

capítulo 14

Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais

Everaldo Zonta
Juliano Bahiense Stefanato
Marcos Gervasio Pereira

Os adubos ou fertilizantes são compostos químicos, minerais ou orgânicos, naturais ou sintéticos, combinados ou não, que contenham um ou mais nutrientes empregados para suprir as necessidades nutricionais das plantas. Os fertilizantes, quando adicionados ao solo, nas quantidades corretas, devem promover melhorias químicas e/ou físicas e/ou biológicas e aumentar a produtividade e qualidade da colheita.

Se considerado o uso aparente de fertilizantes, o aumento da área plantada e outros fatores de produção (novas variedades, manejo, produtos com maior eficiência) nos últimos 20 anos, o uso de adubos foi o responsável por 51% do aumento da produção agrícola do país, seguido pelos outros fatores de produção (37%) e pela expansão da área de cultivo (12%), segundo estimativa dos autores.

No Brasil, a recomendação dos adubos para as culturas é feita de acordo com os manuais de calagem e adubação de cada estado e a comercialização de acordo com a Legislação Brasileira de Fertilizantes¹ vigente do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), que estabelece nas suas diferentes leis, decretos e instruções

¹Os profissionais da área devem necessariamente estar sempre atentos às atualizações e modificações da legislação vigente. O Mapa (<http://www.agricultura.gov.br>) mantém em sua página uma seção exclusiva de legislação (Sislegis) que é constantemente atualizada.



normativas, a classificação, garantias mínimas dos nutrientes contidos neles, tolerâncias admitidas para cada caso, teores de metais pesados admissíveis, além de dispor sobre inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura.

Um dos fatores mais importantes para a produtividade ótima das culturas é a adubação racional, eficiente e equilibrada. A adubação otimiza a produtividade dos cultivos agrícolas, porém, o uso de fertilizantes também aumenta os custos de produção. A eficiência das adubações é influenciada pelas características específicas dos adubos, pela dose, pelo método e pela forma de aplicação, e também pelas práticas de manejo e características do solo.

O solo, mesmo quando possui fertilidade natural adequada, tende a apresentar, após cultivos sucessivos, diminuição em sua capacidade de fornecimento de nutrientes e de elementos benéficos em quantidade necessária para a manutenção dos níveis de produtividade das lavouras. Para que não ocorra uma redução da disponibilidade de nutrientes no solo, devem ser adotadas medidas para a correção, a manutenção ou o aumento da sua fertilidade química, uma vez que a atividade agrícola é exportadora de nutrientes. Essas medidas são realizadas pela aplicação de corretivos e adubos orgânicos e/ou minerais no solo e de adoção de práticas de manejo que preservem seus atributos físicos, químicos e biológicos, pois somente assim pode-se manter a sua fertilidade.

Deve-se alertar que a utilização de adubos em doses exageradas pode ser prejudicial às plantas tanto pela concentração de excesso de sais, quanto pela presença de substâncias tóxicas; ademais, doses excessivas podem produzir impactos ambientais indesejados e/ou acumular substâncias incompatíveis com a qualidade dos alimentos. Algumas práticas de adubação utilizadas em alguns modelos de produção agrícola podem

se mostrar não sustentáveis, em função do possível risco de contaminação de aquíferos, mananciais hídricos e eutrofização dos ambientes aquáticos em geral. A lixiviação de íons para as camadas mais profundas do solo, naqueles com baixa capacidade de troca catiônica (CTC) também é um problema que se acentua com o uso de doses elevadas de adubos, principalmente os de alta solubilidade.

Definições de acordo com a legislação atual

Um conjunto de leis, decretos e instruções normativas dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. A última alteração foi feita pelo Decreto nº 8.384, de 29 de dezembro de 2014 que alterou o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que por sua vez aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980 (Brasil, 2004). Nestas leis é possível encontrar todas as informações para classificar um fertilizante, bem como as demais informações que se fazem necessárias para que o agricultor tenha em mãos um produto de qualidade para uso em suas lavouras.

De acordo com a legislação vigente, os fertilizantes podem ser classificados como:

- a) Fertilizante mineral: produto de natureza fundamentalmente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico, fornecedor de um ou mais nutrientes de plantas.
- b) Fertilizante orgânico: produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais.

- c) Fertilizante organomineral: produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos.
- d) Fertilizante mononutriente: produto que contém um só dos macronutrientes primários.
- e) Fertilizante binário: produto que contém dois macronutrientes primários.
- f) Fertilizante ternário: produto que contém os três macronutrientes primários.
- g) Fertilizante com outros macronutrientes: produto que contém os macronutrientes secundários, isoladamente ou em misturas destes, ou ainda com outros nutrientes.
- h) Fertilizante com micronutrientes: produto que contém micronutrientes, isoladamente ou em misturas destes, ou com outros nutrientes.
- i) Fertilizante mineral simples: produto formado, fundamentalmente, por um composto químico, contendo um ou mais nutrientes de plantas.
- j) Fertilizante mineral misto: produto resultante da mistura física de dois ou mais fertilizantes minerais.
- k) Fertilizante mineral complexo: produto formado de dois ou mais compostos químicos, resultante da reação química de seus componentes, contendo dois ou mais nutrientes, como é o caso por exemplo das fórmulas NPK. Estas em particular podem ser:
- Mistura de grânulos: é o fertilizante misto onde cada nutriente principal está contido em grãos separados e resultam da mistura de fertilizantes simples; e
 - Mistura granulada ou complexa: é o fertilizante misto que contém todos os nutrientes de sua fórmula no mesmo grão.

- l) Fertilizante orgânico simples: produto natural de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes de plantas.
- m) Fertilizante orgânico misto: produto de natureza orgânica, resultante da mistura de dois ou mais fertilizantes orgânicos simples, contendo um ou mais nutrientes de plantas.
- n) Fertilizante orgânico composto: produto obtido por processo físico-químico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas.
- o) Biofertilizante: produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante.
- p) Fritas: produtos químicos fabricados a partir de óxidos e silicatos, tratados a alta temperatura até a sua fusão, formando um composto óxido silicatado, contendo um ou mais micronutrientes.

Em todos os casos, é obrigatório por lei que seja dada ao produtor a garantia dos teores do(s) nutriente(s) contido(s) no produto, ou seja, deve ser indicada a quantidade porcentual em peso de cada elemento químico, de seu óxido correspondente, ou de qualquer outro componente do produto, incluídos, quando for o caso, o teor total, o teor solúvel ou ambos os teores de cada componente e a especificação da natureza física. Contudo, há uma tolerância, ou seja, desvios admissíveis entre o resultado analítico encontrado em relação às garantias registradas ou declaradas pelo fabricante. Quanto à determinação dos teores contidos nos diferentes produtos, os métodos adotados para tal, também são indicados por lei (Instrução Normativa nº 37, de 13 de outubro de

2017), que aprovou os métodos oficiais para realização de ensaios em amostras e que constam no Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos (Brasil, 2017).

Quanto à forma física, os fertilizantes podem ser classificados em:

- a) Pó: fertilizantes simples ou misto sendo moídos na forma de pó.
- b) Farelado: fertilizantes com grânulos desuniformes.
- c) Granulado: fertilizantes na forma de grânulos.
- d) Líquido: fertilizantes na forma líquida.

Fertilizantes minerais

Os solos brasileiros, de clima tropical, são caracterizados por apresentarem baixos teores disponíveis de nutrientes essenciais para o desenvolvimento vegetal e elevada acidez. Assim, há necessidade de se construir a fertilidade química desses solos, mediante o uso eficiente de fertilizantes e de corretivos e de práticas agrícolas que visem preservar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, aumentando assim os teores de matéria orgânica, fundamental para a melhoria da sua fertilidade.

O Brasil é o quarto país consumidor de fertilizantes, contudo, produzindo, aproximadamente, 2% da produção mundial, o que torna o país um grande importador de fertilizantes ou de matérias-primas para seus cultivos. Dessa forma, uma vez que a maior parte dos adubos utilizados na agricultura brasileira é proveniente de importações, boas práticas de uso dos fertilizantes tornam-se necessários para uma adubação mais racional, eficiente e equilibrada.

Diante disso, um dos motivos que causam grandes preocupações no agronegócio brasileiro é a alta dependência das importações, tanto de

matéria-prima para a fabricação de fertilizantes minerais como também de fertilizantes acabados. Quanto à produção nacional de N, P_2O_5 e K_2O , em 1983 produziram-se 68% do total utilizado, em 2006 a quantidade de fertilizantes minerais produzida foi de apenas 35%, e estimativas apontam que provavelmente em 2025 apenas 14% das necessidades desses insumos serão produzidas no Brasil. Em 2017 o Brasil produziu somente 17% dos fertilizantes minerais utilizados (International, 2017). Desse modo, é de grande importância que a eficiência de uso de nutrientes via adição de adubos ao solo seja levada em consideração, visando uma agricultura mais sustentável.

