

# MISOSUL

REUNIAO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA  
DE PESQUISA DE MILHO E SORGO



**INFORMAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DE MILHO E SORGO NA REGIAO  
SUBTROPICAL DO BRASIL: SAFRAS 2023/24 E 2024/25**

**CONHECIMENTO | EXPERIÊNCIA | PESQUISA | TECNOLOGIA  
APLICAÇÃO | EXTENSÃO | ENSINO**

# MISOSUL

Reunião Técnica Sul-Brasileira de Pesquisa de Milho e Sorgo

## **Informações técnicas para o cultivo de milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2023/24 e 2024/25**

*Eberson Diedrich Eicholz  
Alencar Rugeri  
Ana Paula Schneid Afonso da Rosa  
Christian Bredemeier  
Felipe Bermudez Pereira  
Fernando Machado dos Santos  
Giovani Theisen  
Jane Rodrigues de Assis Machado  
Marcos Carrafa*

*Editores Técnicos*

Associação Brasileira de Milho e Sorgo  
Sete Lagoas – MG  
2024

### **3. MANEJO DO SOLO, ADUBAÇÃO E CALAGEM**

Revisores técnicos: Evandro Spagnollo  
Walkyria Bueno Scivittaro

#### **3.1 Manejo conservacionista do solo**

Atualmente, apesar de o milho ser cultivado predominantemente em semeadura direta, ainda é incipiente a adoção de práticas conservacionistas fundamentais à melhoria e otimização no uso do solo e indispensáveis à expressão do potencial genético da cultura. Dentre essas práticas, o uso restrito de rotação de culturas pode ser apontado como uma das mais relevantes, em razão dos benefícios que promove ao desempenho das culturas do sistema de produção.

O sistema plantio direto (SPD), também denominado sistema de semeadura direta ou de semeadura direta na palha, no âmbito da agricultura conservacionista, necessita ser interpretado e adotado sob o conceito de processos tecnológicos destinados à exploração de sistemas agrícolas produtivos. Deve contemplar a diversificação de espécies, a mobilização do solo apenas na linha de semeadura, a manutenção permanente da cobertura do solo e a minimização do intervalo entre a colheita e a semeadura (processo colher-semear), além da adoção de práticas mecanizadas conservacionistas. Nesse sentido, a qualificação do sistema plantio direto requer a observância integral dos fundamentos a seguir apresentados.

##### **3.1.1 Rotação de culturas**

A rotação de culturas, conceituada como o cultivo sucessivo de diferentes espécies em uma mesma área, em safras agrícolas consecutivas, é planejada para proporcionar competitividade ao agronegócio, quantidade e qualidade de biomassa e viabilizar o processo colher-semear, tendo como benefícios: a promoção de cobertura permanente do solo e da ciclagem de nutrientes; o aumento no conteúdo de matéria orgânica do solo; a melhoria de atributos físicos do solo, particularmente a capacidade de armazenamento de água; o favorecimento do manejo integrado de pragas; a diversificação e estabilização da produção; a racionalização no uso de mão-de-obra; a otimização no uso de máquinas e equipamentos e a redução no risco de perda de renda.

O sistema plantio direto somente se consolida com a utilização de rotação de culturas e a inserção da cultura do milho em sistema de rotação em plantio direto é bastante vantajosa, tanto pela diversificação do tipo de sistema radicular, quanto pela qualidade e quantidade de biomassa aportada ao solo, como resíduos culturais.

##### **3.1.2 Mobilização mínima do solo**

A restrição da mobilização do solo à linha de semeadura tem como benefícios a redução nas perdas de solo, nutrientes e de água por erosão; a redução na incidência de plantas daninhas; a redução na taxa de decomposição de resíduos culturais e de mineralização da matéria orgânica do solo; a promoção de sequestro de carbono no solo; a manutenção da qualidade do solo; a redução na demanda de mão-de-obra e a redução nos custos de manutenção de máquinas e de equipamentos e no consumo de energia.

##### **3.1.3 Cobertura permanente do solo**

A manutenção permanente de plantas vivas e/ou de restos culturais na superfície do solo tem como benefícios: a dissipação da energia erosiva das gotas de chuva; a redução de perdas de solo e de água por erosão; a manutenção da umidade no solo; a redução da amplitude térmica do solo; a redução da incidência de plantas daninhas; o favorecimento

do manejo integrado de pragas; a estabilização da taxa de ciclagem de nutrientes e a promoção da biodiversidade do solo.

#### **3.1.4 Processo colher-semear**

O processo colher-semear, conceituado como redução ou supressão do intervalo de tempo entre a colheita de uma espécie e a semeadura da cultura subsequente, tem como benefícios: a otimização no uso da terra, por proporcionar maior número de safras por ano agrícola; a otimização do uso de máquinas e equipamentos; a redução nas perdas de nutrientes liberados pela decomposição de restos culturais; a melhoria da fertilidade do solo; o estímulo à diversificação de épocas de semeadura e a reprodução, em sistemas agrícolas produtivos, da dinâmica da matéria orgânica dos sistemas naturais.

