

ACIDEZ EM SOLOS DO CERRADO

Elizio Bruno Oliveira Alves¹, Naykon Willian de Carvalho¹, Nayara Martins Alencar²

RESUMO

Tendo em vista que os solos do Cerrado apresentam baixa disponibilidade de nutrientes e a acidez elevada, que dificulta no desenvolvimento das plantas. É necessário o uso de materiais corretivos, fazendo com que o solo fique em condições ideais para as plantas. Surge a seguinte problemática, qual material corretivo utilizar para obtenção de máxima eficiência no equilíbrio de pH, toxicidades e de disponibilidade equilibrada entre as bases para os solos, com relação a presença de argila nos solos do Cerrado? Nesse sentido este estudo busca através de pesquisa bibliográfica, informações sobre a reatividade dos diferentes tipos materiais corretivos, quanto à correção de acidez, toxidez e disponibilidades de bases obtidas em solos do Cerrado, para assim identificar os parâmetros de escolha de modo a adequar o corretivo que traga maiores benefícios produtivos para tais solos.

Palavras-chaves: Acidez; agentes neutralizantes; bases do solo.

INTRODUÇÃO

Os solos do Cerrado, geralmente possuem o pH-H₂O abaixo de 5,5 (SOUSA; LOBATO, 2004), existem várias causas que levam a ocorrer a acidez nesses solos. Segundo Braga (2011), as principais são a dissociação de CO₂, hidrólise do alumínio, decomposição da matéria orgânica, secreções de raízes e aplicações de fertilizantes nitrogenados, onde todas contribuem para aumento do hidrogênio e diminuição do pH.

A importância do meio agrícola para a aplicação de corretivos em solos ácidos, fazem com que os efeitos desses elementos tóxicos sejam neutralizados, para que isso ocorra é necessário adequar as dosagens do produto, conhecer as características do corretivo utilizado e aplicação correta (ALCARDE, 2005).

Os materiais utilizados para a correção dos solos ácidos, são aqueles que contém agentes neutralizantes ou princípios ativos, hidróxidos, óxidos, carbonatos e óxido de cálcio e ou magnésio, especificamente calcário calcítico, calcário dolomítico, óxido de cálcio ou de magnésio, hidróxido de cálcio ou de magnésio e escórias. O material mais utilizado é calcário, no entanto, é necessário água para sua dissolução, e para maior eficiência deve fazer revolvimento no solo para ser incorporado ao mesmo (ALCARDE; RODELLA, 2003).

Além de neutralizar a acidez do solo o calcário fornece nutrientes como cálcio e magnésio, mais uma parte da sua ação fica restrita à camada de 0-20 cm. A eficiência desses corretivos agrícolas nos solos depende do poder neutralizante que é fundamental, fazendo com que ele seja capaz de neutralizar essa acidez do solo e disponibilizar essencialmente Ca e Mg, e das propriedades físicas dos solos na qual as partículas de argilas interferem no poder tampão, e quanto maior a quantidade de argila maior a quantidade de corretivo (RHEINHEIMER et al., 2000; AMARAL; ANGHINONI, 2001).

Tendo em vista que cada solo apresenta características específicas de reatividade com corretivos agrícolas devido as suas propriedades físicas influenciada em grande parte pela presença de argila que funciona como sítios de ligação determinando o poder tampão do solo.

¹ Acadêmico do curso de Agronomia IESC-FAG

² Zootecnista. Dr^a Ciência Animal Tropical. Prof^a Titular do IESC-FAG. Email: nayara.alencar@iescfag.edu.br

E que a prática repetitiva no uso de corretivos influencia na produtividade, desenvolvimento e as alterações químicas de cálcio, potássio e magnésio no solo (MEDEIROS et al., 2008).

Surge a seguinte problemática, qual material corretivo utilizar para obtenção de máxima eficiência no equilíbrio de pH, toxicidades e de disponibilidade equilibrada entre as bases para os solos, com relação a presença de argila nos solos do Cerrado? Com isso faz-se necessários estudos que subsidiem informações quanto á reatividade dos diferentes tipos materiais corretivos, quanto a correção de acidez, toxidez e disponibilidades de bases obtidas em solos cerrado, para assim obter os parâmetros de escolha de modo a adequar o corretivo que traga maiores benefícios produtivos para tais solos.

Com propósito de contribuir no suprimento de tal necessidade, o presente artigo tem como objetivo geral abordar sobre acidez em solos do Cerrado: Apresentando os seguintes objetivos específicos: Solos do cerrado, caracterização dos solos argilosos e arenosos, corretivos agrícolas, origens da acidez do solo, tipos de acidez do solo, determinação da acidez do solo, necessidade de ajuste na utilização de diferentes corretivos de solo.

O trabalho será desenvolvido com base em uma pesquisa bibliográfica, de caráter qualitativo, descritivo e exploratório. Sendo utilizados livros, revistas e artigos sobre o tema estudado. A pesquisa bibliográfica foi feita durante os meses de setembro a outubro de 2019, utilizando as seguintes palavras-chaves: Agentes neutralizantes; Baixo pH; Bases do solo. A bibliografia utilizada foi entre os anos de 1955 a 2018.