No cenário atual, no qual as áreas agricultáveis disponíveis no mundo são cada vez menores e as pressões ambientais elevadas, o Brasil surge com área agricultável disponível, assim como possibilidade de aumento da produtividade, podendo expandir de forma acentuada a produção agrícola, contribuindo de forma positiva para o fornecimento de alimentos para a população mundial.

Dentre as maneiras de tornar mais eficiente o uso de nutrientes aplicados às culturas estão as “Boas Práticas para Uso eficiente de Fertilizantes” (BPUFs) na qual se destaca a teoria dos 4Cs, onde, de maneira geral, baseia-se na utilização da fonte certa de fertilizante, na dose certa, no local certo e na época certa de maior exigência nutricional da cultura.

Fertilizantes minerais nitrogenados

Levando em consideração os elevados custos de produção agrícola, acentuado pela variação climática, principalmente em função das oscilações pluviárias, recomenda-se, em busca de maior eficiência, a utilização de produtos que apresentem maior estabilidade em relação às alterações do ambiente. Dentre os fertilizantes utilizados, as fontes nitrogenadas são as mais susceptíveis às alterações climáticas, podendo, quando

manejadas de forma inadequada, apresentarem expressivas perdas de nitrogênio (N) para o ambiente.

Os fertilizantes nitrogenados convencionais, que predominam no mercado brasileiro, contêm N na forma solúvel e prontamente disponível. Nestes fertilizantes o nutriente encontra-se principalmente na forma amoniacal, nítrica e amídica, podendo fornecer também cálcio, magnésio e enxofre (Tabela 1).

Tabela 1. Fertilizantes minerais nitrogenados e concentração dos nutrientes.

Fertilizante	N total	N amoniacal	N nítrico	N amídico	CaO	MgO	S
	%						
Amônia anidra	82	82	-	-	-	-	-
Aquamônia	16 – 21	16 – 21	-	-	-	-	-
Nitrato de amônio	37	17	17	-	-	-	-
Nitrato de cálcio	14	-	14	-	28	-	-
Nitrato de sódio	14	-	14	-	-	-	-
Nitrocálcio	22 – 27	13,5	13,5	-	7	3	-
Sulfato de amônio	20	20	-	-	-	-	24
Ureia	45	-	-	45	-	-	-

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Um ponto de preocupação com relação ao nitrogênio se relaciona ao elevado nível de dependência do produto importado, que em 2017 alcançou a marca de 85% (International, 2017).

Atualmente, a ureia, corresponde aproximadamente a 60% dos fertilizantes nitrogenados utilizados na agricultura brasileira. Este fertilizante pode ser utilizado de diversas formas como fonte de N para as culturas. Porém, seu uso mais comum é a aplicação sob a superfície ou

incorporado ao solo. Entretanto, devido à sua alta solubilidade, a ureia pode também ser dissolvida em água e aplicada ao solo, adicionada à água de irrigação ou pulverizada sobre a folhagem das plantas.

Contudo, a ureia apresenta como grande desvantagem, expressivas perdas de N por volatilização da amônia (NH_3), pois quando aplicada ao solo, pode sofrer hidrólise por ação da enzima urease, convertendo NH_2 a NH_4^+ . Em função de consumir H^+ do meio, essa reação promove a elevação do pH do solo próximo aos grânulos de fertilizantes, o que favorece a transformação do NH_4^+ em NH_3 , uma forma gasosa passível de perda por volatilização.

Atualmente uma das alternativas utilizadas para melhorar a eficiência da ureia e reduzir as perdas de N por volatilização é o uso de produtos de liberação controlada e estabilizados, conhecidos como “fertilizantes de eficiência aumentada”. Os fertilizantes de liberação controlada consistem no revestimento da ureia com polímeros e/ou enxofre (S), no qual o N vai sendo liberado de acordo com o desenvolvimento da planta, porém estes são relativamente mais caros, uma vez que a tecnologia de revestimento requer equipamentos mais sofisticados. Quanto ao fertilizante estabilizado, tecnologia mais utilizada no Brasil, consiste no uso de aditivos juntamente à ureia que reduzem as perdas por lixiviação e especialmente por volatilização. A ureia contendo o inibidor da urease NBPT (N-butil tiofosfórico triamida), é o produto mais conhecido e utilizado.

Fertilizantes minerais fosfatados

Os solos brasileiros, localizados em região tropical, apresentam-se de maneira geral, deficientes em fósforo (P). Como a reação desse nutriente nos solos tropicais geralmente desfavorece a sua absorção pelas plantas, é de grande importância o correto manejo dos fertilizantes fosfatados. Os solos tropicais são caracterizados por apresentarem sua mineralogia dominada por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, pH ácido, baixa

saturação por bases e altos teores de alumínio, e com carga superficial elétrica variável, podendo esta ser positiva, o que torna complexo o manejo da utilização de P no solo. Esta complexidade está relacionada à fixação do P pelos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, tornando então o nutriente indisponível para utilização pelas plantas.

Dentre as formas de fontes de P disponíveis no mercado, os fertilizantes fosfatados totalmente acidulados ocupam posição de destaque, principalmente, em função do baixo custo por unidade do nutriente presente nestes produtos. Dentre estes, pode-se destacar os superfosfatos simples e triplo, assim como o fosfato monoamônico (MAP) e o fosfato diamônico (DAP). Estes fertilizantes podem ser utilizados tanto na forma de adubos minerais simples ou misturados a outras fontes de nutrientes, como o N e o potássio (K), produto conhecido como fórmulas NPK.

Pela legislação brasileira, os teores de P no fertilizante fosfatado são expressos sob a forma de P_2O_5 (pentóxido de fósforo) sendo esta a maneira de indicar a quantidade de P no adubo. Os principais fertilizantes minerais fosfatados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Fertilizantes minerais fosfatados e concentração dos nutrientes.

Fertilizante	P_2O_5 total	P_2O_5 solução de ácido cítrico	P_2O_5 solução em água	CaO	Observação
	%				
Superfosfato simples	19 – 21	18	16	25 – 28	Solúvel em água, contém enxofre (12-14%)
Superfosfato triplo	42 – 48	40 – 44	37	17 – 23	Solúvel em água
Termofosfato	19	18	-	30	Fosfossilicatos, contém 18% de MgO
Fosfato monoamônico (MAP)	48 – 60	48 – 60	48 – 60	-	Fosfato amoniacal, contém 11% N

continua...

Tabela 2. Continuação.

Fertilizante	P_2O_5 total	P_2O_5 solução de ácido cítrico	P_2O_5 solução em água	CaO	Observação
	%				
Fosfato diamônico (DAP)	44 – 52	44 – 52	44 – 52	-	Fosfato amoniacal, contém 18% N
Fosfato de Araxá	28 – 30	5 – 6	-	42 – 45	Fosfato natural
Fosfato de Patos de Minas	24	4	-	28	Fosfato natural
Fosfato natural parcialmente acidulado	26	11	10	35	Solúvel em água, contém 17% S

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Como consequência da forte demanda de P na agricultura brasileira aliada à baixa produção de fertilizantes fosfatados, o Brasil é um grande importador de rocha fosfática e de fertilizantes fosfatados, tendo comprado, no ano de 2017, 69% de todo o P utilizado (International, 2017). Da totalidade de fosfatados utilizados na agricultura brasileira em 2017, 46% foi na forma de MAP, seguido dos superfosfatos simples e triplo, com 30% e 20%, respectivamente.

Fertilizantes minerais potássicos

Na Tabela 3 são apresentados os fertilizantes minerais potássicos utilizados e os teores dos nutrientes acompanhantes. Da mesma forma que para o P, e de acordo com a legislação pertinente, os teores de potássio (K) nos fertilizantes são expressos sob a forma de K_2O (óxido de potássio). Todos os fertilizantes minerais potássicos convencionais são totalmente solúveis em água e compatíveis de serem misturados com a maioria dos fertilizantes comerciais.

Tabela 3. Fertilizantes minerais potássicos e concentração de nutrientes.

Fertilizante	K ₂ O	CaO	MgO	S
	%			
Cloreto de potássio	58 – 62	0 – 3	0 – 3	0 – 3
Sulfato de potássio	48 – 52	0 – 2,5	0 – 2	15 – 19
Nitrato de potássio	44	-	-	-
Sulfato de potássio e magnésio	20 – 22	-	18 – 19	20 – 22

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Assim como para o N e o P, a maior parte dos fertilizantes potássicos utilizados na agricultura brasileira é proveniente de importações. Atualmente, o Brasil importa em torno de 95% dos fertilizantes potássicos utilizados, sendo a grande maioria sob a forma de cloreto de potássio.

