



UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

GABRIEL MENDES DE CARVALHO

**CORREÇÃO DE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO COM NÍVEIS DE CALCÁRIO NO
CERRADO TOCANTINENSE**

ARAGUAÍNA (TO)

2023

Gabriel Mendes de Carvalho

Correção de neossolo quartzarênico com níveis de calcário no cerrado tocantinense

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal do
Norte do Tocantins para obtenção do Título
de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Clementino
dos Santos.

ARAGUAÍNA (TO)

2023

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

- C331c Carvalho, Gabriel Mendes de.
Correção de Neossolo Quartzarênico com níveis de calcário no Cerrado tocantinense. / Gabriel Mendes de Carvalho. – Araguaína, TO, 2023.
29 f.
- Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins –
Câmpus Universitário de Araguaína - Curso de Zootecnia, 2023.
Orientador: Antonio Clementino dos Santos
1. Cerrado. 2. Solos. 3. Calcário. 4. Correção. I. Título

CDD 636

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).

GABRIEL MENDES DE CARVALHO

CORREÇÃO DE NEOSSOLO QUARTZARÊNICO COM NÍVEIS DE CALCÁRIO NO
CERRADO TOCANTINENSE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à UFNT – Universidade Federal do Norte do Tocantins – Campus Universitário de Araguaína, Curso de Zootecnia, foi avaliado para a obtenção do Título de Bacharel em Zootecnia e aprovado em sua forma final pelo Orientador (a) e pela Banca Examinadora.

Data de Aprovação: 5 de dezembro de 2023

Banca examinadora:

Prof. Dr. Antonio Clementino dos Santos - UFNT

 Documento assinado digitalmente
LUCAS SIQUEIRA GUIMARAES
Data: 19/12/2023 20:19:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Lucas Siqueira Guimarães - UFNT

Me. João Lucas da Silva de Abreu - UFNT

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me acompanhar durante toda à minha jornada, me dando proteção, e empenho para continuar os estudos.

A Universidade Federal do Norte do Tocantins, que foi fundamental para minha formação acadêmica e profissional.

Aos técnicos do laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias (CCA), por todo apoio intelectual prestado durante a fase de experimentação.

Ao Prof. Dr. Antonio Clementino dos Santos, pela orientação e oportunidade de desenvolvimento desse projeto.

Ao Prof. Dr. Antonio Clementino dos Santos que prestou valiosas informações para a realização deste trabalho.

Aos meus pais Augusto César E S Carvalho e Vera Lúcia Mendes da Luz, minha madrinha Rizza E S Carvalho e aos meus irmãos Lorena Mendes e Augusto César E S Carvalho Junior, por todo suporte durante minha formação.

Aos meus amigos João Luis Bernardes, Renata Braga, Anna Paula Ferreira, Daniella Cantuário, Wesdras Mendes, e todos os outros colegas por todo apoio durante a jornada acadêmica.

RESUMO

O calcário, composto de Carbonato de Cálcio (CaCO_3) é um dos principais insumos usados para a correção da acidez do solo, utilizado em diversos tipos de solo e culturas, como milho, soja e também nas pastagens. O objetivo deste trabalho foi avaliar qual o nível ideal de calcário e a dose de máxima eficiência técnica para a correção do Neossolo Quartzarênico na unidade experimental do Laboratório de Pesquisa Científica e Tecnológica da Relação Solo-Planta-Animal do Centro de Ciências Agrárias localizado em Araguaína - TO. O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, resultando em cinco tratamentos com cinco repetições. Os tratamentos foram: testemunha (0 t ha^{-1}), 2 t ha^{-1} , 4 t ha^{-1} , 6 t ha^{-1} e 8 t ha^{-1} . As avaliações constaram pH, Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), Hidrogênio + Alumínio (H+Al), Hidrogênio (H) e Fósforo (P) e calculados: soma de base, capacidade de troca catiônica, saturação por base e saturação por alumínio. Houve variação na composição química do solo, alterando os valores de pH, Ca e Mg, H+ e Al provenientes da aplicação das doses crescentes de calcário durante o período experimental. Os resultados revelaram a influência direta das doses de calcário nos aspectos químicos do solo. Foi evidente que os valores mais elevados de pH, Ca, Mg foram observados nas amostras submetidas às maiores doses de calcário. O pH inicial do solo se encontrava na faixa ideal, logo a aplicação do corretivo serviu de fonte para Ca e Mg, e com a análise das variáveis determinantes SB, CTC, T, V e m indicando o tratamento com 6 toneladas de calcário como a máxima eficiência técnica.

Palavras-Chave: Acidez, Arenoso, Calagem, Corretivo,

ABSTRACT

Limestone, composed of Calcium Carbonate (CaCO_3) is one of the main inputs used to correct soil acidity, used in different types of soil and crops, such as corn, soybeans and also in pastures. The objective of this work was to evaluate the ideal level of limestone and the dose of maximum technical efficiency for the correction of Quartzarenic Neossolo in the experimental unit of the Laboratory for Scientific and Technological Research of the Soil-Plant-Animal Relationship of the Center for Agricultural Sciences located in Araguaína - TO. The experimental design used was completely randomized, resulting in five treatments with five replications. The treatments were: control (0 t ha^{-1}), 2 t ha^{-1} , 4 t ha^{-1} , 6 t ha^{-1} and 8 t ha^{-1} . The evaluations included pH, Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Potassium (K), Hydrogen + Aluminum ($\text{H}+\text{Al}$), Hydrogen (H) and Phosphorus (P) and calculated: base sum, cation exchange capacity, base saturation and aluminum saturation. There was variation in the chemical composition of the soil, changing the pH, Ca and Mg, $\text{H}+$ and Al values resulting from the application of increasing doses of lime during the experimental period. The results revealed the direct influence of lime doses on the chemical aspects of the soil. It was evident that the highest values of pH, Ca, Mg were observed in samples subjected to the highest doses of limestone. The initial pH of the soil was in the ideal range, so the application of the corrector served as a source for Ca and Mg, and with the analysis of the determining variables SB, CTC, T, V and m indicating the treatment with 6 tons of limestone as the maximum technical efficiency.

