

Aplicação de doses crescentes de calcário por incubação nos solos da Chianga-Huambo, Angola

Application of crescent doses of calcary by incubation in soils of Chianga-Huambo, Angola

Joana S. Vanda-Sebastião^{1*}, Alfredo Ferrer-Castillo², João da Costa-Quizembe Santos³, Edivandro Flávio de Carvalho-Zacarias¹

¹Universidade Agostinho Neto, Luanda, Angola.

²Centro de Investigação de Ciências Geológicas Aplicadas.

³Instituto de Investigação Agronómica, na Estação Experimental Agrícola da Chianga, Huambo, Angola.

*Autor para la correspondencia. correo electrónico: alfre.ferrer@gmail.com

CITAR COMO:

Vanda-Sebastião, J. S., A.
Ferrer-Castillo, J. D.
Costa-Quizembe S. e E. F. D.
Carvalho-Zacarias. Aplicação
de doses crescentes de calcário
por incubação nos solos da
Chianga-Huambo, Angola.
Revista Angolana de Geociências,
2020, 2(1), p. 169-175

INFORMAÇÃO ADICIONAL:

Recebido: 16/11/2020

Aceite: 10/02/2021

*Autor para correspondência:

Alfredo Ferrer-Castillo
(e-mail: alfre.ferrer@gmail.com)

Licença: CC BY-NC

Copyright: Centro de
Investigação em Ciências
Geológicas Aplicadas

Conflito de interesses: Os
autores declaram que não há
conflitos de interesses

RESUMO: Neste trabalho estimaram-se as doses de calcário para corrigir a acidez do solo de uma área da estação experimental da Chianga-Huambo. Testaram-se doses de calcário, para se elevar o pH a um valor que torna os nutrientes mais disponíveis para as plantas, de modo a padronizar outros métodos de correcção. Amostras de solo foram colhidas a uma profundidade de 20 cm. Com a aplicação das doses crescentes de calcários ao solo de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 t/ha respectivamente, o pH atingiu valores de 5,79 e 5,44 em H₂O e CaCl₂, respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casual, em três épocas de avaliação, 30, 60 e 90 dias após a aplicação no solo. O ião Al³⁺ reduziu para 0,2 cmol/l, enquanto que, a capacidade de troca catiónica efectiva e a soma de bases aumentaram devido a presença dos catiões de troca no calcário. A melhor dose para o aumento da fertilidade do solo de acordo com o estudo efectuado é representado por 4 t/ha depois de 60 dias de utilização.

Palavras chaves: pH do solo; incubação com calcário; química do solo.

ABSTRACT: In this work, the limestone doses were estimated to correct the acidity of the soil in an area of the Chianga-Huambo experimental station. Limestone doses were tested to raise the pH to a value that makes nutrients more available to plants, in order to standardize other correction methods. Soil samples were taken at a depth of 20 cm. With the application of increasing doses of lime to the soil of 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 t/ha respectively, the pH reached values of 5.79 and 5.44 in H₂O and CaCl₂ respectively. The experimental design used was entirely random, in three evaluation periods, 30, 60 and 90 days after application to the soil. The Al³⁺ ion reduced to 0.2 cmol/l, while the effective cation exchange capacity and the sum of bases increased due to the presence of exchange cations in the limestone. The best dose for increasing soil fertility according to the study carried out is 4 t/ha after 60 days of use.

Keywords: soil pH; incubation with limestone; soil chemistry.

INTRODUÇÃO

A análise do solo permite avaliar o grau de deficiência dos seus nutrientes e permite o cálculo da quantidade certa de adubação e calagem a ser aplicada. Ela tem um papel fundamental para uma alta produtividade na agricultura concernente as informações dadas aos agricultores (Costa, 1995 & EMBRAPA, 1997). A interpretação correcta das propriedades físicas e químicas é de suma importância para a manutenção da produtividade e fertilidade do solo e para a orientação de futuros trabalhos de investigação e pesquisa, pois, o maior e melhor rendimento são obtidos da interacção dessas propriedades, além das alterações climáticas (Quelhas, 2012 & Santos, 2010).

O sistema solo é bastante complexo e composto por três fases bem distintas: sólida, líquida e gasosa. As interacções entre a fase sólida e líquida constituem a fonte imediata e reservatório dos nutrientes para o suprimento às plantas (Brady, 1989).

Em solos quimicamente ácidos e com deficiência em um ou mais nutrientes essenciais às plantas, juntamente com outras práticas agrícolas para melhorar a fertilidade e o manuseamento aplica-se incubação de calcário com o objectivo de elevar a capacidade produtiva através do aumento da capacidade de troca catiónica, aumento da disponibilidade de nutrientes e insolubilização de elementos tóxicos às plantas, o que permite um aumento de rendimento das culturas, de modo a viabilizar economicamente a demanda actual de produção de alimentos e melhorar a sustentabilidade económica da actividade agrícola (Mongia, 1997).