O cloreto de potássio (KCl) é a fonte mais utilizada de K, uma vez que este é o produto que apresenta a maior concentração de K₂O, além de seu processo de produção ser, em relação aos demais fertilizantes, o de menor custo.

Contudo, cuidados devem ser tomados na utilização do KCl no que se refere à dose de K₂O aplicada, especialmente no plantio, para que não cause salinidade temporária no solo. Isso ocorre, devido ao fato do KCl apresentar dentre todos os fertilizantes minerais o maior índice salino, em virtude, de conter em sua composição de 42% a 47% de cloro. Dessa forma, o sulfato de potássio é frequentemente utilizado na adubação das culturas em substituição ao KCl quando o cloro (Cl) é indesejável.

Fertilizantes minerais sulfatados

O enxofre (S) é reconhecido, junto com o N, P e K, como um nutriente de extrema importância para o desenvolvimento das culturas. Junto com o N, o S está presente em todas as funções e processos que fazem parte

da vida da planta. Por exercerem funções similares na planta, a clorose provocada pela deficiência de N é semelhante à causada pela falta de S, a diferença ocorre em função da mobilidade dos nutrientes dentro da planta. O N por ser móvel na planta a sua deficiência ocorre primeiro nas folhas mais velhas, ao contrário, o S por ter baixa mobilidade na planta, sua deficiência ocorre primeiro nas folhas mais novas.

Pesquisas apontam que, tanto a colheita quanto a qualidade do produto são influenciadas pelo S. De acordo com Alvarez et al. (2007), de maneira geral, a quantidade requerida de S pelas plantas aproxima-se da exigência nutricional em P, podendo em algumas culturas até superá-la. Contudo, na adubação com P e com S, para que se obtenha uma adequada disponibilidade de nutrientes para as plantas, devem-se aplicar doses maiores de P do que de S, principalmente em solos argilosos, uma vez que estes tendem a apresentar maior capacidade de adsorção de P.

Os fertilizantes sulfatados podem se apresentar na forma de fertilizantes simples ou compostos, com teores variáveis de S, como apresentados na Tabela 4. As fontes mais comuns de fertilizantes sulfatados simples possuem o elemento na forma de sulfato (SO_4^{-2}).

Tabela 4. Fertilizantes contendo enxofre e a concentração no nutriente.

Fertilizante	Enxofre (S)
	%
Enxofre elementar	98 – 99
Sulfato de amônio	24
Sulfato de cálcio (gesso agrícola)	15 – 16
Sulfato de magnésio	13 – 14
Sulfato de potássio	15 – 19
Sulfato de potássio e magnésio	20 – 22
Superfosfato simples	12 – 14

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

O sulfato de amônio é uma das melhores opções para adição de S nos programas de adubação, uma vez que o S contido neste fertilizante estará prontamente disponível para as plantas, pois se encontra na forma de sulfato. Além disto, para culturas que demandam adubação nitrogenada em cobertura, o sulfato de amônio apresenta como vantagem a pouca perda de N por volatilização, sendo uma excelente garantia de S. O superfosfato simples tem como vantagem a presença de cálcio (Ca) e S na forma de sulfato de cálcio (gesso agrícola), o que possibilita, ao longo do tempo, a melhoria das condições subsuperficiais do solo, contribuindo para a redução do alumínio tóxico, além de proporcionar melhores condições para o desenvolvimento radicular.

Recentemente, tem despertado o interesse no uso do S elementar para algumas culturas. Contudo, a forma em que o S se encontra neste fertilizante não está prontamente disponível para as plantas, e sua utilização depende de sua oxidação a sulfato, que é realizada principalmente por microrganismos do solo. Entretanto, em função da sua alta concentração de S, caracteriza-se por apresentar um custo relativamente baixo, o que permite seu uso em formulações com altos teores de N, P e K (Cantarella et al., 2007).

Fertilizantes com micronutrientes

Atualmente, a agricultura brasileira tem se caracterizado pela produtividade, eficiência, rentabilidade e sustentabilidade. Neste contexto, o uso de micronutrientes nos programas de adubação para as mais variadas culturas e condições de solo e clima passou a ser recomendado com mais frequência.

Geralmente a preocupação principal dos agricultores é a manutenção e reposição dos nutrientes do solo por meio de adubações com fertilizantes contendo N, P e K. Contudo, pesquisas têm demonstrado grandes

ganhos em produtividade quando são utilizados micronutrientes nos programas de adubação para as diversas culturas. Desse modo, para sistemas de produção tecnificados a adubação do solo com micronutrientes, principalmente, zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B) é uma realidade, garantindo assim maiores produtividades e melhor qualidade do produto final.

Existem no mercado inúmeros produtos contendo micronutrientes, para uso em diferentes formas de aplicação. No entanto, tais fontes diferem bastante quanto ao estado físico, reatividade química, custo e biodisponibilidade. Em geral, as fontes de micronutrientes utilizadas são as inorgânicas, quelato sintéticos e óxidos silicatados.

As fontes inorgânicas são representadas pelos sais metálicos como os sulfatos, cloretos e nitratos, que são solúveis em água, e os óxidos e os carbonatos que são insolúveis em água. No entanto, a solubilidade em água é uma característica determinante para que o adubo apresente maior eficiência agrônômica em curto prazo, especialmente para culturas de ciclo curto.

Os quelatos sintéticos são produtos formados pela combinação de um agente quelatizante com um metal por meio de ligações coordenadas. Esses são geralmente muito solúveis em água, mas, diferentemente dos sais metálicos, dissociam-se pouco em solução (Lopes, 1991). Apesar de apresentarem maior eficiência agrônômica em alguns casos, os quelatos geralmente são mais caros que as fontes inorgânicas.

Os óxidos silicatados, também conhecidos como fritas ou FTE (Fritted Trace Elements) são produtos cuja solubilidade é controlada pelo tamanho das partículas. Estes por serem insolúveis em água, apresentam maior eficiência quando aplicados na forma de pó fino, a lanço com incorporação, em solos de textura mais arenosa e sujeitos a altos índices pluviais e altas taxas de lixiviação.

O comportamento dos micronutrientes no solo é influenciado por diversos fatores, tais como: textura e mineralogia do solo, matéria orgânica, pH, condições de oxirredução e interação entre os nutrientes, o que torna a dinâmica dos micronutrientes no solo complexa interferindo na sua disponibilidade para as plantas. Interações antagônicas entre os nutrientes no solo e planta podem ocorrer e são comuns, podendo ocasionar desbalanço nutricional e deficiência de micronutrientes, por exemplo, níveis elevados de Cu inibem a absorção de Zn e vice-versa.

Um dos fatores que está diretamente relacionado com a eficiência de uso dos micronutrientes é a sua forma de aplicação, na qual a fonte do micronutriente, o tipo de solo, o pH, a solubilidade, o efeito residual, a mobilidade do nutriente e a cultura devem ser considerados na tomada de decisão. Dentre os vários métodos de aplicação destacam-se a adubação via solo, incluído adubação fluida e fertirrigação; adubação foliar; o tratamento de sementes e o tratamento de mudas (Abreu et al., 2007).

Em virtude das baixas doses empregadas, a aplicação uniforme de micronutrientes nas lavouras constitui um dos grandes problemas para o manejo da adubação. Assim, uma das formas mais utilizadas de aplicação de micronutrientes na agricultura é a sua associação (incorporado ou revestido) em misturas de grânulos NPK. A principal vantagem desse produto é que os micronutrientes podem ser misturados aos fertilizantes NPK obtendo fórmulas específicas que visam atender às recomendações tanto de NPK quanto de micronutrientes. Outra opção bastante eficiente que se encontra no mercado e que melhora a uniformidade de aplicação é o revestimento de fertilizantes NPK ou até mesmo de fertilizantes minerais simples, como a ureia. Esta pode ser revestida, por exemplo, com Cu, Zn e B em diferentes concentrações, proporcionando não somente uma adubação mais eficiente de micronutrientes, mas também melhorando a eficiência de uso do N.

Para que se consiga alcançar bons resultados, o manejo da adubação com micronutrientes deve ter por parte do aplicador maior cuidado do que

em relação aos macronutrientes, principalmente devido à maior complexidade do comportamento dos micronutrientes no solo e na planta. Diante disso, a análise química do solo é a referência principal para determinar as quantidades a serem aplicadas, especialmente em áreas que nunca foram adubadas com micronutrientes. Posteriormente, as adubações complementares com micronutrientes devem ser confirmadas por meio de análise foliar. Diante disso, o conhecimento da dinâmica dos micronutrientes no solo, das técnicas de diagnose, do manejo da adubação (fontes e métodos de aplicação) e do conhecimento do efeito residual dos adubos que contêm micronutrientes é de fundamental importância para a definição de doses e intervalos de reaplicação, constituindo importantes fatores para um uso mais eficiente deste insumo.

