

**PERFORMANCE DE SACCHARUM OFFICINARUM E INDICATIVOS PARA
RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM E SILICATAGEM EM ARGISSOLO
VERMELHO DISTRÓFICO TÍPICO DO NOROESTE DO PARANÁ**

Antonio Nolla^{1*}, William Silva¹, Raphael Gustavo Pedroso Delanhese¹, João Victor Pinho
Nunes¹, Pedro Henrique da Silva¹

¹ Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus de
Umuarama, Estrada da Paca s/n, Bairro São Cristóvão, Umuarama-PR, 87500-000. E-mail: anolla@uem.br,
wilsilva@gmail.com.br, ra129162@uem.br, ra134881@uem.br, pHsilva@hotmail.com

*autor correspondente: anolla@uem.br

RESUMO: A acidez do solo é um dos fatores que limitam a produção agrícola. A correção do solo se faz necessária para que o sistema radicular das culturas explore maior volume de solo, favorecendo a absorção de água e nutrientes. O calcário é o insumo mais utilizado, porém os silicatos podem ser corretivos de acidez, os quais apresentam maior reatividade que o calcário, o que justifica estabelecer critérios para sua utilização em sistemas produtivos. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento de cana-de-açúcar submetido a doses de calcário e escórias siderúrgicas e estabelecer indicadores para o uso de corretivos de acidez no solo. Utilizou-se um Argissolo Vermelho distrófico típico, sendo os tratamentos doses de 0, 500, 1000 e 2000 kg ha⁻¹ de calcário e silicato de cálcio, num DBC com 4 repetições. Cultivou-se cana-de-açúcar (RB 855156), no espaçamento entre linhas de 1m por um ciclo completo. Após 360 (DAE) foi realizada a colheita e analisou-se os parâmetros de planta através de medições de altura, peso de colmos, produtividade além de ser realizada uma análise tecnológica observando os teores de fibra, ATR e BRIX. Os corretivos de acidez do solo foram eficientes na correção da acidez do solo e crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, sem ocorrer alteração na qualidade tecnológica da cultura. Os critérios de correção da acidez do solo para cana-de-açúcar obtidos foram o pH-H₂O = 6,0, V% de 60%, teor de Al³⁺ = 0,1 cmol_c kg⁻¹ e %Al de 14,3%.

PALAVRAS-CHAVE: cana-de-açúcar, critérios de calagem, escórias siderúrgicas.

**PERFORMANCE OF SACCHARUM OFFICINARUM AND INDICATIVES FOR
LIME AND SLAGS RECOMMENDATION IN A DYSTROPHIC RED ULTISOL
TYPICAL FROM NORTHWEST STATE OF PARANÁ**

ABSTRACT: Soil acidity is one of the factors that limit agricultural production. Soil correction is necessary so that the root system of crops can explore a greater volume of soil, favoring the absorption of water and nutrients. Limestone is the most used input, but silicates can be acidity correctors, which have greater reactivity than limestone, which justifies establishing criteria for their use in production systems. The objective was to evaluate the development of sugarcane subjected to doses of limestone and steel slag and to establish indicators for the use of acidity correctors in the soil. A typical dystrophic Red Argisol was used, with treatments being doses of 0, 500, 1000 and 2000 kg ha⁻¹ of limestone and calcium silicate, in a DBC with 4 replications. Sugarcane (RB 855156) was cultivated, with a row spacing of 1m for a complete cycle. After 360 (DAE) the harvest was carried out and plant parameters were analyzed by measuring height, stem weight, productivity, in addition to carrying out a technological analysis observing

the fiber, ATR and BRIX contents. Soil acidity correctors were efficient in correcting soil acidity and growth and development of sugarcane, without changing the technological quality of the crop. The soil acidity correction criteria for sugarcane obtained were pH-H₂O = 6.0, V% of 60%, Al⁺³ content = 0.1 cmol_c kg⁻¹ and %Al of 14, 3%.

