



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

MARIA APARECIDA DA SILVA FEITOSA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SUBMETIDO A DOIS TIPOS DE
CORRETIVOS, DIFERENTES UNIDADES E ÉPOCAS DE INCUBAÇÃO**

**Araguatins
2017**

MARIA APARECIDA DA SILVA FEITOSA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SUBMETIDO A DOIS TIPOS DE
CORRETIVOS, DIFERENTES UMIDADES E ÉPOCAS DE INCUBAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, *Campus* Araguatins, como
parte das exigências para a conclusão
do Curso de Bacharelado em
Agronomia.

Orientador: Prof. M. Sc. Ruy Borges da
Silva

Co-orientadora: Aliane Medeiros
Carvalho

Araguatins
2017

Feitosa, Maria Aparecida da Silva

Atributos químicos do solo submetido a dois tipos de corretivos, diferentes umidades e épocas de incubação/ Maria Aparecida da Silva Feitosa. - Araguatins-To, 2017.
39 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Araguatins, 2018.

Orientador: Profº. Mrs. Ruy Borges da Silva

1. Fertilidade. 2. Acidez. 3. Cerrado. I Título

MARIA APARECIDA DA SILVA FEITOSA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SUBMETIDO A DOIS TIPOS DE
CORRETIVOS, DIFERENTES UMIDADES E ÉPOCAS DE INCUBAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, *Campus* Araguatins,
como parte das exigências para a
conclusão do Curso de
Bacharelado em Agronomia.

Aprovado em ____ / ____ / ____.

BANCA AVALIADORA:

Prof. Msc. Ruy Borges da Silva (Orientador)
IFTO – *Campus* Araguatins

Profa. Dra. Roberta de Freitas Souza Lobo
IFTO – *Campus* Araguatins

Prof. Msc. Márcio Rogerio Pereira Leite
IFTO – *Campus* Araguatins

Dedico este trabalho a toda minha família, em especial minha mãe Joana Maria da Silva Feitosa, por sempre me incentivar a seguir em frente. A meus filhos e companheiro, por estarem sempre presentes.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e por me dar força e coragem para continuar persistente em busca da realização de mais um sonho meu e de minha família;

Aos meus familiares pelo amor, apoio incondicional e contribuição em meu aprendizado;

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus Araguatins, por me proporcionar a oportunidade de acesso ao ensino e conseqüentemente minha formação acadêmica;

A todos os professores que tive a honra de conhecer durante o curso, por que sem eles essa vitória não seria possível. Em especial ao professor Mrs. Ruy Borges pelo apoio, orientação, incentivo e paciência para elaboração deste trabalho e outros durante o curso. Aos responsáveis pelo Laboratório de Solos, Ricardo Lopes de Alencar e Jose Armando V. Trovão, pelo apoio na realização das análises do experimento e amizade no desenvolver do curso;

A todos os amigos que tive o prazer de conhecer no decorrer do curso, sou grata pela amizade, palavras de conforto ditas nos momentos difíceis que se passaram, e também pelos momentos de alegrias e descontrações que tivemos nesse período. Ao apoio moral e reclamações em momentos certos de muitos deles como Aliane Medeiros de Carvalho, Eduarda Viegas, Leandro Sousa Lima.

Por fim, sou grata a todos que de forma direta e indireta contribuíram em minha formação acadêmica e pessoal.

“Que vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

O Cerrado é o segundo maior Bioma do País, representando grande importância no cenário agrícola nacional e mundial, 91% do Estado do Tocantins está inserido no Bioma Cerrado. Os solos deste ambiente são caracterizados por terem acidez elevada. A acidez é um fenômeno natural de ocorrência no solo, ou induzido, através do manejo. Para corrigir a acidez, são utilizados corretivos os quais aumentam o pH e neutraliza o alumínio presente no solo, minimizando os efeitos nocivo para as culturas. O calcário é o corretivo mais utilizado para corrigir a acidez dos solos agrícola brasileiro. Com isso, o estudo objetivou avaliar o efeito de dois tipos de calcários em diferentes níveis de umidade de saturação e diferentes tempos de incubação do solo. O experimento foi conduzido no Laboratório de Análises de Solo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus Araguatins*, no período de outubro a dezembro de 2017. O solo utilizado no experimento foi classificado como Neossolo quartzarênico, coletado da camada de 0-20 cm de profundidade. O delineamento experimental utilizado foi o Inteiramente Casualizado (DIC), em esquema de fatorial 2x4x3, correspondendo respectivamente dois corretivos (calcário calcítico e dolomítico), quatro umidades de saturação do solo (10%, 20%, 40% e 80%) e três períodos de avaliação (15, 30 e 45 dias de incubação), com três repetições. Foram avaliados os atributos químicos do solo: pH, Al, Ca, Mg, além da T e V%. Os resultados obtidos nas condições de solo incubado permitem afirmar que o tempo de incubação de 45 dias proporcionou correção da acidez e da fertilidade solo, sendo que o calcário I (calcítico) apresentou os melhores resultados na umidade de 80% aos 45 dias após a incubação.

Palavras - chaves: Fertilidade; Acidez; Cerrado.

ABSTRACT

The cerrado is the second largest biome in the country, representing great importance in the national agricultural scenario, 91% of the state of Tocantins is inserted in the closed biome. The soils of this environment are characterized by their high acidity. Acidity is a natural phenomenon occurring in the soil, or induced, through handling. To correct the acidity, correctives are used which increase the pH and neutralize the aluminum present in the soil, minimizing the harmful effects on crops. Limestone is the most used corrective to correct the acidity of Brazilian agricultural soils. The objective of this study was evaluate the effect of two calcareous types at different levels of saturation humidity and different soil incubation times. The experiment was conducted in the soil analysis laboratory of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins – Campus Araguatins, in the period from October to December 2017. The soil used in the experiment was classified as Neosol Quartzarenico, collected from the 0-20 cm depth layer. The experimental design was completely randomized (DIC), in 2x4x3 factorial scheme, corresponding respectively to two correctives (calcitic and dolomitic limestone), four soil saturation units (10%, 20%, 40% e 80%) and three evaluation periods (15, 30 and 45 days of incubation), with three replicates. The chemical attributes of soil: pH, Al, Ca, Mg, besides the T and V%. The results obtained in conditions of incubated soil allow to state that the incubations time of 45 days provided correction of acidity and soil fertility, and limestone (calcitic) presented the Best results at 80% humidity at 45 days after incubation.

Keywords: Fertility; Acidity; Cerrado.