Fórmulas NPK

Os nutrientes podem ser aplicados separadamente com o uso de fertilizantes simples ou em conjunto com misturas que constituem as fórmulas de fertilizantes. Embora possam ser produzidas fórmulas na propriedade, geralmente são utilizados produtos prontos da indústria e das misturadoras, que proporcionam boa uniformidade, especialmente em relação à granulometria dos seus componentes.

A combinação de diferentes fertilizantes minerais simples para o fornecimento de dois ou mais nutrientes, geralmente três, são, usualmente, reconhecidos pela expressão da fórmula NPK. Esta pode ser na forma de misturas de grânulos ou mistura granulada. A mistura de grânulos consiste na combinação física de diferentes fertilizantes minerais simples para serem misturados na propriedade. A mistura granulada dos diferentes nutrientes encontra-se toda nos mesmos grânulos, sendo estes prontos para uso.

Para que se possa misturar diferentes fertilizantes, atenção tem que ser dada à sua compatibilidade. A associação ou mistura de dois ou mais materiais incompatíveis entre si do ponto de vista químico, físico e

físico-químico, ocasionará deterioração de suas propriedades, podendo comprometer a qualidade, eficiência e a aplicação do produto final.

Quanto ao aspecto físico, a compatibilidade granulométrica (tamanho das partículas) dos diferentes componentes da fórmula é de grande importância para a eficiência da adubação, uma vez que, a associação de fertilizantes com granulometria variada, poderá ocasionar segregação, que consiste basicamente na separação das partículas que compõem a mistura dos fertilizantes, por ordem de tamanho. A partir da segregação ocorrerá uma distribuição irregular dos nutrientes no campo, reduzindo a eficiência da adubação, causando prejuízos ao desenvolvimento da cultura. Em relação aos aspectos químicos e físico-químicos, cuidados também devem ser tomados para não ocasionar reações químicas adversas que poderão resultar em perda de nutrientes, como a solubilidade, a salinidade, o empedramento e a higroscopicidade. A Figura 1 mostra a compatibilidade entre os principais fertilizantes e corretivos de acidez, utilizados em formulações comerciais, destinadas à aplicação no solo.

Adubos orgânicos		C Compatíveis: podem ser misturados CL Compatibilidade limitada: podem ser misturados pouco antes da aplicação ou em proporções limitadas I Incompatíveis: não podem ser misturados																							
C	Nitrato de sódio																								
C	C	Nitrato de potássio																							
C	C	C	Nitrocálcio																						
C	C	C	C	Nitrato de amônio																					
C	C	C	C	C	Sulfato de amônio																				
C	C	C	I	I	C	Ureia																			
C	C	C	C	C	C	C	Farinha de ossos																		
C	C	C	C	C	C	C	C	Fosfatos naturais																	
C	C	C	C	C	C	C	C	CL	C	Superfosfato simples															
C	C	C	C	C	C	C	C	CL	C	C	Superfosfato triplo														
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	MAP													
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	CL	C	DAP										
CL	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	I	Escórias														
CL	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	C	Termofosfato														
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	CL	Cloreto de potássio								
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	CL	C	Sulfato de potássio							
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C	C	Sulfato de potássio e magnésio						
CL	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	C	Cal virgem, hidrat., calcários calcin.										
CL	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	C	CL	CL	C	C	Calcários						

Figura 1. Compatibilidade entre fertilizantes e corretivos para obtenção de fórmulas comerciais para aplicação no solo.

Fonte: Comissão (2004).

Neste tipo de fertilizante, a composição é definida por três números, que expressam, respectivamente, as porcentagens de N, P_2O_5 e K_2O . Por exemplo, a fórmula 4-14-8 apresenta 4% de N, 14% de P_2O_5 e 8% de K_2O , ou seja, a aplicação de 100 kg dessa fórmula adicionará ao solo 4 kg de N, 14 kg de P_2O_5 e 8 kg de K_2O .

Fertilizantes orgânicos

A matéria orgânica (MO) é a fração que mais contribui para a sustentabilidade de solos altamente intemperizados como os que ocorrem no Brasil, sendo responsável por maior atividade biológica, agregação, CTC e outras características importantes. O teor de MO varia conforme o balanço entre a quantidade que entra e a quantidade que sai do solo. As principais entradas ocorrem por meio da deposição de resíduos da vegetação que se desenvolve *in situ* e por meio da adição de adubos orgânicos ou de cobertura morta, incluindo os adubos verdes. As saídas estão associadas principalmente à erosão e à decomposição da MO com consequente evolução de CO_2 via respiração microbiana.

Há alguns anos observa-se interesse crescente na utilização de adubos orgânicos pelos seus reconhecidos efeitos benéficos também na produtividade das culturas, decorrentes de melhorias dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, em que a intensidade de cada um destes efeitos varia em função do tipo de adubo, quantidade aplicada e manejo adotado.

Adubos orgânicos, quando comparados com os minerais, possuem baixos teores de nutrientes, como também podem estar desbalanceados em relação à necessidade da cultura, quando se adota uma dose que contemple o nutriente que estiver mais limitante, e consequentemente disponibilizando uma quantidade maior dos demais elementos.

Entretanto, por mais benefícios que a adubação orgânica proporcione aos solos, esses insumos devem ser recomendados de forma correta e de acordo com as características do solo e da cultura a ser implantada.

Uma das grandes vantagens do uso de adubos orgânicos é a disponibilização dos nutrientes, que ocorre de forma mais lenta e gradual, quando comparada com adubos minerais de alta solubilidade. O N e o P possuem uma liberação mais lenta dependendo da mineralização da MO, e com isso proporcionando disponibilidade ao longo do tempo, o que por vezes favorece melhor aproveitamento pela planta. O K é disponibilizado de forma mais rápida que estes dois nutrientes, pois se encontra livre nos materiais orgânicos e sua liberação dependente apenas do rompimento da parede celular.

O uso de adubos orgânicos pressupõe necessariamente que seja feita uma determinação dos teores totais, ao menos de N, P e K, haja vista a variabilidade entre os materiais, quando provenientes de áreas, animais e manejos distintos. Na Tabela 5 consta os teores de N, P_2O_5 e K_2O de alguns adubos orgânicos e sua variabilidade.

Tabela 5. Teores e variação de C, N, P_2O_5 e K_2O e relação C:N (carbono orgânico: nitrogênio total) de alguns adubos orgânicos utilizados na agricultura.

Fertilizante orgânico ou adubo verde	C		N		P_2O_5		K_2O		Relação C:N
	$g\ kg^{-1}$	±	$g\ kg^{-1}$	±	$g\ kg^{-1}$	±	$g\ kg^{-1}$	±	
Aguapé	202,0	50,0	1,3	0,3	0,3	0,0	1,5	0,3	161,6
Amendoim forrageiro	220,0	10,0	25,5	2,5	7,6	0,3	9,6	1,0	8,6
Bokashi	271,5	3,5	12,5	1,5	6,0	1,0	2,5	0,5	21,7
Cama de frango	337,5	57,5	33,5	1,5	38,5	0,4	8,8	4,5	10,1
Cama de poedeira	285,0	15,0	44,4	4,6	21,5	2,5	67,5	22,5	6,4
Composto de lixo	186,2	65,1	12,1	4,4	5,9	0,8	6,3	2,6	15,4

continua...

Tabela 5. Continuação.

Fertilizante orgânico ou adubo verde	C		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		Relação C:N
	g kg ⁻¹	±	g kg ⁻¹	±	g kg ⁻¹	±	g kg ⁻¹	±	
Composto orgânico	269,0	87,0	15,1	5,3	13,5	6,2	13,7	7,9	17,9
Coquetel de espécies¹	224,5	25,5	18,7	0,7	8,0	0,9	27,1	2,1	12,0
Crotalária júncea	180,7	28,8	32,5	6,7	10,3	4,2	32,0	5,0	5,6
Esterco bovino curtido	349,8	78,1	16,7	3,5	21,0	8,7	22,4	8,7	21,0
Esterco bovino fresco	145,3	34,9	8,6	2,5	7,5	1,1	12,3	5,2	16,9
Esterco de galinha	174,7	29,5	25,1	11,0	19,4	6,5	14,1	5,3	7,0
Esterco de porco	75,5	15,5	8,8	1,8	5,8	1,2	11,1	5,1	8,6
Esterco sólido suínos	311,0	111,0	22,1	1,1	37,6	9,6	24,2	4,8	14,1
Lodo de esgoto	242,3	54,1	24,1	6,5	27,7	7,6	7,3	5,2	10,1
Milheto	75,5	15,5	3,8	0,8	1,7	0,3	4,5	0,9	20,1
Mucuna	140,0	21,6	12,7	2,1	5,3	1,2	30,7	3,9	11,1
Torta de crambe	285,5	15,5	47,0	4,0	12,0	0,0	10,0	3,0	6,1
Torta de filtro	250,5	29,5	3,8	0,8	5,8	1,2	0,9	0,2	66,8
Torta de girassol	380,0	76,3	38,4	6,1	12,4	0,4	25,0	13,6	9,9
Torta de mamona	410,8	146,2	52,0	10,4	25,6	6,2	11,7	2,9	7,9
Torta de pinhão manso	298,5	13,5	39,5	3,5	20,0	1,0	15,0	2,9	7,6
Vermicomposto	257,0	87,0	11,0	4,0	13,5	0,5	15,7	1,3	23,4
Vinhaça in natura	11,5	3,8	0,7	0,3	0,2	0,1	4,0	0,3	17,7

¹Amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) + braquiária (*Urochloa* sp) + crotalária (*Crotalaria juncea*) + milheto (*Pennisetum glaucum*).