KEY WORDS: sugar cane, liming criteria, steel slag

INTRODUÇÃO

O cultivo do solo através da utilização de culturas que promovam a conservação do solo representa a sustentabilidade da agricultura. Dentre as culturas capazes de reduzir o impacto da gota de chuva, a cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) tem se destacado pela imensa área de cultivo no Brasil e pela significativa produção de açúcar e álcool. Apesar da significativa participação no setor agrícola, a sua produtividade é baixa (85,5 t ha⁻¹), quando comparada com estado de São Paulo, que apresenta produtividade 93,7 t ha⁻¹, o qual apresenta uma produção de 383,4 milhões de toneladas (Conab, 2024). Entre os fatores que dificultam a maximização do potencial produtivo da lavoura, destacam-se o uso de corretivos em dosagens inadequadas, capazes de promover excesso ou falta da aplicação de corretivos de forma ideal (Nolla e Anghinoni, 2006).

Os corretivos de acidez são materiais capazes de neutralizar (diminuir ou eliminar) a acidez dos solos e ainda fornecer nutrientes essenciais e benéficos aos vegetais e ao solo, principalmente cálcio, magnésio e silício (Malvolta et al., 2002). Além do calcário, largamente empregado na agricultura brasileira, novos materiais têm sido utilizados para correção do solo em profundidade, tais como os silicatos e/ou agregados siderúrgicos (escórias), que além de fornecerem nutrientes essenciais para as plantas (Ca e Mg) também são fornecedores de Si (Korndörfer et al., 2002). Considerando que a solubilidade do silicato é maior seis vezes superior à do carbonato e que no sistema de cultivo mínimo e/ou plantio direto a correção do solo em profundidade é difícil de ser realizada (Soratto e Crusciol, 2008), torna-se relevante estudar alternativas para o uso de calcário nestas condições. Nesse contexto, o uso de silicato pode ser uma opção interessante já que estudos preliminares indicam que este material poderia corrigir o solo em profundidade de forma mais rápida e eficiente (Ramos et al., 2006).

Apesar dos estudos envolvendo corretivos de acidez do solo para a cultura da cana-de-açúcar, ainda são necessários estudos para elucidar questionamentos a respeito de critérios e dosagens de aplicação destes produtos, especialmente em solos arenosos (Novais et al., 2007).

Isto porque a necessidade de calagem é significativamente inferior a solos com maior teor de argila, em função de sua baixa capacidade de troca de cátions. Além disso, no cultivo de cana crua, sem queima, há a manutenção de palhada na superfície o que favorece o acúmulo de matéria orgânica. Este acúmulo pode diminuir o efeito fitotóxico do alumínio, devido à sua complexação com ácidos fúlvicos (Nolla e Anghinoni, 2004; Nolla e Anghinoni, 2006; Nicolodi et al., 2008). Os ligantes orgânicos de baixo peso molecular provenientes dos restos culturais também promovem a inativação de parte do alumínio na solução do solo (Franchini et al., 1999 e Anghinoni e Salet, 2000; Conceição et al., 2008). Assim, o pH em que o alumínio passa a ser tóxico é, provavelmente, menor do que no sistema convencional de cultivo. Por este motivo, a recomendação de calcário para elevar o pH do solo até 6,0, como recomendado para o sistema convencional (CQFS, 2004, Cantarella et al., 2022), pode estar superestimada pois é, essencialmente, determinada pelo efeito tamponante da matéria orgânica, que se acumula no sistema plantio direto. O uso de materiais corretivos como o calcário e de fertilizantes minerais comercializados por indústrias fertilizantes tem sido amplamente utilizados na agricultura (Korndörfer et al., 2002, Malavolta et al., 2006b). Entretanto, faz-se necessário a utilização de produtos resultantes de processos industriais ou mesmo resíduos que sejam capazes de corrigir e fertilizar o solo da mesma forma que os produtos tradicionais, com a vantagem de reduzir o passivo ambiental das indústrias e reduzir a utilização de produtos extraídos de reservas minerais.