#### **3.1.5 Práticas mecanizadas conservacionistas**

A cobertura permanente do solo, otimizada no sistema plantio direto, não se constitui em condição suficiente para amenizar o efeito de enxurradas e controlar a erosão hídrica. Mesmo sob plantio direto consolidado, pode haver escoamento superficial de água, quando da ocorrência de precipitação intensa e/ou em áreas com longos comprimentos de pendente. Isso pode levar a falhas na cobertura do solo e, conseqüentemente, em erosão, devido à tensão de cisalhamento do escoamento superficial. Esse problema é agravado pela semeadura no sentido do declive. A segmentação de topossequências, por semeadura em contorno, culturas em faixas, cordões vegetados, terraços dimensionados especificamente para o sistema plantio direto, constitui-se em solução complementar para esse problema e tem como benefícios: o manejo do solo e da água no âmbito de microbacia hidrográfica; o restabelecimento da semeadura em contorno; a redução no risco de transporte de agroquímicos para fora da lavoura; maior armazenagem de água no solo e a conservação de estradas rurais.

### **3.2 Adubação e calagem**

As informações sobre calagem e adubação propostas neste capítulo baseiam-se em indicações contidas no “Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina”, publicado em 2016 pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC do Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Incluem, ainda, informações específicas relativas às práticas de calagem e adubação para as culturas de milho e sorgo.

#### **3.2.1 Amostragem de solo**

Há três fatores a serem considerados para a definição do plano de amostragem do solo: a uniformidade da área para fins de amostragem e de manejo da lavoura, o número de subamostras a serem coletadas em cada área e a profundidade de amostragem. Características locais, como o tipo de solo, topografia, vegetação, posição na paisagem e histórico de utilização, particularmente a sequência de culturas e o manejo da calagem e adubação, definem a subdivisão da área em glebas uniformes ou homogêneas, as quais devem ser amostradas separadamente. De forma geral, a coleta de 10 a 20 subamostras ao acaso por gleba uniforme é suficiente para a maioria dos sistemas de cultivo, independentemente do amostrador de solo.

Especificamente para o sistema plantio direto, pela maior eficiência, indica-se o uso de pá-de-corte nas amostragens, independentemente de as adubações terem sido realizadas a lanço ou em linha. O uso da pá-de-corte permite que o número de subamostras seja mantido, mesmo em áreas adubadas em linha, quando são requeridos cuidados especiais na coleta das subamostras. Inicialmente, deve-se identificar as linhas de adubação (de plantas da cultura precedente) na lavoura. Na sequência, remover a vegetação da superfície e cavar uma pequena cova, cuja largura deve corresponder ao

espaçamento entre as linhas da cultura precedente; as linhas de plantio devem estar localizadas no centro da cova. Finalmente, com o auxílio da pá-de-corte, cortar uma fatia de solo (3 a 5 cm de espessura) abrangendo toda a largura da cova, ou seja, do meio de uma entrelinha ao meio da entrelinha subsequente. Em se utilizando trado calador, a tradagem deve ser posicionada transversalmente às linhas de adubação, coletando-se um ponto no centro da linha e um ponto de cada lado, totalizando três sub-subamostras, se a cultura precedente utilizar espaçamento entrelinhas pequeno (15 a 20 cm); coletando-se um ponto no centro da linha e três pontos de cada lado, totalizando sete sub-subamostras, se forem culturas com espaçamento entrelinhas médio (40 a 50 cm); ou ainda, coletando-se um ponto no centro da linha e seis pontos de cada lado, totalizando 13 sub-subamostras, se forem culturas com maior espaçamento (60 a 100 cm). Em solos com teores muito alto de fósforo e de potássio (K), as subamostras podem ser retiradas exclusivamente nas entrelinhas de adubação da cultura anterior, não havendo influência nas recomendações de adubação.

Para culturas anuais, como o milho e o sorgo, cultivadas em sistema convencional de preparo, que envolve o revolvimento do solo, a profundidade de amostragem deve contemplar toda a camada de solo movimentada nas operações de preparo, ou seja, de 0 a 20 cm. No caso de cultivos estabelecidos em sistema plantio direto consolidado, indica-se amostrar a camada de 0 a 10 cm, para fins de adubação. Uma amostragem adicional na camada de 10 a 20 cm deve ser feita para subsidiar a recomendação de calagem, bem como para auxiliar na avaliação da disponibilidade de fósforo (P) em profundidade e de enxofre (S).

### **3.2.2 Calagem**

A prática de calagem para solos ácidos objetiva corrigir o pH do solo a níveis (valores) desejados, pela aplicação de corretivos de acidez, sendo o produto mais comumente utilizado o calcário agrícola, composto por carbonato de cálcio e carbonato de magnésio.

