (MENEZES et al., 2016).

Desse modo, a aplicação de 2 t ha⁻¹ do corretivo estudado forneceu ao Neossolo Quartzarenico da região norte do estado (Guaraí) os valores ideais de Al e pH aos 15 e 60 dias após aplicação. Porém os teores de Ca, Mg não são atingidos. Para que os valores desses nutrientes sejam adequados para esse tipo de solo, é necessário aumentar a profundidade de aplicação do calcário para aproximadamente 36 cm.

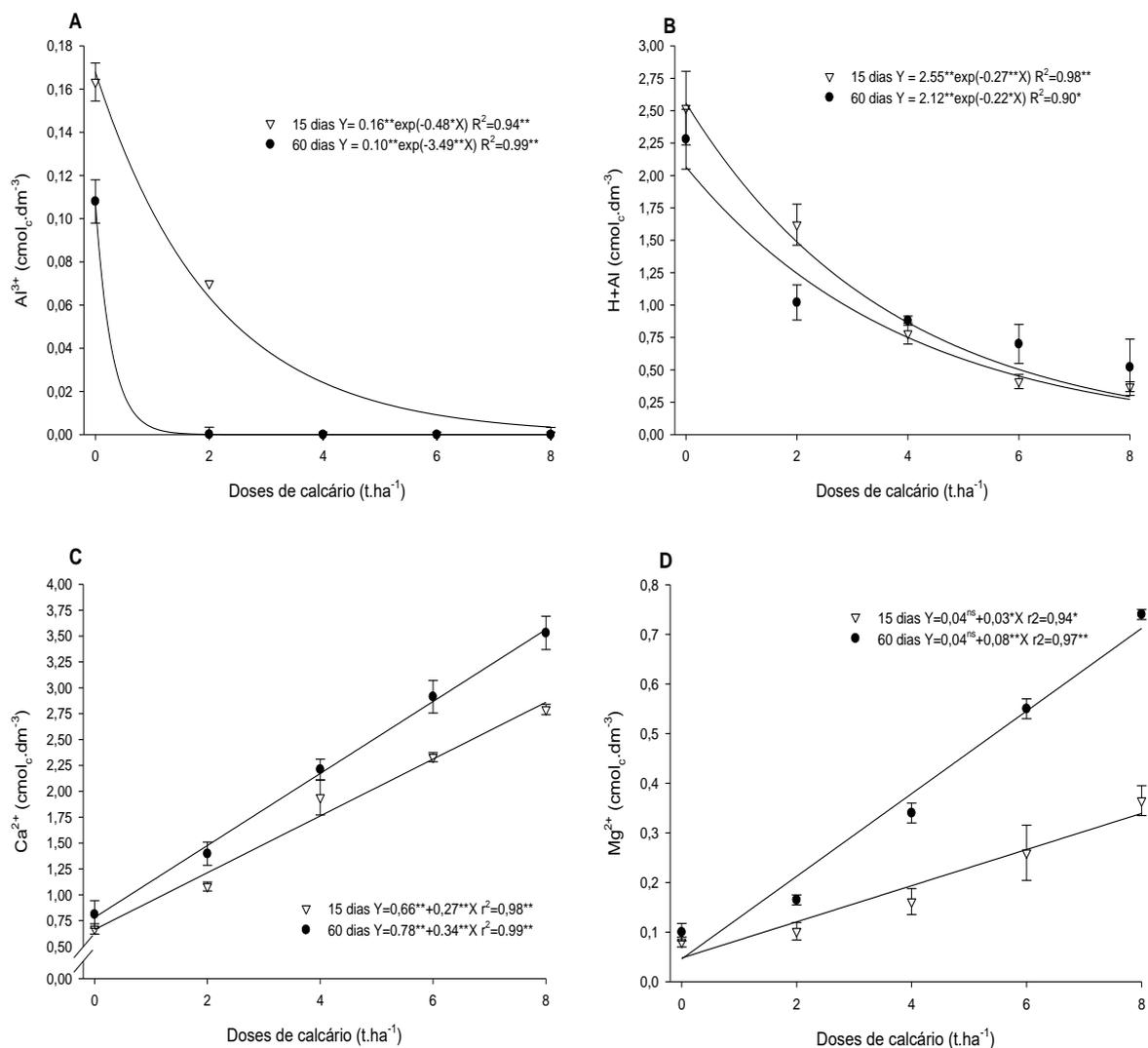


Figura 8. Teores de Al (A), H+Al (B), Ca (C) e Mg (D) em função das doses crescentes de aplicação do corretivo de acidez no Neossolo Quartzarenico da região norte do Tocantins (Guaraí), nos períodos de incubação de 15 e 60 dias. Guaraí TO, 2017.

Dessa forma, o pH não será deslocado e conseqüentemente não afetará a disponibilidade dos micronutrientes.

Neossolo Quartzarenico – Região sul do estado do Tocantins (Gurupi)

Na avaliação do efeito do tempo de incubação foi observado que o pH aumentou linearmente ($P \leq 0,01$) em função das doses crescentes do corretivo de acidez (Figura 9). O aumento nas doses de aplicação de corretivo proporcionou incrementos significativos no pH do Neossolo Quartzarenico (Figura 9). Assim, como

no caso do Neossolo Quartzarenico localizado em Guaraí, norte do Estado, a aplicação de 2 t ha⁻¹ eleva o pH para valores ideais para a maioria das culturas (pH 5,5 - 6,0), aos 15 e 60 dias de incubação.

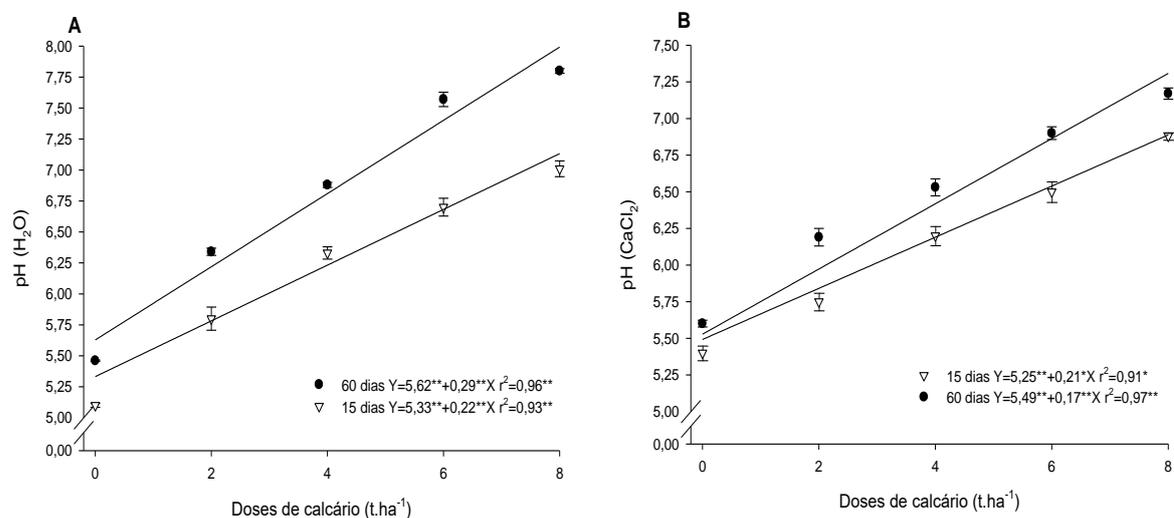


Figura 9. pH em H₂O (A) e pH em CaCl₂ (B) de um Neossolo Quartzarenico da região sul do Tocantins em função de doses do corretivo de acidez PA no período de incubação de 15 e 60 dias. Gurupi TO, 2017.

Os teores de Al e acidez potencial (H+Al) apresentam decréscimo exponencial ($P \leq 0,01$) com o aumento da dose de corretivo (Figura 10A e 10B). Entretanto, assim como no caso do Neossolo de Guaraí, a acidez potencial não atingiu valores ideais após a aplicação de 2 t ha⁻¹.

O Ca apresentou resposta linear ($P \leq 0,01$) em todas as épocas de avaliação (Figura 8C). Ambos os Neossolos Quartzarenicos apresentam respostas semelhantes também nos teores de Ca. Houve incrementos significativos no teor desse atributo com a aplicação de doses crescentes do corretivo. A aplicação de 2 t ha⁻¹ que forneceu o valor ideal de pH para todos os dias de incubação não elevou os teores de Ca para dentro da faixa agronomicamente boa. O teor de Ca atinge o valor ideal ($\geq 2,41$ cmol_c dm⁻³) apenas na aplicação de 6 e 4 t ha⁻¹ aos 15 e 60 dias respectivamente.

O Mg aumentou linearmente ($P \leq 0,01$) aos 15 e 60 dias da incubação (Figura 10D). Os teores de Mg não alcançaram o valor ideal de 0,91 cmol_c dm⁻³ em nenhuma das doses de calcário aplicadas.

Os Neossolos Quartzarenicos se originam de depósitos arenosos e apresentam textura de areia ou areia franca até 2 m de profundidade, com teor de argila inferior a 15% (FRAZÃO et al., 2008). Essas características justificam o comportamento semelhante entre os dois Neossolos estudados que, embora sejam considerados

como de baixa aptidão agrícola, o manejo correto pode elevar o seu potencial produtivo a curto prazo (SPERA et al., 1999).