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
Al+H	Hidrogênio + Alumínio ou acidez potencial
CC	Capacidade de Campo
Ca	Cálcio
CaCO ₃	Carbonato de Cálcio
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
IFTO	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins.
K	Potássio
Mg	Magnésio
N	Nitrogênio
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PN	Poder de Neutralização
PRNT	Poder Relativo de Neutralização
Usat	Umidade de Saturação
V%	Porcentagem de saturação por bases
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Classificação dos calcários.....	18
Tabela 2:	Propriedades químicas do solo utilizado no experimento.....	20
Tabela 3:	Resultado Analítico do calcário utilizado no experimento.....	21
Tabela 4:	Valores de quadrado médio pela análise de variância para os atributos químicos do solo, submetido a duas fontes de calagem.....	24
Tabela 5:	Desdobramento das médias dos atributos químicos do solo em função da interação entre as fontes de calagem (calcário I e II) e diferentes umidades de saturação do solo (10, 20, 40 e 80%).....	25
Tabela 6:	Desdobramento das médias dos atributos químicos do solo em função da interação entre as fontes de calagem (calcário I e II) e o tempo de incubação (15, 30 e 45 dias).....	27
Tabela 7:	Valores de quadrado médio pela análise de variância	36
Tabela 8:	Propriedades químicas do solo após incubação em umidade de saturação do solo de 10%. Aos 15, 30 e 45 dias de incubação.....	37
Tabela 9:	Propriedades químicas do solo após incubação em umidade de saturação do solo de 20%. Aos 15, 30 e 45 dias de incubação.....	37
Tabela 10:	Propriedades químicas do solo após incubação em umidade de saturação do solo de 40%. Aos 15, 30 e 45 dias de incubação.....	38
Tabela 11:	Propriedades químicas do solo após incubação em umidade de saturação do solo de 80%. Aos 15, 30 e 45 dias de incubação.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Gráfico de disponibilidade de nutrientes em relação ao pH	17
------------------	---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Agronegócio no Tocantins	14
2.2 A acidez do solo	15
2.3 pH do solo	16
2.4 Calcário	17
2.4.1 Classificação dos calcários	18
2.4.2 Reação do calcário no solo	19
3. MATERIAL E MÉTODO	20
3.1 Local do experimento	20
3.2 Coleta do solo	20
3.3 Preparo do solo e análises físico-químicas	20
3.4 Determinação da umidade de saturação	21
3.5 Fontes de corretivos utilizadas	21
3.6 Determinação da necessidade de calagem	22
3.7 Delineamento experimental	22
3.8 Procedimentos gerais	22
3.9 Variáveis analisadas	23
3.10 Análise estatística	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5. CONCLUSÃO	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	30
7. APÊNDICES	34

1. INTRODUÇÃO

A produção de alimento é um dos fatores mais importantes para que não venha faltar alimento no mundo, devido ao grande crescimento populacional. O tipo de solo era um dos critérios utilizados para a escolha dos locais de produção, porém hoje não é mais, devido ao avanço tecnológico atribuído ao manejo de correção da fertilidade do solo.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura - FAO (2009), até 2050 teremos que aumentar a produção mundial de alimentos em 70%, devido o grande crescimento da população. Estima-se que será necessário aproximadamente 120 milhões de hectares de terra para suprir tal demanda.

O Brasil apresenta seis biomas: a Amazônia, Cerrado, Pampas, Mata Atlântica, Caatinga, e o Pantanal. O Estado do Tocantins é caracterizado pelo Bioma Cerrado, o segundo maior bioma da América do Sul (EMBRAPA, 2015). O Cerrado corresponde a 91% do bioma do Estado do Tocantins, sendo os outros 9% Bioma Amazônico (SILVA, 2007). Os solos do Cerrado são naturalmente ácidos e de baixa fertilidade em sua maioria, sendo necessário realizar práticas que venham a melhorar as qualidades químicas do solo (SOUSA & LOBATO, 2004).

Tradicionalmente o aumento da produção agrícola no Brasil acontecia pela expansão de sua fronteira agrícola, onde os solos eram de maior fertilidade, porém recentemente, com a escassez de terras agricultável, esse avanço vem sendo forçado para áreas consideradas pobres em minerais, como é o caso dos cerrados (SILVA et al., 2007).

Estudos demonstram que a exploração de solos na região de Cerrado tem acontecido de forma intensa nos últimos anos, no entanto, este agroecossistema é extremamente frágil, especialmente pela acidez superficial e em profundidade do solo, devendo ser tomados alguns cuidados na sua utilização (SANTOS et al., 2010).

Segundo Primavese (2002), a quantidade de íons presentes na rocha não é indicativa para a existência deles no solo. Enquanto cálcio, magnésio e potássio diminuem no solo em relação à rocha, o alumínio aumenta quatro vezes. A quantidade de íons existentes na camada arável depende do clima e dos restos vegetais.

Os solos brasileiros em sua maioria são considerados ácidos, que com altos teores de alumínio (Al) se torna tóxico e altamente prejudicial à planta (LOPES et al., 1991). A maneira mais fácil e eficaz de se corrigir a acidez do solo é através da calagem, na qual a análise química do solo indicará o tipo e a quantidade de corretivo necessária para neutralizar o alumínio.

O calcário é o corretivo da acidez mais utilizado para essa prática, devido sua disponibilidade em grandes quantidades e por ser de baixo custo, o que torna seu uso viável (LUZ et al., 2002).

A calagem tem proporcionado ganhos no rendimento agrícola de várias culturas, com o fornecimento de cálcio e magnésio, neutralização do alumínio e aumento na disponibilidade de outros nutrientes (RAIJ, 1991).

Segundo a Embrapa (2008) a calagem deve ser realizada com um intervalo mínimo de três meses antes da semeadura em locais onde as chuvas são bem distribuídas ao longo de todo o ano. Já nas regiões onde o período chuvoso apresenta-se bem definido com apenas seis meses com chuvas, é recomendado que se faça a calagem no final do período chuvoso, pois o calcário necessita de água para que ocorram as reações químicas (ALCARD, 1992).

As mudanças climáticas têm reduzido grandemente a janela para aplicação dos corretivos, sendo que algumas vezes o agricultor é “forçado” a tomar difíceis decisões, quanto ao momento adequado para a aplicação do calcário. Podendo realizar este preparo do solo em condições de baixa umidade no solo e com um pequeno intervalo de tempo entre a calagem e o plantio. Sendo esta mudança no calendário de aplicação de corretivos e adubos confirmada por ALCARD (1992).

Dessa forma, objetivou-se com esse estudo avaliar os efeitos da calagem do solo, pelo método da incubação, utilizando dois tipos de calcário sob diferentes condições de umidade do solo e em três períodos de incubação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Agronegócio no Tocantins

Atualmente o Tocantins se destaca como maior produtor agrícola da Região Norte do Brasil, sendo a agropecuária a atividade responsável por aproximadamente 99% das exportações do Estado (LOPES, 2016). Porém a acidez do solo é considerada um dos gargalos na agricultura e pecuária a qual limita a produção. A grande maioria dos solos brasileiros, notadamente aqueles em que estão ocorrendo a expansão da fronteira agrícola, como os solos do Cerrado, apresentam características de acidez, toxidez de Al, e ou Mn (LOPES et al., 1991).

Segundo a Conab (2017), a expectativa da produção 2016/2017 é que seja superior à de 2015/2016, aproximadamente 4.497,47 mil toneladas, sendo a soja a principal cultura plantada, representando 61,71 % da produção total de grãos produzidos no Estado do Tocantins.

Segundo Luz et al. (2002), o sucesso de uma boa produtividade é o resultado da ação de diferentes características que estão ligadas ao clima, ao solo, a planta e ao manejo do cultivo. Características essas que podemos encontrar no Estado do Tocantins, porém limita-se apenas quanto aos solos, que por sua vez são com maior frequência do Bioma Cerrado e conseqüentemente de acidez elevada.