#### **3.2.2.1 Cálculo da quantidade de calcário a aplicar**

A tomada de decisão para a calagem baseia-se na sensibilidade da cultura, no nível de acidez do solo e, em algumas situações, também no sistema de produção. As culturas agrícolas são agrupadas em função de seu pH de referência (pH do solo mais adequado). O valor do pH de referência é aplicável, também, a sistemas de rotação de culturas; nesse caso deve-se considerar o pH de referência da cultura mais sensível, ou seja, aquela que requer pH mais elevado, garantindo a expressão do potencial de produtividade de todas as culturas componentes do sistema de produção implantado na área.

A necessidade de calagem é determinada a partir dos valores de acidez ativa do solo (pH em água) e considerando a exigência das culturas pretendidas. No caso das culturas de milho e sorgo, o valor do pH de referência é 6,0. Ressalta-se, porém, que maior limitação da produtividade das culturas devida à acidez do solo ocorre quando o valor do pH do solo é menor que 5,5, isso porque a resposta econômica de algumas culturas à calagem depende da presença de alumínio (Al) trocável no solo, o que somente ocorre sob valores de pH em água menores que 5,5.

A quantidade de corretivo a ser aplicada é estimada, preferencialmente, pelo índice SMP, fornecido pela análise do solo (Tabela 3.1).

As quantidades de corretivo indicadas na Tabela 3.1 consideram um PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) de 100%. Isso significa que as quantidades totais a aplicar devem ser ajustadas ao PRNT do calcário disponível. Deve-se dar preferência ao uso de calcário dolomítico, por conter maior quantidade de magnésio.

**Tabela 3.1** Quantidade de calcário (PRNT = 100%) necessária para elevar o pH em água do solo da camada de 0 a 20 cm a 6,0, estimada pelo índice SMP.

Índice SMP	pH pretendido 6,0	Índice SMP	pH pretendido 6,0
	t/ha		t/ha
<4,4	21,0	5,8	4,2
4,5	17,3	5,9	3,7
4,6	15,1	6,0	3,2
4,7	13,3	6,1	2,7
4,8	11,9	6,2	2,2
4,9	10,7	6,3	1,8
5,0	9,9	6,4	1,4
5,1	9,1	6,5	1,1
5,2	8,3	6,6	0,8
5,3	7,5	6,7	0,5
5,4	6,8	6,8	0,3
5,5	6,1	6,9	0,2
5,6	5,4	7,0	0,0
5,7	4,8	-	-

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

Existe a possibilidade de estabelecer a dose de calcário com base na saturação por bases (V%), como alternativa ao índice SMP. Nesse caso, a saturação por bases é estimada a partir da acidez potencial do solo (H+Al), via índice SMP, assumindo-se, para os solos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, a correspondência entre o valor do pH de referência 6,0 e a saturação por bases média de 75%. Optando-se pela adoção desse método para a definição da dose de calcário, a partir dos dados disponíveis nos laudos de análise química de solo (V% e CTCpH7) e da saturação por bases correspondente ao pH de referência 6,0, a dose de calcário é definida pela equação:

$$NC = [(V1-V2)/100] \times CTC \text{ pH7}$$

Onde: NC= necessidade de calcário (PRNT 100%) em t/ha, para corrigir a camada de 0 a 20 cm; V1= saturação por bases desejada (75% para as culturas de milho e sorgo, cujo pH de referência é 6,0); V2= saturação por bases do solo, expressa no laudo de análise de solo; e CTC= capacidade de troca de cátions estimada a pH 7,0 (CTC pH7).

A quantidade de corretivo (calcário PRNT 100%) definida pelo método da saturação por bases e pelo índice SMP é semelhante. Diferenças maiores podem ocorrer em solos com maior acidez potencial e/ou com teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) elevados, quando a saturação por bases pode estimar uma dose inferior de corretivo que o índice SMP, refletindo-se em elevação no pH menor que a pretendida, não necessariamente com prejuízo para a produtividade das culturas, e/ou menor efeito residual da calagem. Assim, indica-se o uso do índice SMP para estimar a calagem de áreas não previamente corrigidas. Nas reaplicações, é indiferente o método utilizado para o cálculo da dose de calcário.

Em alguns solos, principalmente naqueles com baixo poder tampão (textura arenosa e baixo teor de matéria orgânica, geralmente com índice SMP > 6,3), o método SMP pode indicar o uso de quantidades muito pequenas de calcário, embora o pH em água esteja em

nível inferior ao preconizado. Nesses solos, é recomendável calcular a necessidade de calcário (NC) com base nos teores de matéria orgânica e de alumínio trocável do solo, empregando-se a seguinte equação para atingir pH 6,0:

$$NC = - 0,516 + 0,805MO + 2,435Al$$

Onde: NC= necessidade de calcário (PRNT 100%) em t/ha, para corrigir a camada de 0 a 20 cm; MO= teor de matéria orgânica do solo em % e Al= teor de alumínio trocável do solo em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ .