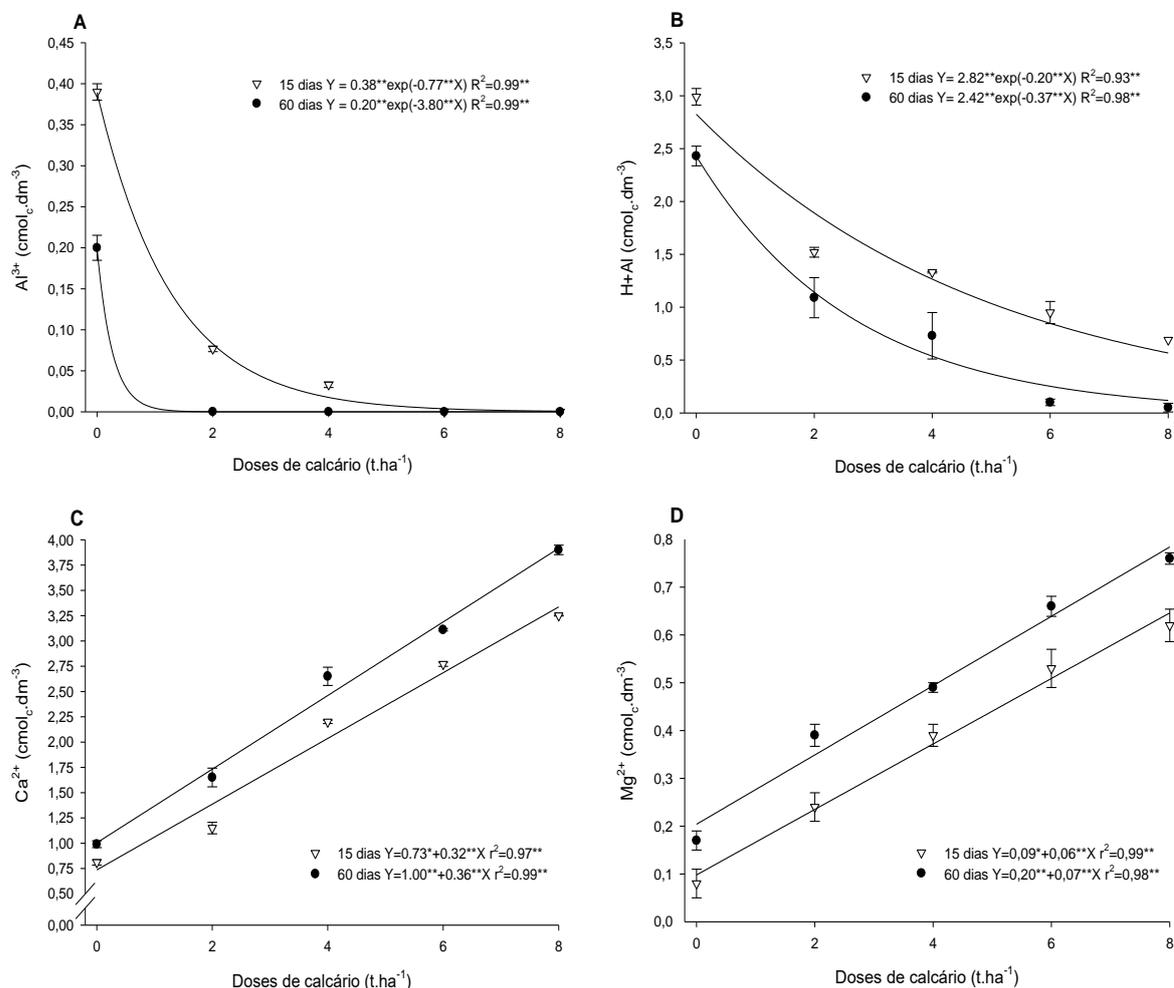


Figura 10. Teores de Al (A), H+Al (B), Ca (C) e Mg (D) em função das doses crescentes de aplicação do corretivo de acidez no Neossolo Quartzarenico da região sul do Tocantins nos períodos de incubação de 15 e 60 dias. Gurupi TO, 2017.

Assim, a aplicação de 2 t ha⁻¹ do corretivo estudado forneceu ao Neossolo Quartzarenico da região Sul, os valores ideais de Al e pH aos 15 e 60 dias após aplicação. Porém os teores de Ca e Mg não são atingidos nessa dose. Para que os valores desses nutrientes sejam adequados a esse tipo de solo, é necessário aumentar a profundidade de aplicação do calcário para aproximadamente 36 cm. Dessa forma, o pH não será deslocado e conseqüentemente não afetará a disponibilidade dos micronutrientes.

CONCLUSÕES

Os teores de Al e acidez potencial (H+Al) reduziram e os teores de Ca e Mg foram elevados significativamente com o aumento da dose de calcário nos solos do Tocantins.

Para a construção da fertilidade dos solos Plintossolo Pétrico (Buritirana) e Latossolo Vermelho (Buritirana) são necessários 8 e 6 t ha⁻¹ para os alcançar valores ideais de Ca, Mg, Al e pH aos 15 e 60 dias após aplicação respectivamente.

A construção da fertilidade do Latossolo Vermelho Amarelo (Gurupi), é alcançada com a dose de 6 e 4 t ha⁻¹ aos 15 e 60 dias após aplicação respectivamente.

Nos Neossolos Quartzarenicos de Guaraí e Gurupi a aplicação de 2 t ha⁻¹ do corretivo de acidez do solo foram suficientes para neutralizar a acidez trocável (Al) e elevar o valor de pH aos 15 e 60 dias após aplicação, contudo, não suficientes para a construção da fertilidade em Ca e Mg.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEONI, L. R. F.; MELO, V. F. **Química e Mineralogia do Solo**, SBCS, Viçosa, 2009, 1380 p.

ANTUNES, M.; ADAMATTI, D. S.; PACHECO, M. A. R.; GIOVANELA, M. pH do Solo: Determinação com Indicadores Ácido-Base no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 283-287, 2009.

BRESSAN, S. B.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; BARBOSA, R. S.; SOUSA, L. B. Plantas de cobertura e qualidade química de Latossolo Amarelo sob plantio direto no Cerrado maranhense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 371-378, 2013.

BRITO, C. R. M.; SILVA, P. H. S.; SILVA, D. M.; SILVA, A. M. L.; NOBRE, H. G. Utilização de estratégias de adubação e manejo do solo agroecológicas no nordeste paraense. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, p. 1-5, 2015.

CFSEMG – Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. **5ª aproximação**. Viçosa, 1999. 359p.

DAFLON, D. S. G.; FREITAS, M. S. M.; CARVALHO, A. J. C.; MONNERAT, P. H.; PRINS, C. L. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em coentro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 28-34, 2014.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa SPI, 2006. 306p.

FRAZÃO L. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarenico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 641-648, 2008.

Haidar, R. F.; Fagg, J. M. F.; Pinto, J. R. R.; Dias, R. R.; Damasco, G.; Silva, L. C. R.; Fagg, C. W. Florestas estacionais e áreas de ecótono no estado do Tocantins, Brasil: parâmetros estruturais, classificação das fitofisionomias florestais e subsídios para conservação. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 43, n. 3, p. 261-290, 2013.

Hendershot, W. H.; Lalonde, H.; Duquette, M. Soil Reaction and Exchangeable Acidity. **Soil Sampling and Methods of Analysis**. pp. 141-145. Lewis Publishers, 1993.

Lindsay, W. L. **Chemical Equilibria Soils**. New York: John Wiley & Sons, 449p 1979.

Marques, H.; Ferreira, C. S.; Almeida, G. R. R.; Cunha, L. T. Efeito da aplicação de diferentes doses de gesso agrícola em lavouras cafeeiras cultivadas no município de Paraguaçu-MG. **Revista da UIIPS**, Santarém, v. 4, n. 4, p. 1-14, 2016.

Moreira, W. R.; Resende, R. S.; Rodrigues, F. A.; Andrade, C. C. L.; Nascimento, C. W. A. Influência do Magnésio na Resistência do Arroz à Mancha Parda. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p. 154-161, 2013.

Moura, M. C. S.; Lopes, A. N. C.; Moita, G. C.; Moita Neto, J. M. Estudo multivariado de solos urbanos da cidade de Teresina. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 429-435, 2006.

PAVÃO, V.M.; COSTA, H. S.; LEITE, L. O.; PEREIRA, C. E. Avaliação da calagem sobre os cultivares an cambará e primavera em um Latossolo de Humaitá – Amazonas. **Revista EDUCAmazonia**, Manaus, v. 10, n. 1, p. 177-194, 2013.

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

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: **5ª aproximação**. Viçosa, 1999, 359 p.

ROSADO, T. L.; GONTIJO, I.; ALMEIDA, M. S.; ANDRADE, F. V. Fontes e Doses de Nitrogênio e Alterações nos Atributos Químicos de um Latossolo Cultivado com Capim Mombaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 840-849, 2014.

SANTOS, A. C.; LIMA, J. S.; OLIVEIRA, L. B. T.; SILVA NETO, S. P. Variabilidade espacial das características qualitativas e quantitativas da pastagem de capim Marandú em topossequência no Tocantins. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 3, p. 83-89, 2015.

SILVA, J. A. G.; REIS, C. E. S.; CRESTANI, M.; SOUSA, R. O.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, F. I. F. Absorção de cálcio e magnésio por cultivares de aveia submetidas a níveis de toxidez por alumínio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3563-3576, 2013.

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 205-274, 2007.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; CORREIA, J. R.; CUNHA, T. J. F. Solos areno-quartzosos do Cerrado: características, problemas e limitações ao uso. Planaltina: **Embrapa-CPAC**, 48p, 1999.

STATSOFT STATÍSTICA: data analysis software system, version 7.0. Disponível em <<http://www.statsoft.com>>. Acesso em nov. 2016.

SYSTAT: Manual de uso do Sigma Plot 13.0, Windows. Disponível em <<http://www.systat.com/products/sigmaplot>>. Acesso em nov. 2016.

TISHER, J. C.; NETO, M.S. Avaliação da deficiência de macronutrientes em alface crespa. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Valinhos, v. 16, n. 2, p. 43-57, 2012.

VELOSO, C. A. C.; BORGES, A. L.; MUNIZ, I. A.; VEIGAS, J. M. Effect of different materials on soil pH. **Scientia agrícola**, São Paulo, v. 49, n. 1, p. 123-128, 1992.

CAPÍTULO 2

DOSE DE CALCÁRIO E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES EM CINCO SOLOS DO TOCANTINS

RESUMO

A calagem mostra-se como prática indispensável para qualquer atividade agrícola em solos de Cerrado. Em solo ácido os teores de H^+ e Al na solução do solo são altamente ativas. Já em solos alcalinos, a indisponibilidade do fósforo acontece devido à formação de fosfatos de cálcio. O objetivo desse trabalho foi avaliar a disponibilidade dos nutrientes em função das doses de calcário para alguns solos do Tocantins a partir do método da incubação. O ensaio de incubação foi instalado sob casa de vegetação, em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com três repetições. Os 25 tratamentos foram obtidos em esquema fatorial 5X5, combinando cinco solos: Plintossolo Pétrico (Buritirana); Latossolo Vermelho (Buritirana); Latossolo Vermelho-Amarelo (Gurupi); Neossolo Quartzarenico (Guaraí) e Neossolo Quartzarenico (Gurupi) e cinco doses de calcário (0; 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 t ha⁻¹). Os teores ideais de cálcio, magnésio, acidez trocável, acidez potencial, pH e potássio foram alcançados nas doses recomendadas de 6,25 t ha⁻¹ para o Plintossolo Pétrico, 6,05 t ha⁻¹ no Latossolo Vermelho e 3,59 t ha⁻¹ para o Latossolo Vermelho-Amarelo. Nos Neossolos Quartzarenicos de Guaraí e Gurupi, as doses recomendadas de 0,55 e 1,31 t ha⁻¹ respectivamente, foram suficientes para elevar o pH 6,0 e neutralizar o Al e acidez potencial, porém não disponibilizou Ca e Mg. Os teores ideais de boro e manganês não foram atingidos para nenhum dos solos utilizados na incubação mesmo com adubação de FTE. O teor ideal de fósforo foi atingido apenas nos Neossolos Quartzarenicos.

