

Anais

||| CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ROCHAGEM

Editores

Adilson Luis Bamberg

Carlos Augusto Posser Silveira

Éder de Souza Martins

Magda Bergmann

Rosane Martinazzo

Suzi Huff Theodoro

Todos os direitos reservados
A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Vania Aparecida Marques Favato – CRB-8/3301

C749a Congresso Brasileiro de Rochagem (3.: 2016: Pelotas, RS).
Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem, 8 a 11 de novembro de 2016 / Editores: Adilson Luis Bamberg... et. al. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016.

455 p. : il.

ISBN: 978-85-61175-68-9

1. Remineralizadores de solo. 2. Agrogeologia. 4. Mineralogia 5. Agrominerais. 6. Fertilidade do solo I. Bamberg, Adilson Luis. II. Silveira, Carlos Augusto Posser. III. Martins, Éder de Souza. IV. Bergmann, Magda. V. Martinazzo, Rosane. VI. Theodoro, Suzi Huff. VII. Título.

CDD 549.7

© Embrapa 2017

PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE REMINERALIZADORES DE SOLO – UMA PROPOSTA DA EMBRAPA

Carlos Augusto Posser Silveira¹; Adilson Luis Bamberg¹; Rosane Martinazzo¹;
Clenio Nailto Pillon¹; Éder de Souza Martins²; Clause F. de Brum Piana³

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa Clima Temperado - augusto.posser@embrapa.br, adilson.bamberg@embrapa.br, rosane.martinazzo@embrapa.br, clenio.pillon@embrapa.br; ²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa Cerrados - eder.martins@embrapa.br; ³Universidade Federal de Pelotas

INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei 12.890 de 10 de dezembro de 2013, em seu artigo 3º, remineralizador considera-se *material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo*. Como complemento a esta Lei, a Instrução Normativa nº 5, de 24 de março de 2013, em seu artigo 4º, lista critérios de especificações e garantias que este tipo de produto deve apresentar. Porém, em relação a avaliação da eficiência agronômica (artigo 9º) os procedimentos são demasiado generalistas e voltados a uma gama de produtos de diferentes naturezas.

A Instrução Normativa nº 53, de 23 de outubro de 2013, em seu Capítulo VII, referente aos *Requisitos mínimos para avaliação da viabilidade e eficiência agronômica e elaboração do relatório técnico-científico para fins de registro de produto novo (fertilizante, corretivo e biofertilizante)*, sugere que, para fins de registro de um produto novo, sejam atendidos vários requisitos mínimos e procedimentos agronômicos, porém não contempla os remineralizadores de solo. Assim, no que diz respeito a avaliação agronômica desses produtos, considerando que esta categoria de insumo agrícola seja avaliada como “produto novo”, as particularidades dos remineralizadores de solo exigem modificações em alguns desses requisitos, a fim de adequar os protocolos agronômicos a essas particularidades. Basicamente a presente proposta parte do princípio que, em definição, **os remineralizadores de solo são fontes multielementares de nutrientes, os quais apresentam baixa e/ou gradual solubilidade e relativamente baixa concentração de nutrientes**. Assim, alguns requisitos, tais como tempo de duração dos experimentos, comparação com fontes de elevada solubilidade e concentração, não são compatíveis e adequados a este tipo de insumo agrícola. Deste modo se não forem realizadas adequações no protocolo agronômico, provavelmente não seja possível constatar que essa categoria “*altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo*”.

De qualquer forma, o protocolo deverá atender simultaneamente os seguintes objetivos:

a) *testar a capacidade dos remineralizadores em alterar positivamente uma ou mais variáveis respos-*

tas da cultura-alvo ou do solo e b) *demonstrar que o produto atua na nutrição e/ou desenvolvimento da planta, direta ou indiretamente, ou no condicionamento do solo.*

A seguir são apresentados alguns tipos de delineamentos para os experimentos cujos fatores de tratamento são os remineralizadores de solo, conduzidos tanto em condições de laboratório quanto em condições de campo.