A quantidade de calcário e seu modo de aplicação variam, ainda, com o sistema de preparo do solo, convencional ou plantio direto (Tabela 3.2).

No sistema convencional de preparo do solo ou na implantação do sistema plantio direto, em que a camada de solo amostrada é de 0 a 20 cm, a dose de calcário é indicada pelo índice SMP para o pH de referência 6,0 e o corretivo deve ser incorporado uniformemente até à profundidade de 20 cm, conforme critérios descritos na Tabela 3.2. A aplicação do corretivo deve ser procedida, preferencialmente, antes da implantação de cultivos de inverno. Aproveitando-se da mobilização do solo para a incorporação do corretivo, quando necessária, pode ser realizada a adubação de correção, especialmente com fósforo.

Em solos de campo nativo com acidez potencial baixa (índice SMP > 5,5), é possível implantar o sistema plantio direto com a aplicação superficial de calcário, considerando-se, porém, a dificuldade de corrigir a camada de 10 a 20 cm de profundidade. Neste caso, a dose sugerida de corretivo corresponde a metade da recomendada pelo método SMP para atingir o pH de referência 6,0.

No sistema plantio direto consolidado, a indicação de calagem é diferenciada em função da constatação ou não de restrição física ou química na camada de 10 a 20 cm de profundidade. Na ausência de restrições ao crescimento radicular nessa camada, a dose indicada de calcário, para aplicação superficial, corresponde à quarta parte (¼) da dose indicada pelo índice SMP para atingir o pH de referência 6,0. Isso porque se considera que essa dose é suficiente para neutralizar a acidez gerada na camada de 0 a 5 cm, embora com o passar do tempo os efeitos da aplicação superficial de calcário possam atingir camadas mais profundas. Ademais, pressupõe-se que a correção do solo abaixo de 10 cm de profundidade foi feita por ocasião da implantação do sistema plantio direto, bem como que a reacidificação do solo nesse sistema ocorre a partir da superfície.

Por sua vez, nas situações em que se constatarem restrições químicas (saturação por Al  $\geq 30\%$  e/ou teor de P disponível menor que o nível crítico) ou físicas (compactação) ao crescimento radicular na camada de 10 a 20 cm, maior atenção deve ser dada à correção da acidez do solo, podendo ser necessário reiniciar o plantio direto, incorporando-se calcário ao solo na camada de 0 a 20 cm em dose correspondente a 1 SMP para pH 6,0. O cálculo da quantidade deve considerar a média dos valores do índice SMP das camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm. Em havendo necessidade de correção do teor de P, indica-se realizar a fosfatagem por ocasião do revolvimento do solo, também estabelecendo-se a dose com base na média dos teores de P nessas duas camadas.

O efeito residual da calagem perdura por alguns anos, dependendo de fatores como o manejo do solo, a quantidade de N aplicada nas diversas culturas, a erosão hídrica e outros. A reaplicação de calcário será necessária quando o resultado de nova análise de solo indicar a necessidade, considerando-se os referenciais constantes na Tabela 3.2.

**Tabela 3.2** Critérios para a indicação da necessidade e dose de calcário para as culturas de milho e sorgo em função do sistema de manejo do solo nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Sistema de manejo do solo	Condição da área	Amostragem (cm)	Critério de decisão	Quantidade de calcário (1)	Método de aplicação
Convencional	Qualquer condição	0 - 20	pH < 5,5	1 SMP para pH água 6,0	Incorporado <sup>(6)</sup>
	Implantação do sistema	0 - 20	pH < 5,5	1 SMP para pH água 6,0	Incorporado <sup>(6)</sup>
Plantio Direto	Sistema consolidado, sem restrições na camada de 10 a 20 cm	0 - 10 <sup>(2)</sup>	pH < 5,5 <sup>(4)</sup>	¼ SMP para pH água 6,0	Superficial <sup>(7)</sup>
	Sistema consolidado, com restrições <sup>(1)</sup> na camada de 10 a 20 cm	0 - 10 e 0 - 20 <sup>(2), (3)</sup>	pH < 5,5 e Al ≥ 30%	1 SMP para pH água 6,0 <sup>(5)</sup>	Incorporado <sup>(6)</sup>

<sup>(1)</sup>Considerar, na decisão de incorporar o calcário, a ocorrência de produtividade da cultura abaixo da média local, especialmente em anos de estiagem; compactação do solo restringindo o crescimento radicular em profundidade e a disponibilidade de fósforo na camada de 10 a 20 cm abaixo do teor crítico;

<sup>(2)</sup>Amostrar separadamente as camadas de 0 a 10 e de 10 a 20 cm; <sup>(3)</sup>Tomada de decisão independente da condição do solo da camada de 0 a 10 cm; <sup>(4)</sup>Não aplicar corretivo quando a saturação por bases (V) ≥ 65% e saturação por Al na CTC < 10%; <sup>(5)</sup>Usar valor do índice SMP médio das duas camadas (0 a 10 cm e 10 a 20 cm) para definir a dose de calcário a ser incorporado; <sup>(6)</sup>Quando a disponibilidade de P e/ou de K forem menores que o teor crítico, recomenda-se fazer a adubação de correção com incorporação de fertilizantes aproveitando a mobilização do solo para a calagem; <sup>(7)</sup>Quantidade aplicada em superfície limitada a 5 t/ha (PRNT 100%).