REVISÃO DE LITERATURA

SOLOS DO CERRADO

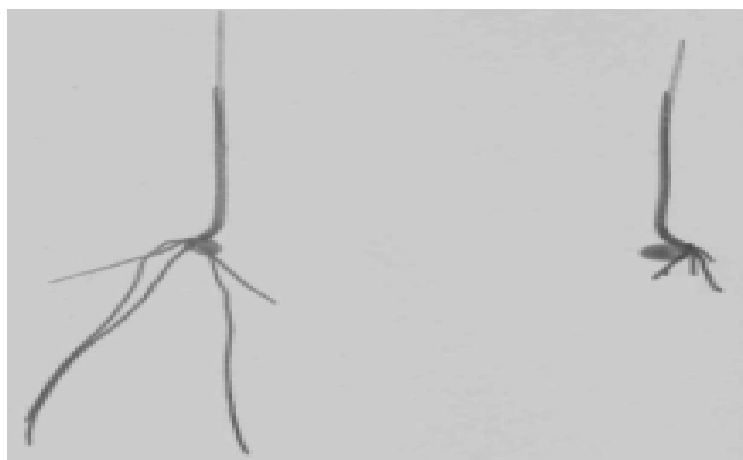
O Cerrado é composto por diversos tipos de solos, sua textura predominante é areia vindo em seguida a argila e por último o silte, portanto predominante arenoso, areno-argiloso, argilo-arenoso e possivelmente argiloso. Segundo Borlaug (2002), o Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, perdendo somente em área pela Amazônia. Visto como última fronteira agrícola do planeta e seu território nacional e de 21%.

De acordo com FAO (2015) grande parte dos solos do cerrado têm fertilidade natural baixa ou muito baixa, que acaba limitando no desenvolvimento das plantas. O que tornam esses solos fracos são a elevada acidez e a baixa disponibilidade de nutrientes (COELHO et al., 2015).

No Brasil a deficiência de potássio e magnésio causam restrições não somente na parte arável do solo, mais também na subsuperfície, que acaba prejudicando no desenvolvimento das raízes ao longo do perfil do solo (Figura 1). Em períodos chuvosos em que não se tem uma distribuição pluviométrica muito boa ou em tempos de seca, dificulta muito a absorção de nutrientes e água (SOUSA et al. 2016).

Solos que concentram uma enorme produção de grãos e carne como a região do Cerrado são naturalmente ácidos, e suas bases trocáveis como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} (Cálcio, Magnésio e Potássio) são baixas gerando um acúmulo de H^{+} e Al^{3+} (Hidrogênio e Alumínio) (FAGERIA, 2001).

Figura 1. Raízes sem restrição de Al (esquerda) e com restrição (direita)



Fonte: Delhaize e Ryan (1995)

Em solos ácidos, a disponibilidade de macro e micronutrientes e a toxidez por Al está relacionado ao pH da solução do solo. Para elevar o pH em condições ideais para as plantas é necessário o uso de corretivos, como o calcário, fornece Ca e Mg como nutriente, assim elevando o pH em água do solo ao redor de 5,5 e 6,5 ocorrendo a solubilização dos nutrientes essenciais com exceção dos micronutrientes metálicos e a neutralização do Al tóxico as raízes. Em solos tropicais o nutriente mais limitante e o fósforo (P), em solos ácidos esse elemento pode ficar indisponível as plantas por forma complexos com hidróxidos de Al e de Fe. Para aumentar a produtividades das plantas e a disponibilidades de P faz se o uso de calcário (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2010).

CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS ARGILOSOS E ARENOSOS

Solos arenosos são caracterizados por serem soltos e permeáveis, possui textura granulada e bem leve diâmetro de sua partícula e entre 2 e 0,05 mm, porém, alguns solos arenosos seu horizonte B apresenta permeabilidade muito baixa por ser duro. Apresenta pobreza de nutrientes onde é indicado aplicação de adubos orgânicos e resíduos vegetais (bagaço de coco, esterco de animais e bagaço de cana) com potássio e fosfato, já para a acidez e recomendável a utilização do calcário (EMBRAPA, 2006).

Para fazer que este solo arenoso fique sustentável na agricultura tem de aderir prática de conservação, fazendo ações necessárias com técnicas de manejo, aderindo o sistema de plantio direto, rotação de culturas, integração lavoura-pecuária e a utilização de adubo orgânico, devido ao solo ter uma porosidade muito alta corre um risco maior de erosão (SANTOS et al., 2006)

Solos argilosos são caracterizados por serem solos pesados, e apresenta bastante umidade e muito macio, ele e composto por mais de 30% de argila, alumínio e ferro. São solos que absorvem muita água no período de inverno, porém na época de seca tende a formar camada dura, prejudicando o desenvolvimento das plantas. Suas características são de grãos pequenos, presença de microporos e compactos, apresenta uma grande concentração de nutrientes com pouca acidez, é um solo propício para atividades agrícolas (GHIDIN, 2006).