O Estado do Tocantins apresenta vários municípios com características de solo, topografia e clima favoráveis a cultivos (LIMA et al., 2000). O clima estável, com regime pluviométrico equilibrado e topografia plana, característica do Bioma Cerrado, evidencia ainda mais o potencial da região em propiciar retorno para os produtores na região (FREITAS, 2011).

O Estado do Tocantins vem apresentando um crescente desenvolvimento no setor do agronegócio, sendo considerado a nova fronteira agrícola do Brasil, junto com os estados que fazem parte do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) (FAPTO, 2016).

O setor de rochas calcárias é um importante gerador de riquezas e dinamizador da agricultura do Estado. As unidades produtoras do corretivo no Estado do Tocantins exportam parte da produção para outros estados (COSTA

et al., 2008). O Estado do Tocantins tem um grande potencial produtivo de calcário, tendo várias cidades com pontos de extração do mesmo, como: Xambioá, Bandeirantes, Guaraí, Lagoa da Confusão, Natividade, Filadélfia, Formoso do Araguaia, Colinas entre outras (FAPTO, 2016).

Além dessas unidades produtoras de calcário, existem opções de jazidas presentes em outros estados, como é o caso da mineradora Globo Verde, localizada no Município de Palestina, no Estado do Pará. O calcário proveniente desta unidade tem como principal vantagem, para a região Norte do Tocantins, a redução dos custos com frete devido a sua proximidade.

2.2 A acidez do solo

A acidez em solução aquosa é devida à presença de H^+ livres, cuja concentração dimensiona o grau da acidez. Quanto maior a concentração de H^+ , mais ácida é a solução (PALHANO et al., 1984). Em outras palavras, substâncias que em contato com a água liberam H^+ são denominados ácidos (WIETHOLTER, 2000). Os solos apresentam dois tipos de acidez: acidez ativa e a acidez potencial.

A acidez ativa é representada pela atividade dos íons H^+ na solução do solo (ROSSA, 2006) podendo ser medida pelo pH e está ligada diretamente à solução do solo. A acidez ativa, também é conhecida como acidez iônica e acidez atual (PROCHNOW, 2009).

A acidez trocável está dentro da acidez potencial e é referente aos íons de H^+ e Al^{3+} adsorvidos de forma trocável às cargas negativas dos colóides do solo, porém a quantidade de H^+ presentes na forma trocável são tão desprezíveis em relação ao Al^{3+} , que pode se considerar o Al^{3+} sinônimo de acidez trocável (PROCHNOW, 2009). A acidez trocável, chamada também de acidez de troca é nociva para as plantas e a calagem é a principal maneira de eliminá-la.

Além da ocorrência natural da acidez do solo, o próprio cultivo tende a acentuar o problema, principalmente devido a absorção de cátions pelas raízes das plantas, deixando em seus lugares quantidades equivalentes de íons de hidrogênio (VITTI e PRIORI, 2010)

O calcário reduz sensivelmente a acidez superficial do solo (SOUZA, et al., 2009), com isso vários estudos são desenvolvidos para comprovação do poder de neutralização do mesmo. Estudos apontam que a calagem é a técnica para correção da acidez superficial do solo mais utilizada (SANTOS et al., 2010).

2.3 pH do solo

O pH do solo (potencial hidrogeniônico) é nada mais que a quantidade de íons de hidrogênio (H^+) dissociados, ou seja, livres. Quanto mais íons de H^+ livre, mais ácido o solo se torna (TROEH e THOMPSON, 2007). O pH do solo representa apenas uma pequena parte da acidez total do solo, porém afeta vários processos químicos da fertilidade do solo como a disponibilidade de nutrientes (WIETHOLTER, 2000).

O pH do solo definirá a acidez ou alcalinidade do mesmo, onde os níveis de pH variam de 0 a 14, sendo 7 neutro, acima de 7 alcalino e abaixo de 7 ácido (SILVA, 2007). O pH do solo define vários processos químicos que ocorrem no solo, principalmente a disponibilidade de nutrientes para as plantas (WIETHOLTER, 2000).

VITTI et al., 2006 afirma que os fatores associados à deficiência ou disponibilidade dos nutrientes no solo podem ser, o material de origem, reação do solo (pH), textura do solo, práticas culturais (como calagem, gessagem, adubação fosfatada e plantio direto), ainda as características genéticas atribuídas a planta.

2.3.1 Disponibilidade de nutrientes em função do pH

Segundo Bortolon (2005), vários fatores podem afetar as reações dos nutrientes nos solos e alterar a sua quantidade na solução do mesmo, sendo o pH o que mais afeta a disponibilidade deles para as plantas. E de acordo com a figura 1, que apresenta o gráfico de disponibilidade de nutrientes no solo em função do pH, pode-se observar que o alumínio em pH abaixo de 6,0 se encontra em altas concentrações se tornando tóxico para boa parte das plantas e interferindo na disponibilidade dos nutrientes para as mesmas.

A faixa de pH entre 6,0 e 6,5 é a que é mais favorável para o desenvolvimento das plantas, visto que nessa faixa a disponibilidade de nutrientes é máxima (para os macronutrientes) e não limitante para os micronutrientes, o que ressalta a importância da calagem de solos ácidos.

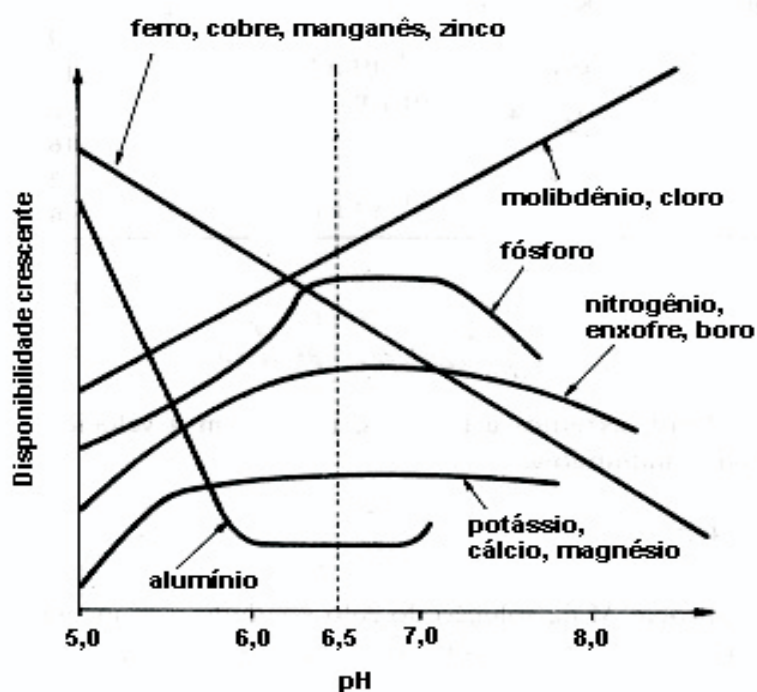


Figura 1: Gráfico de disponibilidade de nutrientes na solução do solo em função do pH.

Fonte: MALAVOLTA,

2.4 Calcário

O calcário é uma rocha sedimentar ou metamórfica originada de materiais precipitados por agentes químicos e orgânicos. Segundo Sampaio e Almeida (2008), as rochas carbonadas mais comercializadas, em todo mundo são calcário e dolomita. Sendo a calcita que apresenta maior valor econômico, comparando com dolomita, mármore e grega ou giz. A calcita (CaCO_3) é o principal constituinte mineralógico dos calcários e mármore com elevada pureza.