**Fonte:** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

### 3.2.3 Adubação

#### 3.2.3.1 Adubação nitrogenada para milho

As doses de nitrogênio (N) indicadas para a cultura de milho são apresentadas na Tabela 3.3, variando em função do teor de matéria orgânica do solo, da cultura antecedente e da produção de massa seca da mesma, considerando-se uma expectativa de rendimento de aproximadamente 6 t/ha de grãos.

**Tabela 3.3** Doses de nitrogênio para a cultura de milho em função do teor de matéria orgânica do solo e da cultura antecedente<sup>(1)</sup>.

Teor de matéria orgânica do solo	Cultura antecedente <sup>(1)</sup>		
	Leguminosa	Consortiação ou pousio	Gramínea
%	----- kg/ha de N -----		
≤ 2,5	70	80	90
2,6 – 5,0	50	60	70
> 5,0	≤ 40	≤ 40	≤ 50

<sup>(1)</sup>As quantidades de N indicadas consideram a produção média de matéria seca da cultura antecedente. Caso a matéria seca da leguminosa seja alta (> 3 t/ha), pode-se diminuir a quantidade de N em até 20 kg/ha. Se a matéria seca de nabo ou de consórcio gramínea-leguminosa for baixa (≤ 4 t/ha), pode-se aumentar a quantidade de N em até 20 kg/ha. Se a matéria seca da gramínea for alta (> 4 t/ha), pode-se



umentar a quantidade de N em 20 a 40 kg/ha, conforme a produção de matéria seca da cultura antecedente. Para expectativa de rendimento do milho maior que 6 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg/ha de N, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

**Fonte:** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

Alguns ajustes nas quantidades de N sugeridas na Tabela 3.3 podem ser feitos, sendo descritos na sequência.

Quando a densidade de plantas for maior que 65.000 plantas/ha, elevar a dose de N em 10 kg/ha, para cada incremento de 5.000 plantas/ha.

Para se definir o potencial de rendimento de grãos (RG) do milho podem ser utilizados os seguintes critérios:

RG menor que 6 t/ha: solo, clima ou manejo pouco favoráveis (má distribuição de chuvas, solos com baixa capacidade de retenção de umidade, semeadura em época pouco propícia, baixa densidade de plantas, entre outros aspectos);

RG em torno de 6 t/ha: semente, solo, clima e manejo favoráveis ao desenvolvimento da cultura;

RG entre 6 e 8 t/ha: semente, solo, clima e manejo favoráveis, incluindo eventual uso de irrigação ou de drenagem, uso de cultivares bem adaptadas e manejo adequado do solo e da adubação; e

RG maior que 8 t/ha: semente, solo, clima e manejo muito favoráveis, utilização de cultivares de elevado potencial produtivo e uso eficiente de irrigação ou em safras com boa distribuição de chuva.

Para rendimentos de grãos superiores a 10 t/ha, aumentar a dose de nitrogênio em 20 a 40%.

O nabo forrageiro pode ter uso similar ao de leguminosa de baixa produção, para solos com teores de matéria orgânica menores que 3%, e como leguminosa de produção média, para os demais solos. A adubação nitrogenada para o milho pode ser reduzida em até 20% para lavouras em rotação à soja.

No sistema de preparo convencional, recomenda-se aplicar entre 10 e 30 kg/ha de N na semeadura, dependendo da expectativa de rendimento, e o restante da dose em cobertura a lanço ou em faixa, quando as plantas estiverem com quatro a seis folhas expandidas (estádios fenológicos V4 a V6). Em condições de precipitação intensa ou se a dose de N for elevada, pode-se fracionar a aplicação em duas partes, com intervalo de 15 a 30 dias.

No sistema plantio direto, recomenda-se aplicar entre 20 e 40 kg/ha de N na semeadura, quando esta for feita sobre resíduos de gramíneas, e entre 10 e 20 kg/ha de N, quando a semeadura for sobre resíduos de leguminosas. Bons resultados têm sido obtidos com a antecipação da adubação nitrogenada em cobertura para os estádios fenológicos de três a cinco folhas (V3 a V5) em lavouras sob sistema plantio direto, especialmente nos primeiros anos de implantação do sistema e em solos com baixa disponibilidade de N.

O fracionamento da adubação nitrogenada é estimulado quando a dose do nutriente a aplicar é elevada, podendo-se aplicar 50% da dose quando as plantas estiverem nos estádios fenológicos V4 a V6 e os 50% restantes, nos estádios V8 a V9.