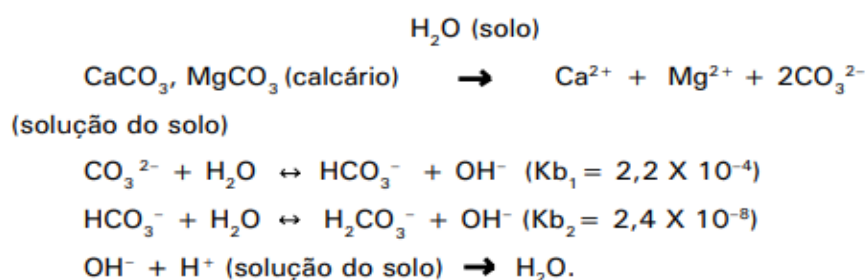
CORRETIVOS AGRÍCOLAS

Corretivos agrícolas são os materiais que apresentam carbonatos, óxidos, hidróxidos e silicatos de cálcio e magnésio, tem como constituinte neutralizante ou princípio ativo. Os

corretivos de acidez são classificados em (Boyton, 1966; Alcarde, 1983 e 1986; Tisdale et al., 1985; Brasil, 2004-c; Primavesi, 2004):

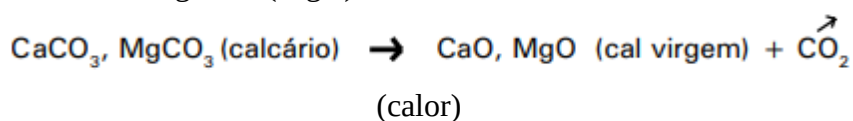
Calcário: é o corretivo agrícola mais comum. Seus constituintes neutralizantes são o carbonato de cálcio (CaCO_3) e o carbonato de magnésio (MgCO_3). É adquirido pela moagem de rocha calcária. Em maior parte, as jazidas de calcário são de origem orgânica, de natureza sedimentar em outras palavras de natureza metamórfica. Os calcários sedimentares são além disso “moles” e os metamórficos, mais “duros”, porém os dois apresentam o mesmo comportamento agrônomo. Necessário para melhorar o aproveitamento dos fertilizantes e alcançar maior produtividade das culturas (PRIMAVESI, 2004).

Mecanismo da atuação neutralizante do calcário:

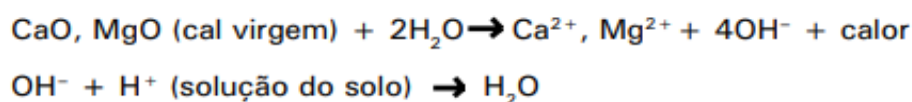


No solo, em contato com a água, o calcário libera Ca^{2+} , Mg^{2+} e CO_3^{2-} (carbonato) e depois HCO_3^- (bicarbonato). As bases, CO_3^{2-} (carbonato) e HCO_3^- (bicarbonato), é que possibilitam a formação de OH^- , sendo bases fracas, como mostram suas constantes de ionização Kb_1 e Kb_2 , respectivamente. Isso significa que a reação de formação do OH^- é relativamente lenta. O OH^- produzido neutralizará o H^+ da solução do solo, responsável por sua acidez.

Cal virgem agrícola: é obtida industrialmente por calcinação em outras palavras queima completa do calcário. Apresenta-se tal como pó fino e seus constituintes são óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO).



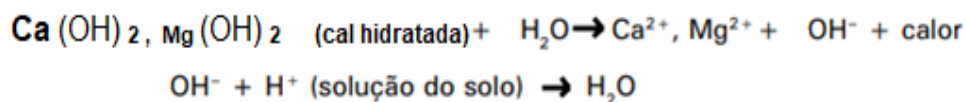
Mecanismo da atuação neutralizante da cal virgem agrícola:



Ou seja, a cal virgem libera Ca^{2+} , Mg^{2+} , OH^- e calor. A liberação de OH^- é ágil, ou seja, imediata, e total, o que lhe confere o caráter de base forte.

Cal hidratada agrícola ou cal extinta: é obtida industrialmente através da hidratação da cal virgem. Possui atuação neutralizante similar à da cal virgem. A cal virgem se hidrata com a água contida no solo e o processamento de hidratação da cal hidratada é industrial.

Mecanismo da atuação neutralizante da cal hidratada:



Ou seja, a cal hidratada libera Ca^{2+} , Mg^{2+} , OH^- e calor. A liberação de OH^- é também ágil, e imediata, e total, o que lhe confere o caráter de base forte.

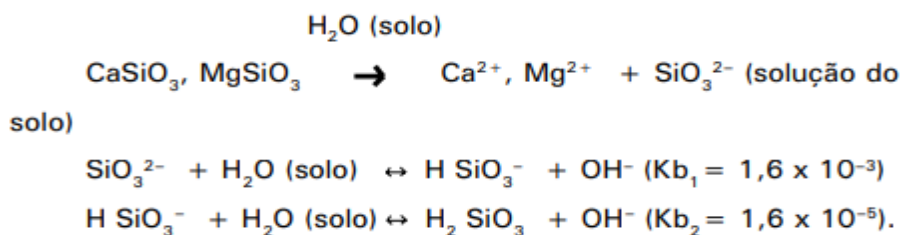
Calcário calcinado: é adquirido industrialmente pela calcinação parcial do calcário. Nem sequer todo o CaCO_3 e o MgCO_3 são decompostos e transformados em óxidos. É um produto de qualidades intermediárias ao calcário e a cal virgem. Apresenta-se no formato de pó fino.

Mecanismo da atuação neutralizante do calcário calcinado:



Escórias de siderurgia: são subprodutos da indústria do ferro e do aço. Seus constituintes neutralizantes são os silicatos de cálcio e de magnésio. Apresentam a mesma reação dos calcários e contêm teores respeitantes de micronutrientes, porém não evidência sido usados.

Mecanismo da atuação neutralizante dos silicatos:



A base química silicato (SiO_3^{2-}) é também fraca ($\text{Kb}_1 = 1,6 \times 10^{-3}$). Como mostram suas constantes de ionização Kb_1 e Kb_2 , respectivamente, a reação de formação do OH^- é relativamente lenta, mas é mais forte do que a base carbonato (CO_3^{2-}) ($\text{Kb}_1 = 2,2 \times 10^{-4}$).

