

**CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO NA CULTURA DA MAMONA:  
PROPRIEDADES, EFICIÊNCIA AGRONÔMICA E CRITÉRIOS DE  
RECOMENDAÇÃO**

Thiago Henrique de Souza<sup>1\*</sup>, Antonio Nolla<sup>1</sup>, Pedro Henrique da Silva<sup>1</sup>, Tiago Roque Benetoli da Silva<sup>1</sup>, Antonio Sérgio do Amaral<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 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: [enriquethiago18@gmail.com](mailto:enriquethiago18@gmail.com), [anolla@uem.br](mailto:anolla@uem.br), [pHsilva@hotmail.com](mailto:pHsilva@hotmail.com), [trbsilva@uem.br](mailto:trbsilva@uem.br)

<sup>2</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Câmpus de Erechim, Av. Sete de Setembro, 1621 - Caixa Postal 743, Erechim – RS, CEP: 99709-910. Email: [asamaral@uricer.edu.br](mailto:asamaral@uricer.edu.br)

\*autor correspondente: [enriquethiago18@gmail.com](mailto:enriquethiago18@gmail.com),

**RESUMO:** A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa de expressiva importância econômica, com potencial produtivo frequentemente limitado pela acidez do solo, condição prevalente nos solos tropicais brasileiros. O objetivo desta revisão foi reunir informações científicas sobre os principais corretivos de acidez utilizados na agricultura brasileira, suas características técnicas e sua aplicabilidade ao cultivo da mamona. A correção da acidez é indispensável para neutralizar o alumínio tóxico ( $Al^{3+}$ ), elevar o pH e disponibilizar cálcio e magnésio, nutrientes essenciais à formação dos frutos e à síntese dos ácidos graxos do óleo. Os corretivos disponíveis no mercado são: calcário calcítico, magnesiano e dolomítico, cal virgem, cal hidratada, calcário calcinado e escória siderúrgica. Esses corretivos diferem entre si quanto à natureza química, poder de neutralização (PN), reatividade (RE), poder relativo de neutralização total (PRNT), velocidade de ação, efeito residual e custo. A escolha do corretivo mais adequado depende do diagnóstico preciso da acidez do solo, das características edáficas regionais e das exigências nutricionais da cultura. Em solos arenosos do Noroeste do Paraná, com baixa capacidade de troca catiônica e elevada suscetibilidade à acidificação, o manejo dos corretivos deve ser feito com critério para evitar tanto a subdose quanto a supercalagem, que pode comprometer a disponibilidade de micronutrientes e a produtividade da mamoneira.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Ricinus communis*, calcário, cal virgem, escória siderúrgica, solos tropicais.

**SOIL ACIDITY AMENDMENTS IN CASTOR BEAN CULTIVATION:  
PROPERTIES, AGRONOMIC EFFICIENCY, AND RECOMMENDATION  
CRITERIA**

**ABSTRACT:** Castor bean (*Ricinus communis* L.) is an oilseed crop of significant economic importance, with its productive potential often limited by soil acidity, a condition prevalent in Brazilian tropical soils. The objective of this review was to compile scientific information on the main soil acidity amendments used in Brazilian agriculture, their technical characteristics, and their applicability to castor bean cultivation. Correcting soil acidity is essential to neutralize toxic aluminum ( $Al^{3+}$ ), increase soil pH, and provide calcium and magnesium, which are essential nutrients for fruit formation and the synthesis of fatty acids in the oil. The amendments available on the market include calcitic, magnesian, and dolomitic limestone, quicklime, hydrated lime, calcined limestone, and steel slag. These materials differ in terms of chemical nature, neutralizing power (NP), reactivity (RE), relative total neutralizing power (RTNP), reaction rate, residual effect, and cost. The selection of the most appropriate amendment

depends on an accurate diagnosis of soil acidity, regional edaphic characteristics, and the nutritional requirements of the crop. In sandy soils of Northwestern Paraná, which have low cation exchange capacity and high susceptibility to acidification, amendment management must be carried out carefully to avoid both under-application and overliming, the latter of which may compromise micronutrient availability and castor bean productivity.

**KEY WORDS:** *Ricinus communis*, limestone, quicklime, steel slag, tropical soils.

## INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.), pertencente à família Euphorbiaceae, é uma oleaginosa de crescente importância econômica no Brasil e no mundo, destacando-se na produção de óleo de rícino, biodiesel, lubrificantes, tintas e produtos farmacêuticos. De acordo com os dados consolidados pelo 4º Levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2026), a produção brasileira estimada para a safra 2025/26 foi de 147,4 mil toneladas, com produtividade média de 1.938 kg ha<sup>-1</sup>, representando crescimento de 47,4% em relação ao ciclo anterior. Apesar desse avanço, a produtividade média nacional ainda se mantém muito abaixo do potencial genético das cultivares, que pode ultrapassar 6.000 kg há<sup>-1</sup> em condições ideais de cultivo (Carvalho et al., 2010; Embrapa, 2024).