O calcário é o corretivo da acidez mais utilizado e estudado para correção da acidez do solo e, gerando inúmeras pesquisas sobre formas e épocas de aplicação, cálculos de doses, tempo de reação no solo, efeito residual, solubilidade, etc. (SAMPAIO; ALMEIDA, 2008; SANTOS et al., 2010).

Segundo Silva et al., (2007) a calagem é apenas a técnica utilizada para recuperação e manutenção da produtividade, porém para que os efeitos da calagem dêem retorno favorável é necessário observar alguns pontos, como a escolha do corretivo mais adequado sob os aspectos técnico e econômico, época de aplicação e etc. De maneira geral a escolha do calcário será baseada no resultado da análise do solo (SFREDO, 2008).

Segundo Godert (1995) podemos citar vários benefícios que uma calagem feita de maneira correta pode trazer, como: aumento do pH; diminuição do teor de alumínio trocável (Al^{3+}); aumento de Ca e Mg; aumento da saturação de bases; aumento da CTC; favorecimento da atividade biológica e entre outras.

2.4.1 Classificação dos calcários

De acordo com a legislação brasileira o calcário para ser comercializado deve atender as exigências previstas em lei. A Lei de nº 2.954, de 14 de janeiro de 2014 aprovou o regulamento da Lei 6.894 de 16 de janeiro de 1980, a qual dispõe sobre as inspeções e fiscalização da produção e comercialização de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados para a agricultura e de outras providências (BRASIL, 2014).

O calcário moído pode ser classificado de acordo com sua concentração de óxido de magnésio (MgO), conforme a tabela 01 (SILVA et al., 2007).

Tabela 01 - Classificação do calcário agrícola.

Classificação	% de MgO
Calcíticos	< 5
Magnesianos	entre 5 e 12
Dolomíticos	>12

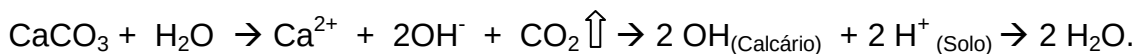
2.4.2 Reação do calcário no solo

A reação de correção do calcário no solo é bastante complexa sendo necessária a presença de água.

Dependendo do calcário utilizado, o cálcio ou o magnésio irá reagir com o hidrogênio do solo liberando água e gás carbônico. O alumínio é insolubilizado na forma de hidróxido, e o outro componente disponibilizado no solo (LOPES, 1991).

O calcário reduz a acidez do solo, convertendo alguns íons de hidrogênio em água. Com pH acima de 5,5, o Al precipita-se como $\text{Al}(\text{OH})_3$ e, assim sua ação tóxica é a principal fonte de H^+ são eliminadas (SOUZA, 2007).

WIETHOLTER (2000), observou que a acidificação do solo pode ser interrompida quando tem o calcário reagindo, pois o calcário gerará hidroxilas $(\text{OH})^-$ que combinarão com H^+ , formando água, gás carbônico e cálcio, como mostra a equação abaixo:



3. MATERIAL E MÉTODO

3.1 Local do experimento

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Análises de Solo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - *Campus Araguatins*, no município de Araguatins, Tocantins, com a localização geográfica apresentando as seguintes coordenadas geográficas 05°39'04,64" Sul e 48°04'29,24" Oeste, e com uma altitude de 103 m.

3.2 Coleta do solo

O solo utilizado no experimento foi coletado na Chácara São Francisco, no Município de Araguatins, correspondendo a um Neossolo Quartzarênico. O local para coleta do solo foi escolhido por representar as características dos solos da região. A coleta foi realizada em outubro de 2017, utilizando-se a camada superficial, na profundidade de 0–20 cm, de acordo com as orientações agrônômicas de Ribeiro et al. (1999).

3.3 Preparo do solo e análises físico-químicas

O solo foi levado para o Laboratório de Solos do IFTO/Campus Araguatins, para a realização das análises físico-químicas, seguindo a metodologia descrita pela Embrapa (1997), sendo os resultados expressos na tabela 2.

Tabela 2- Propriedades químicas e granulométricas do solo utilizado.

Propriedades Químicas									Propriedades Granulométricas			
pH em H ₂ O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	T	V	Areia	Argila	Silte
	mg dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³						%	-----%------		
4,7	3,96	11	0,6	0,3	0,8	3,63	0,93	4,56	20,36	83,25	8,42	8,33

Após a análise físico-química, todo o solo utilizado no experimento foi seco em estufa à 50°C por 72 horas, de acordo com as recomendações da

Embrapa (1997), a fim de retirar toda a umidade. O solo seco foi armazenado em balde plástico e vedado com tampa, afim de não receber umidade do ambiente.

Para o preparo das unidades experimentais, pesou-se 200 gramas de solo em balança analítica, e acondicionou-se em recipiente plástico com tampa, com capacidade para 500 gramas.

3.4 Determinação da umidade de saturação

Para determinação da quantidade de água a ser adicionada em cada tratamento com as diferentes umidades do solo, foi determinada a umidade de saturação do solo (U_{sat}), utilizando a metodologia proposta pela Embrapa (1987), onde utiliza-se anéis cilíndrico de metal para coletar as amostras, secar em estufa e saturar com água. Após todos os procedimentos, seguiu-se a metodologia e através da diferença da amostra saturada com a amostra seca obteve-se a U_{sat} de $0,30 \text{ kg kg}^{-1}$.

3.5 Fontes de corretivos utilizadas

Foram utilizadas duas fontes de calagem: uma proveniente da mineradora Globo Verde localizada no Município de Palestina-PA, classificado como calcário calcítico e outra oriunda da mineradora Vale do Araguaia localizada no Xambioá-TO, classificado como calcário dolomítico.

Amostras dos calcários foram enviadas para a realização de análises físico-química no Laboratório Solocria Agropecuário, localizado no município de Goiânia-Go, cujos resultados estão presentes na Tabela 3.

Tabela 3. Resultado Analítico dos calcários utilizados no experimento.

Calcário	CaO	MgO	PN	PRNT	% retida nas peneiras		
	(%)	(%)	(%)	(%)	2 mm	0,84 mm	0,30 mm
Palestina (Calcário I)	42,0	5,0	86,0	57	1,2	26,4	31,4
Xambioá (Calcário II)	36,5	12,9	95,6	87	0,0	0,4	17,5

3.6 Determinação da necessidade de calagem

Para determinar a necessidade de calagem, foi utilizado o método de saturação por bases, visando elevar a mesma a 70% segundo Ribeiro et al., (1999). Após o cálculo da necessidade de calagem o valor foi corrigido para cada PRNT das fontes utilizadas, obtendo assim a quantidade em toneladas por hectare de cada calcário, conforme dados da Tabela 3. Para o calcário I determinou-se uma necessidade de calagem de 3,97 t.ha⁻¹ e para o calcário II 2,60 t.ha⁻¹. Os cálculos da necessidade de calagem foram feitos através de seguinte formula:

$$NC = T(Ve - Va)/100 \text{ onde:}$$

T = CTC a pH 7 = SB + (H+Al) em cmol_c.dm⁻³

SB = Soma de Bases = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺, em cmol_c.dm⁻³

Va = Saturação por bases atual do solo = 100 SB/T, em %.