No entanto, ainda são necessários estudos que comprovem a eficiência e quais os critérios de utilização de resíduos corretivos como o silicato de cálcio e magnésio, pois os mesmos apresentam um poder de neutralização inferior ao calcário ($PN = 86\%$), apesar de apresentar uma reatividade superior ao calcário (6,78 vezes). É importante mencionar, também, que em solos arenosos, como os que se apresentam no noroeste paranaense, a necessidade de calagem para restabelecer o potencial produtivo é inferior a solos mais argilosos (Raij, 2011). Porém, a utilização de produtos mais reativos pode promover um maior aprofundamento no perfil de solo que o calcário, o que poderá contribuir para um maior desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar, aumentando assim a resistência da cultura à seca. Os silicatos são produtos ricos em silício, de forma que este nutriente tem comprovado o seu efeito benéfico de sua aplicação no aumento de produção de diversas culturas como a cana-de-açúcar, arroz e outras gramíneas (Freitas et al., 2011). Mesmo não sendo essencial, do ponto de vista fisiológico para

o crescimento e desenvolvimento das plantas, a sua absorção traz inúmeros benefícios, principalmente para a cana-de-açúcar, porque é comprovada a resistência de plantas como a cana-de-açúcar quanto ao ataque de pragas e doenças, ao estresse hídrico, à eficiência fotossintética (Korndörfer et al., 2002). Isto justifica o estudo do silicato como material corretivo e sua comparação com o calcário quanto à eficiência corretiva e quanto ao fornecimento de nutrientes como o cálcio e o magnésio.

O objetivo do ensaio foi avaliar o crescimento e produtividade de cana-de-açúcar submetida a aplicação de doses de calcário e escória siderúrgica para estabelecer indicativos para aplicação de calcário em Argissolo Vermelho distrófico típico.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual de Maringá (UEM) campus regional de Umuarama (CAU), sob um Argissolo Vermelho Distrófico típico (PVd) cujos atributos químicos estão apresentados na Tabela 1.

Inicialmente, procedeu-se, uma aração e uma gradagem para a realização do preparo do solo, de forma que não foi corrigido porque os materiais (calcário e silicato) usados como tratamento são corretivos de acidez.

Tabela 1. Caracterização química da camada de 0-20 cm de um Argissolo Vermelho Distrófico típico sob campo natural

pH (H ₂ O)	Ca	Mg	Al	P	K	S	H+Al	T	V	M.O.
1 : 2,5	cmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³			%	g kg ⁻¹
5,0	1,0	0,4	0,2	3,5	78	1,63	3,17	4,80	34	15

Ca, Mg, Al = (KCl 1 mol L⁻¹); P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); S = soma de bases; H+Al = acidez potencial (Acetato de cálcio); T= CTC pH 7,0; V= Saturação por bases; M.O.= matéria orgânica (Walkley-Black).

Com a preparação do ensaio, a vegetação da área foi inicialmente dessecada com a instalação dos tratamentos, que consistiram da aplicação superficial de calcário dolomítico e silicato de cálcio e magnésio nas doses de 0, 500, 1000, 2000 e 4000 kg ha⁻¹ num DBC com 4 repetições, em esquema fatorial 2 x 5 (dois materiais e cinco doses) correspondendo respectivamente às doses de 0, 115, 230, 460 e 920 kg ha⁻¹ de Si total para o silicato. As parcelas

de campo apresentavam uma dimensão de 4 x 6 metros, totalizando uma área de 960 m². Para o calcário e silicato, efetuou-se a correção da dose aplicada com base no PRNT dos corretivos utilizados no experimento, equivalente a 100%.