Palavras-chave: boro, manganês, fósforo, potássio, cálcio.

SUMMARY

DOSE OF LIMESTONE AND AVAILABILITY OF NUTRIENTS IN FIVE SOILS OF TOCANTINS

Liming is an indispensable practice for any agricultural activity in Cerrado soils. In acid soil the contents of H^+ and Al in the soil solution are highly active. In alkaline soils, the unavailability of phosphorus occurs due to the formation of calcium phosphates. The objective of this work was to evaluate the availability of nutrients as a function of limestone rates for some Tocantins soils using the incubation method. The incubation assay was installed under greenhouse, in a completely randomized experimental design (DIC) with three replicates. The 25 treatments were obtained in a 5X5 factorial scheme, combining five soils: Petric Plinthsol (Buritirana); Red Latosol (Buritirana); Red-Yellow Latosol (Gurupi); Quartzarenic Neosol (Guaraí) and Quartzarenic Neosol (Gurupi) and five doses of limestone (0, 2.0, 4.0, 6.0 and 8.0 t ha⁻¹). The ideal levels of calcium, magnesium, exchangeable acidity, potential acidity, pH and potassium were reached at the recommended doses of 6.25 t ha⁻¹ for the Petric Plinthsol, 6.05 t ha⁻¹ on the Red Latosol and 3.59 t ha⁻¹ for the Red-Yellow Latosol. In the Guaraí and Gurupi Quartzarenic Neosols, the recommended doses of 0.55 and 1.31 t ha⁻¹, respectively, were sufficient to raise pH 6.0 and neutralize Al and potential acidity, but did not provide Ca and Mg. The ideal boron and manganese contents were not reached for any of the soils used in the incubation even with FTE fertilization. The ideal phosphorus content was reached only in the Quartzarenic Neosols.

Key words: boron, manganese, phosphorus, potassium, calcium

INTRODUÇÃO

Ocupando área de 2,04 milhões de hectares, aproximadamente 24% do território nacional, o Cerrado, é o segundo maior bioma Brasileiro, superado apenas pela Floresta Amazônica (PEREIRA & SANTOS, 2015). No estado do Tocantins, o Cerrado ocupa área de 87%, enquanto a Floresta Amazônica 5,4% (TOCANTINS, 2010).

Devido às características climáticas, material de origem e ao alto intemperismo, os solos do Cerrado, são intensamente lixiviados e com baixa fertilidade natural, no entanto, com boa drenagem. As características químicas, como minerais de argila de baixa atividade, conferem condições de alta acidez e forte adsorção de ânions como o fosfato (WATANABE et al., 2005; COLOMBO et al., 2016).

Além de corrigir a acidez do solo, a calagem proporciona melhorias na elevação dos teores de cálcio e magnésio, disponibilidade de nutrientes como P, Mn, B e melhoram a atividade de microrganismos fixadores de N₂ (BEHERA & PATTANAYAK, 2016). A correção da acidez do solo é importante porque um dos principais fatores que afetam a disponibilidade dos nutrientes no solo é o pH. Em solo ácido os teores de H⁺ e Al na solução do solo são altamente ativas. Há uma grande capacidade da fase sólida em absorver ânion, principalmente o fósforo, sendo fixado pelo ferro e alumínio. Ainda em condição de acidez, o solo possui baixa capacidade de troca catiônica o que ocasiona uma grande lixiviação de cátions, e também possui baixa atividade orgânica e biológica. Já em solos alcalinos, a indisponibilidade do fósforo acontece devido à formação de fosfatos de cálcio. Nessa condição de basicidade, o excesso de cátions como cálcio, magnésio e potássio, causa uma deficiência nos micronutrientes, com exceção do molibdênio. Nesses solos o nitrogênio apresenta perdas por volatilização (ALLEONI & MELO, 2009).

O método da incubação é o método padrão, e a partir dele se calibra os outros métodos. A incubação considera a real condição de equilíbrio químico do solo para a dissolução do corretivo de acidez. As curvas de calibração são usadas para determinar a dosagem de calcário necessária para atingir o pH ideal requerido por uma cultura. Apesar da precisão, o método da incubação pode apresentar algumas inconveniências. Pode ocorrer mineralização da matéria orgânica durante os dias de

incubação, resultando numa superestimação da necessidade de calcário. Além disso, a força iônica do meio é alterada devido aumento da atividade de íons em decorrência da dissolução de sais solúveis (SOUSA et al., 2013).

Com a expansão da agricultura no estado do Tocantins e o desconhecimento da dinâmica dos nutrientes nos solos da região, cada vez mais tem-se aplicado elevadas doses de calcário e em períodos muito próximos ao plantio. Diante disso, estudos sobre a dinâmica dos nutrientes em solos do Tocantins, são de suma importância para o desenvolvimento da agricultura no estado. Tais estudos podem evitar problemas como a subestimação ou a superestimação da quantidade real de calcário para a cultura e, conseqüentemente, evitar a degradação do solo, melhorando o manejo e proporcionando melhores lucros aos produtores.

Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar a disponibilidade dos nutrientes em função das doses de calcário para alguns solos do Tocantins a partir do método da incubação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi, localizado na região sul do Estado do Tocantins.

Foram selecionados solos das principais classes que ocorrem no estado do Tocantins, sendo amostradas no distrito de Buritirana, e nas cidades de Guaraí e Gurupi. A amostragem foi realizada na camada de 0-20 cm de profundidade, em áreas sob vegetação natural. Após a coleta, os solos foram secos ao ar, peneirados em peneira com malhas de 2,0 mm e caracterizados física e quimicamente (Tabela 1).

O ensaio de incubação foi instalado sob casa de vegetação, em delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições. Os 25 tratamentos foram obtidos em esquema fatorial 5X5, combinando cinco solos (Plintossolo Pétrico, região central do estado (Buritirana); Latossolo Vermelho, região central do Tocantins (Buritirana); Latossolo Vermelho-Amarelo, região sul do estado (Gurupi); Neossolo Quartzarenico, região norte do Tocantins (Guaraí) e Neossolo Quartzarenico, região sul do estado (Gurupi)) e cinco doses de calcário (0; 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 t ha⁻¹). Cada tratamento foi composto por 0,3 kg de solo, mais a dose de corretivo equivalente para 0,3 kg de solo. O corretivo de acidez do solo utilizado foi o Puro Analítico (PA)

(CaCO₃+MgCO₃) na relação estequiométrica Ca:Mg de 2,5:1. Todos os tratamentos foram adubados com 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Super Simples), 150 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl) e 100 kg ha⁻¹ de FTE BR12 (9% Zn – 1,8% B – 0,8% Cu – 2% Mn – 3,5% Fe – 0,1% Mo), todos macerados e aplicados em pó. Em seguida, foi adicionado a cada amostra, volume de água equivalente a 70% da capacidade de campo. Os sacos plásticos foram fechados, e o teor de umidade foi repostado a cada dois dias.

Tabela 1: Caracterização química e física dos solos originais utilizados na incubação com doses e tempo de reação de corretivo de acidez do solo. Gurupi – TO, 2017

Solo	Ca+Mg	Ca ^{1*}	Mg ^{1*}	Al ^{1*}	H+Al ^{2*}	K ^{3*}	CTC(T) ^{4*}	SB ^{5*}	CTC(t) ^{6*}	K ^{3*}	P ^{3*}
.....cmolc dm ⁻³											
.....mg dm ⁻³											
FF	0,64	0,59	0,05	0,68	6,67	0,17	7,47	0,81	1,59	65,79	1,16
LV	0,67	0,60	0,07	0,43	5,79	0,16	6,67	0,88	1,31	62,99	1,12
LVA	0,58	0,50	0,08	0,73	3,14	0,06	3,78	0,64	1,37	24,78	0,97
RQ1	0,52	0,45	0,07	0,39	1,37	0,06	1,95	0,58	0,97	23,01	2,59
RQ2	0,75	0,65	0,10	0,70	1,39	0,10	2,24	0,85	1,55	39,01	3,22

Solo	V ^{7*}	M ^{8*}	Mat. Org. ^{9*}	pH _{H2O}	P-rem ^{10*}	Areia	Silte	Argila		
.....(%).....										
...%... .g dm ⁻³ .										
mg L ⁻¹										
.....Textura (g kg ⁻¹).....										
FF	10,82	45,68	3,79	37,86	4,26	11,62	375,76	154,93	469,32	
LV	13,21	32,79	3,81	38,11	4,33	9,97	382,96	47,73	569,31	
LVA	17,03	53,15	0,20	2,20	4,87	20,35	749,61	45,47	204,93	
RQ1	29,72	40,25	0,96	9,56	4,27	30,40	949,60	14,40	36,00	
RQ2	37,95	32,15	0,50	5,10	5,02	26,98	897,34	47,73	54,93	

^{1*} Método KCl 1 mol L⁻¹. ^{2*} Método Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹, pH 7. ^{3*} Método Melich-1. ^{4*} T = SB + (H+Al). ^{5*} SB = Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺+Na⁺. ^{6*} t = SB + Al³⁺. ^{7*} V = 100.SB/T. ^{8*} m = 100.Al³⁺/t. ^{9*} Método Walkley e Black. ^{10*} concentração de P da solução de equilíbrio após agitar durante 1 h a TFSA com solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹, contendo 60 mg L⁻¹ de P na relação :10. **FF**: Plintossolo Pétrico; **LV**: Latossolo Vermelho; **LVA**: Latossolo Vermelho-Amarelo; **RQ1**: Neossolo Quartzarenico (Guaraí); **RQ2**: Neossolo Quartzarenico (Gurupi).

A incubação foi executada durante 60 dias, e ao final foram realizadas análises de pH (H₂O), pH (CaCl₂), cálcio, magnésio, acidez trocável, acidez potencial (H+Al), Boro, Manganês, Fósforo e Potássio.

Análises de atributos químicos do solo:

pH em água e CaCl₂: o pH foi obtido com potenciômetro que foi ligado 30 minutos antes do início das análises e calibrado com soluções padrões de tampão pH 4,00 e pH 7,00. Em copos plásticos devidamente identificados foram colocados 10 cm³ de solo e 25 mL de água destilada / CaCl₂ 0,01M. Agitou-se com bastão de vidro e após uma hora de repouso procedeu-se com as leituras de pH.