A acidez é o principal factor que afecta a disponibilidade dos nutrientes (MARQUES, R.; Motta, 2003). Os elementos tóxicos, como o alumínio em solos ácidos, em função do pH da solução, apresenta-se nas formas solúveis Al^{+3} , $Al(OH)^{+2}$ ou $Al(OH)_2^+$. E ainda em solos salinos o sódio pode apresentar-se em elevados teores na solução na forma Na^+ (Nascimento, 2000).

Os fenómenos físico-químicos do solo ocorrem basicamente na fracção coloidal que é bastante heterogénea, sendo constituída por espécies de diferentes minerais e partículas orgânicas. Este fenómeno, conhecido como adsorção iónica, é um processo reversível e estequiométrico de grande importância no solo que faz permanecer os nutrientes disponíveis às plantas através das cargas eléctricas apresentadas pelos colóides.

A adsorção dos catiões Al^{+3} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , NH_4^+ e Na^+ pelas cargas negativas é directa, ocorrendo apenas ligação eletrostática, ou seja, esses catiões são trocáveis com os da solução do solo num processo denominado capacidade de troca catiónica (CTC) do solo. O catião H^+ liga-se fortemente à superfície do colóide através de ligação covalente, porém, não é trocável e apenas liberta a carga negativa ocupada de forma indirecta, ou seja, através da neutralização com OH^- adicionada na solução. A CTC efectiva demonstra a capacidade do solo em reter os catiões em seu pH natural. Isto quer dizer que, qualquer que seja o valor de pH do solo, as cargas negativas ocupadas pelos iões H^+ não estão disponíveis para retenção de outro catião por troca. Daí, uma das formas de medir essas cargas é a partir da sua capacidade de troca catiónica (CTC), ela mos-

tra o número de catiões trocáveis que um solo pode adsorver em determinadas condições, e sendo ela uma característica física química fundamental no estudo da fertilidade dos solos, quanto maior for, maior será a capacidade de reter os catiões. Em solos arenosos, cujo teor de matéria orgânica é baixo, e, portanto, baixa CTC, são adsorvidas pequenas quantidades de catiões, tornando-se mais susceptíveis a perda de nutrientes devido a lixiviação. (Kamprath, 1970 & Curtin, 1995).

A boa interpretação do valor da CTC efectiva para o cultivo do solo ao valor do pH natural, fornece uma ideia das possibilidades de perdas de catiões por lixiviação, do potencial de salinidade e necessidade das adubações (Skoog et al., 2007). Por exemplo, um valor de t menor que $2,5 \text{ cmolc/dm}^3$ é indicativo de solo arenoso, com baixo teor de matéria orgânica, ou de um solo mais argiloso, com predomínio de argilas de baixa actividade. Nesta condição, se for feita uma adubação pesada poderá ocorrer perdas de catiões por lixiviação e elevada salinidade para as sementes (Nascimento, 2000).

Muitas vezes o solo não será cultivado em seu pH natural, sendo necessário uma calagem, o que leva a alteração da sua CTC.

A CTC potencial representa o valor da CTC de um solo, caso a calagem deste fosse feita para elevar o pH a 7,0. Num solo ácido a elevação do pH para 7,0 promove a neutralização de catiões H^+ que se encontram em ligações covalentes com o oxigénio de colóides orgânicos e de óxidos de ferro e de alumínio. Com isto, são desenvolvidas cargas negativas que existem apenas em potencial (Kamprath, 1970).

O solo possui uma propriedade muito importante que é a capacidade de reter e ceder, sob a forma iónica, determinados elementos químicos que são vitais para o desenvolvimento não só do solo, mas também das plantas. Esta característica é, basicamente, exercida pelos colóides do solo, sejam eles de natureza orgânica (“húmus”) ou mineral (“argila”), em virtude da presença de cargas superficiais, normalmente negativas, conferindo aos solos, então, a capacidade de adsorver catiões.

Contudo, em nível de manuseio da fertilidade do solo, como o aumento do pH, deve-se usar correctivos que adicionem bases ao solo, de tal forma que eleve também a saturação de bases, razão pela qual utiliza-se calcário, pois este correctivo adicionará cálcio e magnésio ao solo (Raij, 1985; Quaggio, 2001; Furtini, 2004).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de um calcário sobre o pH do solo, no fornecimento de Ca e Mg dos na área experimental da Chianga – Huambo.