Keywords: Acidity, Sandy, Liming, Corrective,

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - pH (a), Cálcio (b), Magnésio (c), H+Al (d), Potássio (e), Fósforo (f), Alumínio (g), Hidrogênio (h) da análise química do solo aos 15, 30, 45 e 60 dias após a aplicação do calcário em Neossolo Quartzarênico..... 19
- Figura 2** - Soma de Bases (a), Capacidade de Troca Catiônica (b), CTC a pH 7,0 (c), Saturação de Bases (d) e Saturação por Alumínio (e) do solo com 15, 30, 45 e 60 dias, após aplicação de calcário em Neossolo Quartzarênico..... 24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição química inicial do solo	18
Tabela 2 - Aspectos químicos do solo na profundidade de 0-20 cm nos tempos de 15, 30, 45 e 60 dias. Em que: *- Significante, ns- Não significativa, CV- Coeficiente de Variação, R ² -Coeficiente de Determinação. (P<0,05).....	22
Tabela 3 - Em que: Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca de Cátion (CTC), CTC a pH 7 (T), Saturação por Bases (V), Saturação por Alumínio (m) aos 15, 30, 45 e 60 dias (P<0,05).....	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	Calcário.....	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5	CONCLUSÃO	27
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
	REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, está presente em todas as Regiões brasileiras, e ocupa uma área de 1.983.017 km², cerca de 23,3% do território nacional (IBGE, 2019).

De clima tropical, com verão chuvoso e inverno seco, o bioma Cerrado tem como principal característica a ocorrência de duas estações: uma chuvosa (outubro a abril), quando caem mais de 90% das chuvas, e uma seca (maio a setembro), com ausência quase total de chuvas (EMBRAPA, 2006).

O solo do cerrado é de transição com a Amazônia e apresenta topografia favorável, facilitando a mecanização, por outro lado, são solos extremamente pobres em nutrientes (Neossolos Quartzarênico Órtico) e ácidos (Latosolos Amarelo), devido à sua natureza e formação (EMBRAPA, 2006).

Segundo Adamoli et al. (1986), muitos dos solos de cerrados são classificados como latossolos de propriedades físicas e topográficas excelentes, contudo suas propriedades químicas são consideradas fracas, com baixos teores de nutrientes, baixa reserva mineral, baixo teor de matéria orgânica, acidez elevada, médio a elevado teor de alumínio trocável e factível à erosão quando mal manejados.

A acidez no solo ocorre por vários fatores como a mineralogia do solo, a intensa lixiviação e/ou remoção de bases pelas culturas, as chuvas ácidas, o uso de fertilizantes nitrogenados com ação acidificante e a decomposição da matéria orgânica, que libera ácidos orgânicos e inorgânicos (OLIVEIRA et al., 2005).

De acordo com Coleman & Thomas (1967), A acidez do solo limita a produção agrícola em consideráveis áreas no mundo, em decorrência da toxidez causada por Al e Mn e baixa saturação por bases.

Logo, a determinação da acidez do solo antes do preparo e cultivo do solo torna-se de extrema importância para o sucesso dos sistemas de produção agrícola (CAIRES, 2013).

Para se obterem altas produtividades das culturas, a correção da acidez do solo se faz necessária para eliminar o alumínio tóxico e a redução nas perdas de fertilizantes (SOUZA et al. 1985).

Assim, a calagem tem se destacado como a prática mais utilizada na agricultura para adequar as propriedades químicas do solo às necessidades das culturas (OLIVEIRA et al., 2010).

No presente trabalho, objetivou-se avaliar as alterações químicas de quatro níveis de calcário para a correção de um Neossolo Quartzarênico e identificar , a máxima eficiência técnica (MET).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Apesar do alto potencial produtivo nacional, no geral os solos brasileiros sofrem com a alta acidez. Segundo Quaggio (2000), aproximadamente 70% do Brasil é composto por solos ácidos, capazes de reduzir o potencial produtivo das culturas em cerca de 40%.

Os solos ácidos são produto do processo de sua formação, que se caracteriza pela alteração/decomposição do material de origem (minerais primários) e a formação de argilominerais e óxidos, causado, na sua essência, pela alta atividade do H^+ em solução (WIETHÖLTER, 2002).

De forma geral, a perda da produtividade está relacionada a baixa disponibilidade de nutrientes e a presença de alumínio na solução presente nos solos, o que desencadeia uma série de fatores negativos para o desenvolvimento das culturas. A presença de alumínio tóxico em níveis elevados provoca menor crescimento e engrossamento das raízes (TAYLOR, 1988). Com o desenvolvimento radicular prejudicado, a planta sofre limitações quanto a absorção de água e nutrientes, o que resulta em baixa produtividade.

A longo prazo, pode acontecer a reacidificação dos solos, devido ao manejo praticado na área, com tal aumento da acidez do solo ocorrendo por diversos motivos. A reacidificação do solo se dá predominantemente a partir da superfície, pois é a água da chuva o principal introdutor de íons H^+ no solo, aliado a algumas reações dos insumos, especialmente os fertilizantes nitrogenados aplicados aos cultivos e à própria atividade biológica, que contribuem para a redução do pH do solo (WIETHÖLTER, 2002).

Conforme Wiethölter (2002), agronomicamente como resultado desse processo, têm-se solos com alta acidez ativa (baixo pH) e alta acidez potencial (altos valores de $H^+ + Al^{2+}$), alta saturação da CTC por Al e baixa saturação da CTC por bases.

Para contornar tais fatores que prejudicam a produção, foram desenvolvidos métodos de correção da acidez dos solos. No Brasil são utilizadas três principais

técnicas de correção do solo, sendo elas: O método da elevação nos teores de Ca e Mg e a redução de Al trocáveis no solo, o método de saturação por base, e o método tampão SMP.