Cálcio, Magnésio e Alumínio trocável: esses atributos foram determinados por titulação feita em bureta digital. Para a determinação desses atributos, foi feita inicialmente a extração em solução $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ de KCl da seguinte maneira: foram cachimbados 10 cm^3 de TFSA em copos descartáveis devidamente identificados de 300 mL e em seguida adicionou-se 200 mL de KCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$. Agitou-se com bastão de vidro e deixado em repouso por 16 horas. Uma prova em branco (apenas KCl) também é deixado em repouso simultaneamente. Após o tempo de repouso, para determinação de cálcio pipetou-se 50 mL do sobrenadante, ao qual é adicionado 2,0 mL de trietanolamina 50%, 2,0 mL de KOH 10% e um pitada do indicador murexida. Titulou-se com solução $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ de EDTA até viragem da cor rósea para roxo. O volume de EDTA gasto na solução corresponde ao teor de cálcio trocável em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Para determinação do teor de magnésio é necessário realizar primeiro a determinação de (Ca+Mg) e, posteriormente, determinar Mg em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ por diferença, onde $\text{Mg} = (\text{Ca} + \text{Mg}) - \text{Ca}$. O teor de (Ca+Mg) em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ foi feito pipetando-se 50 mL do sobrenadante, ao qual é adicionado 6,5 mL de coquetel tampão (tampão pH 10 + 67,5 de NH_4Cl dissolvido em 200 mL de água destilada + 600 mL de NH_4OH concentrado + 0,0616 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e 0,930 g de EDTA dissódico) e 4 gotas de indicador eriochrome Black e titulou-se imediatamente com EDTA $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ até viragem da cor vermelho-arroxeadada para azul-esverdeada. O volume de EDTA gasto na solução corresponde ao teor de (Ca+Mg) trocável em $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$. Para a leitura do alumínio trocável, pipetou-se 50 mL do sobrenadante adicionou-se 3 gotas do indicador azul de bromotimol. A amostra foi titulada com solução $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ de NaOH até coloração verde-azulada persistente. O volume de NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ gasto na titulação corresponde ao teor de Al em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A titulação é feita com o uso de bureta digital.

Acidez Potencial (H+Al): esse atributo foi determinado por titulação feita em bureta digital. A extração da acidez potencial foi feita com solução $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ de acetato de cálcio em pH 7,0. Cachimbou-se 5 cm^3 de TFSA em copos descartáveis devidamente identificados de 200 mL e adicionou-se 75 mL da solução de acetato de cálcio. Agitou-se com bastão de vidro e deixado em repouso por 16 horas. Uma prova em branco (apenas acetato de cálcio) também é deixado em repouso simultaneamente. Após o repouso, pipetou-se 25 mL do sobrenadante ao qual foi adicionado 5 gotas de indicar fenolftaleína 3%. A amostra foi titulada com solução $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ de NaOH até o aparecimento de cor rósea persistente.

Boro: A extração desse elemento foi feita com uma solução extratora de Cloreto de Bário 0,125%. Cachimbou-se 10 cm³ de TFSA em copos descartáveis devidamente identificados de 50 mL e adicionou-se 20 mL da solução de cloreto de bário. Tampou o copo com papel filme, fez um furo para sair o ar e foi levado no micro-ondas por 2 minutos. Após esfriar foi filtrado. Pipetou-se 4 mL do filtrado e adicionou-se 1 mL de solução tampão e 1 mL de azometina. Ao mesmo tempo procedeu-se com a montagem da curva padrão com soluções 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 mg L⁻¹ de boro. A leitura da curva e amostras foi feita em espectrofotômetro de UV-VIS no comprimento de onda de 420 nm. A solução tampão foi preparada dissolvendo-se 250 g de acetato de amônio e 15 g de EDTA dissódico em 400 mL de água destilada e em seguida adicionou-se 125 mL de ácido acético glacial. A azometina foi preparada diluindo 0,9 g de azometina H em 100 mL de ácido ascórbico 2%.

Manganês: A extração desse elemento foi feita com solução DTPA tamponada a pH 7,30 corrigido com HCl 4M (1,96 g de DTPA + 1,47 g de cloreto de cálcio dihidratado + 14,7 mL de trietanolamina, completando-se 1 litro de solução). Em copos descartáveis devidamente identificados de 50 mL cachimbou-se 10 cm³ de TFSA e 20 mL do extrator DTPA. Agitou-se por 1 hora a 150 rpm e deixado 16 horas em repouso. Após o repouso, a amostra foi filtrada e procedeu-se com a leitura em espectrofotômetro de absorção atômica com lâmpada de cátodo oco.

Fósforo e Potássio: A extração desses elementos foi feita com uma solução extratora de Mehlich (20,5 mL de HCl + 3,5 de H₂SO₄, ambos concentrados e completados para 5 litros). Em copos descartáveis devidamente identificados de 200 mL cachimbou-se 5 cm³ de TFSA e 50 mL do extrator Mehlich. Agitou-se com bastão de vidro e deixado 16 horas em repouso. O potássio foi determinado por fotometria de chama. Antes da análise preparou soluções padrões nas concentrações 0, 2, 4, 6, 8 e 10 mg L⁻¹. O fotômetro foi ajustado em 0% de emissão com a solução padrão 0 mg L⁻¹ e 100% com a solução de maior concentração (10 mg L⁻¹). Após ajuste, submeteu ao fotômetro as demais soluções padrão, anotou valores de emissão e montou a curva analítica (regressão linear), para então determinar os teores dos elementos em mg L⁻¹. Em seguida procedeu-se com a leitura das amostras que foram pipetadas 10 mL do sobrenadante em tubos de ensaio. O teor de fósforo disponível foi feito pipetando-se 5 mL do sobrenadante em tubo de ensaio e adicionou 5 mL de solução RT recém preparada. Ao mesmo tempo procedeu-se com

a montagem da curva padrão com soluções 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 mg L⁻¹ de P. A leitura da curva foi feita em espectrofotômetro de UV-VIS no comprimento de onda de 725 nm. A solução RT é preparada da seguinte forma:

Solução A: Dissolveu 1 g de subcarbonato de bismuto (BiO)₂CO₃ em aproximadamente 200 mL de água destilada e adicionou 138,8 mL de H₂SO₄ concentrado.

Solução B: Dissolveu 20 g de molibdato de amônio (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O em aproximadamente 500 mL de H₂O.

Solução A+B: Misturou as soluções A e B e completou o volume para um litro com água destilada. Guardou a solução A+B em frasco escuro, bem vedado e sob refrigeração.

Solução RT: Em balão de 250 mL dissolveu 0,4 g de vitamina C em aproximadamente 100 mL de água destilada. Adicionou 50 mL da solução A+B, agitou e completou o volume com água destilada.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão, avaliando a significância dos betas e dos coeficientes de determinação utilizando programa Estatística versão 7.0 (STATSOFT, 2016). Os gráficos das regressões foram plotados utilizando programa estatístico Sigma Plot versão 10.0[®], sendo o modelo escolhido com base na melhor significância dos betas (SYSTAT, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a incubação com doses crescentes de calcário foi observado aumento linear ($P \leq 0,01$) nos valores de pH em água e CaCl₂ no Plintossolo Pétrico (FF) proveniente da região central do estado (Buritirana), Latossolo Vermelho (LV) da região central (Buritirana), Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) da região sul do estado (Gurupi), Neossolo Quartzarenico (RQ1) da região norte do Tocantins (Guaraí) e Neossolo Quartzarenico (RQ2) da região sul (Gurupi) (Figura 1). Entretanto, cada solo respondeu de forma diferente ao corretivo de acidez, onde o Plintossolo Pétrico e o Latossolo Vermelho foram os que apresentaram menor tendência a variação do pH. A magnitude da alteração do pH é regulada pela sua capacidade tamponante que está relacionada aos teores de argila e matéria orgânica (XU et al., 2012).

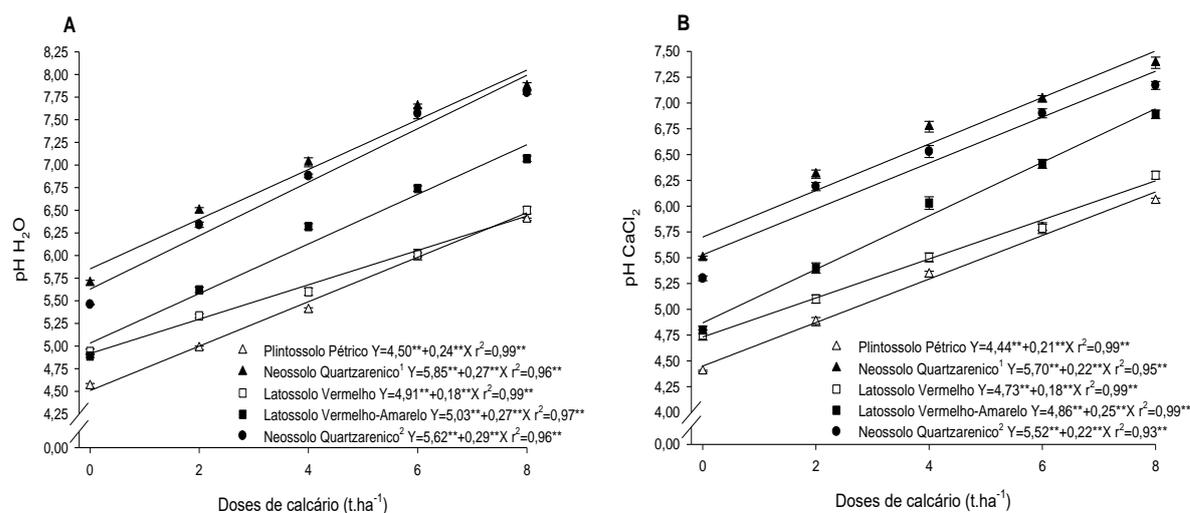


Figura 1. pH em H₂O (A) e pH em CaCl₂ (B) do Plintossolo Pétrico (Buritirana), Latossolo Vermelho (Buritirana), Latossolo Vermelho-Amarelo (Gurupi), Neossolo Quartzarenico¹ (Guaraí), Neossolo Quartzarenico² (Gurupi) ao final dos 60 dias de incubação em função das doses crescentes do corretivo de acidez PA. Gurupi TO, 2017.