Materiais e métodos (EMBRAPA, 1997)

A parte experimental deste trabalho foi realizada no Laboratório de Análises de Solos e Plantas do Instituto de Investigação Agronómica, localizado no Huambo, na Estação Experimental Agrícola da Chianga.

As amostras foram retiradas da camada superficial do solo, até a profundidade de 20 cm, em uma área sem antecedentes de cultivo, com o cuidado de limpar a superfície das áreas

escolhidas, removendo as folhas e outros detritos. Elas foram coletadas em forma de zigzague utilizando um trado, em 15 a 30 pontos diferentes, que foram misturadas em balde plásticas limpas e secas.

Determinação da humidade na capacidade de campo (Ug)

Utilizou-se 9 vasos de polietileno com capacidade de 5 L para a determinação da humidade na capacidade de campo em vasos, estes foram preenchidos com solo peneirado com peneiro de 0,425 mm e posteriormente saturados. As amostras foram coletadas com 0, 24 e 48 h depois da saturação em baldes diferentes. Após cada coleta as amostras foram pesadas para a obtenção da massa úmida (MU), e depois levadas para a estufa de esterilização e secagem a uma temperatura de 105 °C, onde permaneceram por 24 h até massa constante. Em seguida a massa seca (MS) foi obtida pesando-se as amostras. Em posse desses dados foi calculada a umidade gravimétrica através da seguinte equação:

$$Ug (\%) = [(MU - MS) / MS] \times 100 \quad (1)$$

Em que:

Ug = humidade gravimétrica, %; MU = massa húmida, g; MS = massa seca, g

Para determinação da composição granulométrica das amostras, foram utilizadas as peneiras nº 10, 20 e 50, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Para os calcários, a partir dos resultados da composição granulométrica, calcula-se a reactividade (RE) do produto aplicando-se a expressão;

$$\% RE = \% F_{10-20} \times 0,2 + \% F_{20-50} \times 0,6 + \% F_{>50} \times 1 \quad (2)$$

sendo:

$\%F_{10-20}$ = percentual de produto que passa pela peneira nº10 e fica retido na peneira nº20; $\%F_{20-50}$ = percentual de produto que passa pela peneira nº20 e fica retido na peneira nº50; e

$F_{>50}$ = percentual de produto que passa pela peneira nº50.

Com o valor do poder de neutralização (PN) e o valor da RE, calcula-se o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) do correctivo pela expressão:

$$PRNT (\%) = PN \times \frac{RE (\%)}{100} \quad (3)$$

O valor obtido indica o quanto do PN pode reagir no solo a curto prazo (3 meses) em função da granulometria.

Determinação do PN:

Transferiu-se uma alíquota de 50 ml do extrato para Erlenmeyer de 250 ml, acrescentado 50 ml de água destilada e 3 gotas de solução de fenolftaleína a 0,5%. Em seguida foi titulado com solução de NaOH 0,1 N padronizada até o aparecimento de uma leve cor rosada. Foi anotado o volume gasto e calculado, o PN do material em % CaCO₃ equivalente, pela expressão:

$$PN(\%CaCO_3) = \frac{25(10 \cdot N_1 - V_2 \cdot N_2)}{G} \quad (4)$$

onde:

N_1 = normalidade da solução de HCl, V_2 = volume (ml) da solução de NaOH gasto na titulação, N_2 = normalidade da solução de NaOH, G = massa (g) da amostra

Preparação das amostras para o laboratório

A parcela da unidade da incubação do solo foi feita num saco plástico com capacidade de 5,0 dm³, contendo 1kg de solo, mantendo a humidade de capacidade de campo de 80 %. O solo foi incubado utilizando-se um calcário fino, passado em peneira de 0,3 mm, cujo poder de neutralização (PN) é de 83 % e o poder relativo de neutralização (PRNT) de 58,56 %.

Todas as amostras individuais de uma mesma área uniforme foram bem misturadas num único recipiente. Estas foram secas a temperatura ambiente, trituradas em Argamassa de ágata com mão, posteriormente colocou-se no esquadilhador para evitar perda do solo até obter o tamanho desejado e peneiradas em peneira de 2,0 mm.

Avaliou-se o pH em H₂O e em CaCl₂ 0,01M (pHmetro Metter Toledo Inlab Expert Pro, Suíça). As bases de troca foram extraídas com acetato de amónio pH 7,0 e determinadas por espectrofotometria de absorção atómica (bases Ca⁺² e Mg⁺²) (Espectrofotómetro de absorção atómica (EAA) PGI-990, Londres) e por fotometria de chama (bases K⁺ e Na⁺) (Fotómetro de chamas Modelo 2655-00, Estados Unidos da América). Também avaliou-se o Ca⁺² e Mg⁺² pela titulação com EDTA.