Segundo Nolla e Anghinoni (2003), O método do alumínio trocável baseia-se na aplicação de calcário até a sua neutralização no solo; porém, por recomendar pouco calcário, utiliza-se um critério complementar para garantir o suprimento de cálcio e magnésio.

De uma forma geral, o método de saturação por bases tem sido usado como critério de observação da necessidade de calagem, devido à flexibilidade de adaptação para diversas culturas, conforme suas necessidades (RAIJ, 1991) e por ser um método que sofre menos oscilações que o pH (QUAGGIO, 2000).

De acordo com Wiethölter (2002), o método tampão SMP baseia-se no pH de equilíbrio da suspensão de solo com uma solução tampão (pH 7,5), cujo valor é utilizado para o cálculo da acidez potencial ($H^+ + Al$) e para indicar a quantidade de calcário necessária para elevar o pH do solo para o valor desejado (5,5, 6,0 ou 6,5).

2.1 Calcário

De acordo com Sampaio e Almeida, (2005) calcário encontrado extensivamente em todos os continentes é extraído de pedreiras ou depósitos que variam em idade, desde o pré-cambriano até o holoceno.

Seu uso varia desde a indústria, como na fabricação de plásticos, vidro, tintas, papel, até a alimentação animal. O calcário calcítico puro e moído é muito usado como fonte de cálcio no suplemento alimentar de animais (SAMPAIO e ALMEIDA, 2005).

O calcário é um dos principais corretivos de acidez dos solos utilizados na agricultura, composto principalmente por carbonato de cálcio (CaCO_3) e magnésio (MgCO_3) sua aplicação ajuda na elevação do pH do solo, tornando-o menos ácido e mais propício para o desenvolvimento das plantas.

Segundo Sampaio e Almeida (2005), na classificação mineralógica das rochas calcárias, deve ser considerada a variação nas proporções de calcita, dolomita, bem como dos componentes não carbonatados.

Segundo Cândida (2004), o calcário pode ser classificado em função da quantidade de carbonato de magnésio encontrado, sendo calcítico (MgCO_3 inferior a 5%), magnesiano (MgCO_3 entre 5% e 12%), e dolomítico (MgCO_3 acima dos 12%). Os calcários podem ainda ser classificados de acordo com a rocha de sua origem, sendo classificado como sedimentares ou metamórficos.

Além disso, o calcário também fornece cálcio e magnésio, nutrientes importantes para as plantas. O suprimento de Ca e Mg está normalmente vinculado à aplicação de calcário. Os calcários calcíticos contém, em média, 45% de CaCO_3 , e os dolomíticos, em média, 20 a 40% de MgCO_3 (MALAVOLTA, 2006).

A aplicação de calcário deve ser feita de forma adequada, sendo a lanço, com incorporação ou não ao solo, e a época de aplicação dependerá da sua reatividade.

O uso do calcário como corretivo agrícola é uma prática comum na agricultura brasileira e tem contribuído para a manutenção da fertilidade do solo e para o aumento da produtividade agrícola. O mal-uso do calcário também pode ocasionar perdas à produção, visto que o pH tanto baixo como alto interfere na disponibilidade de nutrientes no solo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo se conduziu em casa de vegetação do Laboratório de Pesquisa Científica e Tecnológica da Relação Solo-Planta-Animal da Universidade Federal do Norte do Tocantins - Centro de Ciências Agrárias BR-153, Km 112, Zona Rural Araguaína/TO | 77.804-970. O estudo ocorreu em um período de dois meses, correspondendo à segunda quinzena de setembro de 2022, com o final na primeira quinzena de novembro de 2022.

Foi realizada coleta de um solo classificado como Neossolo Quartzarênico pertencente à área experimental do laboratório, este foi passado em peneira com malha 2 mm para a retirada de impurezas. A coleta do solo ocorreu com 20 pontos amostrais ao longo da área experimental a uma profundidade de 0-20 cm. As características químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

O delineamento experimental empregado é o inteiramente casualizado (DIC), resultando em cinco tratamentos com cinco repetições cada, sendo que os tratamentos constam: testemunha (0 t ha^{-1}), 2 t ha^{-1} , 4 t ha^{-1} , 6 t ha^{-1} e 8 t ha^{-1} .

Foram utilizados 25 vasos para o armazenamento do solo coletado na área experimental, 5 kg por vaso, e aplicado os diferentes níveis de calcário, proporcionais as quantidades de 0, 2, 4, 6 e 8 t há^{-1} . O calcário aplicado foi o dolomítico, com 100% de poder relativo de neutralização total (PRNT). Após a homogeneização do calcário com as amostras, se fez a elevação da umidade do solo até aproximadamente a capacidade de campo.

Para a garantia da umidade e a reação do calcário com o solo durante o período experimental, as amostras foram regadas com água destilada para evitar a contaminação dos tratamentos por minerais presentes na água ofertada.

Durante o período experimental, realizou-se uma coleta em cada repetição quinzenalmente, feita com um trado, afim de coletar dados e acompanhar a eficácia da aplicação do calcário.

Para a análise laboratorial, as amostras de solo coletadas foram secas ao ar, e passado o período da secagem, passadas em peneira de 2 mm, sendo feitas posteriormente as análises de pH em cloreto de cálcio; Ca, Ca + Mg e Al por extração com KCl; H⁺ + Al pelo método de acidez potencial a pH 7,0; P e K pelo método de Mehlich 1, e calculados: soma de base (SB), capacidade de troca catiônica (CTC),

saturação por base (V%) e saturação por alumínio (m%) segundo o Manual de análises químicas de solos (SILVA, 2009).

Os resultados foram submetidos a análise de variância e teste de regressão para o modelo linear e quadrática, usando o programa estatístico Sisvar.