Princípios básicos da experimentação agrônômica

Boa parte da formalização que existe hoje em experimentação se deve a Ronald A. Fisher, um estatístico que trabalhou na Estação Experimental de Rothamstead, na Inglaterra. Na década de 1920, Fisher lançou os fundamentos das técnicas modernas para o planejamento e análise de experimentos, as bases da inferência estatística e delineou muitos métodos originais para abordar vários problemas levantados por pesquisadores da área agrícola. As principais características da abordagem introduzida por Fisher são:

- 1) Uso da **repetição** como uma base para estimar o erro experimental, estimar as médias de tratamentos e, conseqüentemente, melhorar a precisão do experimento.
- 2) Uso da **casualização** para evitar a tendenciosidade dos resultados (médias e erro experimental).
- 3) Uso de **controle local** (bloqueamento) com o objetivo de controlar variáveis sistemáticas que não pertencem aos fatores de tratamento.
- 4) Princípio de que a análise estatística dos resultados é determinada pelo modo como o experimento foi conduzido.
- 5) Conceito de experimento fatorial, que salienta as vantagens de pesquisar o efeito de diferentes fatores de tratamento em um único experimento complexo, ao invés de dedicar um experimento separado para cada fator.

Planejamento experimental

O plano de um experimento deve definir inicialmente:

- 1) **Os fatores de tratamento:** características cujos níveis estão sendo comparados e sobre as quais o pesquisador deseja inferir.
- 2) **A unidade experimental:** maior fração do material experimental à qual é designada um nível do fator de tratamento.
- 3) **As variáveis respostas:** características *medidas ou observadas* nas unidades experimentais que expressam os efeitos dos fatores de tratamento;
- 4) **As características estranhas:** características das unidades experimentais que não são de interesse para as conclusões, mas cujos efeitos podem ficar confundidos com os efeitos dos fatores de tratamento.

O objetivo do experimento é inferir sobre a relação entre o fator de tratamento e a variável resposta, levando em consideração a presença das características estranhas. Por exemplo, em um modelo estatístico mais simples, que inclui somente duas variáveis (a resposta e um fator de tratamento), a variação da resposta tem duas origens: o efeito do fator de tratamento e o efeito das características estranhas. O **erro experimental** é a parte da variação da resposta

atribuível ao efeito das características estranhas. Na pesquisa experimental, o efeito de fatores de tratamento está sempre totalmente confundido com erro experimental. O uso de repetições possibilita que o confundimento entre os efeitos de tratamentos e a unidade experimental seja parcial, possibilitando que o erro experimental seja estimado sem o efeito de tratamento. Não é possível, no entanto, estimar o efeito de tratamento separadamente do efeito da unidade experimental. Por esse motivo, o processo de inferência sobre tratamentos, estabelecido pelo princípio da inferência experimental, sempre envolve a variação do erro associado à unidade respectiva. Os princípios do controle local e da casualização têm como propósitos, respectivamente, reduzir esse confundimento e evitar tendenciosidade nas inferências realizadas no experimento. A forma como esses princípios são utilizados é essencial para estabelecer o delineamento do experimento.

Delineamento experimental

O delineamento experimental pode ser definido como um conjunto de passos que define: i) a estrutura da resposta; ii) a estrutura das condições experimentais (tratamentos); iii) a estrutura das unidades (experimentais); iv) a estrutura do experimento, definida pela forma como a casualização combina a estrutura de condições experimentais com a estrutura de unidades.

Os delineamentos experimentais mais utilizados são:

- Delineamento completamente casualizado: não há uso do controle local, as unidades experimentais são homogêneas e a casualização é realizada sem restrições.
- Delineamento casualizado por bloco: o controle local é utilizado, as unidades experimentais são agrupadas em blocos homogêneos e a casualização é realizada por bloco.
- Delineamento em parcelas divididas casualizadas por bloco: há necessariamente dois fatores de tratamento: os níveis de um fator são alocados na parcela e os do outro fator nas subparcelas, que são subdivisões da parcela; a casualização é realizada, por bloco, e em duas etapas: na primeira casualiza-se parcelas dentro de bloco, e na segunda, subparcelas dentro de parcela.