Ve = Saturação por bases desejada ou esperada.

3.7 Delineamento experimental

O delineamento utilizado no experimento foi o DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado), em esquema fatorial 2x4x3, sendo os fatores representados por dois tipos de calcários (calcítico e dolomítico), 4 umidades (10%, 20%, 40% e 80% umidade de saturação) e 3 períodos de incubação (15, 30 e 45 dias). Utilizou-se três repetições, totalizando 72 unidades experimentais. A unidade experimental foi representada por um copo descartável com capacidade de 500 ml e contendo 200 gramas de solo.

3.8 Procedimentos gerais

Os recipientes foram mantidos em bancadas dentro do Laboratório de Solos do IFTO/Campus Araguatins, a uma temperatura variando de 26°C a 32°C. Após serem incubados, as vasilhas contendo o solo foram abertas por 5

a 10 segundos a cada 7 dias, para permitir as trocas gasosas provenientes da reação dos corretivos no solo.

3.9 Variáveis analisadas

Foram realizadas análises para determinação das características químicas aos 15, 30 e 45 dias após incubação. As variáveis foram analisadas segundo a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

pH em água - Medição da concentração efetiva de íons H^+ na solução do solo, eletronicamente, por meio de eletrodo combinado, imerso em suspensão solo em água na proporção de 1:2,5.

Bases Trocáveis - Ca^{2+} e Mg^{2+} extraídos com KCl 1N, titulado com EDTA, K^+ e Na^+ extraídos com HCl a 0,05N + H_2SO_4 e determinados através de fotometria de chamas.

Capacidade de Troca de Cátions (CTC ou T) – Soma do resultado das bases trocáveis + (H +Al).

Porcentagem de saturação por base (V%) – proporção de bases trocáveis, contidas na CTC.

Porcentagem de saturação com Al – Proporção de Al trocável no somatório dos resultados de bases extraíveis e alumínio trocável.

3.10 Análise estatística

Os resultados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico SISVAR versão 5.6.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a tabela 4, observou-se que as fontes de calagem, as diferentes umidades de saturação do solo e o tempo de incubação influenciaram na acidez (pH e Al) e nas variáveis de fertilidade do solo (Ca, Mg, T e V).

Avaliando-se a interação das fontes de calcários com as umidades de saturação do solo, os resultados foram significativos para pH e Mg ao nível de 5% de probabilidade. Enquanto que para a interação dos calcários e o tempo de incubação os resultados foram significativos para o pH, Al, T e V.

Tabela 4. Valores de quadrado médio pela análise de variância para os atributos químicos do solo, submetido a duas fontes de calagem (calcário I e II), diferentes umidades de saturação do solo (10, 20, 40 e 80%) e tempo de incubação (15, 30 e 45 dias). Araguatins, 2017.

FV	QUADRADO MÉDIO					
	pH	Al	Ca	Mg	T	V
Calcário (C)	0,44*	0,06*	1,87*	0,04 ^{ns}	5,69*	117,81*
Umidade (U)	1,63*	0,77*	1,05*	0,03*	0,62*	574,7*
Tempo (T)	0,95*	0,16*	0,63*	0,04*	15,84*	4186,2*
C x U	0,14 *	0,005 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,10*	0,38 ^{ns}	15,76 ^{ns}
C x T	0,22*	0,07*	0,14 ^{ns}	0,05 ^{ns}	5,36*	415,01*
T x U	0,02 ^{ns}	0,06*	0,03 ^{ns}	0,31*	0,77*	25,54 ^{ns}
CV (%)	3,44	33,20	16,78	26,54	11,10	9,15

^{ns} Não significativo ($F \leq 0,05$); * Significativo (0,05).

Na tabela 5 são apresentados os desdobramentos das médias dos atributos químicos, considerando a interação entre as duas fontes de calagem e as diferentes umidades de saturação do solo.

As diferentes fontes de calagem não diferiram estatisticamente entre si, para a correção da acidez do solo (pH e Al), independentemente da umidade de saturação do solo.

Levando-se em consideração, os desdobramentos das fontes de calagem dentro de cada umidade de saturação, verifica-se que a correção do pH e neutralização do alumínio foi mais eficiente sob condições de maior umidade. Portanto, observa-se que para a umidade de 80%, o pH para os calcários atingiu médias de 5,9, enquanto que a acidez ativa (Al) foi de 0,09 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o calcário II e totalmente neutralizada para o calcário I.

Tabela 5. Desdobramento das médias dos atributos químicos do solo em função da interação entre as fontes de calagem (calcário I e II) e diferentes umidades de saturação do solo (10, 20, 40 e 80%). Araguatins, 2017.

Fonte de calagem	Umidade de saturação do solo				Médias
	10%	20%	40%	80%	
pH					
Calcário I	5,4 a B	5,4 a B	5,6 a AB	5,9 a A	5,6
Calcário II	5,1 a B	5,3 a B	5,2 a B	5,9 a A	5,4
Médias	5,25	5,35	5,4	5,9	
Al (cmol _c dm ⁻³)					
Calcário I	0,51 a B	0,40 a B	0,29 a AB	0,00 a A	0,3
Calcário II	0,52 a B	0,48 a B	0,34 a AB	0,09 a A	0,36
Médias	0,52	0,44	0,32	0,045	
Ca (cmol _c dm ⁻³)					
Calcário I	1,43 a B	1,60 a B	1,82 a AB	2,17 a A	1,76
Calcário II	1,28 a A	1,28 a A	1,59 a A	1,60 b A	1,45
Médias	1,36	1,44	1,71	1,89	
Mg (cmol _c dm ⁻³)					
Calcário I	0,32 a AB	0,30 a B	0,30 b B	0,34 b A	0,32
Calcário II	0,41 a AB	0,38 a B	0,47 a AB	0,53 a A	0,45
Médias	0,37	0,34	0,39	0,44	
T (cmol _c dm ⁻³)					
Calcário I	4,26 a A	4,03 a A	4,30 a A	4,11 a A	4,18
Calcário II	3,41 a A	3,30 a A	3,82 a A	3,93 a A	3,62
Médias	3,84	3,67	4,06	4,02	
V (%)					
Calcário I	48,94 a A	53,32 a A	55,63 a A	64,18 a A	55,52
Calcário II	48,17 a A	49,45 a A	51,56 a A	59,90 a A	52,27
Médias	48,56	51,39	53,60	62,04	

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Para os teores de disponibilidade das bases Ca e Mg houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade, sendo que sob a condição de 80% de umidade do solo, o calcário I promoveu aumento dos teores de cálcio (2,17 cmol_c dm⁻³), enquanto o calcário II elevou os teores de magnésio (0,53 cmol_c dm⁻³).

A natureza mineralógica dos referidos calcários, pode ser uma das explicações destes resultados, apesar de que os calcários têm a mesma origem quanto a sua formação geológica. O calcário I apresenta maiores teores de cálcio, em contrapartida, o calcário II apresenta maiores teores de magnésio, como pode-se observar na tabela 3.

Existem outros fatores que afetam a reatividade dos calcários, mas não são incluídos na determinação do PRNT. Assim, materiais contendo mais calcita reagem mais rapidamente do que materiais contendo mais dolomita.