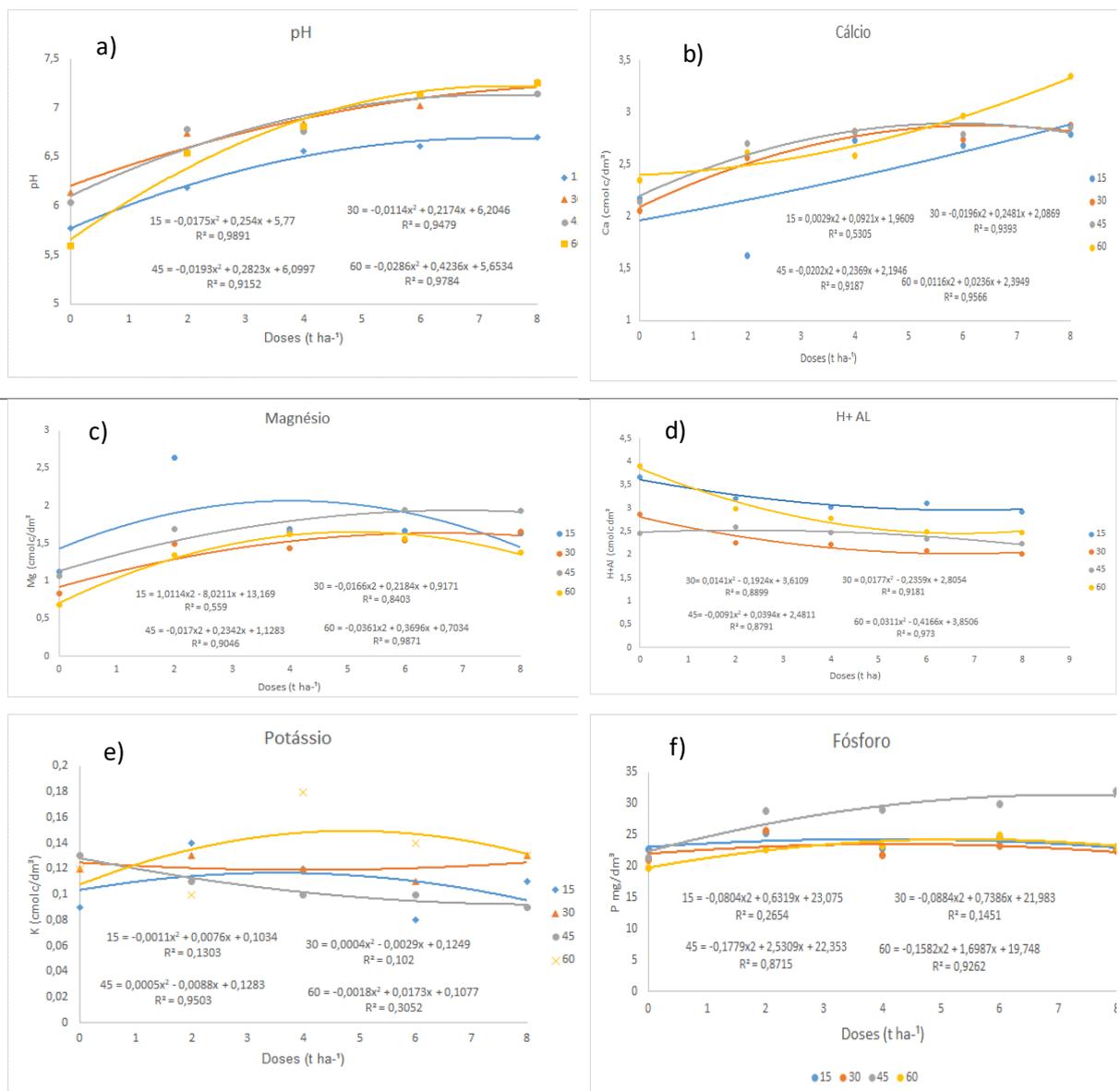
Tabela 1- Composição química inicial do solo

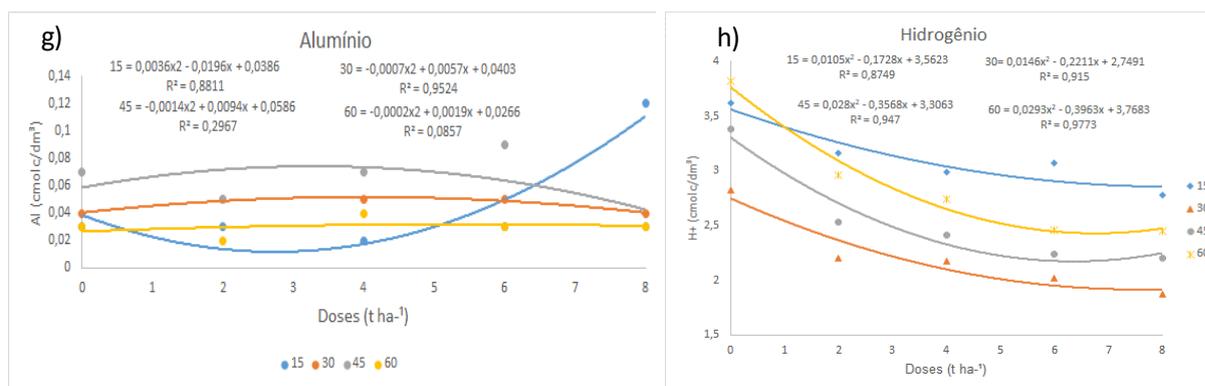
pH	Ca	Mg	K	H+Al	Al	H	P
	----- cmol _c dm ⁻³ -----						
CaCl ₂							mg dm ⁻³
5,77	2,17	1,12	0,09	3,66	0,03	3,62	22,64

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve variação na composição química do solo, alterando os valores de pH, Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), Hidrogênio + Alumínio (H+Al), Hidrogênio (H) e Fósforo (P) provenientes da aplicação das doses crescentes de calcário durante o período experimental, com uma mudança menos expressiva nos valores de Alumínio (Al), como consta no resultado da análise laboratorial apresentando na Tabela 3 e Figura 1.