Entre os principais fatores que limitam a produtividade da mamona no Brasil está a acidez do solo, condição amplamente prevalente nos solos tropicais e subtropicais. Solos ácidos apresentam elevada concentração de alumínio trocável (Al<sup>3+</sup>), fitotóxico às plantas, e baixos teores de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>), nutrientes indispensáveis para formação dos frutos e à síntese dos ácidos graxos do óleo de rícino. Embora a mamona apresente maior rusticidade em relação a outras culturas, é sensível à acidez elevada, especialmente quando o pH CaCl<sub>2</sub> é inferior a 5,0 e os teores de Al<sup>3+</sup> trocável são expressivos (Severino et al., 2006; Cruz et al., 2021). A correção da acidez por meio da aplicação de corretivos é a prática indispensável para garantir o desenvolvimento adequado da cultura e a expressão do seu potencial produtivo (Embrapa, 2024; Ferreira et al., 2006).

Os corretivos de acidez do solo são materiais que, ao serem incorporados ao solo, promovem a neutralização do H<sup>+</sup> e complexa o Al<sup>3+</sup>, elevando o pH e fornecendo cátions básicos sendo esses o Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> que ocupam os sítios de troca catiônica, aumentando a saturação por bases (V%). Dependendo de sua natureza química, os corretivos são classificados em carbonatos (calcários), óxidos (cal virgem), hidróxidos (cal hidratada), calcários calcinados e silicatos (escória siderúrgica), cada um com características próprias de reatividade, velocidade

de ação e efeito residual (Alcarde, 1992; Alcarde, 2005). A escolha do corretivo mais adequado depende do diagnóstico da acidez do solo, das exigências nutricionais da cultura e das condições edáficas e logísticas da região.

No Noroeste do Paraná, onde predominam solos arenosos com pH  $\text{CaCl}_2$  entre 4,2 e 4,8 e baixa capacidade de troca catiônica (CTC), a escolha e o manejo correto dos corretivos de acidez são especialmente críticos. A baixa CTC desses solos os torna mais suscetíveis tanto à acidificação quanto à supercalagem, exigindo critério na definição do tipo e da dose do corretivo a ser utilizado (Novais et al., 2007; Costa, 2025). Diante disso, o presente artigo de revisão tem como objetivo reunir informações científicas sobre os principais corretivos de acidez do solo disponíveis no mercado brasileiro, suas características técnicas e sua aplicabilidade ao cultivo da mamona, com ênfase nas condições edáficas do Noroeste do Paraná.

## REVISÃO

### ACIDEZ DO SOLO E A MAMONA

A acidez do solo é um dos principais fatores limitantes à produtividade agrícola em solos tropicais. Em condições de pH  $\text{CaCl}_2$  abaixo de 5,0, ocorre a solubilização de  $\text{Al}^{3+}$  nos colóides do solo, que é considerado potencialmente tóxico às plantas por inibir a divisão celular no ápice das raízes, resultando em raízes mais curtas, espessadas e com menor ramificação lateral (Panda et al., 2009). A mamona, embora apresente maior rusticidade em relação a outras culturas anuais, é sensível à acidez elevada. A deficiência de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , comum em solos com pH entre 4,0 e 5,0, compromete a formação das sementes e a qualidade do óleo, de forma que a toxicidade por  $\text{Al}^{3+}$  restringe o crescimento radicular e a absorção de fósforo, nutriente essencial para a formação dos frutos (Ferreira et al., 2006; Severino et al., 2006; Cruz et al., 2021).

Estudos indicam que a aplicação de  $2 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário dolomítico em solo ácido, em conjunto com adubação mineral equilibrada, permitiu elevar a produtividade da mamona de  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  (sem calagem e adubação) para  $1.256 \text{ kg ha}^{-1}$ , demonstrando o impacto expressivo da correção da acidez sobre a produtividade da cultura (Embrapa, 2024; Severino et al., 2006). A calagem melhora a disponibilidade de fósforo no solo, o que é particularmente relevante para a mamona, cuja produção de frutos depende diretamente desse nutriente. É importante destacar,

no entanto, que a mamona apresenta resposta quadrática às doses de calcário, com redução de desempenho em doses excessivas, o que evidencia o risco da supercalagem e a necessidade de calibrar com precisão os corretivos a serem aplicados (Foloni et al., 2013).