Calcários sedimentares também são mais reativos do que os de origens metamórficas (mármore) (Raij, 2011).

A interação das fontes de calagem e umidade do solo não interferiram na capacidade de troca de cátions potencial (T) e a saturação por bases (V). No entanto, verifica-se que a saturação por bases inicial que era de 20,36% (Tabela 3) foi elevada para valores médios de 55,52% e 52,27% para os calcários I e II, respectivamente.

A elevação da saturação por bases poderia ser mais acentuada com o uso do calcário I, se a sua granulometria fosse mais fina, pois conforme observa-se na tabela 3, o tamanho das partículas são maiores em relação ao calcário II. Provavelmente, esta característica física, também explique o menor valor do PRNT do calcário proveniente do Município de Palestina.

De acordo com Raij (2011), a reação dos corretivos nos solos é muito afetada pela textura do material, com partículas de menor tamanho reagindo mais rapidamente. Assim, com base em médias de dados experimentais, atribui-se eficiência zero para o material retido na peneira nº 10, 20% para o material retido na peneira nº 20, 60% para o material retido na peneira nº 50 e 100% para o material que passa na peneira nº 50.

Na tabela 6 são apresentados os desdobramentos das médias dos atributos químicos, considerando a interação entre as duas fontes de calagem em função dos diferentes tempos de incubação do solo (15, 30 e 45 dias).

O tempo de incubação proporcionou uma correção da acidez e da fertilidade solo. Sendo que o calcário I apresentou os melhores resultados quanto aos valores de pH, Al, Ca, T e V aos 45 dias de incubação.

Comparando-se os valores da acidez ativa (pH) e trocável (Al) com análise química inicial (Tabela 2), verifica-se que houve elevação do pH e redução dos teores de Al, principalmente aos 45 dias de incubação.

Para os teores de Ca houve efeito significativo, apenas para o Calcário I no decorrer da incubação, alcançando valor médio de $1,76 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Conforme já citado anteriormente, estes resultados provavelmente estão relacionados a natureza mineralógica do calcário.

Tabela 6. Desdobramento das médias dos atributos químicos do solo em função da interação entre as fontes de calagem (calcário I e II) e o tempo de incubação (15, 30 e 45 dias). Araguatins, 2017.

Fonte de calagem	Tempo de incubação (dias)			Médias
	15	30	45	
pH				
Calcário I	5,3 a B	5,8 b AB	5,6 a A	5,6
Calcário II	5,2 a A	5,4 a A	5,5 a A	5,4
Médias	5,3	5,6	5,6	
Al (cmol _c dm ⁻³)				
Calcário I	0,38 a A	0,26 a A	0,23 a A	0,29
Calcário II	0,42 a A	0,43 a A	0,26 a A	0,37
Médias	0,4	0,35	0,25	
Ca (cmol _c dm ⁻³)				
Calcário I	1,51 a B	1,80 b AB	1,98 b A	1,76
Calcário II	1,36 a A	1,40 a A	1,54 a A	1,43
Médias	1,44	1,6	1,8	
Mg (cmol _c dm ⁻³)				
Calcário I	0,32 a A	0,38 a A	0,38 a A	0,36
Calcário II	0,36 a A	0,42 a A	0,44 a A	0,41
Médias	0,34	0,4	0,41	
T (cmol _c dm ⁻³)				
Calcário I	5,63 b B	3,69 a A	3,22 a A	4,18
Calcário II	3,98 a A	3,62 a A	3,24 a A	3,61
Médias	4,81	3,66	3,23	
V (%)				
Calcário I	37,60 a C	56,71 a B	72,23 b A	55,51
Calcário II	43,97 a B	52,72 a AB	62,14 a A	52,94
Médias	40,79	54,72	67,19	

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Com relação a saturação por bases, ao final das observações (45 dias) verificou-se que as fontes de calagem permitiram que o solo atingisse os valores de 72,23 e 62,14%, para os calcários I e II, respectivamente.

A reação do calcário com o solo é relativamente lenta e depende, basicamente, da disponibilidade de água. Por isso, recomenda-se que sua aplicação no solo seja feita com alguma antecedência ao plantio, de modo que, na época de estabelecimento das culturas, a acidez já tenha sido, pelo menos, parcialmente corrigida (SOUSA et al. 2007).

Em pesquisa realizada pela Embrapa (1981) em solos do Cerrado, com a aplicação de duas doses de calcário, verificou-se que alcançou-se o pH entre 5,5 e 6,0 com aproximadamente cem dias após a aplicação, com uma precipitação pluvial de 1.270 mm. Portanto, esse seria o período necessário para que o calcário reaja com o solo antes do estabelecimento da cultura, dependendo da disponibilidade de água.

No entanto, no presente estudo verificou que aos 30 dias após a incubação o solo atingiu a mesma faixa de pH com um valor médio de 5,6 (Tabela 6).

Segundo Gallo et al., (1956), em um experimento testando os efeitos de três tipos de calcários na reação do solo e no desenvolvimento da soja, observaram que os solos tratados com calcário calcítico e dolomítico obtiveram resultados praticamente idênticos, aumentando de forma significativa o pH do solo e diminuindo os teores de Al trocável.

De acordo com estudos feitos por Rodighero et al., (2015), na aplicação superficial de calcário com diferentes teores de magnésio e granulometrias em sistema de plantio direto, observaram que o calcário dolomítico proporcionou maiores teores de Mg do que o calcítico. Já o calcário calcítico proporcionou maiores teores de Ca do que o dolomítico. O que podemos observar também nos resultados obtidos no presente trabalho.

Observaram ainda que levando em consideração a baixa solubilidade dos calcários, os efeitos da calagem nos atributos químicos do solo são influenciados pelo grau de acidez da camada superficial, pela dose utilizada, o tempo de reação e a disponibilidade de água para que ocorram as reações. O mesmo ocorreu no presente trabalho, que o calcário além de umidade, necessita de tempo para que ocorra suas reações no solo.

5. CONCLUSÃO

Observou-se que houve aumento na disponibilidade dos teores de cálcio e magnésio no solo, em função do tipo e da riqueza mineralógica dos respectivos calcários.

O tempo de incubação proporcionou correção da acidez e da fertilidade do solo. Sendo que o calcário I apresentou os melhores resultados quanto aos valores de pH em água, Al, Ca, T e V% aos 45 dias de incubação.