Destaca-se que, sob condições de umidade do solo adequada e condições climáticas favoráveis, ou seja, chuva de 15 a 30 mm ou lâmina de irrigação equivalente, dependendo da textura do solo, logo após a aplicação do fertilizante em cobertura, os adubos nitrogenados apresentam eficiência semelhante, devendo-se utilizar a fonte com menor custo unitário de N aplicado.

A fonte de nitrogênio mais comumente utilizada para o milho é a ureia, que se destaca pelo elevado conteúdo de N e menor custo por unidade do nutriente aplicado, embora esteja sujeita a perdas por volatilização de amônia, particularmente em aplicações em superfície, sob condições desfavoráveis (pouca umidade do solo, pouca palha, temperatura elevada

etc.), quando a eficiência agronômica da ureia pode ser menor que a do sulfato e do nitrato de amônio.

As doses indicadas de N pressupõem que a maioria dos fatores de produção esteja em níveis adequados. Por essa razão, em muitas situações, haverá necessidade de ajustes locais da adubação.

### 3.2.3.2 Adubação nitrogenada para milho pipoca

As doses de nitrogênio indicadas para a cultura de milho pipoca são apresentadas na Tabela 3.4. O manejo da adubação pode ser semelhante ao indicado para o milho, independentemente do sistema de cultivo, convencional ou plantio direto.

**Tabela 3.4** Doses de nitrogênio para a cultura de milho pipoca em função do teor de matéria orgânica do solo<sup>(1)</sup>.

<b>Teor de matéria orgânica do solo</b>	<b>Nitrogênio</b>
%	----- kg/ha de N -----
≤ 2,5	60
2,6 – 5,0	40
> 5,0	≤ 30

<sup>(1)</sup>As quantidades de N indicadas pressupõem rendimento de grãos ≤ 5 t/ha. Para expectativa de rendimento > 5 t/ha, indica-se acrescentar aos valores da tabela 15 kg/ha de N, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

**Fonte:** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

### 3.2.3.3 Adubação nitrogenada para sorgo

As doses de nitrogênio indicadas para a cultura de sorgo são apresentadas na Tabela 4.5, variando em função do nível de matéria orgânica do solo, considerando-se uma expectativa de rendimento de 4 t/ha de grãos, em anos com precipitação pluviométrica normal.

Aplicar 20 kg/ha de N na sementeira e o restante em cobertura, quando as plantas estiverem com cinco a sete folhas expandidas (estádios fenológicos V5 a V7), correspondendo a aproximadamente 30 a 35 dias após a emergência), antes da diferenciação do primórdio floral. A adubação nitrogenada em cobertura pode ser parcial ou totalmente suprimida, sob condições climáticas desfavoráveis.

**Tabela 3.5** Doses de nitrogênio para a cultura de sorgo em função do teor de matéria orgânica do solo<sup>(1)</sup>.

<b>Teor de matéria orgânica do solo</b>	<b>Nitrogênio</b>
%	----- kg/ha de N -----
≤ 2,5	75
2,6 - 5,0	55
5,0	≤ 20

<sup>(1)</sup>As quantidades de N indicadas pressupõem um rendimento de grãos ≤ 4 t/ha. Para expectativa de rendimento > 4 t/ha, acrescentar 15 kg/ha de N, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

**Fonte:** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

### 3.2.3.4 Adubação fosfatada e potássica

As quantidades de fertilizantes fosfatado e potássico a aplicar variam em função dos teores de fósforo (P) e potássio (K) disponível no solo. O limite superior da classe de interpretação "Médio" é considerado o nível crítico de P e de K no solo (Tabelas 3.6 e 3.7), a partir do qual pouco incremento em produtividade é esperado com a aplicação de fertilizantes contendo esses nutrientes.

**Tabela 3.6** Interpretação dos teores de fósforo no solo, extraído pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila para as culturas de milho e sorgo<sup>(1)</sup>.

Interpretação	Classe de teor de argila <sup>(1)</sup>			
	1	2	3	4
	----- mg/dm <sup>3</sup> de P -----			
	-			
<b>Muito baixo</b>	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 6,0	≤ 10,0
<b>Baixo</b>	3,1-6,0	4,1-8,0	6,1-12,0	10,1-20,0
<b>Médio</b>	6,1-9,0	8,1-12,0	12,1-18,0	20,1-30,0
<b>Alto</b>	9,1-12,0	12,1-24,0	18,1-36,0	30,1-60,0
<b>Muito alto</b>	> 12,0	> 24,0	> 36,0	> 60,0

<sup>(1)</sup>Teores de argila: classe 1: > 60%; classe 2: 60-41%; classe 3: 40-21%; classe 4: ≤ 20%.

**Fonte:** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

**Tabela 3.7** Interpretação dos teores de potássio no solo, extraído pelo método Mehlich-1, conforme a CTC do solo para as culturas de milho e sorgo.