O Alumínio trocável foi extraído com KCL 1N e determinado por titulação com NaOH 0,1N. Com os valores obtidos foi possível determinar outros parâmetros como a capacidade de troca efectiva (CTC efectiva), soma de bases (SB) e saturação por alumínio (m %) nas épocas avaliadas.

Percentagem de saturação de alumínio (m)

Esta propriedade expressa a fracção da CTC efectiva que é ocupada pela concentração de alumínio trocável, que foi calculada aplicando-se a seguinte expressão

$$m\% = \frac{Al^{+3}}{t} \times 100 \quad (8)$$

Percentagem de saturação de bases da CTC a pH 7,0

A saturação de bases (V) representa o valor da percentagem da CTC a pH 7,0 que estão ocupados pelas bases existentes no solo, calculada pela expressão:

$$V\% = S/T \times 100 \quad (9)$$

A CTC efectiva é dada pelas concentrações dos catiões:

$$t \text{ (cmolc/dm}^3\text{)} = Al^{+3} + Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^+ + Na^+ \quad (10)$$

A análise química do solo, obtém-se o valor de T a partir da extracção de H⁺ + Al⁺³ com solução salina tamponada a pH 7,0:

$$T = SB + (H^+ + Al^{+3}) \quad (11)$$

O ganho em CTC pela neutralização de H⁺ adsorvidos será tanto maior quanto mais baixo for o pH natural do solo e quanto maior for o teor de matéria orgânica e de óxidos de ferro e de alumínio do solo (Kamprath, 1970).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o conhecimento das condições do solo antes da incubação tabela 1 e tabela 2 foram feitas análises físico – químicas. O calcário utilizado foi calcítico (CaO de 98 % e de MgO 1,83 %).

Tabla 1 - Características físico-químicas do solo antes da incubação com CaCO₃

Bases de Troca (Cmol/l)			
K	Na	Ca	Mg
0.297	0.333	0.523	0
Análise granulométrica			
Profundidade (cm)	Argila	Limo	Areia
0-20	34	23.5	42.5
pH			
H ₂ O	KCl	CaCl ₂	
4.54	4.14	4.05	

A tabela 1, mostra os resultados do análise do solo antes da incubação, demonstrando que trata-se de solo fraco para a produção de alimentos(13). O solo foi incubado com um calcário fino, com poder de neutralização (PN) de 83 % e poder relativo de neutralização (PRNT) de 58,56 %, é calcítico (CaO de 98 % e de MgO 1,83 %). As determinações das fracções de argila (34 %), limo (23,5 %), areia total (42,5 %), caracterizam um solo fraco- argiloso com pH inicial de 4,54 (em H₂O), 4,14 (em KCl) e 4,05 (em CaCl₂).

Tabla 2 - Análise química do solo aos 30, 60 e 90 dias após a incubação com CaCO₃

Épocas	Amostras	pH					
		H ₂ O	CaCl ₂	l ³⁺ (cmol/l)	m%	Ca ²⁺ (cmol/l)	SB (cmol/l)
30	0	4.54	4.13	1.3	-	-	-
	1	4.64	4.33	0.6	-	-	-
	2	4.76	4.49	0.5	-	-	-
	3	4.82	4.63	0.4	-	-	-
	4	5.13	4.82	0.4	-	-	-
	5	5.20	5.01	0.3	-	-	-
	6	5.36	5.18	0.3	-	-	-
	7	5.46	5.18	0.2	-	-	-
	8	5.77	5.27	0.2	-	-	-
60	0	4.54	4.13	1.3	46.63	0.698	1.090
	1	4.80	4.52	0.5	21.22	1.457	1.856
	2	4.91	4.64	0.4	14.94	2.653	3.067
	3	5.14	4.8	0.3	10.97	2.947	3.361
	4	5.31	4.99	0.2	9.45	3.740	4.154
	5	5.43	5.05	0.2	5.72	4.312	4.682
	6	5.58	5.19	0.2	5.32	5.464	5.873
	7	5.65	5.27	0.2	5.02	6.097	6.495
	8	5.79	5.38	0.2	3.73	7.368	7.799
90	0	4.54	4.13	1.3	46.63	0.698	1.102
	1	4.78	4.38	0.4	17.49	2.056	2.513
	2	4.97	4.59	0.4	13.20	2.901	3.329
	3	5.19	4.68	0.3	9.44	3.054	3.485
	4	5.31	4.83	0.2	6.95	4.012	4.482
	5	5.38	5.02	0.2	4.74	4.849	5.188
	6	5.57	5.20	0.2	4.68	5.913	6.246
	7	5.65	5.34	0.2	4.50	6.187	6.607
	8	5.79	5.44	0.2	4.37	7.528	7.856

O calcário usado é de modo a melhorar a nutrição das plantas de forma indirecta, ou seja, aumenta a fertilidade dos solos através da criação de condições mais favoráveis em termos de reacção, propriedades físicas e químicas, teor de matéria orgânica, etc. Podendo também actuar de forma directa, já que, apresenta teores muito elevados de nutrientes susceptíveis de conferir um efeito directo na alimentação das plantas.