A umidade de saturação do solo que permitiu os melhores resultados para neutralização do Al e disponibilização de Ca e Mg foi a umidade de 80%, porém no solo com 40% de umidade verificou-se redução na acidez e aumento de alguns atributos de fertilidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARD, J. C. **Corretivos de Acidez dos Solos**: Características e Interpretações Técnicas. 2 ed. São Paulo: ANDA, 1992. 26p. (Boletim Técnico 6).
- BRASIL. **Decreto -lei nº 2.954, de 14 de janeiro de 2014**. Aprova o regulamento da lei nº 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura e de outras providências. Normas jurídicas, Brasília: 2014. 27 p. Acesso em 15 de Nov de 2017.
- BARTOLON, I. Métodos de avaliação da disponibilidade de nutrientes para as plantas em solos do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- CASTRO, C. M. A.; ALMEIDA, R. F. Y.; ARLANCH, B. A.; BAPTISTA, P. J.; Tempo de reação de calcário e gesso no desenvolvimento da planta de milho. **Cultivando o saber**. Bandeirantes PR. 2013. 16 p.
- CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; MANEGALE, M. L. C. Calagem e Silicatagem superficiais e a Disponibilidade de Cátions Hidrossolúveis em Culturas Anuais e Braquiária. **Revista Ciência Agronômica**, V.43, n. 4, p. 740-748, out- dez 2012.
- COSTA, D. T.; MOREIRA, M. R.; RODRIGUES, R. M. M.; CAMARGO, S. T.; FREITAS, U. R. **Avaliação e diretrizes para o setor mineral do Estado do Tocantins**. secretaria de planejamento do Estado do Tocantins. Palmas – TO, 2008.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra de grãos**. 6 levantamento, Tocantins. 2017. 83 p.
- CHAVES, C. A.; VIEGAS, I. J. M.; SILVA, G. R.; THOMAS, M. A. A.; FRAZÃO, D. A. C. Efeito da Calagem no crescimento de dendzeiros jovens nas propriedades químicas de um latossolo Amarelo do município de Santa Barbara (PA). **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 40, p. 81-92, jul-dez. 2003.
- DIAS, R. F. **Diagnostico da fertilidade do solo de áreas em implantação de agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria-RS, 2013.
- EMBRAPA. **Relatório técnico anual do centro de pesquisa agropecuária dos Cerrados**, Planaltina – DF, 1981.
- EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212 p

SFREDO, G. J. Calagem e adubação da soja. Embrapa Soja. Circular Técnica 61. Londrina, PR set 2008.

ECHART, C. L.; MOLINA, S. C.; Fitotoxicidade do alumínio: Efeitos, mecanismos de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural** v. 31, n 3 Santa Maria Mai/Jun 2001

FAO. Food and Agriculture Organization. The state offood insecurity in the Word: economic crises – impacts and lessons learned. Rome: FAO, 2009. Disponível em : <http://www.fao.org/docrep/012/i0876e00.htm>. Acesso em 30 de out de 2017.

FAPTO – Fundação de apoio científico e tecnológico do Tocantins. Diagnostico do agronegócio. Palmas, Nov. 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar, versão 5.6 (2010). DEX – UFLA. Disponível em: <<http://www.sisvar.com>>. Acessado em 10/11/2017

FREITAS, M. C. M. A Cultura da Soja no Brasil: O Crescimento da Produção Brasileira e o surgimento de uma Nova Fronteira Agrícola. **Enciclopedia Biosfera**, Centro Cientifico Conhecer – Goiania, vol. 7, n. 12 p. 1. 2011.

GALLO, J. R.; CATANI, R. A.; GARGANTINI, H. **Efeitos de três tipos de calcários na reação do solo e no desenvolvimento da soja**. Campinas IAC, 1956. (Boletim técnico, nº 12).

GODERT, W. J. **Calagem e adubação**. Brasília: Embrapa Informação tecnológicas. Coleção Saber. 1995.

INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATA. **Manual Internacional de fertilidade do solo**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998.

LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, F. N. S.; AQUINO, A. R. L. **Solos de aptidão agrícola das terras do estado do Tocantins**. Fortaleza: Embrapa Agroindustria Tropical, 2000.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUIMARÃES, L. R. G. **Associação nacional para difusão de adubos** – ANDA. Boletim Técnico Nº 1. São Paulo 1991. 50 p

LOPES, W. R. **Diagnostico na geração de rejeitos da industria de mineração de calcário agrícola no estado do Tocantins**. Palmas, 2016.

LUZ, M. J. S.; FERREIRA, G. B.; BEZERRA, J. R. C. **Adubação e correção do solo**: Procedimentos a serem adotados em função dos resultados da análise do solo. Embrapa Algodão. Circular Técnica 63. Campina Grande PB, out , 2002.

MALAVOLTA, E.; CROMO, R. G. A. ALVIZURI, C. R.; VENKOWSKY, R.; FREITAS, R. L. M. M. Estudos sobre a fertilidade dos solos do cerrado. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz**. Piracicaba 1965. 133 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola – Adubos e adubação**. Editora Agronômica CERES Ltda. São Paulo/SP. 594p. 1981.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F.; **Irrigação** – Princípios e métodos. 3ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2009.

MIGUEL, P. S. B.; GPMES, F. T.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A.; OLIVEIRA, A. V. **Biologia: Efeitos Tóxicos do Alumínio no Crescimento das plantas: Mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos**. Juiz de Fora, 2010. **Ces. Revista** v. 24, n 12 p. 19.

PALHANO, J. B.; LANTMANN, A. F.; CAMPO, R. J.; SFREDO, G. J. BORKERT, C. M. Efeito de níveis de calcário sobre o rendimento da soja. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECURIA. Centro Nacional de Pesquisa de soja, Londrina, PR. 1984.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: A agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002.

PROCHNOW, L. I.; ROSSI, F. **Análise de solo e recomendação de calagem e adubação**. Viçosa, MG, CPT, 2009.

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

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: Internacional Plant Nutrition Institute, 2011.

RAIJ, B.. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Polafos, 1991. p. 343.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 360 p.

RODRIGHERO, M. B.; BARTH, G.; CAIRES, E. F. Aplicação superficial de calcário com diferentes teores de magnésio e granulometrias em Sistema de Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1723 – 1736, 2015.

ROSSA, U. B. S. **Estimativa de calagem pelo método SMP para alguns solos do Paraná**. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. 2006.

SAMPAIO, A. J.; ALMEIDA, M. L.S.; **Rochas e minerais industriais** . Cap. 16, Calcário e dolomito- CETEM/2008, 2ª Edição. 364 p

SANTOS, A. C.; VILELA, C. L.; BARRETO, M. P.; DIAS, C. J. G.; SILVA, C. J.E.: **Alterações de atributos químicos pela calagem e gessagem**

superficial com o tempo de incubação: Revista Caatinga, vol. 23, núm. 1, enero-marzo, 2010, p. 77-83 Universidade Federal Rural do Semi-Árido Mossoró, Brasil.

SILVA, J. S. O.; SILVA, F. J. B.; RESENDE, P. L.: **Aplicação econômica de adubos**, Viçosa-MG, CPT, 2007 292 p.

SILVA, R. C. L.; MORAES, F. I. O Crescimento da soja em um argissolo do cerrado de Redenção (PA), em função da saturação de bases e adubação fosfatada. Revista Ciências Agrárias, Belém, nº 41, p. 670-675, jan-jun 2004.

SILVA, L. A. G. C. Biomas presentes no estado do Tocantins: Consultoria legislativa da câmara dos deputados. Brasília-DF, 2007.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado:** Correção do solo e adubação. Embrapa 2ª Edição Brasília - DF 2004, 416 p.

SOUSA, L. F. R. A.; MARINHO, W. D.; NUNES, F. M.; COSTA, N. B.; NASCIMENTO, I. O.; SILVA, W. A. Incubação de argissolo vermelho amarelo distrófico com aplicação de doses crescentes de CaCO_3 para neutralização da acidez trocável. **Agroecossistemas**, v. 6, n1, p. 66-77, 2014.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. **Acidez do solo e sua correção**. In: NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo. SBCS, Viçosa, 2007.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo**. 6ª ed. São Paulo. Editora Andrei Ltda, p 67 2007

VITTI, C. G. ; JUNIOR, G. N.; **Nutrição:** o uso de micronutrientes na maximização da produção: visão agrícola Nº 5, P 10, 2006.