A necessidade de calagem (NC) é determinada a partir da análise química do solo, considerando parâmetros como pH,  $\text{Al}^{3+}$  trocável,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ) e saturação por bases (V%). Para a mamona, a meta de saturação por bases recomendada pelo Estado de São Paulo é de 70%, com tolerância máxima de 10% de saturação por  $\text{Al}^{3+}$  (mt) e exigência mínima de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  de  $2,5 \text{ cmolc dm}^{-3}$  (Cantarella et al., 2022; Ribeiro et al., 1999). Em solos arenosos de baixa CTC, como os do Noroeste do Paraná, recomenda-se doses mais frequentes, porém menores, para manter a saturação por bases dentro dos níveis ótimos sem causar perda de micronutrientes por lixiviação (Embrapa, 2024).

### **CLASSIFICAÇÃO E NATUREZA QUÍMICA DOS CORRETIVOS DE ACIDEZ**

Os corretivos de acidez do solo são substâncias que, ao serem aplicadas ao solo, promovem a neutralização dos íons responsáveis pela acidez ( $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$ ) e o fornecimento de cátions básicos ( $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ). De acordo com a legislação brasileira (Alcarde, 1992; Alcarde, 2005), os corretivos são classificados em cinco grupos principais, de acordo com sua natureza química: carbonatos (calcários agrícolas), óxidos (cal virgem), hidróxidos (cal hidratada), produtos de calcinação parcial (calcário calcinado) e silicatos (escória siderúrgica). Cada grupo apresenta constituintes ativos distintos, que determinam sua eficiência, velocidade de reação e efeito residual no solo.

A eficiência de um corretivo é caracterizada principalmente por quatro atributos técnicos: o poder de neutralização (PN), a reatividade (RE), o poder relativo de neutralização total (PRNT) e os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . O PN expressa a capacidade potencial do produto de neutralizar a acidez do solo, expresso em porcentagem e tomando o carbonato de cálcio puro ( $\text{CaCO}_3$ ) como referência (PN = 100%). A RE indica o percentual do corretivo que efetivamente reage no solo em até três meses após a aplicação, dependendo diretamente da granulometria do produto: quanto mais finas as partículas, maior a área de contato com a solução do solo e maior a reatividade (Alcarde, 2005). O PRNT é o produto entre PN e RE dividido por 100, representando a capacidade real de neutralização do corretivo nas condições de campo, sendo o parâmetro mais utilizado para ajustar a dose a ser aplicada.

## CALCÁRIO AGRÍCOLA: TIPOS, COMPOSIÇÃO E MECANISMO DE AÇÃO

O calcário agrícola é o corretivo de acidez mais amplamente utilizado na agricultura brasileira, sendo obtido pela moagem de rochas calcárias e dolomíticas. É composto majoritariamente por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), podendo apresentar diferentes teores desses nutrientes, o que determina sua classificação. Conforme a relação Ca/Mg, os calcários são classificados em três tipos principais: calcítico, magnesiano e dolomítico (Alcarde, 2005; Prado et al., 2002).

O calcário calcítico é aquele que apresenta teor de MgO inferior a 5% (relação  $\text{CaO/MgO} > 12$ ), sendo indicado para solos com teores adequados de magnésio ou com desequilíbrio entre Ca e Mg. O calcário magnesiano contém entre 5% e 12% de MgO, e o calcário dolomítico apresenta teor de MgO superior a 12%, correspondendo à rocha dolomita [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ]. O calcário dolomítico é o mais recomendado para solos com deficiência simultânea de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , situação comum nos solos arenosos do Noroeste do Paraná (Alcarde, 2005; Chaves e Farias, 2022). A legislação brasileira exige que os calcários comercializados apresentem soma de  $\text{CaO} + \text{MgO}$  mínima de 38% (Alcarde, 2005).

O mecanismo de ação do calcário no solo inicia-se com a dissolução parcial do carbonato em contato com a água do solo, gerando íons bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), que neutralizam diretamente os  $\text{H}^+$  da solução do solo, elevando o pH e reduzindo a acidez ativa. Simultaneamente, os  $\text{OH}^-$  liberados reagem com o  $\text{Al}^{3+}$  livre na solução, formando hidróxido de alumínio ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) insolúvel, eliminando a principal fonte de alumínio tóxico (Pavan et al., 2005; Embrapa, 2000). Os  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  liberados ocupam os sítios de troca do solo, aumentando a saturação por bases e melhorando a disponibilidade de nutrientes essenciais às plantas. O calcário agrícola apresenta velocidade de reação moderada, leva em média três meses para reagir no solo, e efeito residual prolongado, que pode se estender por três a cinco anos, dependendo da dose aplicada, da textura do solo e do sistema de manejo (Barber, 1984; Alcarde, 2005).