O plantio cana-de-açúcar variedade RB 855156 foi realizada com toletes inseridos em sulcos de aproximadamente 0,30 m de profundidade, sendo cultivada por 360 dias. A variedade de cana-de-açúcar utilizada apresenta características de não florescer, precocidade e boa produtividade, alto teor de sacarose e indicada para colheita no início de safra. No momento do plantio, também foi efetuada uma adubação prévia do solo, aplicando-se 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 200 kg ha⁻¹ de K₂O, 100 g ha⁻¹ de micronutrientes na forma de fritas – FTE BR12 (9% de Zn, 1,8% de B, 2% de Mn, 0,8% de Cu, 0,1 % de Mo e 3% de Fe), conforme recomendação da CQFS (2004). Na implantação do experimento aplicou-se 0,750 t ha⁻¹ do formulado NPK (4-20-20), como adubação de base para o plantio, sendo posteriormente realizado duas coberturas com 30 e 60 dias após a emergência da cultura, na dose de 45 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de NH₄SO₄. Durante o cultivo da cana-de-açúcar foram realizadas aplicações com fungicidas, no intuito de avaliar o papel resíduo fonte de silício no controle de pragas e doenças da cultura.

A colheita de forma manual aos 360 dias após a emergência da cultura, onde foram avaliados os parâmetros de planta como altura de plantas e peso de colmos que serviu como propósito para a estimativa de produtividade por área. Além dessas avaliações foi realizada uma análise tecnológica, onde coletou 10 amostras de colmos por parcela, onde foram analisados os parâmetros tecnológicos de teor de fibra, açúcar total redutor (ATR) e teor de sólidos solúveis BRIX. Os restos culturais foram mantidos em superfície, no intuito de reduzir o impacto da gota da chuva e melhorar a rebrota da soqueira da cana-de-açúcar.

O solo das parcelas foi amostrado (0-0,20 m) e avaliou-se o pH-H₂O; cálcio, magnésio e alumínio trocáveis (KCL 1 mol / L). O K foi extraído pelo método de Mehlich-1 e determinado pelo espectrofotômetro Uv-visível, respectivamente, todos conforme Tedesco et al.(1995). Estimou-se a soma de bases e a saturação da CTC efetiva por alumínio. A acidez potencial (índice SMP) e a saturação por bases (V%) foram determinadas conforme Tedesco et al. (1995).

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa SISVAR e quando houve diferença significativa as doses de corretivos foram submetidas à análise de regressão e os tipos de corretivos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de calcário e de silicato de cálcio aumentou o rendimento em relação à altura de plantas, conforme esperado (Figura 1a). Nos tratamentos onde se aplicou 1000 e 2000 kg ha⁻¹ de silicato, as diferenças de alturas foram superiores em relação aos outros tratamentos, na qual a dosagem ideal é de aproximadamente 1500 kg ha⁻¹. Da mesma forma, foi observado com o calcário nas mesmas doses, porém com a linha de tendência indicando que o maior crescimento das plantas seria atingido com a dose superior dos tratamentos com 2500 kg ha⁻¹ de calcário e ambos os corretivos tiveram um efeito quadrático. Este efeito do crescimento das plantas refere-se ao efeito diluição, ou seja, a concentração dos nutrientes é diluída com o maior crescimento da planta, fato amplamente relatado na literatura (Malavolta et al., 2006a).

O silicato promoveu crescimento mais rápido da planta, o que pode ser explicado devido ao silício estimular o crescimento e a produção vegetal através de várias ações indiretas, como a diminuição do auto-sombreamento, deixando as folhas mais eretas, diminuição ao acamamento, maior rigidez estrutural dos tecidos; proteção contra estresses abióticos, como a redução da toxidez de Al, Mn, Fe e Na e diminuição na incidência de patógenos (Cassel et al., 2021).

Observando-se o peso de colmos nos diversos tratamentos, percebe-se que a aplicação de doses de calcário e silicato de cálcio aumentou a massa de colmos (Figura 1b). Ambos os corretivos foram mais eficientes que a testemunha sendo o melhor resultado obtido para o calcário entre as doses de 1000 e 2000 kg ha⁻¹. Observou-se que a dose de maior resposta de 1125 kg ha⁻¹ com o silicato e de 1250 kg ha⁻¹ com o calcário. Isto deve ter ocorrido porque o calcário e o silicato além de serem considerados como corretivos de solo também tem a capacidade de fornecer cálcio e magnésio que são nutrientes fundamentais para o crescimento e desenvolvimento da cultura (Korndörfer et al., 2002), o que gera incremento na capacidade de desenvolvimento das plantas de cana.