Figura 1 - pH (a), Cálcio (b), Magnésio (c), H+Al (d), Potássio (e), Fósforo (f), Alumínio (g), Hidrogênio (h) da análise química do solo aos 15, 30, 45 e 60 dias após a aplicação do calcário em Neossolo Quartzarênico.





Observando as alterações, concluímos que os níveis de pH, Ca, Mg, Al, e H⁺ apresentaram significância ($P < 0,05$), se enquadrando ao modelo quadrático e apresentando variabilidade nos valores encontrados em função das doses, sendo os maiores valores das variáveis Ca, Mg e pH, e menores de Al e H⁺ encontrados nos tratamentos de maior quantidade de calcário.

Aos 15 dias os valores de pH atingiram uma máxima de 6,70 no tratamento com 8 t há⁻¹ em relação ao tratamento controle sem calcário, o que representa um incremento de 16,07%, enquanto no tratamento de 2 t há⁻¹ houve um acréscimo de 7,27% em relação ao tratamento controle. Aos 30 dias o tratamentento controle mostrou um acréscimo de 6,4% saindo de 5,77 para 6,19, o mesmo aconteceu para o ponto de máxima no tratamento de 8t ha⁻¹, saindo de 6,70 para 7,26, o que representa um acréscimo de 8,36%. Nos tempos 45 e 60 os valores apresentaram pouca variação.

Os aumentos do pH são conhecidos e atribuídos à neutralização dos íons H⁺ pelos íons OH⁻, na fase sólida do solo, e à ocupação dos sítios de troca por Ca²⁺ e Mg²⁺, adicionados via CaCO₃ e MgCO₃, o que provoca acréscimos dos níveis de V, com o uso de doses crescentes de carbonato (SOUSA et al., 2007).

Aos 15 dias, os teores de Ca e Mg atigiram pontos de máxima de 2,79 cmol_c dm³ para Ca no tratamento com 8 toneladas e 2.64 cmol_c dm³ para Mg no tratamento com 2 toneladas, resultando em acréscimos de 28,57% e 135,71% nos teores desses nutrientes respectivamente. No tempo 30, a variável Ca obteve um ponto de máxima de 2,87 cmol_c dm³ no mesmo tratamento, um acréscimo 2,87%, enquanto para Mg ouve um decréscimo de 36,36% resultando em uma máxima de 1,66 cmol_c dm³. Nos tempos 45 e 60, os valores de ambas as variáveis se mantiveram constantes.

Os solos de textura grossa, tal qual os arenosos, são pobres em cálcio e

magnésio devido a natureza de suas rochas de formação, sendo valores para esses nutrientes naturalmente baixos. Segundo Coelho e Verlengia (1973) A adição de calcário no solo tem relação direta com o aumento dos valores de cálcio e magnésio no solo através dos carbonatos presentes no corretivo.

Os teores de H^+ sofreram alterações significativas no período de 15 dias, o que mostra a eficácia do corretivo, havendo um decréscimo de 23.20% entre o teor de H^+ no tratamento controle, $3,62 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e o ponto de mínimo no tratamento com 8 toneladas $2,78 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. O mesmo comportamento foi observado aos 30, 45 e 60 dias.

O calcário aplicado reagiu com o hidrogênio livre na solução do solo, o qual tende a um esgotamento. O alumínio por sua vez tem relação direta com o pH, visto que sua concentração tóxica é dependente da acidez do solo, conforme apresentado por Coelho e Verlengia (1973). Solos com valores de Al^{+3} baixos (inferiores a $0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) não apresentam condições para promover redução no desenvolvimento das plantas (NICOLODI et al., 2008).

A aplicação do calcário favoreceu a disponibilidade de fósforo e potássio do solo. Como apresentado por Coelho e Verlengia (1973), o potássio tem relação direta com a saturação por bases, quanto maior o valor da saturação por bases, melhor é a disponibilidade do mineral no solo. A disponibilidade de fósforo varia conforme o pH do solo, sendo a faixa de 6 a 6.5 a que melhor disponibiliza esse nutriente.

Tabela 2 - Aspectos químicos do com 15, 30, 45 e 60 dias após a aplicação do calcário em Neossolo Quartzarênico.

Dias	TRAT	pH	Ca	Mg	K	H+AL	Al	H	P
	t ha ⁻¹	CaCl ₂	-----cmol _c dm ³ -----						mg dm ⁻³
15	0	5,77	2,17	1,12	0,09	3,66	0,03	3,62	22,64
	2	6,19	1,62	2,64	0,14	3,20	0,03	3,16	25,34
	4	6,56	2,73	1,69	0,12	3,02	0,02	2,99	22,96
	6	6,61	2,68	1,67	0,08	3,11	0,03	3,07	24,46
	8	6,70	2,79	1,63	0,11	2,91	0,12	2,78	22,97
	Média	6,36	2,40	1,75	0,11	3,18	0,05	3,10	23,67
	L	87,25*	53,40*	0,02ns	2,28ns	75,43*	47,41ns	81,04*	0,10ns
	Q	99,02*	53,57ns	28,04*	16,89ns	88,96*	89,12ns	87,56*	26,42ns
CV (%)	3,07	23,23	35,32	21,10	4,57	174	5,28	10,59	
30	0	6,14	2,05	0,83	0,12	2,87	0,04	2,82	21,04
	2	6,74	2,56	1,49	0,13	2,25	0,05	2,20	25,60
	4	6,84	2,82	1,44	0,12	2,22	0,05	2,17	21,7
	6	7,02	2,74	1,54	0,11	2,08	0,05	2,02	23,17
	8	7,26	2,87	1,66	0,13	2,01	0,04	1,87	22,57
	Média	6,8	2,61	1,39	0,12	2,29	0,05	2,24	22,89
	L	90,62*	75,24*	69,42*	0,00ns	76,42ns	1,00ns	75,44ns	0,01ns
	Q	94,79*	94,03*	84,31*	0,00ns	91,93ns	58,86ns	91,94ns	11,46ns
CV (%)	1,46	5,64	8,02	15,50	55,46	53,29	56,65	14,84	
45	0	6,03	2,14	1,07	0,13	2,45	0,07	3,38	21,38
	2	6,78	2,70	1,69	0,11	2,59	0,05	2,53	28,89
	4	6,76	2,81	1,66	0,10	2,48	0,07	2,41	28,91
	6	7,12	2,79	1,94	0,10	2,34	0,09	2,24	29,91
	8	7,14	2,85	1,93	0,09	2,24	0,03	2,20	31,95
	Média	6,77	2,66	1,66	0,10	2,62	0,06	2,55	28,21
	L	81,20*	65,76*	78,28*	78,56*	76,73*	3,25ns	76,07*	76,18ns
	Q	91,18*	91,83*	90,64*	95,94ns	93,36*	18,18ns	94,89*	87,14ns
CV (%)	3,94	4,77	7,70	19,66	3,16	36,52	3,30	36,59	
60	0	5,59	2,35	0,68	0,12	3,91	0,03	3,82	19,74
	2	6,54	2,61	1,34	0,10	2,99	0,02	2,96	22,76
	4	6,81	2,58	1,62	0,18	2,78	0,04	2,74	23,32
	6	7,12	2,96	1,56	0,14	2,49	0,03	2,46	24,92
	8	7,25	3,34	1,38	0,13	2,48	0,03	2,45	22,99
	Média	6,66	2,77	1,31	0,13	2,93	0,03	2,90	22,70
	L	87,29*	90,39*	46,77*	12,73*	81,45*	8,51ns	81,58*	53,01*
	Q	97,85*	95,64*	98,71*	34,40*	97,29*	14,59ns	97,51*	92,65*
CV (%)	2,49	6,77	18,36	13,54	4,29	22,89	4,31	10,65	