Estrutura das condições experimentais ou delineamento de tratamento

O fator experimental mais importante é o fator de condição, pois deriva diretamente dos objetivos do experimento. Recebe esse nome porque seus níveis são condições impostas pelo pesquisador às unidades experimentais, pela escolha de unidades que possuam as propriedades de interesse ou pela atribuição das unidades aleatoriamente aos níveis, por meio de um processo de casualização. Assim, um fator de condição é o fator cujos níveis derivam dos objetivos do experimento. O fator de condição pode ser de dois tipos: **fator de tratamento**, quando qualquer unidade experimental pode ser atribuída aos seus níveis (por exemplo: dose do remineralizador), e b) **fator intrínseco**, quando os seus níveis já são atributos das unidades no momento da casualização, portanto, não pode ser casualizado (exemplo: tipo de solo, em um experimento de campo).

Outra importante classificação do fator de condição é baseada na escala de medida. Assim, o fator de condição pode ser **qualitativo**, quando os níveis se distinguem qualitativa-

mente, como tipo de remineralizador, tipo de solo, espécie de planta, ou **quantitativo** quando essa diferença é quantitativa, por exemplo, dose do remineralizador.

O planejamento das condições experimentais deve ser consequência dos objetivos do experimento, definidos pelo problema científico e pela correspondente hipótese científica. Esse planejamento estabelece a **estrutura das condições experimentais, que** tem implicações relevantes para a estrutura do experimento e, portanto, para as inferências referentes às relações causais entre características respostas e características explanatórias que constituem o objetivo do experimento.

No processo de escolha das condições experimentais, especialmente dos tratamentos, devem ser asseguradas propriedades importantes para as inferências. Uma propriedade particularmente importante é que os tratamentos difiram por atributos simples e identificáveis. Essa propriedade é relevante para garantir que qualquer diferença de resposta a tratamentos tenha interpretação única. A escolha de tratamentos que evite ambiguidade dessa sorte é um dos requisitos mais importantes e difíceis de implementar no planejamento do experimento.

De modo geral, o planejamento das condições experimentais compreende a seguinte sequência de passos:

- escolha dos fatores de condição;
- escolha dos níveis de cada um desses fatores;
- escolha das combinações dos níveis;
- escolha de tratamentos adicionais.

Essa sequência pode ser completa ou abreviada, conforme a complexidade do experimento. Em experimentos mais simples, com um único fator, os dois primeiros passos são suficientes.

Repetição e erro experimental

A multiplicação de unidades experimentais com um mesmo nível de fatores de tratamento constitui repetições do fator. A estimativa da variância do erro experimental para um fator de tratamento provém de unidades experimentais com um mesmo nível desse fator. Assim, a estimação do erro experimental requer pelo menos duas unidades experimentais com um mesmo nível. Há, portanto, uma associação íntima entre os conceitos de unidade experimental e erro experimental. A variância do erro experimental não pode ser estimada se não existem repetições.

Cabe ressaltar que, embora a repetição não contribua, necessariamente, para o aumento da precisão do experimento, é extremamente importante para o aumento da precisão das estimativas de médias e de outras funções das variáveis respostas. Assim, o aumento do número de repetições contribuiu substancialmente para o aumento da confiabilidade dessas estimativas e da sensibilidade do experimento para detectar pequenas, mas importantes, diferenças de efeitos de tratamentos.

Uma das questões mais difíceis da pesquisa experimental é a decisão sobre o número de unidades que deverão ser consideradas para que a precisão seja suficiente.

A complexidade dessa questão decorre da grande quantidade de fatores que precisam ser considerados nessa definição. Alguns deles são:

- disponibilidade de recursos;

- variabilidade do material experimental;
- estrutura das condições experimentais;
- tamanho da diferença que se deseja detectar;
- poder do teste;
- importância relativa das comparações.

Com base nestes fatores, alguns algoritmos têm sido propostos para determinar o número de repetições do experimento. O resultado, portanto, é variável e dependente das características específicas de cada experimento.

Embora seja de senso comum que quanto maior o número de repetições mais confiáveis são os resultados, torna-se oneroso realizar um experimento com grande número de repetições. Assim, na prática, o tamanho da amostra é determinado mais por considerações a respeito dos custos do que por técnicas estatísticas. Todavia, o pesquisador deve levar em conta, quando estabelece o tamanho de seu experimento, o que é usual na área (VIEIRA,1999).