A aplicação de doses de calcário e silicato de cálcio aumentaram a produtividade de cana-de-açúcar (Figura 1 C), observando-se maior eficiência com a dose de 1410 e 1695 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio e calcário, obtendo-se produtividade 118,22 e 112,49 t ha⁻¹,

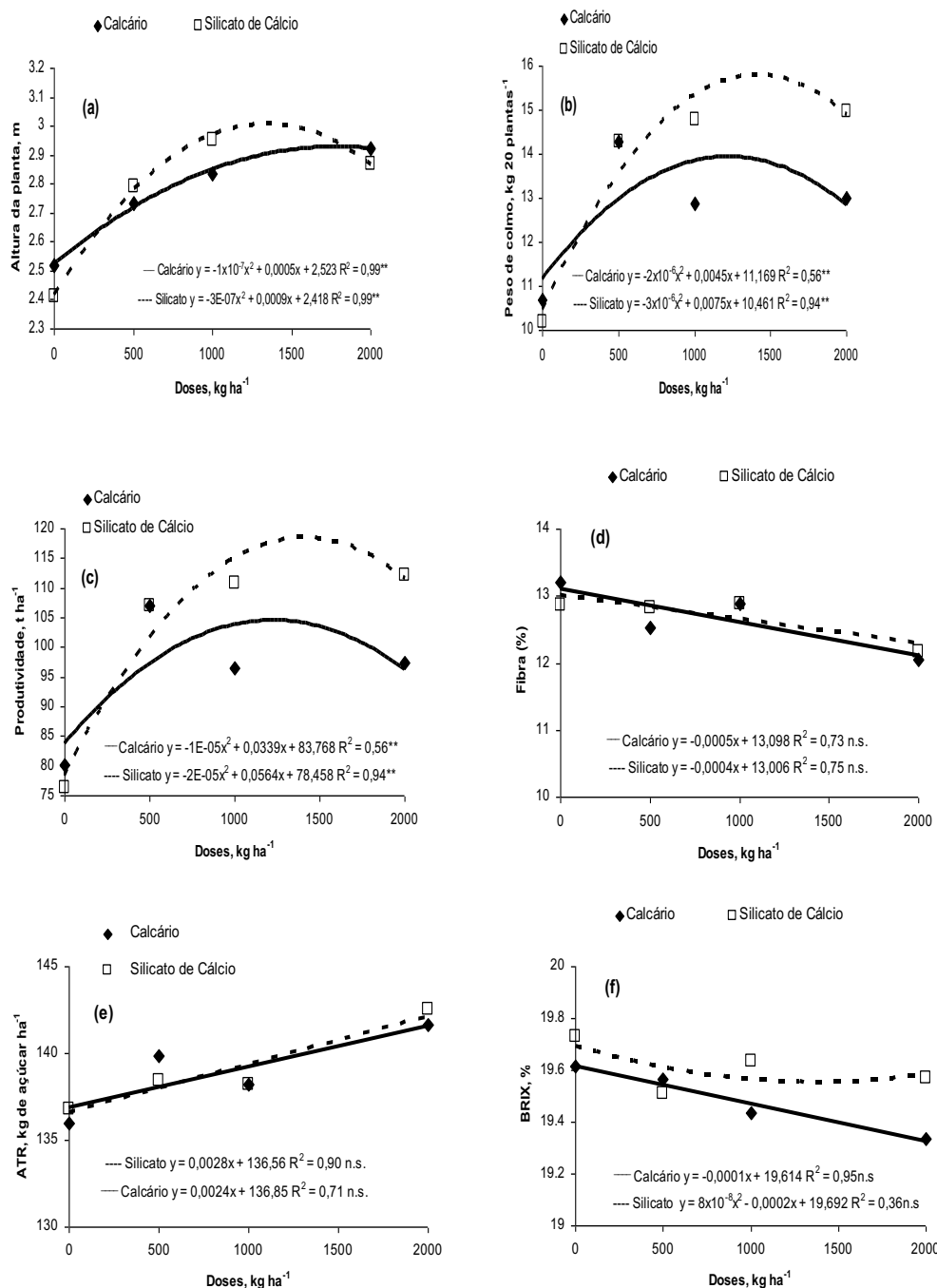


Figura 1- Altura (a), Peso de colmo de 20 plantas (b), Produtividade (c), Teor de Fibra (d), ATR (e), BRIX (f) de plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de doses de calcário e silicato de cálcio em um Argissolo Vermelho distrófico típico do noroeste paranaense.