Para a mamona cultivada em solos arenosos do Noroeste do Paraná, o calcário dolomítico é o mais indicado, pois supre simultaneamente  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , nutrientes que tendem a ser deficientes nesses solos. A aplicação deve ser realizada preferencialmente com 60 a 90 dias de antecedência ao plantio, com incorporação ao solo para garantir a reação homogênea do corretivo, especialmente em solos com baixo poder tampão (Embrapa, 2024; Alcarde, 2005).

## CAL VIRGEM: CARACTERÍSTICAS E CUIDADOS PARA UTILIZAÇÃO

A cal virgem agrícola é obtida industrialmente pela calcinação completa do calcário a temperaturas superiores a 900°C, resultando na decomposição do carbonato com emissão de CO<sub>2</sub> e formação de óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO). Trata-se de um corretivo de ação imediata, uma vez que os óxidos, ao entrarem em contato com a umidade do solo, sofrem hidratação exotérmica e liberam OH<sup>-</sup> diretamente na solução, promovendo a neutralização rápida da acidez. Essa característica confere à cal virgem o maior poder de neutralização entre os corretivos comerciais, com PN mínimo exigido pela legislação brasileira de 125% e PRNT mínimo de 120%, com soma de CaO + MgO de pelo menos 68% (Alcarde, 1992; Alcarde, 2005).

Em razão do alto PN, a quantidade de cal virgem necessária para atingir o mesmo efeito corretivo do calcário é significativamente menor. Para uma recomendação de 4 t ha<sup>-1</sup> de calcário (PRNT 100%), seria necessária uma dose de aproximadamente 3,32 t ha<sup>-1</sup> de cal virgem com PRNT de 120% (fator de correção  $f = 100/120 = 0,83$ ), representando economia de insumo. No entanto, a cal virgem apresenta desvantagens relevantes, a reação exotérmica durante a hidratação pode gerar calor suficiente para causar fitotoxicidade a sementes, plântulas e microrganismos do solo se a aplicação for feita muito próxima ao plantio. Por isso, recomenda-se que a cal virgem seja aplicada com antecedência mínima de 60 a 90 dias em relação à semeadura, com incorporação imediata ao solo. Porém, seu manuseio exige equipamentos de proteção individual, pois os óxidos são cáusticos e podem causar irritação à pele e às mucosas (Alcarde, 2005).

Para a mamona, o uso da cal virgem pode ser vantajoso em situações que exijam correção rápida da acidez, especialmente em solos muito ácidos com elevado Al<sup>3+</sup> trocável. Entretanto, o efeito residual da cal virgem é menor do que o do calcário convencional, em razão de seu menor poder tampão frente às variações de pH do solo, o que pode exigir reaplicações em menor intervalo de tempo, especialmente nos solos arenosos.

## CAL HIDRATADA: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

A cal hidratada agrícola (ou cal extinta) é obtida industrialmente pela hidratação controlada da cal virgem, convertendo os óxidos de cálcio e magnésio em hidróxidos: Ca(OH)<sub>2</sub> (portlandita) e Mg(OH)<sub>2</sub> (brucita). Por ser constituída de bases fortes, apresenta ação

neutralizante imediata ao entrar em contato com a solução do solo, liberando  $\text{OH}^-$  diretamente. Sua reação é mais rápida que a do calcário convencional, porém a conversão do carbonato em hidroxila já foi realizada no processo industrial, o que reduz a geração de calor durante a aplicação e confere maior segurança no manuseio em relação à cal virgem (Alcarde, 2005; Lopes e Guilherme, 2007).

A cal hidratada apresenta-se como pó fino branco, com grau de pureza de cerca de 95%. A legislação brasileira exige PN mínimo de 94%, PRNT mínimo de 90% e soma de  $\text{CaO} + \text{MgO}$  de pelo menos 50% (Alcarde, 1992). Em razão da granulometria muito fina, a cal hidratada apresenta alta reatividade, porém a aplicação a lanço em dias com vento pode resultar em perdas significativas por deriva. Além disso, por ser altamente higroscópica, pode endurecer durante o armazenamento, o que reduz sua eficiência se não for utilizada rapidamente após a abertura das embalagens (Alcarde, 2005).

Para a mamona, a cal hidratada é indicada em situações que demandem correção rápida da acidez, como em solos com pH  $\text{CaCl}_2$  muito baixo (abaixo de 4,5) em áreas onde se deseja antecipar o plantio sem aguardar os três meses de reação do calcário convencional. No entanto, assim como a cal virgem, apresenta menor efeito residual e custo mais elevado por unidade de área, o que pode limitar seu uso em larga escala. Em solos arenosos de baixa CTC, como os do Noroeste do Paraná, a aplicação de cal hidratada deve ser feita com atenção redobrada para evitar a supercalagem, pois sua alta reatividade pode elevar rapidamente o pH acima dos níveis ideais para a mamona.