Existe um equilíbrio químico entre a concentração de íons H⁺ da solução com a fase sólida do solo. Entretanto, esse equilíbrio é mudado durante a determinação da acidez potencial, pois a mesma é feita em solução tamponada a pH 7. Assim, há diminuição na concentração de H⁺ na solução e para reestabelecer o equilíbrio, isto é, o pH, íons H⁺ e Al trocáveis, migram para a solução. A resistência à mudança do pH é a capacidade tamponante do solo. Quantitativamente, essa capacidade é definida como a quantidade de matéria de um ácido no caso do solo, H⁺ e/ou Al provenientes da CTC necessária para que 1,0 L de solução apresente uma mudança de uma unidade no pH (SKOOG et al., 1996).

Solos com maiores teores de argila e matéria orgânica como o Plintossolo Pétrico (46,93%) e o Latossolo Vermelho (56,93%) apresentam elevada capacidade tamponante, pois essas duas frações são as principais fontes de H⁺ e Al. Além de controlar as variações do pH do solo, o poder tampão interfere nas reações químicas de vários nutrientes e regula a disponibilidade dos mesmos no solo (CARMO & SILVA, 2016). A vantagem do maior poder tampão desses solos está na tendência de manutenção do pH, mesmo após a aplicação de doses elevadas do corretivo da acidez.

Com a elevação do pH, houve redução exponencial ($P \leq 0,01$) nos valores de Al e acidez potencial (H+Al) nos solos estudados em função do aumento nas doses de calcário (Figura 2A e 2B). Os teores de Al ficaram abaixo do nível de toxicidade em

todos os solos, na dose de 2 t ha⁻¹, tendendo a zero nas doses mais elevadas. Entretanto a acidez potencial não atingiu níveis ideais ($\leq 1,0$ cmol_c dm⁻³) para o Plintossolo Pétrico e o Latossolo Vermelho, mesmo na maior dose de calcário aplicada na incubação, resultado justificado pela maior capacidade tamponante desses solos (CFSEMG, 1999).

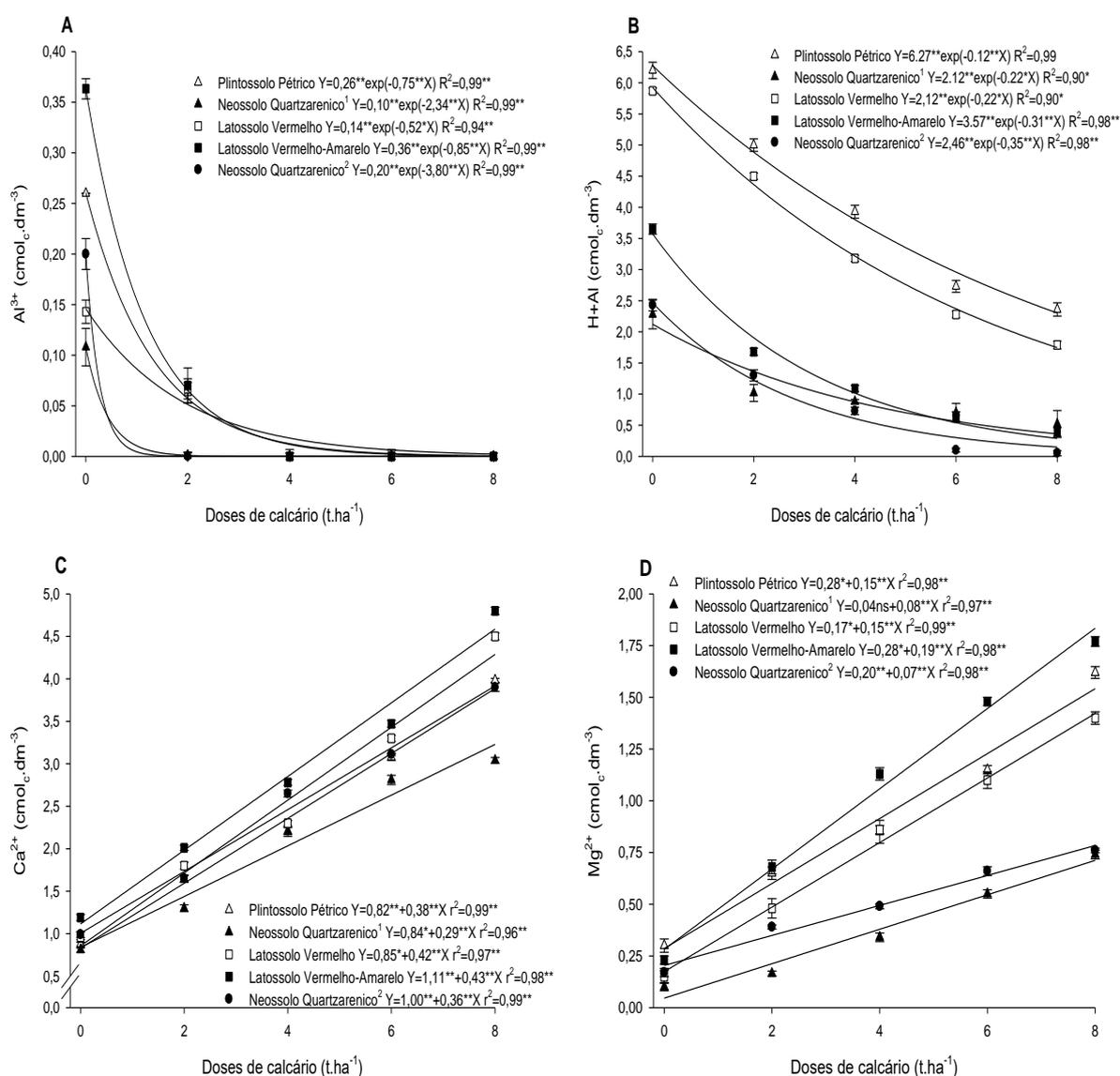


Figura 2. Teores de Al (A), H+Al (B), Ca (C) e Mg (D) do Plintossolo Pétrico (Buritirana), Latossolo Vermelho (Buritirana), Latossolo Vermelho-Amarelo (Gurupi), Neossolo Quartzarenico¹ (Guaraí), Neossolo Quartzarenico² (Gurupi) ao final dos 60 dias de incubação em função das doses crescentes do corretivo de acidez. Gurupi TO, 2017.

Ao final da incubação, os teores de Ca e Mg do Plintossolo Pétrico, Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo e os dois Neossolos Quartzarenicos aumentaram linearmente ($P \leq 0,01$) em função das doses crescentes do corretivo de

acidez (Figura 2C e 2D). A aplicação de 6,25 e 6,05 t ha⁻¹ de corretivo no Plintossolo Pétrico e Latossolo Vermelho, respectivamente, proporciona os valores ideais para Ca ($\geq 2,41$ cmol_c dm⁻³) e Mg ($\geq 0,91$ cmol_c dm⁻³) após 60 dias de incubação. O Latossolo Vermelho-Amarelo alcança a faixa considerada boa agronomicamente desses nutrientes com a dose de 3,59 t ha⁻¹, enquanto os Neossolos Quartzarenicos não atingem valores considerados bons agronomicamente com a dose de 2 t ha⁻¹.

O teor de Boro aos 60 dias de incubação no Plintossolo Pétrico, Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo e Neossolos Quartzarenicos aumentaram linearmente ($P \leq 0,01$) (Figura 3A) em função da dose de corretivo. Apesar dos teores de boro terem aumentado, nenhum solo atingiu a faixa considerada agronomicamente boa (0,61 – 0,90 mg dm⁻³).

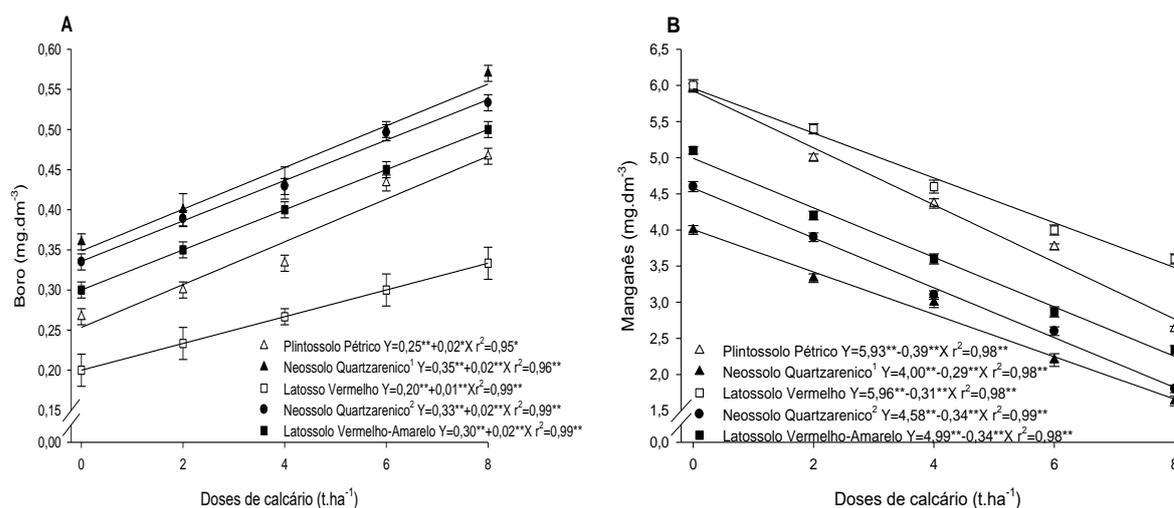


Figura 3. Teores de Boro (A) e Manganês (B) do Plintossolo Pétrico (Buritirana), Latossolo Vermelho (Buritirana), Latossolo Vermelho-Amarelo (Gurupi), Neossolo Quartzarenico¹ (Guaraí), Neossolo Quartzarenico² (Gurupi) ao final dos 60 dias de incubação em função das doses crescentes do corretivo de acidez PA. Gurupi TO, 2017.

Para o Plintossolo Pétrico e Latossolo Vermelho que tiveram a dose recomendada de 6,25 e 6,05 t ha⁻¹, a eficiência do adubo FTE BR12 foi de 47,7% e 33,3% respectivamente. Para o Latossolo Vermelho-Amarelo onde a dose de 3,59 t ha⁻¹ foi recomendada para construção da fertilidade do solo, a eficiência do adubo foi de 44,4%. Nos Neossolos Quartzarenicos a eficiência foi semelhante ao Latossolo Vermelho-Amarelo (44,4%) porém, na dose de 2 t ha⁻¹.

A absorção de boro pelas plantas depende da atividade na solução do solo (ROSOLEM & BÍSCARO, 2007) e a atividade no solo depende das reações de

adsorção com os seus adsorventes. Essa adsorção é afetada por fatores como os minerais de argila, a matéria orgânica e pH. A deficiência de boro causa encarquilhamento nas folhas mais novas, morte de brotações terminais e folhas quebradiças (TAIZ & ZEIGER, 2006).