Contudo, as análises químicas do solo nas épocas estudadas na tabela 2, demonstram que a aplicação de doses crescentes de calcário influencia de forma significativa nos índices de acidez do solo, pH, Al³⁺, nas bases de troca Ca²⁺, saturação por alumínio (m%), soma de bases (SB), e CTC efectiva, porém as bases de troca Na⁺, K⁺ e Mg²⁺ não sofreram influência significativa, devido a carência do mesmo no solo e a pobreza no tipo de calcário utilizado para a incubação respectivamente.

Estes resultados estão de acordo com ⁽⁴⁾, no qual os autores relatam que após a calagem, as modificações químicas proporcionam um aumento nos valores de pH do solo, nos teores de Ca²⁺, na saturação de bases, e uma diminuição no alumínio trocável até valores não tóxicos para as plantas, acarretando melhorias significativas na fertilidade do solo, o que provoca um melhor rendimento na maior parte das culturas.

Nos valores de pH e do teor de Ca²⁺, ocorreu uma significativa interacção entre as doses aplicadas no solo e as épocas de avaliação estudadas, devido ao tempo residual do CaCO₃ no solo e do seu poder de neutralização. O alumínio trocável foi apenas influenciado pelas doses crescentes de calcário. As alterações químicas nas duas épocas posteriormente estudadas não sofreram mudanças significativas.

Os valores de pH definem a acidez activa ou actual do solo, e dadas as limitações inerentes a sua medição, considera-se neutro o solo com valor de pH entre 6,6 – 7,3. Abaixo de 6,6, diz-se que o solo é ácido, e acima de 7,3 considera-se alcalino. Segundo o grafico, observa-se que o poder tampão do solo

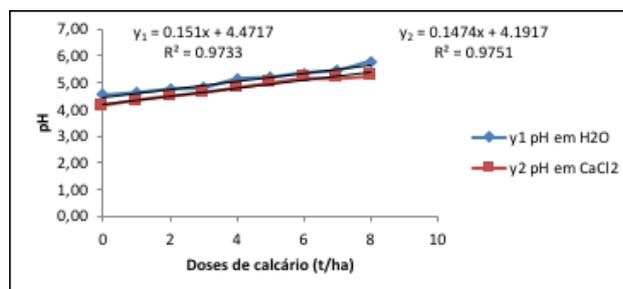


FIGURA 1. Variação do pH em H₂O (y1) e em CaCl₂ (y2) nos 30 dias após a incubação

actua de tal modo que o pH aos 30 dias na dose máxima de 8t/ha atinge o valor de 5,77 e nas épocas restantes este valor sofre muito pouca variação atingindo o valor máximo de 5,79 quando o pH é determinado em H₂O.

O gráfico confirma os resultados onde observa-se que o pH não varia de modo linear com o aumento das doses de calcário.

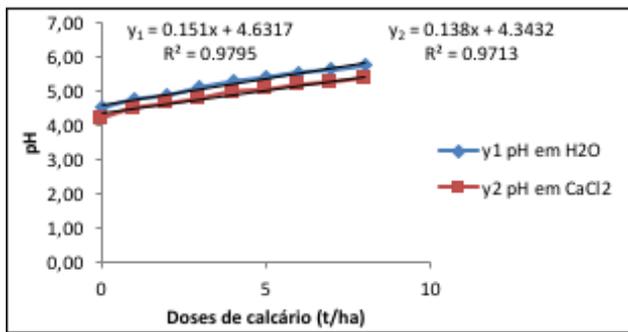


FIGURA 2. Variação do pH em H₂O (y1) e em CaCl₂ (y2) nos 60 dias após a incubação

O pH em H₂O e em CaCl₂ não teve mudanças significativas em relação ao determinado nos 60 dias após a incubação. Houve um decréscimo nas doses nas doses iniciais em CaCl₂ 0,01M, porém o valor máximo de pH em água foi de 5,79 igual ao dos 60 dias.