respectivamente. O incremento de produtividade com o uso de do silicato foi, em média, de 5% superior aos tratamentos com uso de calcário, concordando com resultados obtidos por Prado et al. (2002). Alovisei et al. (2018) observou aumento na ordem de 53 % na produtividade da cana-de-açúcar em relação à testemunha, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho, o que confirma o efeito corretivo e fertilizante do silicato aplicado no solo (Figura 1C).

A análise tecnológica da cana-de-açúcar em %fibra, Açúcar total recuperável e Brix (Figura 1d, e, f), não demonstrou alteração com a utilização de doses calcário e silicato, concordando com resultados obtidos por Leite et al. (2008) ao concluir que os corretivos de acidez do solo não alteram a qualidade da cana-de-açúcar. Os valores de BRIX de 19% para a testemunha e 18,89% para 2000 kg ha⁻¹ para o calcário e 19,73% e 19,84% respectivamente para o silicato, são considerados adequados para cana-de-açúcar colhida em início de safra de acordo com Rodrigues (1995), valores mínimos desejáveis são da ordem de 18%.

A aplicação de doses de calcário e silicato de cálcio proporcionou incremento na produtividade de cana-de-açúcar. O ponto de máximo rendimento de cana-de-açúcar ocorreu com o pH atingiu o valor de em torno de 6,0 (Figura 2a). Quando se relacionou a produtividade com a saturação de bases (V%), observou-se aumento na produtividade da cana-de-açúcar, atingindo o melhor rendimento com a saturação por bases em torno de 60% com o uso de silicato de cálcio (Figura 2b). O calcário, por sua vez atingiu máxima performance da cultura em saturação por bases superiores. Isto deve ter ocorrido porque o calcário e o silicato, além de serem considerados como corretivos de solo também tem a capacidade de fornecer cálcio e magnésio que são nutrientes fundamentais para o crescimento e desenvolvimento da cultura (Quaggio, 2000, Korndörfer et al., 2002).

A aplicação de calcário e silicato de cálcio foi eficiente na redução no teor e a saturação por alumínio na CTC efetiva (Figura 2 c, d), de forma que gerou incremento de produtividade. A maior produtividade da cana-de-açúcar ocorreu quando o teor de alumínio foi inferior a 0,3 cmol_c dm⁻³ (nível crítico para determinar a necessidade de correção da acidez do solo – Pauletti e Motta 2019) e a saturação por alumínio foi inferior a 20% preconizado como máximo tolerado para a cultura da soja no estado de Minas Gerais (Ribeiro et al. ,1999). Isto demonstra a importância do uso dos corretivos de acidez do solo para a cana-de-açúcar.