Fontes: Rajj et al. (1996), Comissão (2004), Sobral et al. (2007), Kiehl (2010), Freire et al. (2013).

O adubo orgânico de origem animal mais conhecido é o esterco, que é formado por excrementos sólidos e líquidos de animais e pode estar misturado com restos vegetais. Sua composição é muito variada. Os principais esterco utilizados na agricultura são o esterco bovino, o esterco de galinha e a cama de aviário.

O esterco bovino tem uma composição muito variável, dependendo da idade, da alimentação dos animais e do manejo empregado. No manejo exclusivamente no pasto, o teor de N do esterco é menor que aquele em que ocorre suplementação com concentrados. Também pode ocorrer a presença de sementes viáveis de plantas daninhas, bem com a presença de resíduos de herbicidas e inseticidas caso tenha havido aplicação desses agrotóxicos no pasto e/ou nos animais. Tal acontecimento pode impedir a certificação de agricultura orgânica da propriedade.

O esterco de galinha é rico em N e muitas vezes é comercializado numa mistura com o substrato utilizado como cama no galpão de produção (cama de aviário). Se comparado a outros materiais usados como adubo orgânico, possui baixa relação C:N, concentração maior de nutrientes, assim como mineralização mais rápida.

Os resíduos de biodigestores são outra classe importante de adubo orgânico. A biodigestão é bastante complexa e um elevado número de espécies de bactérias contribui de algum modo para esse processo. Durante a biodigestão, ocorre a redução da carga orgânica do resíduo. Após a produção do biogás, a biomassa deixada no interior do biodigestor sob a forma líquida, é rica em nutrientes e com grande poder de fertilização. Porém cuidado especial deve ser tomado em relação a metais pesados, que podem estar presentes em grandes concentrações no efluente e poderão estar biodisponíveis.

Os biofertilizantes são adubos orgânicos líquidos, provenientes de um processo de decomposição da MO por meio da fermentação anaeróbica,

em meio líquido. Esses são utilizados como adubo foliar, complementar à adubação orgânica do solo, fornecendo micronutrientes, principalmente. Também atua como defensivo natural por ser meio de crescimento de bactérias benéficas. Normalmente é composto de esterco, água, sais minerais (micronutrientes), outros resíduos animais, além de melaço e leite.

A vinhaça é o produto de calda na destilação do licor de fermentação do álcool de cana-de-açúcar, sendo o líquido residual. É rica em K e possui teores elevados de outros nutrientes. A recomendação mais racional da dose aplicada deve ser tomada com base no teor de K.

Uma grande quantidade de outros resíduos agroindustriais pode ser utilizada na agricultura, diretamente ou após compostagem, por exemplo, resíduos das indústrias de café solúvel, palha de café, casca de arroz, entre outros.

O lodo de estação de tratamento de efluentes (ETE) e estação de tratamento de efluentes industriais (ETEI) são materiais sólidos orgânicos ou inorgânicos, removidos das águas residuais provenientes das residências, estabelecimentos comerciais e de indústrias e agroindústrias, nas estações de tratamento de esgoto. A concentração de NPK no lodo depende das contribuições recebidas pelas águas residuais, do tipo de tratamento a que foi submetido e do manejo entre a sua produção e a aplicação no solo. Pode possuir o inconveniente de ser contaminado com agentes patogênicos e metais pesados. Para este grupo, existe uma legislação específica quanto ao seu uso na agricultura.

Ainda como alternativa se tem o lixo urbano, e seu aproveitamento é feito por diversos processos em função das quantidades, recursos e intenções, utilizando técnicas desde a decomposição ao ar livre até a fermentação em digestores fechados.

Um caso particular e especial de adubo orgânico é aquele proveniente da compostagem. A técnica é uma ferramenta muito importante no

processo de gerenciamento de resíduos orgânicos, pois, quando feita corretamente, acelera a decomposição de resíduos vegetais e animais, reduz as perdas de nutrientes e intensifica o fluxo de nutrientes entre os diversos compartimentos do sistema de produção. A compostagem promove a distribuição de nutrientes para fora do ponto gerador do resíduo, especialmente dejetos animais (aviários ou confinamentos de bovinos e suínos). Seu preparo e uso são recomendados desde a antiguidade.

De acordo com Freire et al. (2013), a compostagem consiste na biodegradação de resíduos orgânicos, em um processo predominantemente aeróbio (em presença de O_2), com uma fase termofílica longa (55 °C a 70 °C), favorecido por processos de montagem de pilhas ou leiras. Os diferentes tipos de resíduos devem formar uma mistura adequada para a compostagem, principalmente quanto à relação C:N, à porosidade (que influencia o fluxo de ar) e à umidade inicial. Por isso, essas misturas podem ser feitas com diversos resíduos orgânicos disponíveis, como: restos vegetais das culturas agrícolas; esterco animal, que são fontes de nutrientes, principalmente de N; podas de árvores; e aparas de madeira, que são fontes de carbono (C) e conferem porosidade à leira de composto. As temperaturas atingidas na compostagem, o tempo do processo e a alta atividade biológica são importantes para promover a eliminação de fitopatógenos e de patógenos comuns ao homem, além de reduzir a viabilidade de sementes de plantas daninhas que estejam misturadas ao resíduo orgânico. Isso tem relação direta com a viabilidade agrônômica da utilização do adubo ou fertilizante orgânico. A duração da compostagem será determinada pelas características da matéria-prima, pela velocidade de decomposição e pelas especificações desejadas no produto final. Os períodos variam de alguns dias a alguns meses. Quanto maior o período de compostagem, maior será o grau de estabilização e de maturação do produto final; todavia, o custo do processo e as perdas de massa e nutrientes, principalmente de N, serão maiores.

Entre os adubos orgânicos, principalmente para grandes áreas, por questões de indisponibilidade de outros, estão os adubos verdes.

A adubação verde consiste no plantio de espécies que se desenvolvem antes da cultura principal ou mesmo junto a ela. Essas espécies vegetais, em determinado momento, na floração, por exemplo, podem ser roçadas ou acamadas e serem incorporadas ao solo ou apenas deixadas na sua superfície. Se incorporadas ao solo, a mineralização será mais rápida do que se deixadas sobre o solo, liberando assim os nutrientes mais rapidamente, porém como é favorecida a via da mineralização, a maior parte do carbono dessas plantas pode evoluir na forma de CO_2 . Quando utilizadas em cobertura, as vias de humificação podem ser favorecidas e com isso poderá haver aumentos significativos do C do solo.

As espécies mais utilizadas são as leguminosas; contudo, podem ser plantadas gramíneas, principalmente quando o objetivo é o aumento do teor de C do solo. Estes grupos de plantas têm diferentes taxas de mineralização e de humificação, assim como dentro de cada grupo também existem diferenças. Quando se utiliza leguminosas em monocultura ou mesmo consorciadas, tem-se como principal objetivo a fixação de N para fins de suprimento da cultura posterior, logo é imprescindível que se tenha todos os cuidados com a inoculação das sementes para fins de que estabeleça uma eficiente simbiose.

Uma alternativa altamente positiva é o uso de um coquetel de espécies (leguminosas e não leguminosas), que por terem diferentes sistemas radiculares e diferentes exigências nutricionais não exploram somente um estrato do solo e por isso aumentam a eficiência da ciclagem de nutrientes. Além disso, por possuírem diferentes relações C:N, terão taxas de mineralização e de humificação diferenciadas. E com isso consegue-se aumentar a diversidade vegetal na área e conseqüentemente dos organismos do solo e do ambiente.

A adubação verde tem ainda grandes possibilidades para a agricultura. Em pequenas propriedades, o uso de espécies fixadoras de N e outras implantadas na forma de cerca viva, delimitação de divisas, quebra-ventos,

faixas de contorno, beiras de estrada, pode constituir uma importante fonte de material vegetal para ser utilizada nas áreas de cultivo, tendo em vista que é perfeitamente possível o transporte de um local para outro, pois se tratam de pequenos espaços.