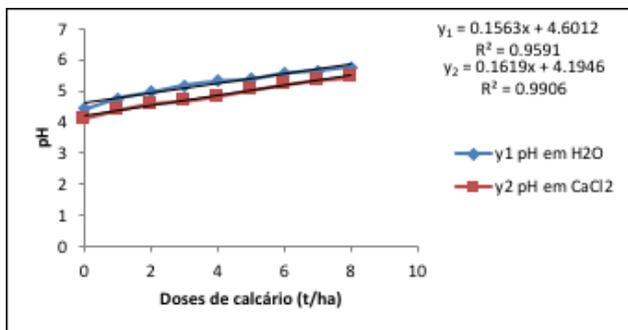


FIGURA 3. Variação do pH em H₂O (y1) e em CaCl₂ (y2) nos 90 dias após a incubação

Os valores máximos de pH em H₂O foram encontrados aos 60 dias após a incubação. O tempo residual do calcário aplicado no solo para elevar a acidez do solo a zonas de maior assimilação de nutrientes é de 60 dias. O pH aos 90 dias não sofreu alterações relativas, mantendo-se constante em algumas doses, como do pH determinado aos 60 dias, mostrando que já não estava a ocorrer a reacção entre o calcário com o solo. A partir da dose de 4t/ha atingiu-se o valor de 5,31 aos 60 e 90 dias, que é o limite da zona de maior adsorção de nutrientes.

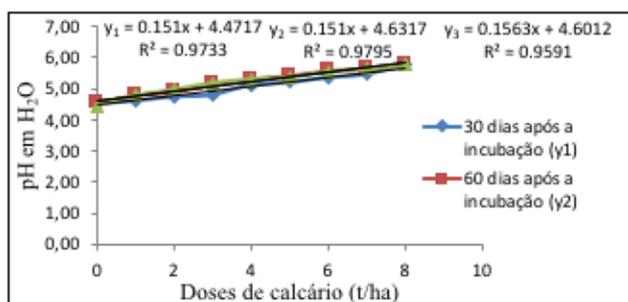


FIGURA 4. Variação do pH em H₂O aos 30 (y1), 60 (y2) e 90 (y3) dias após a incubação

Na figura 4 mostra que pH em H₂O dos 60 aos 90 dias praticamente não sofreu variação onde y2 e y3 sobrepõem-se sendo desnecessário o aumento de doses de calcário no solo depois

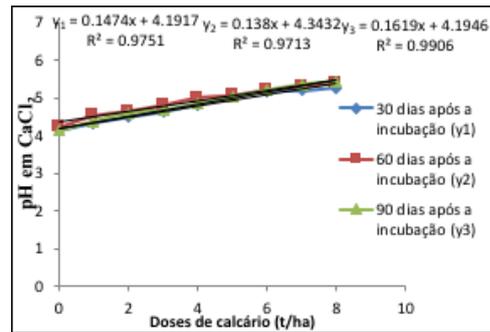


FIGURA 5. Variação do pH em CaCl₂ aos 30 (y1), 60 (y2) e 90 (y3) dias após a incubação

dos 60 dias de incubação, demonstrando que a partir desta época o solo esteja preparado para a implementação de uma determinada cultura.

A dose de 5t/ha de CaCO₃, utilizada na incubação foi suficiente para neutralizar a concentração de alumínio trocável, de um valor inicial de 1,30 cmolc/l para 0,2 cmolc/l aos 30 dias e o valor mantém-se constante nas doses acima e nas demais épocas avaliadas figura 5, estando de acordo com Morelli et al (1992), que em seu ensaio obteve as concentrações de 0,17 e 0,13 cmolc para as doses de 4,0 e 6,0 t/ha respectivamente. É importante realçar que a qualidade do calcário a ser utilizado dispõe um papel de suma importância no efeito das variáveis de acidez do solo. Estima-se que a quantidade de calcário para o aumento do pH, e conseqüentemente enriquecimento do solo com mais nutrientes e elimina-se a toxicidade do alumínio nas plantas ocorre a partir da amostra 5, ou seja, 4t/ha.

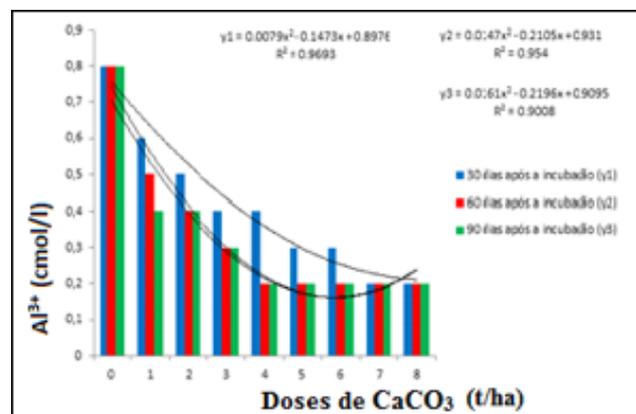


FIGURA 6. Variações do alumínio aos 30, 60 e 90 dias após a incubação

O teor de alumínio trocável é um dos parâmetros muito importante ao avaliar-se um determinado solo porque expressa o seu potencial fitotóxico, e quando o seu valor está acima de 60 % provoca um grande aumento na actividade de alumínio em solução. Nestas condições, para a grande maioria das espécies vegetais, o crescimento das raízes é praticamente paralisado.