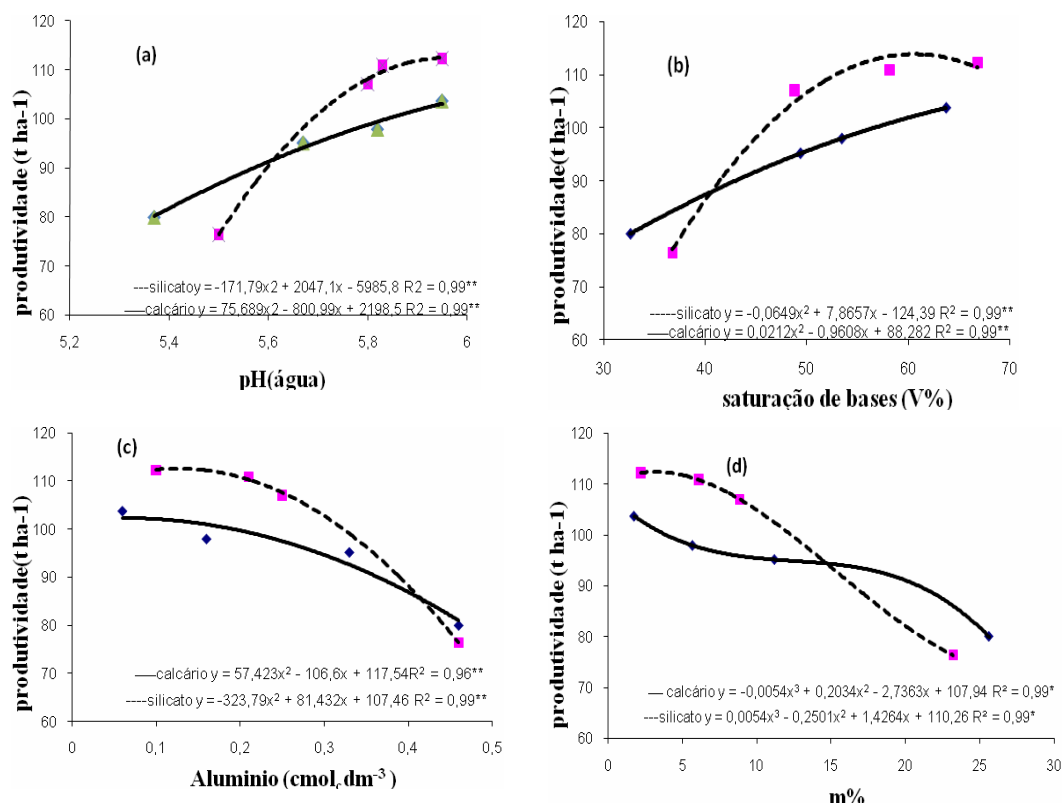


Figura 2- Produtividade relacionados com os atributos de solo, pH(a), V% (b), Al (c), m% (d), afetados pela aplicação em diferentes doses de calcário e silicato de cálcio em um Argissolo Vermelho Distrófico típico, em plantio convencional.

A partir da primeira derivada das equações que relacionam a produtividade da cana-de-açúcar com os atributos químicos de acidez do solo (Figura 2) é possível obter com precisão a melhor performance da cana-de-açúcar (Tabela 2), os quais podem ser considerados como

Tabela 6. Valores dos atributos da acidez do solo baseados no máximo atingido pela produtividade de cana-de-açúcar em um ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico do noroeste paranaense

Atributo	Tipo de corretivo	pH-H ₂ O	V%	Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Saturação por Al (%)
Produtividade	Calcário	6,0	63,6	0,1	13,0
	Silicato	6,0	60,6	0,1	15,6

melhor performance da cana-de-açúcar (Tabela 2), os quais podem ser considerados como critérios para a necessidade de calagem e silicatagem para a cana-de-açúcar para solos de textura arenosa do noroeste paranaense.

Assim, observa-se que a máxima performance obtida pela cultura da cana-de-açúcar obteve valores semelhantes para os atributos químicos testados, quando se compara calcário e silicato (Tabela 2). Desta forma, a melhor produtividade de cana-de-açúcar foi obtida com valores de pH-H₂O de 6,0, que é considerado como critério atualmente utilizado para calagem para os solos do estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS, 2019). Em relação à saturação por bases, a melhor produtividade foi obtida com a aplicação de calcário e silicato para elevar a saturação por bases até 63,6 e 60,6, semelhante ao preconizado (60%) para o desenvolvimento da cana-de-açúcar e soja (Pauletti e Motta, 2019) e semelhante aos 65% de saturação por bases considerado como ideal para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS, 2019).