### **CALCÁRIO CALCINADO: PRODUTO INTERMEDIÁRIO DE CARACTERÍSTICAS MISTAS**

O calcário calcinado é obtido pela calcinação parcial do calcário em forno industrial, resultando em uma mistura de carbonatos não decompostos ( $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ ), óxidos ( $\text{CaO}$  e  $\text{MgO}$ ) e hidróxidos  $\text{Ca(OH)}_2$  e  $\text{Mg(OH)}_2$  formados pela hidratação dos óxidos durante o armazenamento. Apresenta características físico-químicas intermediárias entre o calcário convencional e a cal virgem, combinando a ação imediata dos hidróxidos e óxidos com o efeito mais gradual e residual dos carbonatos (Alcarde, 2005). Assim como a cal virgem e a cal hidratada, deve ser incorporado logo após a aplicação no campo para evitar o endurecimento das partículas pela absorção de umidade do ar.

O calcário calcinado apresenta PN superior ao calcário convencional, porém inferior ao da cal virgem, e pode ser uma opção de custo intermediário em regiões onde haja disponibilidade de fornos para calcinação parcial de calcário. Para a mamona, seu uso pode ser vantajoso quando se deseja combinar correção rápida da acidez com efeito residual mais prolongado do que o observado com a cal virgem pura, especialmente em solos com acidez moderada e textura argilosa. Em solos arenosos, recomenda-se cautela em razão do risco de supercalagem associado à maior reatividade do produto.

### **ESCÓRIA SIDERÚRGICA: CARACTERÍSTICAS, BENEFÍCIOS ADICIONAIS E LIMITAÇÕES**

A escória siderúrgica é um subproduto gerado durante o processo de produção de ferro e aço, originada da fusão do calcário com minério de ferro e coque a temperaturas superiores a 1.900°C. Nesse processo, o calcário reage com os materiais inertes do minério e do carvão, formando a escória, cujos constituintes neutralizantes são o silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) e o silicato de magnésio ( $\text{MgSiO}_3$ ). A reação de neutralização da acidez ocorre de modo parecido à do calcário, ao entrar em contato com a água do solo, o silicato é hidrolisado, liberando  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e ânions silicato ( $\text{SiO}_3^{2-}$ ), que promovem a elevação do pH e a neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  (Prado e Fernandes, 2000; Alcarde, 2005). A legislação brasileira exige que as escórias comercializadas como corretivos apresentem soma de  $\text{CaO} + \text{MgO}$  mínima de 38% (Alcarde, 1992).

A escória siderúrgica apresenta vantagens relevantes em relação ao calcário convencional. Por possuir granulometria naturalmente fina, apresenta maior reatividade no solo, com tempo de reação de até três meses para conversão do silicato em hidroxila (Alcarde, 2005). Além disso, a escória contém teores significativos de micronutrientes como ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e silício (Si), que podem beneficiar o desenvolvimento das culturas. Estudos conduzidos por Prado e Fernandes (2000) demonstraram que, em Neossolo Quartzarênico, a escória siderúrgica apresentou eficiência agrônômica comparável ao calcário na correção da acidez e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar, com vantagem de maior mobilização do corretivo no perfil do solo em relação ao calcário convencional.

No entanto, a escória siderúrgica apresenta limitações que devem ser consideradas. A reatividade da escória depende da classe de solo, e a eficiência baseada no poder de neutralização adotado para o calcário pode não ser diretamente compatível para a escória em

todos os casos, havendo necessidade de estudos adicionais para calibração regional (Prado e Fernandes, 2000). Outro ponto de atenção é o alto teor de manganês (Mn) presente em alguns tipos de escória, de acordo com Prado et al. (2002) em cultivo de alface, a alta concentração de Mn proveniente da escória na parte aérea das plantas limitou a produção de matéria seca, evidenciando que o excesso desse micronutriente pode ser fitotóxico em culturas sensíveis. Para a mamona, que é cultivada em áreas mais próximas de solos arenosos e suscetíveis à lixiviação, a escória pode ser uma alternativa economicamente viável em regiões próximas a siderúrgicas, reduzindo os custos de transporte, mas seu uso deve ser acompanhado de análise de solo para monitorar os teores de Mn e outros metais pesados (Chaves e Farias, 2022; Wally et al., 2015).