Classe de disponibilidade	CTC <sub>pH7,0</sub>			
	≤ 7,5	7,6 a 15,0	15,0 a 30,0	> 30,0
	----- mg/dm <sup>3</sup> de K -----			
	-			
<b>Muito baixo</b>	≤ 20	≤ 30	≤ 40	≤ 45
<b>Baixo</b>	21-40	31-60	41-80	46-90
<b>Médio</b>	41-60	61-90	81-120	91-135
<b>Alto</b>	61-120	91-180	121-240	136-270
<b>Muito alto</b>	> 120	> 180	> 240	> 270

**Fonte:** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

As doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de K<sub>2</sub>O para as culturas de milho e sorgo são indicadas em função de dois critérios básicos: a) a quantidade necessária para o solo atingir o teor crítico em duas safras (adubação corretiva gradual) e b) a exportação desses nutrientes pelos grãos e perdas diversas (adubação de manutenção). As doses de correção gradual correspondem à proporção de 2/3, no primeiro cultivo, e 1/3, no segundo cultivo após a análise de solo, da quantidade indicada para a correção total. A correção gradual pode ser efetuada em solos com níveis de P e de K "Muito baixo" e "Baixo", não sendo utilizada em solos com nível "Médio" desses nutrientes. Neste nível, a dose da adubação de correção deve ser aplicada integralmente no primeiro cultivo, pelo fato de a dose indicada ser menor relativamente às indicadas para as classes "Muito baixo" e "Baixo".

A adubação de manutenção varia com a cultura e sua expectativa de rendimento, sendo necessária para manter os níveis esperados de P e K no solo. Essa adubação é praticada em todas as classes de disponibilidade desses nutrientes, com exceção da "Muito alto",

quando a adubação pode variar de zero até a manutenção, ou ainda ser substituída pela adubação de reposição. Esta consiste na aplicação de quantidades de nutrientes iguais ou menores às exportadas pelos grãos, visando a redução gradativa nos teores de P e K no solo à classe "Alto".

Com base nesses critérios, tem-se uma adubação balanceada em termos de manutenção da fertilidade do solo e de previsão de retornos econômicos satisfatórios.

As doses de nutrientes indicadas nas Tabelas 3.8, 3.9 e 3.10 pressupõem rendimento  $\leq 6$  t/ha, para o milho,  $\leq 5$  t/ha, para milho pipoca, e  $\leq 4$  t/ha para o sorgo. No caso de expectativas de rendimento superiores às descritas, indica-se acrescentar 15 kg/ha de  $P_2O_5$  e 10 kg/ha de  $K_2O$ , para cada tonelada adicional de grãos pretendida.

**Tabela 3.8** Doses de fósforo e de potássio para a cultura do milho em função dos teores de P e K disponíveis no solo<sup>(1)</sup>.

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2
	----- kg/ha de $P_2O_5$ -----		----- kg/ha de $K_2O$ -----	
<b>Muito baixo</b>	200	140	140	100
<b>Baixo</b>	140	120	100	80
<b>Médio</b>	130	90	90	60
<b>Alto</b>	90	90	60	60
<b>Muito alto</b>	0	$\leq 90$	0	$\leq 60$

<sup>(1)</sup>As quantidades de  $P_2O_5$  e de  $K_2O$  indicadas pressupõem rendimento  $\leq 6$  t/ha. Para expectativa de rendimento  $> 6$  t/ha, acrescentar 15 kg  $P_2O_5$  e 10 kg  $K_2O$  por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

**Fonte:** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

**Tabela 3.9** Doses de fósforo e de potássio para a cultura de milho pipoca milho em função dos teores de P e K disponíveis no solo<sup>(1)</sup>.

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	----- kg/ha de $P_2O_5$ -----		----- kg/ha de $K_2O$ -----	
<b>Muito baixo</b>	185	125	130	90
<b>Baixo</b>	125	105	90	70
<b>Médio</b>	115	75	80	50
<b>Alto</b>	75	75	50	50
<b>Muito alto</b>	0	$\leq 75$	0	$\leq 50$

<sup>(1)</sup>As quantidades de  $P_2O_5$  e de  $K_2O$  indicadas pressupõem rendimento  $\leq 5$  t/ha. Para expectativa de rendimento  $> 5$  t/ha, acrescentar 15 kg  $P_2O_5$  e 10 kg  $K_2O$  por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

**Fonte:** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

**Tabela 3.10** Doses de fósforo e de potássio para a cultura do sorgo em função dos teores de P e K disponíveis no solo<sup>(1)</sup>.