Assim, como regra geral, em experimentos com pelo menos quatro tratamentos, propõem-se que o número mínimo de repetições seja: **quatro**, quando o delineamento for completamente casualizado, e **cinco**, quando for casualizado por bloco. No delineamento em parcelas divididas, o número de unidades experimentais para o fator que está da parcela é sempre menor que o do fator da subparcela. Sugere-se, neste caso, que o número mínimo de quatro repetições seja para a parcela. Isso assegura que o número de graus de liberdade do erro experimental não seja inferior a doze, como recomendado por Pimentel Gomes (1990).

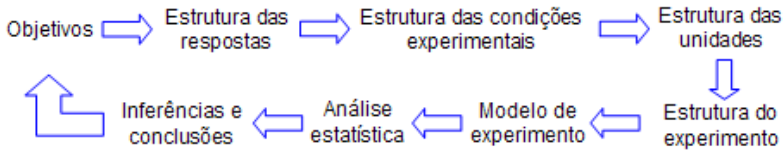
Vieira (1999) alerta que experimentos muito pequenos são inúteis porque não permitem conclusões e experimentos muito grandes, porém *mal conduzidos*, são piores porque dão a ilusão de conter uma verdade que não contêm. Assim, se o experimento foi bem planejado e bem conduzido, se foi aplicado um teste adequado e o resultado foi significativo a um nível razoável, não há porque criticar o tamanho da amostra.

Análises estatísticas

A análise estatística de experimentos envolve a especificação dos modelos estatísticos dos experimentos, incluindo as respectivas pressuposições, e o estabelecimento dos procedimentos de inferência, que usualmente envolve a estimação dos parâmetros do modelo, estimação da variância e teste de hipótese da hipótese global por meio da **análise da variância** e os processos de discriminação da variação das fontes de variação de interesse.

O modelo do experimento é um modelo linear, ou, mais especificamente, um modelo de classificação, cujos termos estão associados à estrutura do experimento. Uma porção do modelo depende da estrutura das condições experimentais e a outra depende da estrutura das unidades, e todos os termos desse modelo são aditivos.

Um aspecto importante a considerar é que o modelo do experimento é determinado pela estrutura do experimento. A figura que segue ilustra os passos necessários à especificação do modelo, além dos passos adicionais, onde conclusões de uma pesquisa geram novas pesquisas, reiniciando o ciclo.

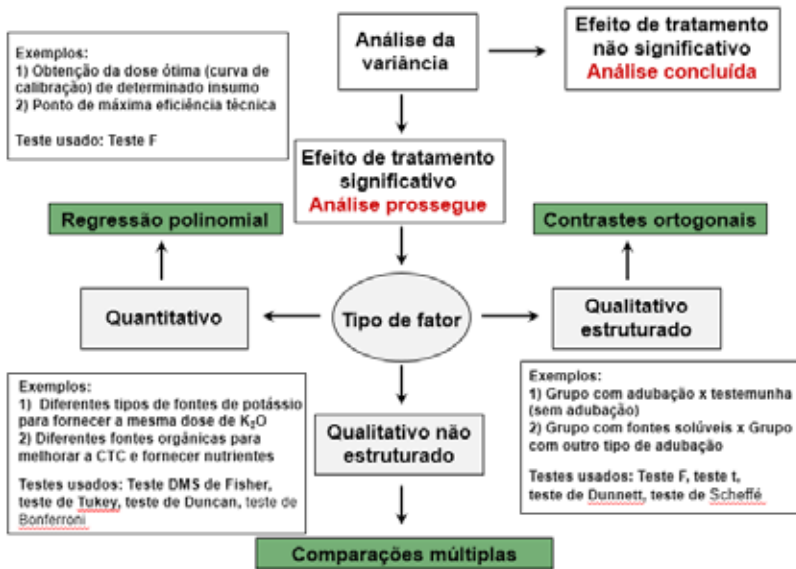


A hipótese global do experimento é testada por meio da análise da variância, uma técnica que visa decompor a variação total da variável resposta (expressa em termos de somas de quadrados) em causas ou fontes previstas de variação. As fontes de variação são determinadas pela estrutura do experimento e, conseqüentemente, expressas como efeitos no modelo do experimento.