Do ponto de vista legal, a escória siderúrgica utilizada como corretivo agrícola deve atender às exigências da Instrução Normativa nº 39/2018 do MAPA, que regulamenta os critérios de registro, garantias mínimas e comercialização dos corretivos minerais, incluindo limites máximos de contaminantes como arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio, garantindo segurança ambiental e agrônômica para seu uso agrícola (Alcarde, 2005; Wally et al., 2015).

### **PODER DE NEUTRALIZAÇÃO, REATIVIDADE E PRNT: CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DO CORRETIVO**

A comparação entre os diferentes corretivos de acidez deve ser feita com base em seus atributos técnicos padronizados, especialmente o PN, a RE e o PRNT. O PN é calculado com base na equivalência em  $\text{CaCO}_3$ , e cada constituinte químico apresenta um valor específico: o  $\text{CaCO}_3$  tem PN = 100%; o  $\text{MgCO}_3$  tem PN = 119% (ou seja, 100 kg de  $\text{MgCO}_3$  neutraliza 19% mais acidez que 100 kg de  $\text{CaCO}_3$ ); o  $\text{Ca(OH)}_2$  tem PN = 135%; o  $\text{CaO}$  tem PN = 179%; o  $\text{Mg(OH)}_2$  tem PN = 172%; e o  $\text{MgO}$  tem PN = 248% (Alcarde, 1992; Alcarde, 2005). Assim, à medida que se avança dos carbonatos para os óxidos, o PN aumenta, permitindo a utilização de doses menores do produto para atingir o mesmo efeito corretivo.

A reatividade (RE) é determinada pela granulometria do produto, sendo que, partículas menores apresentam maior área de contato com a solução do solo e reagem mais rapidamente. A legislação brasileira classifica os calcários em quatro classes de PRNT: A (PRNT  $\leq$  45%), B (45,1-60%), C (60,1-90%) e D (PRNT  $>$  90,1%). Quanto maior o PRNT, menor a quantidade de produto necessária para a mesma dose de correção, o que pode compensar economicamente um preço por tonelada mais elevado (Alcarde, 2005). Na prática, o PRNT é utilizado como fator

de correção da dose: a quantidade de calcário indicada pelo cálculo da necessidade de calagem (NC) deve ser dividida pelo PRNT do produto escolhido para obter a dose real a ser aplicada.

### **GESSO AGRÍCOLA: CONDICIONADOR DO SUBSOLO COMPLEMENTAR À CALAGEM**

O gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) não é classificado como corretivo de acidez pois não neutraliza os  $\text{H}^+$  da solução do solo, mas atua como condicionador do perfil subsuperficial do solo, contribuindo para a melhoria do ambiente radicular em camadas abaixo de 20 cm, que não são alcançadas pelo calcário convencional. O  $\text{Ca}^{2+}$  do gesso, ao se mover em profundidade com a água de percolação, desloca o  $\text{Al}^{3+}$  dos sítios de troca nas camadas subsuperficiais, formando  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , composto de baixa fitotoxicidade (Embrapa, 2024).

Para a mamona, o uso complementar do gesso pode ser relevante em solos com acidez subsuperficial expressiva, especialmente em solos mais profundos onde o sistema radicular pivotante da cultura é capaz de atingir entre 2 e 4 metros de profundidade podendo encontrar restrição química ao crescimento. O uso conjunto de calcário (correção da camada superficial) e gesso (condicionamento da camada subsuperficial) permite que as raízes da mamona explorem com maior eficiência as camadas mais profundas do solo, aumentando a absorção de água e nutrientes e melhorando a tolerância da cultura a períodos de déficit hídrico (Embrapa, 2024). No entanto, em solos arenosos com baixa CTC, como os do Noroeste do Paraná, doses excessivas de gesso podem promover a lixiviação de  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , exigindo atenção ao monitoramento nutricional do solo.

### **CRITÉRIOS DE ESCOLHA DO CORRETIVO PARA O CULTIVO DA MAMONA**

A escolha do corretivo mais adequado para o cultivo da mamona deve considerar um conjunto de fatores técnicos, econômicos e logísticos. Do ponto de vista técnico, os principais critérios são: a necessidade de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  do solo (indicando o tipo de calcário — calcítico, magnesiano ou dolomítico); a velocidade de correção desejada (cal virgem ou hidratada para ação imediata; calcário para efeito gradual e residual); a textura do solo (solos arenosos exigem mais atenção ao risco de supercalagem com produtos de alta reatividade); e a presença de acidez

subsuperficial (indicando o uso complementar de gesso agrícola) (Alcarde, 2005; Severino et al., 2014; Embrapa, 2024).