ORIGENS DA ACIDEZ DO SOLO

Os solos são capazes de ser naturalmente ácidos devido ao seu material de origem possuírem condições de pedogênese e isento de bases ou através da formação de solos que possibilita a saída de elementos básicos do solo (RAIJ, 2011). Isso inicia através da solubilização da rocha, logo depois nutrientes como Ca, Mg, e K são lixiviados dos sítios de troca da argila ou matéria orgânica, e substituição por cátions de natureza ácida como Al trocável e H não dissociado (NOVAIS et al., 2007; MEURER et al., 2010).

Em solos originados de rochas pouco ácidas este processo de redução de base é acelerado, com influência do tempo a dissociação do gás carbônico oriundo da atmosfera e das raízes das plantas e através da a lixiviação das bases tendem a se tornar ácidos (CAIRES, 2010; SOUSA et al., 2016). Esta reação libera íon H^+ e o ânion bicarbonato. O íon H^+ substituirá um cátion básico no sítio de troca, o qual poderá formar par iônico com o ânion bicarbonato e ser lixiviado (RAIJ, 2011).

Outra reação química relacionada com a liberação de íons H^+ é a nitrificação do amônio, oriundo da utilização de fertilizantes amoniacais ou amídicos e correlação com a matéria

orgânica (Raij, 1991). Nesse caso, o amônio é oxidado a nitrato pelas bactérias dos gêneros *Nitrobacter* e *Nitrossomonas*. O H^+ substituirá um cátion básico nos sítios de troca, que poderá formar par iônico com o nitrato e ambos serem lixiviados com o fluxo descendente de água.

Além desses, os ânions liberados pela mineralização da matéria orgânica ou presentes nas formulações dos fertilizantes como SO_4^{2-} e Cl^- , podem formar pares iônicos com as bases trocáveis, favorecendo a lixiviação. A acidificação do solo ocorrerá com maior intensidade quanto maior for a entrada de íons H^+ nos sítios de troca dos cátions removidos do complexo coloidal (CAIRES, 2010).

O aumento da concentração de íons H^+ na fase sólida do solo, diminuindo o pH. O P precipitará com Al, Fe e/ou Mn, ficando indisponível as plantas devido a condições de elevada acidez em que o Al estará em níveis alto de toxidez para as plantas (MALAVOLTA, 1980).

Os responsáveis pela acidificação dos solos cultivados do sistema de produção agropecuária se dão em razão de utilização de fertilizantes nitrogenados contendo ureia ou amônio (RAIJ, 2011; SOUSA et al., 2016). Na Tabela 1 mostra o poder acidificante dos principais fertilizantes e o equivalente de $CaCO_3$ importantes para neutralizar a acidez provocada através de utilização de uma tonelada do fertilizante.

Tabela 1. Poder acidificante de uma tonelada de fertilizante e o equivalente para sua neutralização com $CaCO_3$ (Carbonato de cálcio).

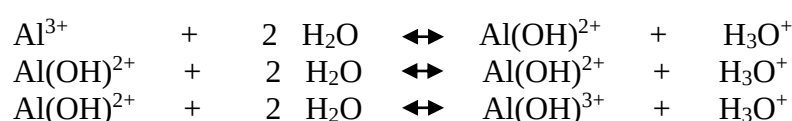
Fertilizante	Equivalente ($CaCO_3$) ⁽¹⁾	Fonte
Amônia anidra	1480	Tisdale et al. (1985)
Sulfato de amônio	1100	Tisdale et al. (1985)
Fosfato diamônico (DAP)	880	Tisdale et al. (1985)
Fosfato monoamônico (MAP)	600	Tisdale et al. (1985)
Nitrato de amônio	600	Tisdale et al. (1985)
Nitrato de cálcio	280	Tisdale et al. (1985)
Ureia	840	Tisdale et al. (1985)
Fixação biológica do N (FBN)	700-2500 ⁽²⁾	Bolan et al. (2003)
S elementar	3120	Mitchel e Adams (1999)

(1) $CaCO_3$ em kg para neutralizar a acidez originada na reação de 1 t de fertilizante ou FBN.

(2) Para neutralizar a acidificação provocada pela FBN e necessário saber a quantidade de $CaCO_3$ que também depende da eficiência do uso do N, da quantidade de N fixado e da lixiviação do nitrato - NO_3^- - (Bolan et al. 2003).

Para neutralizar a acidificação causada pelas leguminosas e fertilizante minerais, a estimativa de $CaCO_3$ requeridas para neutralizar são muito variáveis, fatores como clima, sistema de produção, tipo de solo e a eficiência do uso do N e S que aderem no sistema, são fatores que influenciam na acidificação (GOULDING, 2016).

A medida em que o Al^{3+} trocável de caráter ácido, sofre hidrólise na solução do solo e libera íons H^+ , de modo em aumentar esse processo de acidificação (CAIRES, 2010), conforme reação abaixo:



A forma em que as plantas absorvem os nutrientes é estequiométrico, para cada cátion básico que a planta absorve, ela libera a mesma quantidade de carga em forma de H^+ no solo,

causando a acidez. No processo de absorção nutrientes como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ são extraídos pelas plantas e devolvem ao solo H^+ (KERBAUY, 2012).

Os nutrientes absorvidos pelas plantas são exportados através da colheita. Na tabela 2 está apresentado a exportação de macronutrientes e de algumas culturas, segundo o Programa de Balanço de Nutrientes nas Culturas do IPNI, considerando a produtividade média estimada pela CONAB (2018).