Em experimentos unifatoriais (com apenas um fator de tratamento) a análise da variância possibilita testar o efeito do fator de tratamento. Já em experimentos fatoriais (com dois ou mais fatores de tratamento) é possível testar os efeitos principais dos fatores e também as suas interações. A análise da variância só será conclusiva se todos os efeitos testados resultarem não significativos. Em caso contrário, a análise terá desdobramentos e será necessário o uso de procedimentos para **discriminar a variação** das fontes de interesse.

A escolha desse procedimento deve levar em conta o tipo de fator e os objetivos da análise. Na Figura 1 apresenta-se um fluxograma simplificado que ilustra os caminhos possíveis a partir da análise da variância.

Figura 1 – Fluxograma simplificado indicando os procedimentos para a decomposição da variação de tratamento adequados para cada tipo de fator.



PARTICULARIDADES DOS REMINERALIZADORES DE SOLO – CONHECENDO O PRODUTO

Considerando as particularidades dos remineralizadores de solo anteriormente citadas, a seguir são sugeridos alguns exemplos de delineamentos de tratamento, os quais podem ser

utilizados quer para ensaios de incubação quer para ensaios com plantas em condições controladas e/ou de campo.

Para estes exemplos considere-se um grupo de remineralizadores com as constituições químicas (teores totais) descritas na Tabela 1. Como complemento à análise geoquímica, as análises mineralógicas e petrográficas são extremamente importantes para conhecer adequadamente o produto e auxiliar na compreensão dos resultados, mas essas análises não serão contempladas nos exemplos a seguir.

Tabela 1 – Constituições químicas (teores totais de óxidos maiores e de elementos potencialmente tóxicos, segundo a IN 5, 14/03/2016) de alguns tipos de remineralizadores de solo.

Tipo de remineralizador		Garantias mínimas ¹									
		SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	SB ²	As	Cd	Hg	Pb	
		%					ppm				
Remineralizador 1	R1	35,1	12,67	18,52	3,25	34,4	3,6	0,1	<0,01	12,1	
Remineralizador 2	R2	37,2	16,3	10,61	1,00	27,9	<0,5	<0,1	<0,01	2,7	
Remineralizador 3	R3	48,3	8,42	4,34	1,12	13,9	<0,5	<0,1	<0,01	2,4	
Remineralizador 4	R4	61,1	3,31	2,65	7,41	13,4	2,8	<0,1	<0,01	24,7	
Remineralizador 5	R5	62,6	4,19	1,29	3,73	9,2	1,4	<0,1	<0,01	2,9	
Remineralizador 6	R6	62,7	0,05	0,05	14,32	14,4	15,0	<0,1	<0,01	9,8	
Remineralizador 7	R7	63,0	3,26	2,46	7,83	13,6	2,0	0,02	<0,01	18,9	
Remineralizador 8	R8	64,0	3,35	2,35	3,67	9,4	0,7	<0,1	<0,01	5,3	

¹ IN 5 (14/03/2016) - K₂O: 1,0 %; ² SB - Soma de bases: 9,0 %; As: 15 ppm; Cd: 10 ppm; Hg: 0,1 ppm; Pb: 200 ppm; as células destacadas nas cores verde e amarela indicam os maiores e os menores valores, respectivamente, para os dois critérios

Considerando a constituição química dos remineralizadores apresentados na Tabela 1 constata-se grandes diferenças quanto aos teores totais das bases (ainda que todos atendam a IN 5) o que confirma a natureza **multielementar e a relativamente baixa concentração de nutrientes** desse tipo de insumo. Essa é uma das principais informações para planejar adequadamente os experimentos. Por exemplo, os remineralizadores 2 e 3 apresentam os menores teores totais de K₂O enquanto que os 4, 8 e 6, os maiores. Por outro lado, os remineralizadores 1 e 2 apresentam os maiores teores de CaO e MgO enquanto que o 6, praticamente não apresenta esses óxidos. Assim, baseando-se apenas nesses dados, é aceitável posicionar os **remineralizadores 1 e 2 como fontes de CaO e MgO** e os **remineralizadores 6, 8 e 4 como fontes de K₂O**. Para testar adequadamente essas hipóteses é importante no momento de definir o solo que será usado no experimento aquele **que apresente** níveis baixos desses elementos a fim de **obter respostas positivas à aplicação dos remineralizadores**. Por trás desse simples princípio usado na fertilidade do solo está o conceito conhecido como **teor crítico**, isto é, se o teor do nutriente no solo encontra-se acima do limite superior da faixa interpretada como **Médio, a probabilidade de resposta das culturas** à