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	----- kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -----		----- kg/ha de K <sub>2</sub> O -----	
<b>Muito baixo</b>	170	110	120	80
<b>Baixo</b>	110	90	80	60
<b>Médio</b>	100	60	70	40
<b>Alto</b>	60	60	40	40
<b>Muito alto</b>	0	≤ 60	0	≤ 40

<sup>(1)</sup>As quantidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de K<sub>2</sub>O indicadas pressupõem rendimento ≤ 4 t/ha. Para expectativa de rendimento > 4 t/ha, acrescentar 15 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10 kg K<sub>2</sub>O por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

**Fonte:** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e de Fertilidade do Solo - RS/SC. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. s. l., 2016. 376 p.

Decorridas duas safras após a aplicação das doses indicadas de fertilizantes, recomenda-se realizar nova análise de solo para planejar a adubação das duas safras subsequentes.

As doses indicadas pressupõem que a maioria dos fatores de produção esteja em níveis adequados. Dessa forma, em muitas situações, haverá necessidade de ajustes locais, tanto da adubação como da calagem. Para permitir o ajuste das doses em função das fórmulas de fertilizantes disponíveis no mercado, pode-se admitir uma variação de ±10 kg/ha nas quantidades recomendadas nas Tabelas 3.3, 3.4, 3.5, 3.8, 3.9 e 3.10, sobretudo nas doses mais elevadas.

#### 3.2.3.4.1 Fontes de fósforo e de potássio

Para os fertilizantes fosfatados solúveis ou parcialmente acidulados, a dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> deve ser calculada levando-se em consideração o teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em água e em citrato neutro de amônio. No caso de termofosfatos e de escórias, as quantidades devem ser calculadas levando-se em consideração o teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico a 2%, na relação 1/100.

Os fosfatos naturais farelados apresentam baixa solubilidade em água, mas podem ser utilizados em adubações corretivas de P. Seu uso como fonte de P na adubação de manutenção de culturas anuais é desaconselhado, exceção feita para solos com teores de P nas classes "Médio" e "Alto". As principais fontes de potássio são o cloreto de potássio (KCl) e o sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), sendo ambos solúveis em água e de eficiência equivalente.

Na escolha de qualquer fonte de fósforo ou de potássio deve ser considerado o custo da unidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicado na lavoura, levando em conta os critérios de solubilidade.

#### 3.2.3.5 Fertilizantes orgânicos

É possível utilizar fertilizantes orgânicos no cultivo de milho e sorgo. As doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O devem ser as mesmas indicadas nas Tabelas 3.3, 3.4, 3.5, 3.8, 3.9 e 3.10. O cálculo destas deve ser realizado, porém, levando-se em consideração a velocidade de liberação dos nutrientes desses produtos no solo. Em geral, a liberação de nutrientes de resíduos orgânicos (camas e esterco), na primeira safra, é de cerca de 50%, para o N, e de 80%, para o P. Já o K é liberado integralmente na primeira safra. Salienta-se que o índice de eficiência do N e do P varia com o tipo de adubo orgânico utilizado.

### **3.2.3.6 Fertilizantes organo-minerais**

Este grupo de fertilizantes provém da mistura de fertilizantes orgânicos e minerais. Para atenderem à legislação, os fertilizantes organominerais sólidos para aplicação no solo devem conter, no máximo, 30% de umidade e apresentar garantias mínimas de 8% de carbono orgânico e CTC mínima de 80 mmol/dm<sup>3</sup>. Adicionalmente, devem ter o teor de macronutrientes primários, secundários e micronutrientes garantidos ou declarados de, no mínimo: 10%, para produtos com macronutrientes primários produzidos e comercializados isoladamente (N, P, K) ou em misturas (NP, NK, PK ou NPK); 5% para produtos com macronutrientes secundários isolados ou em misturas; e 4% para produtos com micronutrientes isolados ou em misturas.

A fração orgânica desses fertilizantes não aumenta a eficiência de aproveitamento de N, P e K pelas plantas. A escolha desses produtos deve considerar o custo da unidade de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O aplicado na propriedade.

### **3.2.3.7 Fertilizantes foliares**

A possibilidade da utilização de fertilizantes via foliar nas culturas de milho e sorgo é, potencialmente, para suprimento de micronutrientes, tendo como critério de decisão, a análise foliar. Entretanto, os resultados de pesquisa com vários tipos de fertilizantes foliares não indicaram vantagem de seu emprego nessas culturas.

### **3.2.3.8 Micronutrientes**

As informações de pesquisas realizadas nos últimos anos indicam que a maioria dos solos cultivados com milho e sorgo nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina apresenta disponibilidade adequada de micronutrientes (Zn, Cu, B, Mo, Mn, Fe, Cl e Co), não havendo incremento na produção com a sua aplicação, apesar de às vezes as plantas apresentarem mudanças no aspecto visual. Ressalta-se que a maioria dos fertilizantes fosfatados e os corretivos da acidez apresentam alguns desses nutrientes em sua composição. Já os adubos orgânicos podem conter concentrações significativas de micronutrientes. Por essa razão, a aplicação de micronutrientes somente deve ser realizada se a análise de solo ou de tecido foliar indicar deficiência.