Em relação ao teor de alumínio trocável, observou-se que a melhor produtividade de cana-de-açúcar foi obtida quando o teor de Al⁺³ foi de 0,1 cmol_c kg⁻¹, valor inferior ao nível considerado baixo (0,3cmol_c kg⁻¹) na interpretação da acidez trocável no solo (Pauletti e Motta, 2019). Quando se considera a saturação da CTC efetiva por alumínio como critério para a correção da acidez do solo, observa-se que a melhor produtividade da cana foi obtida entre 15,6 (silicato) e 13% (calcário) com valor médio de 14,3%, semelhante à saturação por alumínio máxima tolerada (15%) para milho e sorgo para o estado de Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999).

CONCLUSÕES

Os corretivos de acidez do solo calcário e silicato de cálcio foram eficientes em corrigir a acidez do solo e promover aumento no crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, porém sem alterar a sua qualidade tecnológica.

A melhor produtividade da cana-de-açúcar foi identificada com as doses de corretivos utilizadas, sendo utilizada como critério para estabelecer necessidade de correção da acidez do solo. Para solos arenosos cultivados com cana-de-açúcar os critérios para uso de corretivos de acidez do solo foram pH em água de 6,0, saturação por bases de 60%, teor de alumínio de 0,1 cmol_c kg⁻¹ e saturação por alumínio de 14,3%.

REFERÊNCIAS

ALOVISI, A.M.T.; AGUIAR, G.C.R.; ALOVISI, A.A.; GOMES, C.F.; TOKURA, L.K.; LOURENTE, E.R.P.; MAUAD, M.; SILVA, R.S. Efeito residual da aplicação de silicato de cálcio e magnésio nos atributos químicos do solo e na produtividade da cana-soca. **Revista Agrarian**, Dourados, v.11, n.40, p.150-158, 2018.

ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Reaplicação de calcário no sistema plantio direto consolidado. In: KAMINSKI, J. (Eds.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul, 2000. p.41- 59. (Boletim Técnico, 4).

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R. M. & RAIJ, B. **Boletim 100: Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2022. 500p.

CASSEL, J.L.; GYSI, T.; ROTHER, G.M.; PIMENTA, B.D.; LUDWIG, R.L.; SANTOS, D.B. Benefícios da aplicação de silício em plantas. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v.4, n.4, p.6601-6615, 2021.

CONAB - Companhia Nacional do Abastecimento **Boletim de safra de cana-de-açúcar – Tabela de dados – Produção de cana-de-açúcar e subprodutos**. Disponível em: ‘<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>’. Acesso em: 03 ago. 2024.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os estados do RS e SC**. 10Ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os estados do RS e SC**. 11Ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2019. 376p.

CONCEIÇÃO, L.D.H.C.S.; SERENO, M.J.C.M.; BARBOSA NETO, J.F. Tolerância ao alumínio em plantas: toxicidade, mecanismos e genes em espécies cultivadas. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.14, n.3, p.1-10, 2008.

FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 533-542, 1999.

FREITAS, L.B.; COELHO, E.M.; MAIA, S.C.M.; SILVA, T.R.B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.2, p.262-267, 2011.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. 1Ed. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2002. 23p. (Boletim Técnico 1).

LEITE, G.M.V.; ANDREADE, L.A.B.; GARCIA, J.C.; ANJOS, I.A. Efeitos de fontes e doses de silicato de cálcio no rendimento agrícola e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, cultivar SP80-1816. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.4, p. 1120-1125, 2008.

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

MALAVOLTA, E.; GOMES, F.P.; ALCARDE, J.C. **Adubos e Adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2Ed. Piracicaba: POTAFOS, 2006b. 319p.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Relações entre os tipos e indicadores de acidez do solo em lavouras no sistema plantio direto na região do Planalto do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p. 1217-1226, 2008.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Critérios de calagem para a soja no Sistema Plantio Direto consolidado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.30, n.3, p.475-483, 2006.

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

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ VENEGAS, V.H.; BARROS, N.F. FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 2ED. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2019, 289p.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo, e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.129-135, 2002.

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

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420p.

RAMOS, L.A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Reatividade de corretivos de acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, viçosa, v.30, n.2, p.849-857, 2006.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1999. 180p. (5ª Aproximação)

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Instituto de Biociências. 1995. 69p.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.2, P.675-688, 2008.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2Ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)