adição de corretivos e fertilizantes é pequena ou nula (CQFS/RS-SC, 2016). Para o potássio, por exemplo, na cultura do milho, em solo com CTC_{pH7,0} de 7,6-15,0 cm_o dm³, essa faixa vai de **61-90 mg dm³**, onde o maior valor é o teor crítico. Portanto, para testar adequadamente um **remineralizador fonte de potássio para a cultura do milho** seria adequado utilizar um solo que apresentasse teores menores do que este valor ou menores do que o limite inferior da faixa (61,0 mg dm³), mas principalmente solos com teores de potássio nas faixas classificadas como **Muito baixo (<30,0 mg dm³) e Baixo (31,0-60,0 mg dm³)**.

Aliado a isso, **as culturas a serem utilizadas também devem ser definidas baseadas nesse critério**. Por exemplo, gramíneas (cana-de-açúcar, arroz, milho, pastagens) necessitam de muito K e Si assim como o alho, a beterraba, a cenoura, o tomateiro, a batata e o morangueiro. As espécies frutíferas arbóreas (banana, citros e rosáceas) também demandam muito K. Portanto, levando em consideração essas informações, é aceitável supor que os remineralizadores 6, 8 e 4 poderiam apresentar melhores respostas para essas espécies que demandam K, principalmente se o solo apresenta teores classificados como baixos ou muito baixos desse elemento e se o solo for arenoso e apresentar baixa CTC. Por outro lado, para aqueles solos com teores baixos de Ca e Mg (e com pH baixo), os remineralizadores mais indicados seriam o 1 e 2. Neste caso, as espécies mais indicadas seriam as leguminosas por serem reconhecidamente demandantes em Ca, Mg e enxofre.

Outra característica particular dos remineralizadores que deve se levar em consideração é a **granulometria do produto final**. Considerando que os remineralizadores são rochas que passaram por processo de moagem, e que a **reatividade depende muito desse fator**, sugere-se adotar as mesmas granulometrias utilizadas para os corretivos de acidez. Para estes a fração que passa na peneira ABNT n° 50 (com diâmetro de orifícios de 0,30 mm) apresenta reatividade teórica igual a 100%, considerando-se um período de tempo de 12 a 36 meses; já as partículas com diâmetro entre 0,30 e 0,84 mm (passam na peneira ABNT n° 20, mas ficam retidas na peneira ABNT n° 50) apresentam reatividade de 60%, no mesmo período; as partículas mais grossas, com diâmetro entre 0,84 e 2,00 mm (ficam retidas na peneira ABNT n° 20, mas passam na peneira ABNT n° 10) apresentam reatividade igual a 20% e, finalmente, as partículas com diâmetro maior que 2,00 mm não apresentam efeito nesse período de tempo.

Considerando que a maioria dos minerais que constituem os remineralizadores apresenta baixa solubilidade em água a cominuição é uma maneira prática, ainda que cara, de aumentá-la. Ao serem finamente moídos, os minerais serão quebrados e ocorrerá um aumento da superfície de contato entre as partículas e o solo. No caso dos corretivos de acidez partículas menores que 0,053mm (passam em peneira ABNT n° 270) reagem completamente em menos de um mês, e partículas entre 2,00 e 0,84 mm (ficam retidas na peneira ABNT n° 20, mas passam na peneira ABNT n° 10) necessitam de prazo maior que 60 meses para completa reação.