Tabela 2. Exportação de macronutrientes em razão da produtividade média das culturas safra 2017/2018

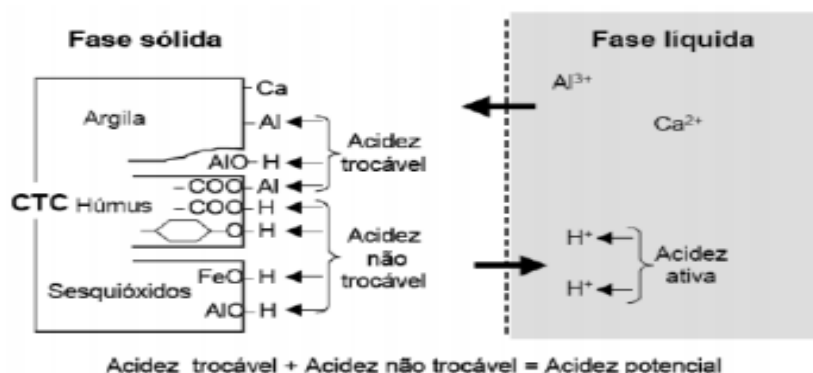
Cultura	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Exportação de nutriente (kg ha ⁻¹)					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
Algodão/caroto	4128	82,97	29,30	79,26	28,48	16,51	33,02
Arroz sequeiro	2151	26,89	11,03	11,41	2,15	2,32	3,16
Feijão cores	1438	50,19	13,17	26,57	4,46	3,74	8,20
Milho safrinha	5443	86,00	47,36	31,35	2,72	8,16	5,99
Soja	3333	197,31	41,98	75,19	9,67	7,67	10,00

Fonte: CONAB (2018) e IPNI (2018)

TIPOS DE ACIDEZ DO SOLO

O solo é um ácido fraco, visto que uma pequena porção de sua acidez se encontra dissociada na fase líquida, de que modo é chamado com acidez ativa e representa a atividade de íons H^+ na solução do solo (fator intensidade), enquanto a maior porção encontra-se na fase sólida do solo, nos sítios de troca e é conhecida como acidez potencial (fator quantidade) (Figura 2).

Figura 2. Componentes da acidez do solo



Fonte: adaptado de RAIJ e QUAGGIO (1984)

A acidez potencial pode ser não trocável que são os íons H^+ de ligação covalente associado a Al, Fe e compostos orgânicos e a trocável são os íons de H^+ e Al^{3+} ligados por forças eletrostáticas aos sítios de troca da argila ou matéria orgânica (LOPES et al., 1991; RAIJ et al., 2001).

DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO

A acidez ativa é expressa nos laudos de análises de solo como pH, em água ou em solução salina (NOVAIS et al., 2007). Já a acidez potencial, também conhecida como total, é extraída com uma solução tamponada de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 (TEIXEIRA et al., 2017), que remove o Al³⁺ e o H⁺ não dissociados (CATANI; GALLO, 1955; RAIJ et al., 2001). Além deste, a acidez potencial é determinada por métodos que utilizam o decréscimo do pH de suspensões de solo com soluções tampões, como é o caso do método SMP (acrônimo de Shoemaker, Mc Lean e Pratt).

ACIDEZ ATIVA

A determinação da acidez ativa é realizada por potenciometria, que mede o pH de uma suspensão de solo em solução salina ou em água (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ ou KCl 1 mol L⁻¹). O pH será mais baixo devido a atividades maiores de H⁺ na solução do solo, por consequência sua solução ficará mais ácida (NOVAIS et al., 2007).

Entre o pH CaCl₂ e o pH em água existe uma correlação muito grande, mesmo tendo em média que o pH em água são 0,6 unidades maiores (PEECH, 1965), ao utilizar o pH CaCl₂ a algumas vantagens: 1) entra a relação solução e solo ele é pouco afetado; 2) as variações de salinidade entre as amostras de solo são padronizada devido a concentração salina de 0,01 mol L⁻¹; 3) floculação de partículas de solos é superior; 4) tem uma concentração salina é parecida com as que existem em solos férteis, comumente torna-se mais abundante o íon Ca. Por isso, as atividades de íon H⁺ mais próximas existentes no ambiente radicular das plantas e representada pelo pH CaCl₂; 5) o pHmetro tem uma alta estabilidade e precisão.

ACIDEZ POTENCIAL

No Brasil o acetato de cálcio é o método padrão para determinar a acidez potencial (H+Al) conforme descrito por Teixeira et al. (2017). Se colocam 5 cm³ de terra fina seca ao ar em um erlenmeyer de 125 mL e adiciona-se 75 mL da solução de acetato de cálcio (CH₃COO)₂.H₂O 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0. Após agitação por cinco minutos, a solução repousa por 16 horas. Em seguida é retirada uma alíquota de 25 mL do sobrenadante para determinação do teor de H+Al por titulação complexométrica com NaOH a 0,025 mol L⁻¹, utilizando fenolftaleína como indicador (TEIXEIRA et al., 2017).