Em se tratando de adubos orgânicos, é comum que se pergunte “qual o melhor adubo orgânico?” ou, “qual adubo orgânico devo utilizar na minha área?”. A resposta é simples: deve-se utilizar o que tiver mais próximo e a um menor custo, pois na aplicação de adubos orgânicos está envolvido inclusive o custo de transporte, distribuição e aplicação, tendo em vista que a dose será na ordem de toneladas por hectare.

Quanto às doses a serem aplicadas, elas variam de acordo com o tipo de solo e seus teores de nutrientes, com a cultura, com o tipo de adubo que se está utilizando e a técnica de aplicação, bem como o custo relativo. Entretanto, existem basicamente duas formas de recomendar a dose:

- a) em função da recomendação da cultura, com base na análise química do solo, considerando a quantidade de cada nutriente que será aportado ao sistema; e
- b) doses recomendadas pela experimentação para cada cultura e região.

Com base na recomendação para a cultura a ser implantada, pode-se utilizar a expressão abaixo para se calcular a quantidade de adubo orgânico a ser aplicada, com base em cada um dos nutrientes (NPK):

$$\text{Dose (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{QNRC (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{TNAO} \times \text{EUAO}}$$

onde:

QNRC = Quantidade do nutriente recomendado para a cultura a ser implantada (kg ha⁻¹);

TNAO = Teor de nutriente no adubo orgânico (g kg^{-1}). Se a equação for utilizada para cálculo da dose em função de P e K, os teores utilizados devem estar na forma de seus respectivos óxidos (P_2O_5 e K_2O).

EUAO = Eficiência de uso do adubo orgânico. É um parâmetro de difícil estimativa, que matematicamente pode variar de zero (0) a um (1), onde zero significa que o adubo orgânico não aporta nada do nutriente e um significa que todo o nutriente contido será utilizado pela cultura. Na prática, se utiliza um valor entre 0,2 a 0,8 em que o primeiro representa uma baixa eficiência de uso do nutriente contido no adubo orgânico e 0,8 uma excelente eficiência de uso do nutriente em questão. Dessa forma, o profissional deve estimar a EUAO em função do ciclo da cultura, da intensidade da atividade biológica, da forma de aplicação, do tempo e outros fatores edafoclimáticos.

O uso de doses recomendadas pela experimentação para cada cultura e região é também uma forma importante para a indicação de fertilizantes orgânicos. Neste caso, o acúmulo de informações provenientes da pesquisa tem papel importante e podem ser seguidas por técnicos e produtores sempre que necessário.

Quanto às doses a serem aplicadas, de acordo com experiências de campo, pode-se também afirmar que elas podem ser classificadas em: baixa (até 15 t ha^{-1}); média (15 t ha^{-1} a 30 t ha^{-1}) e alta (acima de 30 t ha^{-1}) (Kiehl, 2010).

Para os adubos orgânicos com maior concentração de nutrientes, geralmente há uma tendência à aplicação de doses mais baixas, enquanto o contrário também é verdadeiro. Mas, em ambos os casos é importante observar qual a carga de nutrientes e outros elementos (inclusive e principalmente os metais pesados) estão sendo aplicados ao solo, de forma que não causem problemas ambientais.

Com relação à contaminação com metais pesados e contaminantes biológicos, os teores permitidos são estabelecidos pela Instrução Normativa SDA (Secretaria de Defesa Agropecuária) nº 27, de 5 de junho de 2006, alterada pela IN SDA nº 7, de 12 de abril de 2016, e são apresentados na Tabela 6 (Brasil, 2006).

Tabela 6. Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos.

Contaminante	Valor máximo admitido	
Arsênio (mg kg⁻¹)	20,0	
Cádmio (mg kg⁻¹)	3,0	
Chumbo (mg kg⁻¹)	150,0	
Cromo hexavalente (mg kg⁻¹)	2,0	
Mercúrio (mg kg⁻¹)	1,0	
Níquel (mg kg⁻¹)	70,0	
Selênio (mg kg⁻¹)	80,0	
Coliformes termotolerantes – número mais provável por grama de matéria seca (NMP g⁻¹ de MS)	1.000,0	
Ovos viáveis de helmintos – número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST)	1,0	
Salmonella sp	Ausência em 10 g de matéria seca	
Materiais inertes	Vidros, plásticos, metais > 2 mm	0,5% na massa seca
	Pedras > 5 mm	5,0% na massa seca

Fonte: Brasil (2006).

Quanto às questões legais de comércio (compra e venda) de adubos orgânicos, no momento está vigente a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura nº 25, de 23 de julho de 2009, que define as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura (Brasil, 2009).

Fertilizantes organominerais

Fertilizantes organominerais são produtos que combinam um componente mineral com um componente de material orgânico. Para serem considerados organominerais, esses fertilizantes precisam apresentar, de acordo com a Legislação, concentrações mínimas de nutrientes e de C orgânico.

A utilização de fertilizantes organominerais é uma tecnologia que vem ganhando espaço na agricultura brasileira, uma vez que permite a reciclagem dos nutrientes contidos nos dejetos da produção de suínos e aves, por exemplo, associado ao enriquecimento de nutrientes na forma mineral. Permite, assim, produzir fórmulas comerciais específicas para cada cultura, aumentando a uniformidade nas concentrações e a disponibilidade de nutrientes, o que de certa forma influencia em menores demandas de aplicações no campo.

O mercado de fertilizantes organominerais vem crescendo a taxas superiores à dos fertilizantes minerais convencionais, e este acréscimo no uso e produção de fertilizantes de base orgânica poderá impactar diretamente na demanda externa por NPK no Brasil, podendo, de acordo com Benites (2012) chegar a até 20% em 2020. Contudo, a produção de fertilizantes organominerais na forma granulada, apropriada para utilização em misturas de fertilizantes granulados convencionais, representa hoje um dos grandes desafios tecnológicos para a ampliação do uso desses fertilizantes na agricultura brasileira.

O principal componente orgânico utilizado na produção de fertilizantes organominerais até alguns anos atrás era a turfa, de origem sedimentar. Entretanto, em função de novos conhecimentos e de novas tecnologias, atualmente vem sendo empregado diferentes fontes orgânicas, como resíduos da agroindústria (setores sucroalcooleiros), esterco de bovinos de corte e leite, de suínos e de aves que são atividades que geram grandes

quantidades de rejeitos, na qual muitos deles são considerados passivos ambientais. Essa mudança tem favorecido a substituição de fontes não renováveis por fontes renováveis no setor de fertilizantes, atendendo inclusive à Política Nacional de Resíduos Sólidos, a qual determina a correta destinação e tratamento dos resíduos gerados nos diferentes setores das cadeias produtivas.

Dessa forma, além do aproveitamento e da correta destinação dos resíduos, a utilização deste tipo de fertilizante melhora a estrutura do solo mediante a adição de MO, da qual os solos brasileiros são deficientes, acarretando em benefícios adicionais às plantas, por meio do aumento da eficiência de absorção dos nutrientes. Aliado à oferta de nutrientes proveniente dos resíduos ocorre uma economia significativa de nutrientes de origem mineral, o que terá efeito direto sob a redução da alta dependência externa atual que o agronegócio brasileiro possui de fertilizantes minerais.

A ausência de MO está associada a um aumento das perdas de nutrientes no solo. O aproveitamento de nutrientes pelas plantas é superior quando se utiliza fertilizantes organominerais em comparação com os fertilizantes minerais convencionais. De acordo com Laforet (2013) o aproveitamento de nutrientes provenientes de fertilizantes organominerais é de 70% para o N, superior a 50% para o P e de 80% para o K, enquanto o de fertilizantes minerais é de 50% para N, de 20% a 50% para P e de 60% para o K. A presença então de matéria orgânica no solo possibilita a diminuição das perdas de nutrientes, conseqüentemente aumentando o aproveitamento dos nutrientes por parte dos vegetais.

Os fertilizantes fosfatados dominam o setor de organominerais no país (Benites, 2012). O uso do fertilizante organomineral fosfatado influencia na disponibilidade de fósforo, pois diminui a fixação do nutriente pelos cristais de óxidos de ferro e alumínio, que interfere no bloqueio dos sítios de fixação nesses minerais. Isso resulta em maior disponibilidade de P para as plantas, além de melhorar a qualidade do solo pelo efeito condicionador da matéria orgânica.