O teor de manganês decresceu linearmente ($P \leq 0,01$) em função do aumento da dose de corretivo (Figura 3B). Entretanto, para esse micronutriente, de forma análoga ao boro, não se atingiu valores agronomicamente ideais ($9-12 \text{ mg dm}^{-3}$). O manganês é um micronutriente que tem função na síntese de clorofila e ativação enzimática. Com a elevação do pH na camada superficial do solo, ocorre redução na disponibilidade desse micronutriente, o que requer eficiência criteriosa na recomendação da calagem (LIMA et al, 2004).

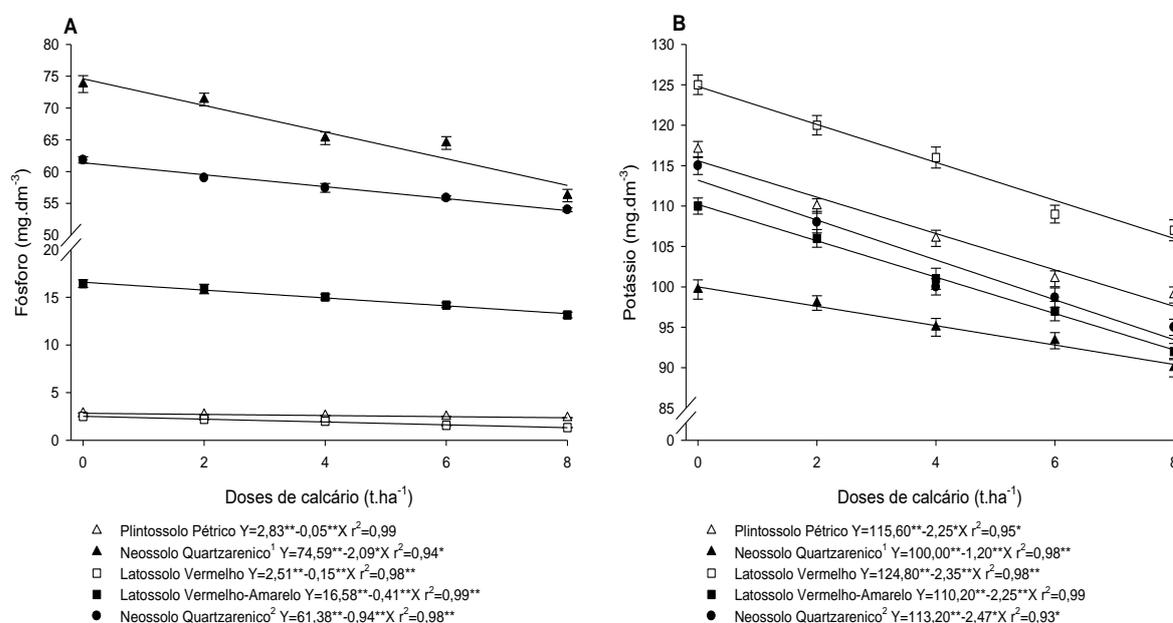


Figura 4. Teores de Fósforo (A) e Potássio (B) dos solos Plintossolo Pétrico (Buritirana), Latossolo Vermelho (Buritirana), Latossolo Vermelho-Amarelo (Gurupi), Neossolo Quartzarenico¹ (Gurupi), Neossolo Quartzarenico² (Gurupi) ao final dos 60 dias de incubação em função das doses crescentes do corretivo de acidez PA. Gurupi TO, 2017.

Os teores de fósforo e potássio decresceram linearmente ($P \leq 0,01$) com o aumento da dose de corretivo de acidez em todos os solos (Figura 4A e 4B). Os solos com textura argilosa como o Plintossolo Pétrico (46,93%) e Latossolo Vermelho (56,93%) não alcançaram valores de fósforo entre $12,1-18,0 \text{ mg dm}^{-3}$ considerados como de boa disponibilidade, mesmo com adubação de 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 , na dose recomendada acima de 6 t ha^{-1} . Teores ideais de fósforo também não foram alcançadas para o Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média na dose

recomendada de 3,59 t ha⁻¹. Apenas os Neossolos Quartzarenicos, tanto da região norte, quanto da região sul do estado chegaram ao teor ideal de fósforo (30,1-45,0 mg dm⁻³) na dose recomendada de 0,55 e 1,31 t ha⁻¹, respectivamente. Os principais atributos do solo que podem influenciar a adsorção de fósforo, são o tipo e teor de argila e matéria orgânica. Melhores resultados sobre a dinâmica do fósforo nos diferentes solos do Tocantins, visando propiciar o melhor entendimento é possível com a análise de fracionamento de fósforo, assim, estima-se a que frações o fósforo está intimamente ligado impossibilitando sua disponibilidade mesmo com adubações fosfatadas.

A faixa agronomicamente ideal de potássio entre 71-120 mg dm⁻³ foi alcançada nos solos Plintossolo Pétrico (Buritirana), Latossolo Vermelho (Buritirana), Latossolo Vermelho-Amarelo (Gurupi), Neossolo Quartzarenico1 (Guaraí), Neossolo Quartzarenico2 (Gurupi) ao final dos 60 dias de incubação na dose recomendada de 6,25; 6,05; 3,59; 0,55 e 1,31 t ha⁻¹, respectivamente.

CONCLUSÕES

Os teores ideais de cálcio, magnésio, acidez trocável, acidez potencial, pH e potássio foram alcançados nas doses recomendadas de 6,25 t ha⁻¹ para o Plintossolo Pétrico, 6,05 t ha⁻¹ no Latossolo Vermelho e 3,59 t ha⁻¹ para o Latossolo Vermelho-Amarelo. Nos Neossolos Quartzarenicos de Guaraí e Gurupi, as doses recomendadas de 0,55 e 1,31 t ha⁻¹ respectivamente, foram suficientes para elevar o pH 6,0 e neutralizar o Al e acidez potencial, porém, não disponibilizou Ca e Mg.

Os teores ideais de boro e manganês não foram atingidos para nenhum dos solos utilizados na incubação mesmo com adubação.

O teor ideal de fósforo foi atingido apenas nos Neossolos Quartzarenicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEONI, L. R. F.; MELO, V. F. **Química e Mineralogia do Solo**, SBCS, Viçosa, 2009, 1380 p.

BEHERA, R. D.; PATTANAYAK, S. K. Influence of different sources of liming materials on chemical properties of the soil for maize crop grown in acid soil.

International Journal of Agriculture Science and Research, Tamil Nadu, v. 6, n. 3, p. 535-544, 2016.

CARMO, D. L.; SILVA, C. A. Condutividade elétrica e crescimento do milho em solos contrastantes sob aplicação de diversos níveis de calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.10, p.1762-1772, 2016.

CFSEMG – Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. **5ª aproximação**. Viçosa, 1999. 359p.

COLOMBO, G. A.; PELÚZIO, J. M.; PIRES, L. P. M.; DARONCH, D. J.; FILHO, G. C. M. Phosphorus use efficiency of soybean cultivars in Cerrado conditions of Tocantins, Brazil. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v. 3, n. 1, p. 42-49, 2016.

LIMA, D V.; KLIEMANN, H. J.; MORAES, M. F.; LEANDRO, W. M. Relações entre dose de calcário e manganês na nutrição mineral da soja na região de Rio Verde-GO. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 2, p. 65-73, 2004.

PEREIRA, A. C.; SANTOS, E. R. Frutas nativas do Tocantins com potencial de aproveitamento econômico. **Agri-Environmental Sciences**, Palmas, v. 1, n. 1, p. 22-37, 2015.

ROSOLEM, C. A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.10, p.1473-1478, 2007.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J. **Fundamentals of analytical chemistry**. 7ª ed. Fort Worth: Saunders College, 1996.

SOUSA, L. F. R. A.; MARINHO, R. W. D.; NUNES, F. M.; SILVA, R. V.; NASCIMENTO, I. O.; SILVA, W. A. Determinação do pH de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico incubado com aplicação de doses crescentes de CaCO₃ por diferentes métodos. **Revista Agrossistemas**. Pará, v.5, n.2, p.58-63, 2013.

STATSOFT STATÍSTICA: data analysis software system, version 7.0. Disponível em <http://www.statsoft.com> Acesso em nov. 2016.

SYSTAT: Manual de uso do Sigma Plot 13.0, Windows. Disponível em <http://www.systat.com/products/sigmaplot> Acesso em nov. 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

TOCANTINS. Portal de Informações e Serviços do Estado do Tocantins. Características do Tocantins. 2010. Disponível em: Acesso em nov. 2016.

WATANABE, R. T.; FIORETTO, R. A.; FONSECA, I. B.; SEIFERT, A. L.; SANTIAGO, D. C.; CRESTE, J. E.; HARADA, A.; CUCOLOTTO, M. Soybean yield under different density of populations and cations percentage (Ca, Mg and K) in base saturation. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 4, p. 477-484, 2005.

XU, R. K.; ZHAO, A. Z.; YUAN, J. H.; JIANG, J. pH buffering capacity of acid soils from tropical and subtropical regions of China as influenced by incorporation of crop straw biochars. **Journal of Soils and Sediments**, Hong Kong, v. 12, n. 4, p. 494-502, 2012.

CAPÍTULO 3

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM PARA CINCO SOLOS DO TOCANTINS

RESUMO

A calagem mostra-se como prática indispensável para qualquer atividade agrícola em solos de Cerrado. Entretanto, não existe metodologia unificada para determinação da calagem no Brasil. Os métodos usados em solos de Cerrado são neutralização do Al com elevação dos teores de Ca e Mg, saturação por bases, e foram desenvolvidos a partir do método da incubação. O objetivo desse trabalho foi comparar a partir do método da incubação, os métodos da neutralização do alumínio com elevação dos teores de cálcio e magnésio e da saturação por bases, para cinco solos do Tocantins. O ensaio de incubação foi disposto em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Os 15 tratamentos foram obtidos em esquema fatorial 5X3, combinando cinco solos: Plintossolo Pétrico (Buritirana); Latossolo Vermelho (Buritirana); Latossolo Vermelho-Amarelo (Gurupi); Neossolo Quartzarenico (Guaraí) e Neossolo Quartzarenico (Gurupi) e três metodologias de recomendação de calagem (método da incubação, método da neutralização do Al com elevação dos teores de Ca e Mg e o método da saturação por bases). A calibração foi baseada nas recomendações das necessidades de calagem para a cultura da soja nos cinco solos incubados. O método da saturação por bases subestima a recomendação de necessidade de calagem pelo método da incubação nos solos Plintossolo Pétrico, Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo e Neossolos Quartzarenicos. O método da neutralização do alumínio com elevação dos teores de cálcio e magnésio superestima a recomendação da necessidade de calagem pelo método da incubação apenas para o Neossolo Quartzarenico da região norte.