No entanto, esse método é trabalhoso e apresenta algumas limitações, tais como: difícil visualização do ponto de virada do indicador durante a titulação (PEREIRA, et al., 1998; GUIDOTTI, 2013), assim o encarecimento da análise se dá pelo enorme uso de solução de acetato de cálcio por amostra (SILVA et al., 2000), acetato de cálcio de baixa qualidade (GAMA et al., 2012), durante as etapas de titulação e extração gera um alto custo operacional (SILVA et al., 2000), tornado cada vez mais difícil a automação do processo analítico (GUIDOTTI, 2013), o efeito tamponante dessa solução e de baixa eficiência o pH na faixa entre 6,5 e 7,0 condição que subestimaria os valores da acidez potencial (RAIJ et al., 2001).

Segundo Vettori (1969) na extração do H+Al do solo há uma subestimação do acetato de cálcio, foi sugerido acréscimo de 10% ao teor obtido na titulação, em solos mais tamponados pode não ser suficiente, como mostra KAMINSKI et al. (2002). Assim para determinação dos valores de H+Al do solo a utilização desse método pode não ser muito bom, ocasionando erros nos cálculos da CTC, V% do solo e recomendação de calcário pelo método de saturação por bases.

NECESSIDADE DE AJUSTE NA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES CORRETIVOS DE SOLO.

Os solos do Cerrado possuem limitações que vão além da camada superficial (0 – 20 cm) devido a acidez, chegando a atingir camadas subsuperficiais, onde os principais fatores são a baixa disponibilidade de cálcio e a toxidez, que impedem o aumento da produção das culturas por dificultar o crescimento radicular de modo consequente o uso de água e de nutrientes em profundidade (FURTINI NETO et al., 2001).

Para fazer correção da acidez na camada subsuperficial do solo encontra várias restrições tanto em um ponto de vista econômico quanto técnico, um dos fatores que impedem que exista eficiência em profundidade são o alto consumo de energia de um equipamento apropriado para essa correção. Por isto, o uso de sais de cálcio, mais solúveis do que o carbonato do calcário, tem sido proposto como alternativa viável para se aumentar os teores de cálcio e reduzir atividade do íon Al^{3+} em profundidade, com consequente aumento do sistema radicular. O gesso agrícola, então, surge como uma dessas alternativas para melhorar o ambiente subsuperficial, pois contém sulfato de cálcio hidratado ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), que apresenta cerca de 20% de cálcio, 15% de enxofre, além de 0,7% de P_2O_5 e 0,6% de flúor (FURTINI NETO et al., 2001).

Para uma produção sustentável de alimentos nas regiões do Cerrado, a execução da correção de solo é primordial. Além de elevar o pH em água entre 5,5 e 6,5 devido a neutralização do Al tóxico, é fornecido como nutrientes para as plantas cultivadas Ca e Mg, a correção do solo deve ser realizada de modo correto, com condições de amplificar a solubilidade dos nutrientes, exceto os micronutrientes metálicos, e reduz o taxa de Al a $0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (MALAVOLTA, 1980; SOUSA; LOBATO, 2004).

Para elevar a eficiência dos fertilizantes e a capacidade dos solos em proporcionar nutrientes às plantas, se utiliza corretivos agrícolas, o que é fundamental importância, observando que 20% do custo de produção estimado para a cultura da soja na safra 2018/2019 foi com o uso de fertilizantes (IMEA, 2018). Em 2016 houve um uso considerado ostensivo do calcário no Brasil, alcançou cerca de 33 milhões de toneladas, porém embora haja vantagens (ABRACAL, 2018) em um setor cultivado com lavoura de 57,1 milhões de ha (IBGE, 2016), cerca de 0,58 t/ha/ano média aplicada, um valor considerado baixo, sugerido após a resultados das análises de solo.

O panorama das pastagens é piorado, são 172 milhões de hectares onde se encontra 60% em um estágio de degradação, com alta toxidez de Al, acidez e baixa disponibilidade de nutrientes (NOGUEIRA, 2018).

O gesso é um sulfato, que pode ser simplesmente lixiviado para camada mais profundas, como a subsuperfície, carregando com ele magnésio (Mg), potássio (K), cálcio (Ca) e alguns micronutrientes. Para melhorar o desenvolvimento radicular das culturas em que favorecer o aproveitamento de nutrientes e água em maior volume de terra, tem utilizado essa propriedade do gesso (EMBRAPA, 1998).

Assim sendo, o que possibilitou melhorias no ambiente radicular foi a calagem superficial onde em profundidade proporciona alterações de atributos químicos, semelhantes a calagem incorporada através do revolvimento do solo, principalmente em solos com menor acidez potencial e em solos menos argilosos (KAMINSKI et al., 2005).

Como o calcário é de baixa solubilidade, para promover uma melhor reação no solo, é necessário que ocorra sua incorporação mais profundo possível e que sua distribuição seja uniforme a fim de promover contato íntimo com as partículas de solo (MIRANDA et al., 2005).

Portanto, em superfície, são capazes de ser usados materiais corretivos como óxidos, hidróxidos ou silicatos, os mais usados são os carbonatos de cálcio ($CaCO_3$) e/ou magnésio ($MgCO_3$), que são provenientes de rochas moídas, constituídas de misturas minerais, que a

pequena dissolução é satisfatória para neutralizar a acidez do solo (CAIRES, 2010). Em subsuperfície, o material mais empregado é o gesso agrícola que, embora de não reparar a acidez, por ser um sal neutro, reduz a taxa de Al tóxico e oferece Ca em profundidade, tornando o local benigno ao desenvolvimento das raízes das plantas (SOUSA e LOBATO, 2004).