Do ponto de vista econômico, o PRNT é o principal critério de comparação entre produtos: corretivos com maior PRNT permitem aplicar doses menores e podem ser mais vantajosos economicamente, mesmo com preço por tonelada superior, pois reduzem os custos de transporte e aplicação. O preço do calcário agrícola é relativamente baixo (em torno de R\$ 200,00 por tonelada), mas o frete representa parcela significativa do custo final, tornando a escolha do produto também dependente da distância da jazida ou da siderúrgica em relação à propriedade (Agroadvance, 2025). Em regiões próximas a usinas siderúrgicas, a escória pode representar uma alternativa economicamente viável ao calcário, desde que atenda aos critérios de qualidade exigidos pela legislação e que não apresente teores elevados de metais pesados que possam comprometer a qualidade do solo e do óleo de mamona.

A aplicação dos corretivos deve ser feita com antecedência mínima de 60 a 90 dias em relação ao plantio, com incorporação ao solo para garantir a homogeneização do produto e a reação eficiente com a acidez. Análises de solo periódicas (recomendadas a cada dois anos) são essenciais para monitorar a evolução do pH, da saturação por bases e dos teores de  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{3+}$ , permitindo ajustar as doses e a frequência de aplicação dos corretivos ao longo das safras (Embrapa, 2024; Cantarella et al., 2022).

## DISCUSSÃO

A diversidade de corretivos de acidez disponíveis no mercado brasileiro oferece ao produtor de mamona diferentes alternativas para o manejo da acidez do solo, cada uma com vantagens e limitações específicas. O calcário dolomítico mantém-se como a opção mais recomendada para a maioria das situações, por combinar elevado efeito residual, fornecimento simultâneo de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , menor risco de supercalagem e baixo custo por unidade de área. Seu uso é especialmente indicado para os solos arenosos, onde os teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  tendem a ser naturalmente baixos em razão da alta taxa de lixiviação, o que é o caso dos solos do Noroeste do Paraná (Alcarde, 2005; Novais et al., 2007; Costa, 2025).

A cal virgem e a cal hidratada são alternativas relevantes em situações que exijam correção rápida da acidez, como em solos muito ácidos com  $Al^{3+}$  trocável elevado e plantio iminente ou em regiões onde o calcário convencional apresente PRNT baixo, o que exigiria doses muito elevadas e onerosas. No entanto, a alta reatividade desses produtos exige atenção

redobrada ao risco de supercalagem em solos arenosos de baixa CTC, onde pequenas doses podem elevar o pH rapidamente acima dos limites ideais para a mamona, indisponibilizando micronutrientes como Mn, Zn e Fe (Alcarde, 2005; Foloni et al., 2013).

A escória siderúrgica representa uma alternativa sustentável e potencialmente econômica em regiões próximas a siderúrgicas, com a vantagem de fornecer silício e micronutrientes adicionais. Estudos de Prado et al. (2002) com alface e de Prado e Fernandes (2000) com cana-de-açúcar demonstraram que a escória pode ser tão eficiente quanto o calcário na correção da acidez e no incremento de matéria seca, com o benefício adicional de maior mobilização no perfil do solo em comparação ao calcário convencional. No entanto, para a mamona, a presença de altos teores de Mn em algumas escórias pode ser um fator limitante, dado que a toxicidade por manganês é conhecida em solos com pH elevado e pode comprometer o desenvolvimento da cultura.

O uso complementar do gesso agrícola, associado à calagem com calcário, pode representar ganho expressivo de produtividade para a mamona em solos com acidez subsuperficial ou com camadas compactadas, ao permitir que o sistema radicular pivotante da cultura explore camadas mais profundas do solo, aumentando a eficiência no uso de água e nutrientes. Essa prática é especialmente relevante em solos arenosos do Noroeste do Paraná, onde os períodos de déficit hídrico podem coincidir com fases críticas do desenvolvimento da mamoneira, como a formação e o enchimento dos frutos.

A ausência de recomendações específicas sobre tipos de corretivos para a mamona no Manual de Adubação e Calagem do Estado do Paraná (Pauletti e Motta, 2019) evidencia a necessidade de estudos regionais que avaliem a eficiência agrônômica dos diferentes corretivos nas condições edáficas locais. A calibração dos índices de calagem, incluindo o tipo de corretivo mais adequado para a mamona cultivada em solos de textura arenosa é essencial para auxiliar a recomendações técnicas mais precisas e economicamente viáveis para os sistemas de produção regionais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A correção da acidez do solo é uma prática indispensável para a expressão do potencial produtivo da mamona, especialmente nos solos arenosos e ácidos do Noroeste do Paraná. Os corretivos disponíveis (calcário calcítico, magnesiano e dolomítico, cal virgem, cal hidratada, calcário calcinado e escória siderúrgica) diferem em PN, reatividade, PRNT, velocidade de

ação, efeito residual e custo, devendo a escolha ser feita com base na análise química do solo, nas exigências nutricionais da mamona e nas condições logísticas regionais.