L: Regreção linear; Q: Regreção quadrática. *- Significante, ns- Não significante

Ao intervalo de 15 dias (Tabela 2), não houve interação ($P>0,05$) entre as doses de calcário para nenhuma variável. Com relação aos aspectos químicos do solo, observaram-se efeitos sobre os teores de pH, H⁺, Mg e H+Al ($P<0,05$), sendo as médias respectivamente 6,3; 1,75 cmol_c dm⁻³, 3,1 cmol_c dm⁻³ e 3,18 cmol_c dm⁻³. Não houve significância para as variáveis Ca, Al, P e K ($P>0,05$).

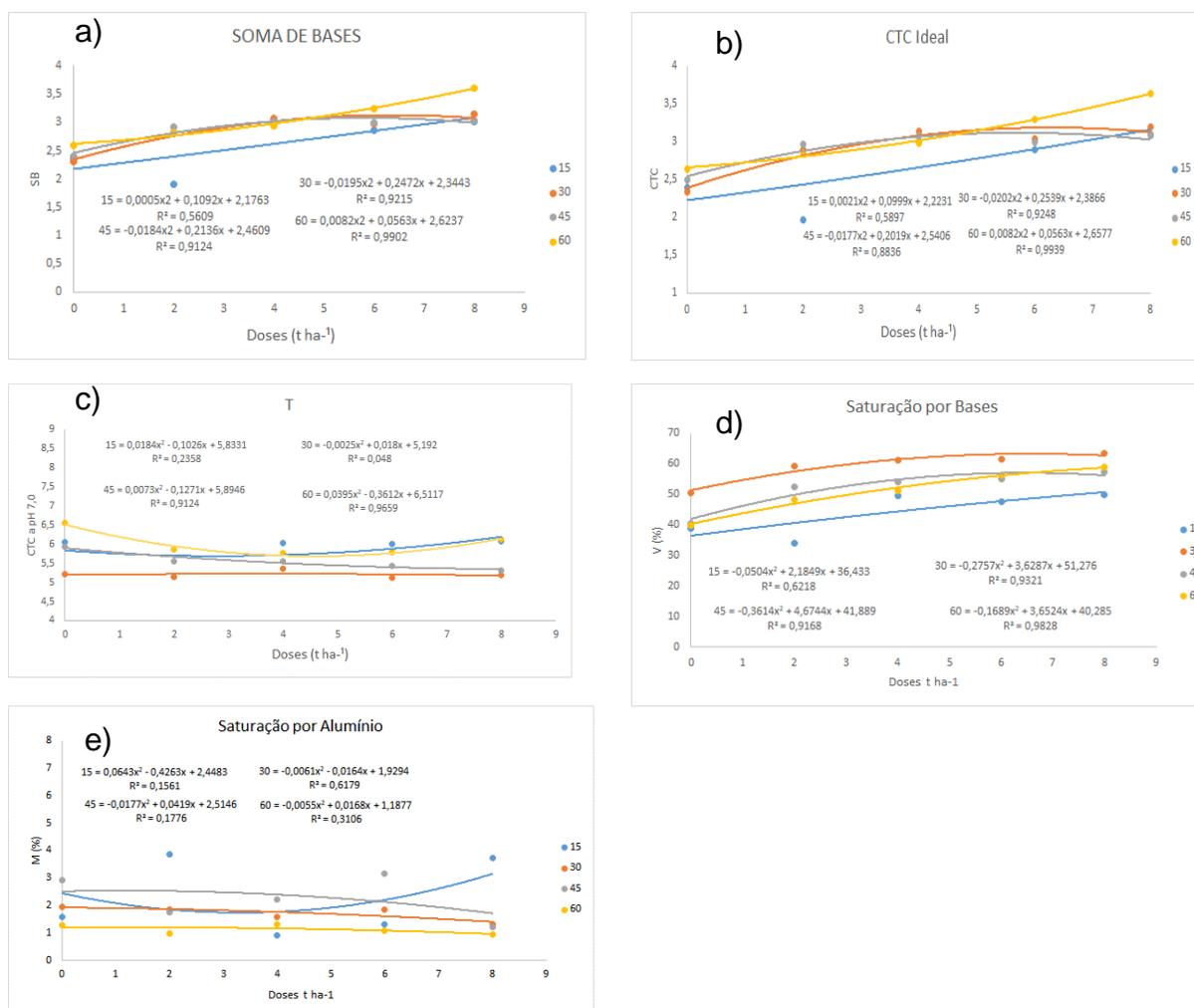
Aos 30 dias, houve interação entre as doses de calcário para as variáveis Al, P, K e H+Al ($P>0,05$), não havendo significância das mesmas. As variáveis pH, Ca, Mg, foram significantes, apresentando médias 6,8; 2,61 cmol_c dm⁻³ e 1,39 cmol_c dm⁻³ respectivamente (Tabela 2).