Dessa maneira, há diversas técnicas para quantificar a necessidade de calcário (N.C.). Os mais usados no Brasil são: 1) Saturação por bases; 2) Al, Ca e Mg trocáveis e 3) Método SMP (LOPES et al., 1991; CAIRES, 2010). A adesão dessas técnicas varia de região para região. Na região Central do país, os princípios de saturação por bases vem sendo o mais empregado para definir a dose de calcário a ser aplicada.

Estes princípios consistem em aumentar da saturação por bases trocáveis e se fundamenta em uma boa conexão existente entre o valor de pH e a saturação por bases. O cálculo da N.C. (Necessidade de Calagem) é realizado com base na seguinte equação (QUAGGIO et al., 1985):

$$\text{N.C. (t ha}^{-1}\text{)} = [(V2 - V1) \times T \times f]/100$$

onde:

V2 = Saturação por bases desejada

V1 = Saturação por base atual = $S/T \times 100$

$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$ (cmol_c dm⁻³)

$T = \text{Capacidade de troca de cátions (CTC)} = S + \text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$ (cmol_c dm⁻³)

f = fator de correção do PRNT do calcário (f = 100/PRNT)

Entretanto, estes princípios, reportados inicialmente por Catani e Gallo (1955), possuem como exigência a determinação dos teores de H+Al com assiduidade, considerando que será usada para determinar a CTC que, por sua vez, é usada no cálculo da V% do solo (SILVA, 2005). Se houver subestimativa da concentração de H+Al do solo, a CTC similarmente será, resultando em uma menor aplicação de calcário. Como resultado, não ocorrerá correção da acidez do solo adequada, fazendo com que a disponibilidade de nutrientes às plantas seja menor e baixa utilização dos fertilizantes aplicados.

No Brasil, constantemente, as saturações por bases desejadas não são atingidas na execução, o que pode estar ligado a subestimação na recomendação de calcário. Vários laboratórios fazem ajustes internos nas metodologias, interferindo nos resultados de quantificação e, de modo consequente, no significado e orientação agrônômica (FUNDAÇÃO MT, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com princípio nas propostas de manuseio dos solos do Cerrado, a calagem é uma prática destinada a construção da fertilidade do solo, uma vez que possui a capacidade de neutralizar os componentes da acidez e elevar a capacidade de troca de cátions, além disso, fornece Ca e Mg, e melhora a disponibilidade de outros nutrientes.

O calcário é o corretivo agrícola mais utilizado no Brasil. Os solos passam por um constante processo de acidificação, que acontece pela remoção das bases, decomposição da matéria orgânica do solo e, em solos agrícolas, através da aplicação de adubos fosfatados, nitrogenados e sulfatados. Nessas condições, a aplicação de calcário e gesso são hábitos que precisam ser realizadas constantemente com o objetivo de fornecer cálcio e magnésio e conservar o pH do solo na faixa adequada.

REFERENCIAS

ALCARDE, J.C. **Características de qualidade dos corretivos da acidez do solo.** Simpósio sobre “Acidez e Calagem”, XV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 1983, p. 11-22, Campinas-SP.

ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas.** São Paulo, ANDA, 2005. Boletim Técnico, 6.

ALCARDE, J.A. & RODELLA, A.A. **Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos.** In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A. S. & ALVARES V., V.H., eds. Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa, Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 2003. p.291-334.

ALCARDE, J.C. **Produtos utilizados para a correção da acidez dos solos.** Informações Agrônomicas No 34, junho/86, p.5-9. Instituto Brasileiro da Potassa e Fosfato – POTAFÓS. Piracicaba, SP.

AMARAL, A.S. & ANGHINONI, I. **Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto.** Pesq. Agropec. Bras., 36:695702, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE CALCÁRIO – ABRACAL. Calcário agrícola: Brasil ano 2016.

BOYTON, R.S. **Chemistry and technology of lime and limestone.** Interscience Publishers, New York, 1966. 520p.

BOLAN, N.S.; ADRIANO, D.C.; CURTIN, D. **Soil acidification and liming interactions with nutrient and heavy metal transformation and bioavailability.** Advances in Agronomy, V.78, p.215-272, 2003.

BRAGA, G.N.M. **Como Ocorre a Acidificação dos Solos.** na sala com gismonti assuntos sobre agronomia. RS.2011. Disponível em<<https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2011/09/como-ocorre-acidificacao-dos-solos.html>> Acesso em 09/05/2019.

BRASIL, 2004-c. Instrução Normativa no 4, de 02/08/2004. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo (SARC). **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)**

CATANI, R.A.; GALLO, J.R. **Avaliação da exigência de calcário dos solos do Estado de São Paulo mediante correlação entre pH e a porcentagem de saturação de bases.** Revista de Agricultura, v.30, p.49-60, 1955.

CAIRES, E.F. **Manejo da acidez do solo.** In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Eds). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Piracicaba, SP: IPNI, v.3, 2010. p.281-338.

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

COELHO, C. J.; MATIELLO, R. R.; MOLIN, D.; JORIS, H. A. W.; CAIRES, E. F.; GARDINGO, J. R. **Selection of maize hybrids for tolerance to aluminum in minimal solution.** Genetics and Molecular Research, v. 14, p.134-144, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO – CONAB. Relatório de safra. Disponível em < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 10.mai.2019.

DELHAIZE, E.; RYAN, P.R. **Aluminium toxicity and tolerance in plants.** Revista Plant Physiology, n. 107, p.315-321, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Barreirão: **utilização de fosfatagem na recuperação de pastagem degradada** – 1998. Santo Antonio de Goiás, GO: EMBRAPA/CNPAP, 1998, p. 51, (Circular técnica, 31).