O fertilizante organomineral se caracteriza por apresentar potencial químico reativo relativamente inferior ao fertilizante mineral convencional, porém sua solubilização é gradativa no decorrer do período de desenvolvimento da cultura, desse modo, sua eficiência agrônômica pode se tornar maior se comparado às fontes minerais solúveis. Em estudos realizados nas culturas de milho e soja, verificou-se um aumento de 20% na produção de matéria seca dessas culturas, quando se utilizou fertilizante organomineral comparativamente a uma fonte mineral (Teixeira et al., 2011).

Os fertilizantes organominerais apresentam menores perdas de nutrientes seja por lixiviação e/ou volatilização melhorando o aproveitamento pelas plantas, uma vez que o componente orgânico deste produto, seja proveniente da turfa, de dejetos animais, compostos orgânicos ou resíduos da agroindústria, ajuda a melhorar a CTC dos solos. Assim o fertilizante organomineral pode ser aplicado de uma só vez, enquanto para os fertilizantes minerais recomenda-se o fracionamento da aplicação com objetivo de reduzir perdas e aumentar eficiência de uso.

Quanto às vantagens do fertilizante organomineral, espera-se uma redução significativa das perdas de N e maior eficiência na disponibilização do P, em função da presença de grandes quantidades de ânions orgânicos nos fertilizantes organominerais.

Escolha de fertilizantes

A decisão sobre o fertilizante a ser usado na área baseia-se, inicialmente, naquele que proporciona o menor custo por unidade do nutriente aplicado ao solo, salvo alguns casos, por exemplo, em que há alguma característica técnica que impede a escolha econômica, como quando há histórico ou diagnóstico de deficiência de S. Neste caso deve-se optar necessariamente por uma fonte que contenha este elemento, mesmo que mais cara; ou nos casos de restrição de O_2 , quando não se deve optar por fontes nítricas.

A Tabela 7 apresenta o preço de alguns fertilizantes simples e complexos. Para se calcular o custo do quilo (kg) do nutriente fornecido pelo fertilizante, é suficiente a divisão do preço da unidade de comercialização do fertilizante (saco) pela quantidade de nutriente presente nele:

$$\text{Preço (R\$) por kg do nutriente} = \frac{\text{Preço da unidade de comercialização do fertilizante em R\$}}{\text{Peso da unidade de comercialização} \times \text{teor de nutrientes (em decimal)}}$$

Considerando os valores da ureia granulada (Tabela 7), e fazendo o uso da equação acima, tem-se:

$$\text{Preço (R\$) por kg do nutriente} = \frac{\text{R\$ 150,00}}{50 \text{ kg} \times 0,45}$$

$$\text{Preço (R\$) por kg do nutriente} = \text{R\$ 6,67 kg}^{-1} \text{ de N da ureia}$$

Tabela 7. Preços do saco (50 kg) de alguns fertilizantes minerais simples e complexos e custo do quilo (kg) do nutriente e preço equivalente. Valores obtidos em agosto de 2019.

Fertilizante	Teor do Nutriente (%)	Preço do saco (50 kg)	Preço por kg do nutriente (R\$)
Simples			
Ureia granulada	45	150,00	6,67
Sulfato de amônio	21	84,00	8,00
Superfosfato simples	20	85,00	8,50
Superfosfato triplo	46	140,00	6,09
Cloreto de potássio	60	101,90	3,40
Sulfato de potássio	50	102,00	4,08
Complexo			Preço equivalente (R\$)
MAP	11-52-00	185,00	214,52
Fórmula 4-14-8	4-14-8	87,00	76,56
Fórmula 10-10-10	10-10-10	100,00	88,88

Fonte: autores.

Para saber se é economicamente mais viável se utilizar os adubos simples ou os complexos, como fórmulas ou o MAP (Tabela 7), é necessário calcular o custo da compra da quantidade equivalente de nutrientes presentes, a partir do custo do quilo (kg) do nutriente mais barato obtido entre os fertilizantes simples.

Exemplificado para o MAP, da seguinte forma:

- a) Um saco de MAP tem 5,5 kg de N e 26 kg de P_2O_5 (50 kg x 11% de N e 50 kg x 52% de P_2O_5).
- b) Multiplica-se as quantidades de N e P_2O_5 pelo custo do kg de N e de P_2O_5 mais baratos, respetivamente, somando-se estes valores:
 - $5,5 \text{ kg} \times R\$ 6,67 \text{ kg}^{-1} \text{ de N} + 26 \text{ kg} \times R\$ 6,09 \text{ kg}^{-1} \text{ de } P_2O_5 = R\$ 36,68 + R\$ 158,34 = R\$ 195,02$
 - Entretanto, se utilizados os fertilizantes simples, seria necessário um gasto adicional com mão de obra e/ou energia para efetuar a mistura. Assim, é necessário adicionar aproximadamente mais 10% do valor dos produtos para estes custos.
 - Dessa forma: $R\$ 195,02 + 19,50 (10\%) = R\$ 214,52$

Conclui-se que é mais barato o uso do MAP (R\$ 185,00 por saco) do que o uso de adubos simples, neste caso (R\$ 214,52 equivalentes).

O mesmo cálculo deve ser feito para os demais adubos, neste caso as fórmulas (que sejam compatíveis com a(s) adubaçã(o)es de plantio e/ou cobertura). No caso dos constantes da Tabela 7, a simulação mostra que tanto para a 4-14-8 e para a 10-10-10 é economicamente mais viável o uso de adubos simples, que representam uma significativa economia em fertilizantes.

Boas práticas de uso de fertilizantes

A pressão cada vez maior sobre a agricultura nos últimos anos, no que se refere aos danos ambientais que podem ser causados pela incorreta utilização dos fertilizantes, exige que os agricultores, pesquisadores, consultores busquem práticas para melhorar a sua eficiência. Estimativas da Organização Mundial para Alimentação e Agricultura – FAO, apontam que em 2025 a população mundial será de aproximadamente 8,3 bilhões de pessoas (United, 2015). Contudo, para que se possa alimentar essa população haverá a necessidade de se produzir 4 bilhões de toneladas de grãos. Assim, para que essa meta de produção seja alcançada, a produtividade média mundial de grãos, que em 1990 era de 2,5 toneladas por hectare, deverá ser de 4,5 toneladas por hectare em 2025. Diante disso, o uso eficiente de fertilizantes será de extrema importância para que altas produtividades e produção de alimentos sejam alcançadas, aliado à redução de riscos ao ambiente.

Aplicar a fonte certa, na dose certa, no local certo e na época certa é o fundamento das Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes (BPUFs), conhecido também como manejo ou teoria dos 4Cs. Desse modo, as BPUFs têm como finalidade combinar a oferta de nutrientes às necessidades da cultura, reduzindo o potencial de perdas no campo. De maneira geral, as BPUFs são utilizadas para assegurar o desenvolvimento da planta, melhorando a rentabilidade da agricultura e ao mesmo tempo minimizando possíveis efeitos adversos ao ambiente.

A teoria dos quatro “certos” (4Cs) é uma forma simples de se avaliar se uma determinada cultura foi adubada de forma correta. Perguntar se a cultura recebeu a fonte certa de nutrientes, na dose certa, no local certo e na época certa, consiste no uso de informações específicas do local para melhor auxiliar pesquisadores, consultores e agricultores na tomada de decisão de manejo e na utilização mais eficiente dos insumos agrícolas.

O manejo adequado dos fertilizantes ocasiona não apenas incremento na produção, mas também aumento da receita líquida e, conseqüentemente, a margem do lucro do produtor, balanço adequado de nutrientes, estabilidade da produção, preservação do ecossistema, maior eficiência no uso da água e energia, tendo como conseqüência, maior eficiência de todo o sistema.

Com a implementação da prática de manejo da teoria dos 4Cs os agricultores serão capazes de maximizar os rendimentos, otimizando a eficiência dos fertilizantes ao mesmo tempo em que se reduzem os impactos ambientais.

- **Fonte certa:** consiste na combinação de fontes de fertilizantes com a necessidade da cultura e os atributos do solo. Entretanto, atenção deve ser dada às interações dos elementos e especialmente ao equilíbrio entre N, P e K e demais nutrientes, sempre de acordo com a análise química do solo e com as exigências nutricionais da cultura, uma vez que uma adubação equilibrada é uma das razões do aumento da eficiência de uso de nutrientes.

Na escolha da fonte certa devem ser levados em consideração diversos fatores tais como: condições do solo, exigência nutricional da cultura, logística relacionada à entrega de fertilizantes, preço do produto, riscos ambientais e as restrições econômicas do agricultor.