A saturação de alumínio teve um decréscimo significativo nas doses a partir de 3 t/ha, onde tanto aos 60 como aos 90 dias esteve abaixo de 20 % (figura 6). Nos valores abaixo de 3t/ha, a saturação por alumínio ficou acima de 20 %, que causa limitações ao desenvolvimento da maioria das culturas.

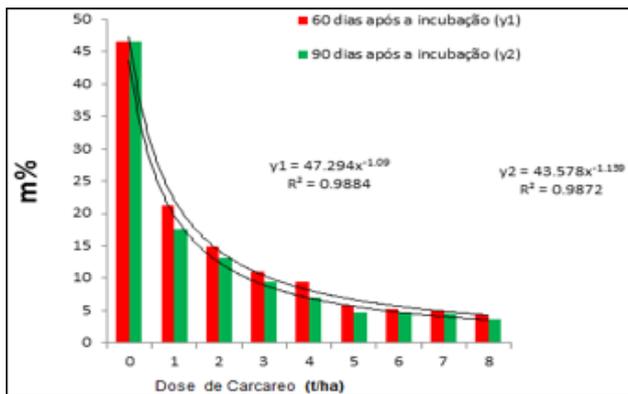


FIGURA 7. Saturação de alumínio aos 60 e 90 dias

O teor de alumínio trocável é um parâmetro importante ao avaliar-se um determinado solo porque expressa o seu potencial fitotóxico, e quando o seu valor está acima de 60 % provoca um grande aumento na actividade de alumínio em solução. Nestas condições, para a grande maioria das espécies vegetais, o crescimento das raízes é praticamente paralisado. Na figura 7 mostra-se que depois dos 60 dias e 5 t/ha de calcário não precisa-se de mais incubação por que já o solo trocou todo o alumínio disponível, o seja, diminui de 47 % ate 3 %.

Os valores da concentração de Ca^{2+} aumentaram de forma linear atingindo o valor máximo na dose de 8 t/ha (figura 5) de 7,368 e 7,528 cmolc/l nas épocas avaliadas. Estes resultados são concordantes com Santos (2010) ⁽⁴⁾, onde os autores relatam que para um bom desenvolvimento de uma cultura o teor de Ca^{2+} deve ser maior que 3,0 cmolc/l. Na incubação obtiveram-se estes valores a partir da dose 3 t/ha, que atingiu o valor de 2,947 cmolc/l aos 60 dias e 3,054 cmolc/l aos 90 dias.

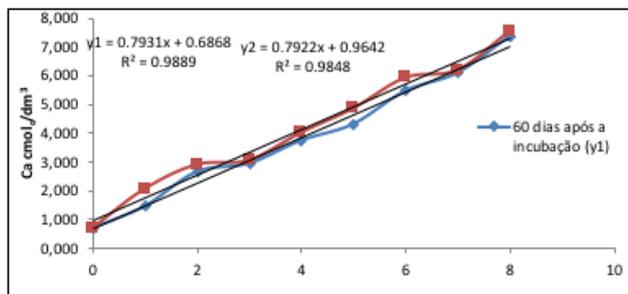


FIGURA 8. Concentração de cálcio disponível aos 60 e 90 dias após a incubação

Com o aumento da concentração da base de troca Ca^{2+} , a SB aumentou significativamente de forma linear com o aumento das doses de calcário nas duas épocas estudadas, respectivamente. Portanto, a calagem apresentou um efeito positivo sobre esta variável, tendo uma participação de mais de 70 % na capacidade de troca catiônica do solo nas duas épocas avaliadas.

É de salientar que a pobreza do calcário utilizado na incubação, fez com que a soma de bases tivesse uma maior influência da base de troca Ca^{2+} com uma contribuição de 96 %, enquanto que o Mg não teve alguma influência. As bases K^+ e Na^+ contribuíram com menos de 5 % da sua concentração que já existia no solo antes da aplicação do CaCO_3 .