VILELA, L. C.; SANTOS, A. C.; BARRETO, P. M.; BRITO, S. S.; SILVA, J. E. C.; OLIVEIRA, L. B. T. Propriedades químicas de latossolo vermelho em função da aplicação de gessagem e calagem. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 19-27, jan./mar. 2010.

WILTHOLTER, S. **Calagem no Brasil**. Embrapa – Trigo, Passo Fundo- RS, 2000. 104 p

7. APÊNDICES

Apêndice I – Figura (a) coleta de solo com anel volumetrico , figura (b) secagem em estufa das amostras.



Fonte: Arquivo pessoal



Fonte: Arquivo pessoal

Apêndice II – Figura (a) pesagem da amostra seca em estufa , figura (b) saturação das amostras para calculo da USAT.



Fonte: Arquivo pessoal



Fonte: Arquivo pessoal

Apêndice III – Figura (a) pesagem da amostra saturada em água. Figura (b) pesagem da amostra utilizada para o experimento.



Fonte: Arquivo pessoal



Fonte: Arquivo pessoal

Apêndice IV –, Figura (a) Abertura das amostras para trocas gasosas.



Fonte: Arquivo pessoal

Apêndice V – Figura (a) adição de água às amostras (umidades 10%, 20%, 40% e 80%), Figura (b). disposição do experimento em DIC.



Fonte: Arquivo pessoal



Fonte: Arquivo pessoal

Apêndice VI – ANOVA

Tabela 7. Valores de quadrado médio pela análise de variância para os atributos químicos do solo, submetido a duas fontes de calagem (calcário I e II), diferentes umidades de saturação do solo (10, 20, 40 e 80%) e tempo de incubação (15, 30 e 45 dias). Araguatins, 2017.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO							
		pH	Al	Ca	Mg	S	T	V	H+Al
Calcário-C	1	0,44*	0,06*	1,87*	0,04 ^{ns}	2,09*	5,69*	117,81*	0,02 ^{ns}
Umidade-U	3	1,63*	0,77*	1,05*	0,03*	1,16*	0,62*	574,7*	1,46*
Tempo-T	2	0,95*	0,16*	0,63*	0,04*	0,72*	15,84*	4186,2*	11,7*
C x U	3	0,14*	0,005 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,10*	0,10 ^{ns}	0,38 ^{ns}	15,76 ^{ns}	0,76*
C x T	2	0,22*	0,07*	0,14 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,12 ^{ns}	5,36*	415,01*	1,07*
T x U	6	0,02 ^{ns}	0,06*	0,03 ^{ns}	0,31*	0,11 ^{ns}	0,77*	25,54 ^{ns}	0,58*
C x U x T	6	0,09*	0,06*	0,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,89*	19,59 ^{ns}	0,73*
Resíduo	48	0,04	0,01	0,07	0,01	0,09	0,19	24,63	0,21
Total	71	10,45	4,13	11,04	1,33	13,61	70,50	12544,9	50,57
CV (%)		3,44	33,20	16,78	26,54	15,88	11,10	9,15	26,25

^{ns} Não significativo ($F \leq 0,05$); * Significativo (0,05 e 0,01); * Significativo (0,05).

Apêndice VII: Tabela 8- Propriedades químicas do solo após incubação em umidade de saturação do solo de 10%. Aos 15, 30 e 45 dias de incubação.

15 dias após incubação								
Fonte	pH	AL	Ca	Mg	S	T	H+AL	V
		-----cmol _c dm ⁻³ -----						%
C1 Palestina	5,1	0,3	1,4	0,3	1,8	3,53	1,7	50,17
C2 Xambioá	5,2	0,7	1,2	0,5	1,4	3,2	1,8	45
30 dias após incubação								
C1 Palestina	5,5	0,6	1,4	0,4	1,7	6,1	4,3	28,3
C2 Xambioá	4,9	0,6	1,3	0,5	1,5	3,94	2,4	38,54
45 dias após incubação								
C1 Palestina	5,6	0,3	1,6	0,2	1,9	2,7	0,9	68,3
C2 Xambioá	5,2	0,3	1,4	0,5	1,9	3,1	1,2	61,0

Apêndice VIII: Tabela 9- Propriedades químicas do solo após incubação em umidade de saturação do solo de 20%. Aos 15, 30 e 45 dias de incubação.

15 dias após incubação								
Fonte	pH	AL	Ca	Mg	S	T	H+AL	V
		-----cmol _c dm ⁻³ -----						%
C1 Palestina	5,6	0,3	1,6	0,2	1,8	3,23	1,4	55,9
C2 Xambioá	5,5	0,6	1,4	0,3	1,7	3,23	1,5	53,9
30 dias após incubação								
C1 Palestina	5,2	0,5	1,5	0,4	2,0	6,0	4,0	32,9
C2 Xambioá	4,8	0,4	1,2	0,3	1,6	4,5	2,9	35,6
45 dias após incubação								
C1 Palestina	5,3	0,4	1,7	0,3	2,0	2,9	0,8	71,1
C2 Xambioá	5,1	0,3	1,3	0,4	1,7	2,9	1,2	58,7

Apêndice IX: Tabela 10- Propriedades químicas do solo após incubação em umidade de saturação do solo de 40%. Aos 15, 30 e 45 dias de incubação.

15 dias após incubação								
Fonte	pH	AL	Ca	Mg	S	T	H+AL	V
			-----cmol _c dm ⁻³ -----					%
C1 Palestina	6,0	0,1	1,6	0,3	1,9	3,4	1,5	56,6
C2 Xambioá	5,4	0,5	1,6	0,3	1,9	3,7	1,8	51,7
30 dias após incubação								
C1 Palestina	5,2	0,5	1,8	0,3	2,3	6,0	3,25	38,7
C2 Xambioá	5,2	0,2	2	0,4	1,9	4,5	2,5	43,4
45 dias após incubação								
C1 Palestina	5,5	0,2	2,1	0,4	2,5	3,5	1,0	71,6
C2 Xambioá	5,2	0,4	1,6	0,4	1,9	3,3	1,3	59,6

Apêndice X: Tabela 11- Propriedades químicas do solo após incubação em umidade de saturação do solo de 80%. Aos 15, 30 e 45 dias de incubação.

15 dias após incubação								
Fonte	pH	AL	Ca	Mg	S	T	H+AL	V
			-----cmol _c dm ⁻³ -----					%
C1 Palestina	6,2	0,0	1,7	0,4	2,1	3,4	1,2	64,1
C2 Xambioá	5,6	0,3	2	0,4	2,3	3,5	1,2	66,7
30 dias após incubação								
C1 Palestina	5,6	0,0	2,4	0,2	2,7	5,3	2,6	50,5
C2 Xambioá	6	0,0	1,5	0,2	1,8	4,3	2,3	42,79
45 dias após incubação								
C1 Palestina	5,8	0,0	2,4	0,4	2,9	3,7	0,8	77,9
C2 Xambioá	6,1	0,0	1,8	0,6	2,5	4,2	1,7	60,0