O calcário dolomítico é a opção mais recomendada para a maioria das situações de cultivo de mamona em solos arenosos, por fornecer simultaneamente  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , apresentar efeito residual prolongado e menor risco de supercalagem. A cal virgem e a cal hidratada são indicadas em situações de correção rápida, mas exigem atenção redobrada em solos de baixa CTC. A escória siderúrgica pode ser uma alternativa sustentável em regiões próximas a siderúrgicas, desde que sua composição atenda às exigências legais e agronômicas. O uso complementar do gesso agrícola pode beneficiar o desenvolvimento radicular em camadas subsuperficiais.

A realização de análises de solo e a adoção de critérios regionais calibrados para a recomendação de calagem são fundamentais para otimizar o uso dos corretivos, garantir a produtividade da mamona e a sustentabilidade dos sistemas de produção no Noroeste do Paraná.

## REFERÊNCIAS

AGROADVANCE **Calcário agrícola e corretivos de acidez: tipos e escolha**. São Paulo: Agroadvance, 2025. 12p. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-calcario-agricola/>. Acesso em: 10 jan. 2026.

ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: ANDA, 1992. 26p. (Boletim Técnico, 6).

ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. 2. ed. São Paulo: ANDA, 2005. 24p. (Boletim Técnico, 6).

BARBER, S.A. **Liming materials and practices**. In: ADAMS, F. (Ed.). Soil acidity and liming. 2 Ed. Madison: ASA, 1984. p.200-210.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B.V. (eds.). **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2022. 489p.

CHAVES, L.H.G.; FARIAS, C.H.A. Escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo: alternativas e desafios. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.35, n.1, p.185-195, 2022.

CARVALHO, L.H.; RODRIGUES, J.E.; SANTOS, J.W. Cultivo da mamona. In: EMBRAPA ALGODÃO (Ed.). **Cultura da mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p.33-44.

**CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO.** Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2025/26. 4º levantamento. Brasília: Conab, 2026. 4p. Disponível em: '<https://www.conab.gov.br>.' Acesso em: 21 abr. 2026.

COSTA, M.M.M.N. **Acidez do solo e calagem.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2025. 11p. (Circular Técnica, 145).

CRUZ, B.J.E.; ALVES, D.C.L.; SÁ, R.O.; VIANA, R.S.; FERRARI, S. Potencial produtivo de híbridos de mamona em diferentes densidades de plantas na segunda safra em ambiente estressante. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.20, n.1, p.53-59, 2021.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Calagem no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 104p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mamona: tratos culturais – adubação.** Brasília: Embrapa, 2024. 9p. Disponível em: '<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/mamona/producao/tratos-culturais/adubacao>'. Acesso em: 11 ago. 2025.

FERREIRA, G.B.; BELTRÃO, N.E.M.; SEVERINO, L.S.; GONDIM, T.M.S.; PEDROSA, M.B. **A cultura da mamona no cerrado: riscos e oportunidades.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 70p. (Documentos, 149).

FOLONI, J.S.S.; SANTOS, D.H.; TIRITAN, C.S. Resposta da mamona a doses excessivas de calcário. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.8, n.2, p.85-90, 2013.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do Solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.1-64.

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

PANDA, S.K.; BALUSKA, F.; MATSUMOTO, H. Aluminum stress signaling in plants. **Plant Signaling & Behavior**, Nova York, v.4, n.7, p.592-597, 2009.

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

PAVAN, M.A.; RITCHEY, K.D.; CANTARELLA, H.; LAVARDA, R.C.; QUADROS, A.F. Efeito da calagem na relação solo-água e resposta do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.963-975, 2005.

PRADO, R.M.; COUTINHO, E.L.M.; ROQUE, C.G.; VILLAR, M.L.P. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.4, p.539-546, 2002.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.739-744, 2000.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.

SEVERINO, L.S.; MILANI, M.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; FREIRE, E.C. **O cultivo da mamona**. 3 Ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2014. 231p. (Sistemas de Produção, 2).

SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; FREIRE, W.S.A.; CASTRO, D.A.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.1131-1137, 2006.

WALLY, M.S.; BISSANI, C.A.; SANTOS, V.P.; BORTOLON, L.; BORTOLON, E.S.O.; ANDREAZZA, R.; GIANELLO, C. Efeito de escórias de siderurgia na acidez do solo e no crescimento de plantas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.31, n.3, p.911-920, 2015.