Palavras-chave: neutralização do alumínio, saturação por bases, incubação de calcário.

SUMMARY

COMPARISON OF METHODS OF RECOMMENDATION OF CALAGE FOR FIVE SOILS OF TOCANTINS

Liming is an indispensable practice for any agricultural activity in Cerrado soils. However, there is no unified methodology for liming determination in Brazil. The methods used in Cerrado soils are neutralization of Al with elevation of Ca and Mg contents, base saturation, and were developed from the incubation method. The objective of this work was to compare the methods of neutralization of aluminum with elevation of calcium and magnesium contents and base saturation for five Tocantins soils using the incubation method. The incubation assay was arranged in a completely randomized experimental design (DIC). The 15 treatments were obtained in a 5X3 factorial scheme, combining five soils: Petric Plinthsol (Buritirana); Red Latosol (Buritirana); Red-Yellow Latosol (Gurupi); Quartzarenic Neosol (Guaraí) and Quartzarenic Neosol (Gurupi) and three methodologies of liming recommendation (incubation method, method of neutralization of Al with elevation of Ca and Mg contents and the base saturation method). The calibration was based on the recommendations of the liming requirements for the soybean crop in the five soils incubated. The method of base saturation underestimates the need for liming by the method of incubation in Petric Plinthsol, Red Latosol, Red-Yellow Latosol, and Quartzarenic Neosols. The method of neutralization of aluminum with elevation of calcium and magnesium contents overestimates the recommendation of the need for liming by the incubation method only for the Quartzarenic Neosol of the northern region.

Key words: aluminum neutralization, base saturation, limestone incubation.

INTRODUÇÃO

Ocupando área de 2,04 milhões de hectares, aproximadamente 24% do território nacional, o Cerrado, é o segundo maior bioma Brasileiro, superado apenas pela Floresta Amazônica (PEREIRA & SANTOS, 2015). No estado do Tocantins, o Cerrado ocupa área de 87%, enquanto a Floresta Amazônica 5,4% (TOCANTINS, 2010).

A calagem mostra-se como prática indispensável para qualquer atividade agrícola em solos de Cerrado. Entretanto, não existe metodologia unificada para determinação da calagem no Brasil. Os métodos usados em solos de Cerrado são neutralização do Al com elevação dos teores de Ca e Mg e o método da saturação por bases.

O método da neutralização de alumínio trocável e elevação dos teores de Ca e Mg baseia-se na redução dos teores de Al a níveis aceitáveis e, adicionalmente, elevar os teores de Ca e Mg para valores ideais para determinada cultura. No cálculo são levados em consideração fatores como o teor de argila e poder tampão do solo, tolerância da cultura a acidez e suas exigências por Ca e Mg (FULLIN & DADALTO, 2001).

Já o método da saturação por bases fundamenta-se na relação entre o pH do solo e a saturação por bases, sendo utilizado principalmente nos estados de São Paulo e Paraná. Neste método são levados em consideração aspectos como a cultura a ser plantada, o tipo de solo e o tipo de corretivo. Nele se busca elevar o pH até o valor de saturação por bases requerido por determinada cultura. A desvantagem é que em solos com altos teores de argila e matéria orgânica a exigência de calcário é elevada (CAMPANHARO et al., 2007), sendo o contrário observado por solos arenosos.

O método da incubação é o método padrão, e a partir dele se calibra os outros métodos acima citados. A incubação considera a real condição de equilíbrio químico do solo para a dissolução do corretivo de acidez. As curvas de calibração são usadas para determinar a dosagem de calcário necessária para atingir o pH ideal requerido por uma cultura. Apesar da precisão, o método da incubação pode apresentar algumas inconveniências. Pode ocorrer mineralização da matéria orgânica durante os

dias de incubação, resultando numa superestimação da necessidade de calcário. Além disso, a força iônica do meio é alterada devido aumento da atividade de íons em decorrência da dissolução de sais solúveis (SOUSA et al., 2013).

Com a expansão da agricultura no estado do Tocantins, e a não existência de uma metodologia unificada para determinação da calagem, cada vez mais tem-se aplicado elevadas doses de calcário e em períodos muito próximos ao plantio. Diante disso, estudos de comparação entre as diversas metodologias para recomendação de calagem são de suma importância para o desenvolvimento da agricultura. Tais estudos podem evitar problemas como a subestimação ou a superestimação da quantidade real de calcário para a cultura e, conseqüentemente, evitar a degradação do solo, melhorando o manejo e proporcionando melhores lucros aos produtores.

Assim, objetivou-se com este trabalho comparar a partir do método da incubação, os métodos da neutralização do alumínio com elevação dos teores de cálcio e magnésio e da saturação por bases, para cinco solos do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Universidade Federal de Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi, localizado na região sul do Estado do Tocantins.

Foram selecionados solos das principais classes que ocorrem no estado do Tocantins, sendo amostradas no distrito de Buritirana, e nas cidades de Guaraí e Gurupi. A amostragem foi realizada na camada de 0-20 cm de profundidade, em áreas sob vegetação natural. Após a coleta, os solos foram secos ao ar, peneirados em peneira com malhas de 2,0 mm e caracterizados física e quimicamente (Tabela 1).

O ensaio de incubação que originou os resultados para a comparação dos métodos, foi disposto em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Os 15 tratamentos foram obtidos em esquema fatorial 5X3, combinando cinco solos: Plintossolo Pétrico (Buritirana); Latossolo Vermelho (Buritirana); Latossolo Vermelho-Amarelo (Gurupi); Neossolo Quartzarenico (Guaraí) e Neossolo Quartzarenico (Gurupi) e três metodologias de recomendação de calagem (método da incubação, método da neutralização do Al com elevação dos teores de Ca e Mg e o método da saturação por bases).

Tabela 1: Caracterização química e física dos solos originais utilizados na comparação entre os métodos de recomendação de calagem. Gurupi – TO, 2017

Solo	Ca+Mg	Ca ^{1*}	Mg ^{1*}	Al ^{1*}	H+Al ^{2*}	K ^{3*}	CTC(T) ^{4*}	SB ^{5*}	CTC(t) ^{6*}	K ^{3*}	P ^{3*}
.....cmol _c dm ⁻³mg dm ⁻³	
FF	0,64	0,59	0,05	0,68	6,67	0,17	7,47	0,81	1,59	65,79	1,16
LV	0,67	0,60	0,07	0,43	5,79	0,16	6,67	0,88	1,31	62,99	1,12
LVA	0,58	0,50	0,08	0,73	3,14	0,06	3,78	0,64	1,37	24,78	0,97
RQ1	0,52	0,45	0,07	0,39	1,37	0,06	1,95	0,58	0,97	23,01	2,59
RQ2	0,75	0,65	0,10	0,70	1,39	0,10	2,24	0,85	1,55	39,01	3,22
Solo	V ^{7*}	M ^{8*}	Mat. Org. ^{9*}	pH _{H2O}	P-rem ^{10*}	Areia	Silte	Argila			
.....(%).....									Textura (g kg ⁻¹).....	
.....%... .g dm ⁻³ .			mg L ⁻¹								
FF	10,82	45,68	3,79	37,86	4,26	11,62	375,76	154,93	469,32		
LV	13,21	32,79	3,81	38,11	4,33	9,97	382,96	47,73	569,31		
LVA	17,03	53,15	0,20	2,20	4,87	20,35	749,61	45,47	204,93		
RQ1	29,72	40,25	0,96	9,56	4,27	30,40	949,60	14,40	36,00		
RQ2	37,95	32,15	0,50	5,10	5,02	26,98	897,34	47,73	54,93		

^{1*} Método KCl 1 mol L⁻¹. ^{2*} Método Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹, pH 7. ^{3*} Método Melich-1. ^{4*} T = SB + (H+Al). ^{5*} SB = Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺+Na⁺. ^{6*} t = SB + Al³⁺. ^{7*} V = 100.SB/T. ^{8*} m = 100.Al³⁺/t. ^{9*} Método Walkley e Black. ^{10*} concentração de P da solução de equilíbrio após agitar durante 1 h a TFSA com solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹, contendo 60 mg L⁻¹ de P na relação :10. **FF**: Plintossolo Pétrico; **LV**: Latossolo Vermelho; **LVA**: Latossolo Vermelho-Amarelo; **RQ1**: Neossolo Quartzarenico (Guaraí); **RQ2**: Neossolo Quartzarenico (Gurupi).

Os métodos da neutralização do alumínio com elevação dos teores de cálcio e magnésio e da saturação por bases foram calculados conforme as equações 1 e 2 respectivamente (CFSEMG, 1999) para a cultura da soja.

$$NC = Y \left[Al^{3+} - \frac{m_t \cdot t}{100} \right] + [X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})] \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

Y = valor variável em função da capacidade tampão da acidez do solo e que pode ser definido de acordo com a textura do solo.

Al³⁺ = acidez trocável, em cmol_c dm⁻³.

m_t = máxima saturação por Al³⁺ tolerada pela cultura, em %.

t = CTC efetiva, em cmol_c dm⁻³.

X = valor variável em função dos requerimentos de Ca e Mg pela cultura.

Ca²⁺ + Mg²⁺ = teores de Ca e Mg trocáveis, em cmol_c dm⁻³.

$$NC = T \cdot \frac{(V_e - V_a)}{100} \quad \text{Equação 2}$$

Onde,

$$T = \text{CTC a pH 7} = \text{SB} + (\text{H} + \text{Al}), \text{ em cmol}_c \text{ dm}^{-3}.$$

V_e = saturação por bases desejada ou esperada, para a cultura a ser implantada.

$$V_a = \text{saturação por bases atual do solo} = 100 \text{ SB}/T, \text{ em } \%.$$

A calibração dos métodos foi baseada nas recomendações da necessidade de calagem para a cultura da soja nos cinco solos incubados (Tabela 2). A partir das equações da tabela 2, construiu-se os resultados apresentados na tabela 3. Os valores de pH foram obtidos igualando-se X da equação de pH a 6. O valor da dose quando se alcançou pH 6 é então substituído em Y nas equações de Ca+Mg e de V%.