No tempo 45 (Tabela 2), somente a variável P mostrou interação ($P>0,05$), não havendo significância. As variáveis pH, Ca, Mg, H+Al e mostraram significância com médias 6,77 para pH; 1, cmol_c dm⁻³ para Mg; 2,66 cmol_c dm⁻³ para Ca; 2,55 cmol_c dm⁻³ para H⁺ e 2,93 cmol_c dm⁻³ para H+Al ($P<0,05$). As variáveis Al e K não obtiveram significância ($P>0,05$).

Aos 60 dias (Tabela 2), houve interação ($P>0,05$) apenas para a variável Al, não sendo significativa. Demais variáveis obtiveram valores significantes, com média para Mg 1,31 cmol_c dm⁻³, Ca 2,77 cmol_c dm⁻³, pH 6,66; 2,9 cmol_c dm⁻³ para H⁺; 22,7 mg dm⁻³ para P; 0,13 cmol_c dm⁻³ para K e 2,93 cmol_c dm⁻³ para H+Al.

À medida que as doses de calcário foram incrementadas no solo, é possível observar um aumento nos resultados de parâmetros como Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), e Saturação por Bases (V%) como apresentado na Tabela 3 e Figura 2. Esses efeitos estão diretamente relacionados às propriedades corretivas do calcário no solo.

Figura 2 - Soma de Bases (a), Capacidade de Troca Catiônica (b), CTC a pH 7,0 (c), Saturação de Bases (d) e Saturação por Alumínio (e) do solo com 15, 30, 45 e 60 dias, após aplicação de calcário em Neossolo Quartzarênico.



A soma de bases refere-se à quantidade total de bases presentes no solo, incluindo cálcio, magnésio, potássio e sódio. Com o aumento das doses de calcário, houve uma elevação na concentração desses cátions, resultando em uma soma de bases mais elevada (QUAGGIO, 2000).

A capacidade de troca catiônica (CTC), por sua vez, aumentou devido à incorporação do calcário. A CTC é a medida da capacidade do solo em reter cátions, e o calcário contribui para esse aumento ao adicionar bases à solução do solo.

O índice de saturação por bases (V) também aumentou em resposta ao incremento nas doses de calcário. Esse indicador está relacionado à porcentagem

da CTC ocupado por bases, como cálcio e magnésio. A aplicação de calcário contribui para o aumento desses cátions na solução do solo, resultando em uma maior saturação por bases e, conseqüentemente, um aumento no índice de saturação por bases conforme apresentado por Natale et al. (2008).

Tabela 3 - Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca de Cátion (CTC), CTC a pH 7 (T), Saturação por Bases (V), Saturação por Alumínio (m) aos 15, 30, 45 e 60 dias após aplicação de calcário em Neossolo Quartzarênico.

DIAS	Trat	SB	CTC EFETIVA	T	V	m
	t há ⁻¹	-----cmol _c dm ⁻³ -----			---%---	
15	0	2,36	2,40	6,06	38,93	1,58
	2	1,91	1,96	5,14	33,91	3,87
	4	2,98	3,01	6,04	49,46	0,93
	6	2,86	2,90	6,01	47,63	1,31
	8	3,02	3,10	6,07	49,89	3,74
	Média	2,62	2,68	5,86	43,96	2,28
	L	56,08*	60,55*	11,81ns	61,91*	3,9ns
	Q	56,09ns	60,94ns	23,42ns	62,19ns	15,72ns
CV (%)	21,41	21,06	9,46	18,47	147,21	
30	0	2,30	2,34	5,21	50,41	1,97
	2	2,83	2,89	5,14	59,21	1,85
	4	3,08	3,13	5,35	61,24	1,59
	6	2,98	3,04	5,12	61,53	1,87
	8	3,14	3,19	5,20	63,48	1,31
	Média	2,91	2,86	5,20	59,17	1,72
	L	72,97*	73,62*	0,57ns	76,99s	59,09ns
	Q	92,42*	91,88*	3,99ns	93,17ns	61,93ns
CV (%)	5,78	5,59	24,54	36,02	55,81	
45	0	2,41	2,49	5,94	40,62	2,94
	2	2,92	2,97	5,56	52,57	1,74
	4	3,01	3,08	5,56	54,08	2,21
	6	2,99	3,00	5,43	55,11	3,17
	8	3,04	3,08	5,32	57,18	1,23
	Média	2,87	2,94	5,56	51,91	2,26
	L	64,02*	63,22*	86,23*	74,53*	15,36ns
	Q	91,18*	94,85*	91,61ns	91,68*	18,04ns
CV (%)	4,85	5,17	3,25	2,51	34,26	
60	0	2,60	2,64	6,55	39,76	1,27
	2	2,83	2,85	5,85	48,36	0,98
	4	2,94	2,98	5,76	51,00	1,33
	6	3,25	3,29	5,78	56,26	1,09
	8	3,61	3,64	6,13	58,82	0,94
	Média	3,04	3,08	6,10	50,84	1,12
	L	96,43*	96,71*	18,30*	95,4*	24,57ns
	Q	99,08ns	99,27ns	96,45*	98,29*	29,94ns
CV (%)	5,57	5,53	3,61	3,03	22,07	

L: Regreção linear; Q: Regreção quadrática. *- Significante, ns- Não Significante

Essas alterações indicam uma melhoria na fertilidade do solo e nas condições para o crescimento das plantas. A neutralização da acidez do solo promovida pelo calcário não apenas beneficiou o solo ao disponibilizar nutrientes essenciais, mas também favorece a atividade microbiana e a disponibilidade de outros nutrientes importantes para o desenvolvimento saudável das culturas. Portanto, o aumento nas doses de calcário demonstrou ter um impacto positivo na qualidade do solo, refletido nos resultados dessas propriedades.