FAGERIA, N. K. **Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, p.1419-1424, 2001.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Status of the World's Soil Resources (SWSR): Main Report. **Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils.** Roma (ITA): FAO, 2015. 650p.

FUNDAÇÃO MATO GROSSO – Fundação MT. **Boletim de pesquisa de soja 2017/2018.** 18 ed. Rondonópolis: Fundação MT, 2017. 336 p.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do Solo.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

GAMA, M.A.P.; MATOS, G.S.B. de; SILVA, G.R. da; BRASIL, E.C.; NUNES, O.F. **Potential acidity estimated by SMP pH in soils of the state of Pará.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.37, p.199-203, 2012.

GHIDIN, A.A.; MELO, V.F.; LIMA, V.C. & LIMA, J.M.J.C. Topossequências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. II – **Relação entre mineralogia da fração argila e propriedades físicas dos solos.** R. Bras. Ci. Solo, 30:307-319, 2006.

GOULDING, K.W.T. **Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom.** Soil Use and Management, v.32, p.390-399, 2016.

GUIDOTTI, R.M.M. **Avaliação de métodos para estimativa da acidez potencial em solos do Rio Grande do Sul e Mato Grosso**. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas (RS). 2013. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2016**.

INSTITUTO MATOGROSSENSE DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IMEA. **Custo de produção da soja safra 2018/2019**. Disponível em < <http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/24042018195612.pdf>>. Acesso em: 20.mai.2019.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE - IPNI. **Balanço de nutrientes das culturas** - BNC. Disponível em <<https://www.ipni.net/ipniweb/app/balanco.nsf/Calculadora>> Acesso em: 10.dez.2018.

KAMINSKI, J. et al. **Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um argissolo sob pastagem natural**. R. Bras. Ci. Solo, 29:573580, 2005.

KAMINSKI, J.; GATIBONI, L. C.; RHEINHEIMER, D. S.; MARTINS, J. R.; TISSOT, C. A. **Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.26, p.1107-1113, 2002.

KERBAUY, G. B. Fisiologia Vegetal. 2ª. Ed. Rio de Janeiro (RJ): Guanabara Koogan, 2012. 452p.

LOPES, A.S.; SILVA, M.C.; GUIMARÃES GUILHERME, L.R. **Correção da acidez do solo**. São Paulo (SP): ANDA, 1991. 22p. (Boletim Técnico, 1).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba (SP): Agronômica Ceres, 1980. 251p.

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.

MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**. 4.ed. Porto Alegre (RS): Editora Evangraf LTDA, 2010. 264 p.

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

MITCHELL, C.C.J.; ADAMS, J.F. 1999. **Soil acidity and liming (Overview)** – Part 2, Clemson University.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.; V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa (MG): SBCS, 2007. 1017 p.

NOGUEIRA, S.F. **A pecuária extensiva e o panorama da degradação de pastagens no Brasil**. Disponível

Em<<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=28010&secao=Artigos%20Especiais>> Acesso em: 15.nov.2018.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPER, D.; OLIVEIRA, F.A. Soja. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Eds). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba (SP): IPNI, v.3, 2010. p.1-38.

PEECH, M. Lime Requirement. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of Soil Analysis**. Part 2. Wisconsin (USA): American Society of Agronomy Inc. Publisher, p.927932, 1965.

PEREIRA, M.G.; VALLADARES, G.S.; SOUZA, J.M.P.F.; PÉREZ, D.V.; DOS ANJOS, L.H.C. **Estimativa da acidez potencial pelo método do SMP pH em solos do Estado do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.22, p.159-162, 1998.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; MALAVOLTA, E. **Alternative use of the SMP- buffer solution to determine lime requerimento of soils**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.16, p.245-260, 1985.

RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas (SP): Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba (SP): Ceres/Potafos, 1991. 343p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicaba (SP): IPNI, 2011. 420 p.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A. **Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura**. In: Espinoza, W.; Jorge, J.A. (Eds.). Anais do Simpósio sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira. Brasília: EMBRAPA, p.323-346, 1984. (Documentos, 14).

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E.E. & GATIBONI, L.C. **Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural**. R. Bras. Ci. Solo, 24:795-805, 2000.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 92p.

SILVA, C. A.; AVELAR, M. L.; BERNADI, A. C. C. **Estimativa da acidez potencial pelo pH SMP em solos do semi-árido do nordeste brasileiro**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, p.689-692, 2000.

SILVA, M. Z. **Acidez potencial do solo não é determinada a pH 7,0**. 47 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG). 2005.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção e adubação**. 2 Ed. Brasília (DF): Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. 416p.

SOUSA, D.M.G.; NUNES, R.S.; REIN, T.A.; JÚNIOR, J.D.G. Manejo do fósforo na região de Cerrado. In: FLORES, R.A.; DA CUNHA, P.P. **Práticas de Manejo do solo para adequada nutrição de plantas no Cerrado**. Goiânia (GO): Gráfica Universidade Federal de Goiás, p. 411-446, 2016.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília (DF): EMBRAPA, 2017. 573p.

TISDALE, S. L.; NELSON, W.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York (USA): Macmillan Publishing Company, 1985. 754p.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro (RJ): Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 9)

WUTKE, A.C.P. & GARHANTINI, H. **Avaliação das possibilidades de escórias de siderúrgica como corretivos de acidez dos solos**. Bragantia, 21(46): 795-805, 1962.