Tabela 2: Equações das curvas de incubação para pH, Ca+Mg e V% na calibração dos métodos de recomendação para cinco solos do Tocantins para atingir pH 6,0. Gurupi - TO, 2017

Solo	pH	Ca+Mg	V%
FF	$Y = 4,50 + 0,24X$	$Y = 1,11 + 0,53X$	$Y = 19,98 + 6,62X$
LV	$Y = 4,91 + 0,18X$	$Y = 1,03 + 0,58X$	$Y = 21,28 + 7,32X$
LVA	$Y = 5,03 + 0,27X$	$Y = 1,39 + 0,62X$	$Y = 41,52 + 7,54X$
RQ1	$Y = 5,85 + 0,27X$	$Y = 0,88 + 0,38X$	$Y = 42,78 + 6,53X$
RQ2	$Y = 5,62 + 0,29X$	$Y = 1,20 + 0,43X$	$Y = 44,71 + 7,83X$

FF: Plintossolo Pétrico; **LV:** Latossolo Vermelho; **LVA:** Latossolo Vermelho-Amarelo; **RQ1:** Neossolo Quartzarenico (Guaraí); **RQ2:** Neossolo Quartzarenico (Gurupi).

A partir das equações da tabela 2, determinou-se as relações entre as necessidades de calagem real do solo, pelo método da incubação para elevar a pH 6,0 e a necessidade de calagem teórica dos métodos usuais da neutralização do alumínio com elevação dos teores de cálcio e magnésio e da saturação por bases.

Os métodos de recomendação e os solos em função da cultura foram comparados por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A recomendação da dose de corretivo de acidez pelos métodos da incubação, da neutralização do alumínio com elevação dos teores de cálcio e magnésio e da saturação por bases para cinco solos do Tocantins é apresentada na tabela 3.

Entre os métodos avaliados, houve diferença estatística na recomendação da dose de corretivo de acidez, o que influenciou significativamente nos teores de pH, Ca+Mg e V% mostrando respostas estatísticas diferentes entre esses atributos e também entre os solos.

No Plintossolo Pétrico foi observado que os métodos usuais da neutralização do alumínio e da saturação por bases, tiveram eficiência de 36,48 e 46,72%, respectivamente. Nas recomendações pelo método da neutralização do alumínio e da saturação por bases 2,28 e 2,92 t ha⁻¹, respectivamente, o Plintossolo Pétrico apresentou pH médio de 5,12 e saturação por bases de apenas 34,21%. Esse resultado sugere que os métodos usuais podem estar subestimando a necessidade de calagem e o suprimento de cálcio e magnésio para as plantas de soja.

De forma semelhante ao Plintossolo Pétrico, no Latossolo Vermelho as doses recomendadas pelos métodos usuais não atingem pH 6,0 nem mesmo a saturação por bases que a cultura da soja exige. As recomendação pelo método da incubação para o Plintossolo Pétrico e o Latossolo Vermelho de 6,25 e 6,05 t ha⁻¹, respectivamente, pode ser por causa da alta capacidade tamponante ($P\text{-rem}_{\text{médio}} 10,8 \text{ mg L}^{-1}$) desses solos, além da matéria orgânica acima de 3,5%.

No método da incubação a dose recomendada para o Latossolo Vermelho-Amarelo foi de 3,59 t ha⁻¹, onde o solo teve pH 6,0. Apesar de nas doses recomendadas pelos métodos da neutralização do alumínio e da saturação por bases o V% ter sido em média 52,28%, não se alcançou o pH 6,0. Como o pH é um dos principais reguladores da disponibilidade dos nutrientes, esse solo com pH abaixo da faixa considerada ideal (5,5-6,5) pode estar com os íons H⁺ e Al ainda altamente ativos influenciando na CTC, e na condição química do solo favorável para o desenvolvimento de bactérias fixadoras de nitrogênio. Um dos indicadores da fertilidade do solo é o valor de V%, uma vez que ele indica a porcentagem das cargas negativas nos coloides que estão ocupadas por Ca, Mg e K⁺ (FREDDI et al., 2014).

No Neossolo Quartzarenico da região norte do estado (Guaraí) foi observado que o método da neutralização do alumínio superestimou o método da incubação obtendo uma eficiência de 278,18%. Isso acontece porque a CTC desse solo é muito baixa, logo, na recomendação dos métodos da neutralização do alumínio 1,53 t ha⁻¹ e da saturação por bases de 0,39 t ha⁻¹, mesmo o solo tendo apresentado pH médio de 6,10, os teores de cálcio e magnésio somaram apenas 1,24 cmol_c dm⁻³.

No Neossolo Quartzarenico de Gurupi região sul do Tocantins, os métodos usuais da neutralização do alumínio e da saturação por bases tiveram eficiência média de 55,73 e 20,61%, respectivamente. O comportamento dos Neossolos é parecido, pois possuem a capacidade de troca de cátions baixa e mesmo apresentando pH 6,0 os nutrientes cálcio e magnésio não alcançam teores ideais. O pH 6,0 é atingido em doses mais baixas de calcário porque a capacidade tamponante desse solo é baixa 26,98 mg L⁻¹, contudo, os teores ideais de cálcio e magnésio não são atingidos. Assim, o método da saturação por bases para solos arenosos estão subestimando a oferta de cálcio e magnésio para a cultura da soja.

A recomendação de calcário para a correção do solo, busca proporcionar um ambiente radicular adequado, favorecendo os nutrientes essenciais às plantas e ao mesmo tempo diminuindo a atividade de elementos tóxicos. Como não há para o Tocantins um método específico de recomendação de calagem, procura-se basear nas propriedades químicas e físicas do solo, propriedades essas que possuem seu comportamento melhor identificadas no método da incubação.

Tabela 3: Recomendação de calagem visando a construção da fertilidade para o cultivo da soja em cinco solos do Tocantins pelos métodos da incubação, neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio e pelo da saturação por bases. Gurupi - TO, 2017

Cultura	Solo	Método da Incubação				Método da Neutralização do Al com elevação dos teores de Ca e Mg					Método da saturação por bases				
		NC (t ha ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Ca+Mg (cmol _c dm ⁻³)	V%	NC (t ha ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Ca+Mg (cmol _c dm ⁻³)	V%	Eficiência (%)	NC (t ha ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Ca+Mg (cmol _c dm ⁻³)	V %	Eficiência (%)
Soja	FF	6,25 Aa	6,0 Aa	4,42 Aa	61,35 Ac	2,28 Ca	5,05 Ce	2,32 Cb	29,11 Cd	36,48	2,92 Ba	5,20 Bd	2,66 Ba	39,31 Bd	46,72
	LV	6,05 Ab	6,0 Aa	4,54 Ab	65,57 Ab	1,82 Cc	5,24 Cd	2,08 Cc	34,60 Cd	30,08	2,45 Bb	5,35 Bc	2,45 Bb	39,21 Bd	40,50
	LVA	3,59 Ac	6,0 Aa	3,61 Ac	68,59 Aa	1,99 Bb	5,57 Bc	2,62 Ba	56,52 Ba	55,43	1,25 Cc	5,37 Cc	2,16 Cc	50,94 Ca	34,82
	RQ1	0,55 Be	6,0 Ba	1,09 Be	46,37 Be	1,53 Ad	6,26 Aa	1,46 Ae	52,77 Ab	278,18	0,39 Cd	5,95 Ca	1,03 Ce	45,33 Cc	70,91
	RQ2	1,31 Ad	6,0 Aa	1,76 Ad	54,97 Ad	0,73 Be	5,83 Bb	1,51 Bd	50,42 Bc	55,73	0,27 Cd	5,70 Cb	1,32 Cd	46,82 Cb	20,61

Legenda: **FF**: Plintossolo Pétrico; **LV**: Latossolo Vermelho; **LVA**: Latossolo Vermelho-Amarelo; **RQ1**: Neossolo Quartzarenico (Guaraí); **RQ2**: Neossolo Quartzarenico (Gurupi). **NC**: Necessidade de calagem. **V%**: Saturação por bases. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha por atributo considerando os métodos de recomendação e letras minúsculas na coluna por atributo considerando os solos em função da cultura não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

CONCLUSÕES

O método da saturação por bases subestima a recomendação de necessidade de calagem pelo método da incubação nos solos Plintossolo Pétrico, Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo e Neossolos Quartzarenicos.

O método da neutralização do alumínio com elevação dos teores de cálcio e magnésio superestima a recomendação da necessidade de calagem pelo método da incubação apenas para o Neossolo Quartzarenico da região norte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPANHARO, M.; LIRA JUNIOR, M. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F. J.; COSTA, J. V. T. Avaliação de métodos de necessidade de calagem no Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 1, p. 97-105, 2007.

CFSEMG – Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. **5ª aproximação**. Viçosa, 1999. 359p.

FULLIN, E.A.; DADALTO, G. G. Acidez do solo e calagem. In: DADALTO, G. G.; FULLIN, E. A. Manual de Necessidade de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo. Vitória: SEEA/INCAPER, p.70-98. 2001.

FREDDI, O. S.; STOQUERO, A.; PERES, F. S. C. Saturação do solo por bases na produtividade e qualidade do algodoeiro. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**. Sinop, v.02, n.01, p. 06-12, 2014.

PEREIRA, A. C.; SANTOS, E. R. Frutas nativas do Tocantins com potencial de aproveitamento econômico. **Agri-Environmental Sciences**, Palmas, v. 1, n. 1, p. 22-37, 2015.

SOUSA, L. F. R. A.; MARINHO, R. W. D.; NUNES, F. M.; SILVA, R. V.; NASCIMENTO, I. O.; SILVA, W. A. Determinação do pH de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico incubado com aplicação de doses crescentes de CaCO₃ por diferentes métodos. **Revista Agrossistemas**. Pará, v.5, n.2, p.58-63, 2013.

TOCANTINS. Portal de Informações e Serviços do Estado do Tocantins. Características do Tocantins. 2010. Disponível em: <http://to.gov.br> Acesso em nov. 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo forneceu informações importantes sobre a dinâmica de nutrientes em cinco solos do Tocantins, bem como um método específico de recomendação de calagem para solos do estado. Foi possível observar que os solos com maiores teores de argila necessitam de uma maior dose de calagem para construir a fertilidade e que isso ocorre devido ao alto poder tampão desses solos. Neossolos Quartzarenicos respondem de forma semelhante independentemente da localização regional, uma vez que eles se originam de depósitos arenosos. Quanto às doses, notou-se que os teores de Al e acidez potencial (H+Al) reduziram e os teores de Ca e Mg foram elevados significativamente com o aumento da dose de calcário nos solos do Tocantins. O método da incubação é o que melhor representa as propriedades físicas e químicas do solo, já que para o estado do Tocantins não há um método específico de recomendação de calagem.

Contudo, é notória a necessidade de mais pesquisas com uma quantidade maior de amostras de solo do estado do Tocantins, realizando-se incubação e comparando-a com os métodos já existentes a fim de estabelecer uma metodologia mais próxima e adequada aos solos do Tocantins.