5 CONCLUSÃO

Os resultados revelaram a influência direta das doses de calcário nos atributos químicos do solo. Foi observado que o pH do solo no momento inicial estava na faixa ideal para a produção, entre 5.5 e 6.5, logo a aplicação do corretivo serviu como fonte de Ca e Mg para o solo. A análise das variáveis determinantes SB, CTC, T, V e m indicou o tratamento com 6 toneladas de calcário como a máxima eficiência técnica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do calcário a longo prazo na agricultura representa uma prática estratégica e sustentável, com impactos significativos nas propriedades do solo e, por conseguinte, na produtividade agrícola. O calcário desempenha um papel crucial na correção do pH do solo, neutralizando a acidez e proporcionando um ambiente mais propício ao desenvolvimento das plantas. A manutenção do pH adequado ao longo do tempo é vital para garantir a disponibilidade de nutrientes essenciais.

REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cerrado: Espécies, Características e Recuperação de Áreas Degradadas, de Edson Eyji Sano, João de Deus Medeiros e João Ub, <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/cerrado>.

Hossner, L. R., & Alleoni, L. R. F. (2007). Correção da acidez do solo com calcário: considerações sobre práticas, recomendações e interpretação da análise de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31(4), 685-706.

CAÍRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.1, p.161-169, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes Brasília: EMBRAPA Solos/EMBRAPA Informática Agropecuária/EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia**, 2009. 627p.

HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A.C.; CARVALHO, F.I.F.; BERTAN, I.; SILVA, J.A.G.; SCHMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P.; MAIA, L.C.; FONSECA, D.A.R.; REIS, C.E.S. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Semina**, v.28, n.2, p.219-228, 2007.

NOLLA, Antonio; ANGHINONI, Ibanor. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 6, n. 1, p. 97-111, 2004.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E.C.; GATIBONI, L.C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.4, p.797-805, 2000

MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C.; REIN T.A. Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.6, p.563-572, 2005.

MEDEIROS, J.C.; ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, A.L.; ROSA, J.D.; GATIBONE, L.C. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina**, v.29, n.4, p.799-806, 2008.

FREIRIA, A.C.; MANTOVANI, J.R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; YAGI, R. Alterações em atributos químicos do solo pela aplicação de calcário na superfície ou incorporado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, n.2, p.285-291, 2008.

RAIJ, B. van. & QUAGGIO, J.A. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. In: ESPINOSA, W. & OLIVEIRA, A.J., eds. **SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA**, 1., Brasília, 1984. Anais. Brasília, Embrapa-DEP, 1984. p.323-346.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. & BEATON, J.D. Soil fertility and fertilizers. 4.ed. New York, **Macmillan Publishing**, 1990. 754p

MACEDO, J. **Potencialidades dos Cerrados para produção de alimentos**. Planaltina, EmbrapaCPAC, 1994. 15p.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 2006. 638p.

CATE, R.B. & VETTORI, L. Ganancias obtenidas por medio del uso de fertilizantes. Datos basados en información obtenida a traves de los analisis de suelos. Raleigh, **North Carolina State University**, 1968. 9p. (Reporte Preliminar, 1 - Serie Internacional de Analisis de Suelos)

QUAGGIO, J. A. Critérios para calagem em solos no estado de São Paulo. Piracicaba, 1983. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) **Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP**.

QUAGGIO, J. A. Acidez e calagem em solos tropicais. Campinas: **Instituto Agronômico de Campinas**, 2000.

TAYLOR, G.J. The physiology of aluminum phytotoxicity. In: **SIEGAL, H.; SIEGAL, A.** (Eds.) Metals Ions in Biological Systems. New York: Marcel Dekker, p. 123-163, 1988.

WIETHOLTER, S. " Calagem no Brasil. Passo Fundo: **EMBRAPA Trigo**, 2000a.

WIETHOLTER, S. Revisão das recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. IN: **REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO 4**, Resumos. CD-ROM, UFRGS, Porto Alegre, 2002b.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991.

SALET, R. L.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R. A. Atividade do alumínio na solução de solo do sistema plantio direto. **Revista Científica Unicruz, Cruz Alta**, v.1, n. 1, p. 9-13, 1999.

PEREIRA, M. G. et al. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 159-162, 1998.

Sampaio, J. A., & Almeida, S. L. M. D. (2005). Calcário e dolomito. **CETEM/MCT**.

CAIRES, E. F. Correção da acidez do solo em sistemas plantio direto. Piracicaba-SP: **International Plant Nutrition Institute (INPI)**, 2013. 13 p. (Informações agronômicas,n.141).

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

Características de corretivos agrícolas. / Ana Cândida Primavesi, Odo Primavesi. -- São Carlos: **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2004. 28p.; 21 cm. -- (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 37).

OLIVEIRA, C. M. R.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V.; REIS, E.F.; STURM, G. M.; SOUZA, R. B. Corretivo da acidez do solo e níveis de umidade no desenvolvimento da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v.5, n.1, p.25-31, 2010.

Adamoli, J., J. Macedo, L. G. Azevedo & J. N. Madeira. 1986. Caracterização da região de cerrados. In W.J. Goedert (Ed.). Solos de cerrados. Tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo. **Nobel/CPAC**. São Paulo, SP. p. 37-74.

Sousa, D. M. G., L. J. C. B. Carvalho & L. N. Miranda. 1985. Correção da acidez do solo. In W. J. Goedert (Ed.) Solos de Cerrados: Tecnologias e estratégias de manejo. **Nobel**, São Paulo, SP. p. 99-127.

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo** 2. ed. Campinas, SP : Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p. il.