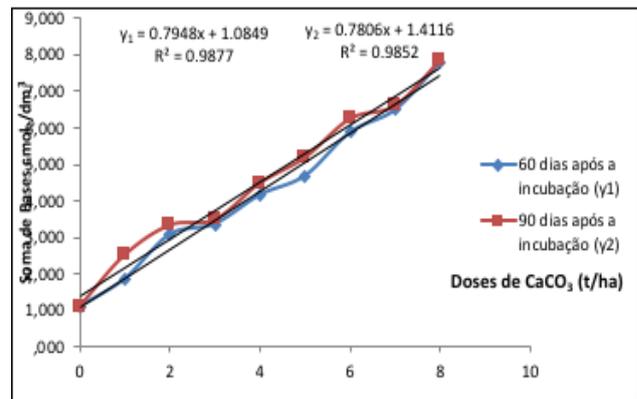


FIGURA 9. Soma das bases (Ca, Mg, K, Na) aos 60 e 90 dias após a incubação

CONCLUSÕES

A pobreza de bases de troca confere ao solo baixa acidez, apresentando um valor de 4,54; fazendo com que o alumínio tóxico, mesmo em pequenas concentrações, seja adsorvido pelas plantações, a aplicação de doses de calcário neutraliza o alumínio para uma concentração de 0,2 cmolc/l na dose de 7t/ha aos 30 dias de avaliação e 4t/ha aos 60 dias após a incubação. Entretanto, aos 90 dias após a incubação, as concentrações permanecem idênticas às dos 60 dias.

Todas as doses elevaram o pH do solo, porém, só a partir de 5t/ha à 8t/ha é que os valores de pH apresentam valores onde há uma maior disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas.

Após 60 dias de incubação, o pH não sofreu qualquer elevação significativa devido ao poder tampão do solo, que não permite uma variação alta em relação ao pH natural do solo e mostra que a solução do solo só retira os nutrientes da fase sólida quando estiver carente ou quando a planta exigir. O pH máximo atingido é de 5,79 na última dose de 8t/ha aos 60 dias após a incubação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COSTA, J. B. DA. *Caracterização e constituição do solo*. 5. ed. Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 1995.
- [2] EMBRAPA. *Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq. 212p. 1997. ISBN:85-85864-03-6.
- [3] QUELHAS, J. DOS SANTOS. *Fertilização, fundamentos da utilização dos adubos e correctivos*. - 4ª ed. rev. e atualiz. - Mem Martins : Europa-América, 2012. ISBN 978-972-1-00949-3.
- [4] SANTOS, T. B. *Incubação de um solo de região canavieira com doses crescentes de calcário*. Tesis de doutoramento. UFAL, CECA, Alagoas, Brasil, 2010. <http://www.ufal.edu.br/>
- [5] BRADY, N. C. *Natureza e propriedade dos solos*. Trad. António B. Neiva Figueiredo. 7ª Ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989.
- [6] MONGIA, A. D. "Effect of liming on composition of soil"

- solution in acid soils". *J. Ind. Soc. Soil Sci.* 1997, 45, 187-189.
- [7] MARQUES, R.; MOTTA, A. C. V. "Análise química do solo para fins de fertilidade". In: LIMA, M.R.; SIRTOLI, A. E.; SERRAT, B. M.; WISNIEWSKI, C.; ALMEIDA, L.; MACHADO, M.A.M.; MARQUES, R.; MOTTA, A.C.V.; KRIEGER, K.I.; OLIVEIRA, A.C. & FERREIRA, F.V., eds. *Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas*. 2.ed. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2003. p. 81-102.
- [8] NASCIMENTO, C. W. A. "Acidez potencial estimada pelo pH SMP em solos do estado de Pernambuco". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2000, 24 (3), 679-682.
- [9] KAMPRATH, E. J. "Exchange aluminium as a criterion for liming leached mineral soils". *Soil Science Society America Proceedings*. Madison. 1970, 34, 252-254.
- [10] CURTIN, D.; SMILLIE, G. W. "Effects of incubation and pH on soil solution and exchangeable cations ratios". *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1995, 59, 1006-1011.
- [11] RAIJ, B. van. "Fertilidade do solo e necessidade de calcário e fertilizantes para o Estado de São Paulo. O Agrônomo". *Campinas*. 1985, 37 (1), 13-21,
- [12] QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van. *Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total*. In: RAIJ, B. van;
- [13] ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A., eds. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas, Instituto Agrônomo. 2001. p. 285. ISBN: 85-85564-05-9
- [14] FURTINI NETO, A.E.; TOKURA, A.M.; RESENDE, V.R. *Interpretação de Análise de Solo e Manejo da Adubação*. Lavras: Ed. UFLA. 2004.
- [15] SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. *Fundamentos de química analítica*. Thomson Learning, 8ª ed. São Paulo, 2007.