A escolha da fonte certa de nutrientes pode ter um grande impacto na eficiência de absorção pelas plantas, o que minimiza potenciais perdas para o ambiente, promovendo assim melhores condições para que os nutrientes possam ser absorvidos. Contudo, novas tecnologias de fertilizantes que melhoram a eficiência de uso dos nutrientes podem ser geradas com o uso de fertilizantes de eficiência aumentada. Estes são produtos que mantêm os nutrientes em formas disponíveis para as plantas e ao mesmo tempo os protege

dos mais variados mecanismos de perdas, tais como: fertilizantes de liberação lenta, de liberação controlada e aqueles contendo aditivos que reduzem as perdas por lixiviação do nitrato e por volatilização da amônia. Diante disso, é necessário optar por fontes de fertilizantes que são adequadas ao sistema de produção, à necessidade da cultura, aos atributos do solo e à sua capacidade de fornecimento de nutrientes.

- **Dose certa:** a definição da dose certa de nutrientes não é uma decisão simples, devido à grande variabilidade temporal e espacial da disponibilidade de nutrientes no solo e da exigência nutricional da cultura.

Consiste na combinação da quantidade de fertilizante a ser recomendada com a real necessidade da cultura, levando em consideração a análise química do solo. O uso da dose certa é primordial para se evitar perdas de nutrientes, desequilíbrio nutricional, ineficiência fisiológica com prejuízos ambientais e econômicos, quando, por exemplo, se aplica fertilizantes em doses excessivas. Por outro lado, dose deficiente, abaixo da necessidade da cultura, promoverá menores rendimentos e qualidade da cultura, além de menores quantidades de fitomassa que poderiam proteger e melhorar o solo. Portanto, somente a dose certa é capaz de promover um desenvolvimento adequado das plantas e conseqüentemente retorno econômico esperado.

Para a determinação da dose, deve-se levar em consideração a extração e a exportação de nutrientes pelas culturas, critério esse que assume grande importância para nutrientes que são absorvidos em grandes quantidades como o N, P e K, baseado sempre na análise química do solo, ou seja, na capacidade do solo em fornecer os nutrientes em quantidades suficientes e balanceadas durante todo o ciclo da cultura.

- **Época certa:** consiste na disponibilização dos nutrientes para as culturas nos períodos de maior exigência nutricional e ocorre ao longo de todo o ciclo vegetativo da planta, garantido que os nutrientes aplicados não sejam perdidos para o ambiente nem complexados organicamente ou quimicamente em formas que são indisponíveis para as plantas. Assim, os nutrientes são utilizados de forma mais eficiente quando sua disponibilidade é sincronizada com a exigência da cultura, as condições do solo e do ambiente, e o tipo de fertilizante.
- **Local certo:** consiste em aplicar e manter os nutrientes onde as raízes possam absorvê-los. O método de aplicação é decisivo no aumento do uso eficiente de nutrientes adicionados ao solo via aplicação de fertilizantes. Para os nutrientes de baixa mobilidade ou imóveis no solo, tais como o P e muitos dos nutrientes secundários, a aplicação do fertilizante em faixas aumenta a sua eficiência de uso, melhorando a interceptação radicular e reduzindo a velocidade com que os nutrientes se tornam indisponíveis para as plantas pelas reações químicas que ocorrem no solo.

A cultura, o sistema de cultivo e os atributos do solo determinam o melhor método de aplicação; contudo, a incorporação do fertilizante geralmente é a melhor opção para manter os nutrientes no local e conseqüentemente aumentar a sua eficiência.

O local certo se refere então à forma de aplicação do fertilizante, que pode ser a lanço, localizado, em superfície, incorporado, em pré-plantio, no plantio, em cobertura, ou ainda via foliar. Entretanto, cada forma de suprimento de fertilizantes tem sua aplicabilidade e varia em função do nutriente a ser aplicado, do fertilizante, da tecnologia de fabricação e das condições econômicas do produtor.

Os solos brasileiros, de clima tropical, são caracterizados por apresentarem baixos teores disponíveis de nutrientes essenciais para o desenvolvimento

vegetal e elevada acidez. Mesmo os solos que possuem fertilidade natural adequada tendem a apresentar, após cultivos sucessivos, diminuição em sua capacidade de fornecimento de nutrientes e de elementos benéficos em quantidade necessária para a manutenção dos níveis de produtividade das lavouras. Assim, há necessidade de se construir a fertilidade química desses solos, mediante o uso eficiente de corretivos, fertilizantes e de práticas agrícolas que visem preservar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, aumentando, portanto, os teores de matéria orgânica, fundamental para a melhoria da sua fertilidade.

O Brasil é o quarto país consumidor de fertilizantes, contudo, produzindo, aproximadamente, 2% da produção mundial, o que torna o país um grande importador de fertilizantes ou de matérias-primas para seus cultivos. Dessa forma, uma vez que a maior parte dos adubos utilizados na agricultura brasileira é proveniente de importações, boas práticas de uso dos fertilizantes tornam-se necessárias para uma adubação mais racional, eficiente e equilibrada. No cenário atual, no qual as áreas agricultáveis disponíveis no mundo são cada vez menores e as pressões ambientais elevadas, o Brasil surge com área agricultável disponível, assim como possibilidade de aumento da produtividade, podendo expandir de forma acentuada a produção agrícola, contribuindo de forma positiva para o fornecimento de alimentos para a população mundial.

Dentre as maneiras de tornar mais eficiente o uso de nutrientes aplicados às culturas estão as “Boas Práticas para Uso eficiente de Fertilizantes” (BPUFs), em que, de maneira geral, baseia-se na utilização da fonte certa de fertilizante, na dose certa, no local certo e na época certa de maior exigência nutricional da cultura. O manejo adequado dos fertilizantes ocasiona não apenas incremento na produção, mas também aumento da receita líquida e, conseqüentemente, a margem do lucro do produtor, balanço adequado de nutrientes, estabilidade da produção, preservação do ecossistema, uso adequado da água e energia, tendo como consequência, maior eficiência de todo o sistema de produção.

Referências

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; dos SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 645-736.
- ALVAREZ V., V. H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C. H.; PEREIRA, N. de F. Enxofre. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 595-644.
- BENITES, V. M. Fontes de nutrientes e novas tecnologias em fertilizantes para a produção de soja no Brasil. IN: Congresso Brasileiro de Soja, 6., Cuiabá, 2012. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2012.
- BRASIL. **Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004** (com alterações do Decreto nº 8.384/2014). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/decreto-4954-2004-com-alteracoes-do-dec-8384-2014-planalto.pdf>. 2014. Acesso em: 7 ago. 2019.
- BRASIL. **Instrução Normativa SDA Nº 27, 05 de junho de 2006** (Alterada pela IN SDA nº 7, de 12/04/2016, republicada em 02/05/2016). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-sda-27-de-05-06-2006-alterada-pela-in-sda-07-de-12-4-16-republicada-em-2-5-16.pdf/view>. 2006. Acesso em: 7 ago. 2019.
- BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 46, de 22 de novembro de 2016**. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-46-de-22-11-2016-fert-minerais-dou-7-12-16.pdf/view>. 2016. Acesso em: 7 ago. 2019.
- BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. Brasília: MAPA, 2017. 240 p.
- BRASIL. **Instrução normativa nº 25, de 23 de julho de 2009**. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229186>. Acesso em: 7 ago. 2019.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C. Nitrogênio e enxofre na cultura da

cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI, 2007. p. 355-412.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.

FREIRE, L. R.; BALIEIRO, F. DE C.; ZONTA, E.; ANJOS, L. H. C. DOS; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; GUERRA, J. G. M.; FERREIRA, M. B. C.; LEAL, M. A. DE A.; CAMPOS, D.V.B. DE; POLIDORO, J. C. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013. v. 1. 430 p.

INTERNATIONAL Plant Nutrition Institute - IPNI. **Evolução do consume aparente de N, P e K e total de NPK no Brasil**. 2017. 9 Disponível em: <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>. Acesso em: 20 mai. 201

KIEHL, J. E. **Novo Fertilizantes Orgânicos**. 1 ed. Piracicaba: Degaspari, 2010. 248 p.

LAFORET, M. R. C. **A transferência de tecnologia de processos de produção de fertilizantes organominerais: pesquisa-ação sobre uma parceria público-privada**. 2013. 186 f. Dissertação (Mestrado profissional em propriedade intelectual e inovação). Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, 2013.

LOPES, A. S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agrônômica e preparo de fertilizantes. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Eds.). **Simpósio sobre micronutrientes na agricultura**, 1988, Jaboticabal. Anais.... Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991.p. 357-390.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem no Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas, Instituto Agrônômico, 1996. 300 p. (Boletim Técnico, 100).

SOBRAL, L. F.; VIÉGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L.; BARRETO, M. C. V.; GOMES, J. B. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 251 p.

TEIXEIRA, W. G. et al. Produção de matéria seca, teor e acúmulo de nutrientes em plantas de milho submetidos a adubação mineral e organomineral. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33, 2011, Uberlândia. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011.

UNITED Nations. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Urbanization Prospects: the 2014 Revision**, [s.l.]: ST/ESA/SER.A/366). 2015.