Caso não se necessite de respostas imediatas a granulometria poderá ser mais grosseira, caso contrário, adota-se granulometrias mais finas (<0,105 mm). Porém, para auxiliar na definição da granulometria devem ser realizadas análises mineralógicas e petrográficas. Ao mesmo tempo, caso existam dúvidas quanto a **granulometria ideal a ser utilizada esta pode ser um fator de tratamento a ser testado**. Por exemplo, poder-se-ia testar as seguintes faixas de frações granulométricas de um determinado remineralizador: 1) 100% entre 2,0 e 0,84 mm; 2) 100% entre 0,84 e 0,30 mm; 3) 100% entre 0,30 e 0,105 mm; 4) 100% entre 0,105 e 0,053 mm; 5) 100% < 0,053 mm.

Outro aspecto importante diz respeito a definição das **doses a utilizar**. Como esse tipo de insumo apresenta **liberação gradual dos nutrientes** e até o momento, os teores conhecidos e utilizados são totais, sugere-se que após o tratamento testemunha (sem a aplicação do remineralizador) a primeira dose seja aquela que forneça 100% da necessidade do solo (informação obtida através de análise de solo) e da cultura (isto é, considerando-se o histórico e a expectativa de produtividade). Porém, como sabe-se de antemão que os teores dos nutrientes são totais e a liberação é gradual, as doses seguintes podem ser 200, 300, 400 e 500% da recomendação. Com isso é possível obter uma dose adequada para essa condição de solo e espécie de planta. Os modelos polinomiais esperados são quadrático (com a obtenção da dose de máxima eficiência técnica) e linear.

A seguir são apresentados alguns exemplos de delineamentos de tratamento os quais contemplam os princípios antes referidos.

EXEMPLOS DE DELINEAMENTOS DE TRATAMENTO PARA EXPERIMENTOS COM REMINEALIZADORES DE SOLO

Exemplo 1. Experimento com um fator de tratamento quantitativo, testado em um único tipo de solo para a cultura do milho (Tabela 2)

Fator quantitativo – Dose do remineralizador (por exemplo, R6 como fonte de K_2O , com cinco níveis: 0, 100, 200, 300, 400 e 500% da recomendação). O número total de tratamentos será igual aos níveis do fator e após a análise da variância deve-se adotar o modelo de regressão polinomial. Neste caso, as hipóteses de interesse se referem aos efeitos linear e quadrático. No caso deste último apresentar significância é possível obter a dose ótima do remineralizador para as condições testadas. Neste delineamento é possível **incluir o fonolito como uma fonte equivalente de potássio como padrão de comparação** na dose que se desejar.

Tabela 2 – Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com um fator de tratamento quantitativo (Dose de remineralizador).

Tratamento	Necessidade de K_2O (kg ha ⁻¹)	Doses do R6 (Fonte de K_2O) para fornecer a quantidade de K_2O	
		%	kg ha ⁻¹
T1	0	0	0
T2	140 ^a	100	978
T3	280	200	1.955
T4	420	300	2.933
T5	560	400	3.911
T6	700	500	4.888

^a Considerando um solo de CTC de 7,6-15,0 cm_c dm³, com teor baixo de K_2O (31 a 60 mg dm³) e para produção de 10 t ha⁻¹ de grãos de milho e considerando as adubações de correção e manutenção (CQFS, 2016)

Exemplo 2. Experimento com dois fatores de tratamento, sendo ambos quantitativos, testado em um único tipo de solo para a cultura do milho (Tabela 3)

Fator quantitativo 1 – Dose do remineralizador R6 (com cinco níveis: 0, 100, 200, 300, 400 e 500% da recomendação, R2: com três níveis: 0, 100 e 200 % da recomendação).

Fator quantitativo 2 – Dose do remineralizador R2 (com três níveis: 0, 100 e 200 % da recomendação).

Tabela 3 – Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com dois fatores de tratamento quantitativos.

Tratamento	Dose do R2 (Fonte de Ca e Mg) kg ha ⁻¹	Dose do R6 (Fonte de K ₂ O) kg ha ⁻¹
Testemunha	0 (0%)	0 (0%)
T1: 688-978		978 (100%)
T2: 688-1955		1.955 (200%)
T3: 688-2933	688 (100%)	2.933 (300%)
T4: 688-3911		3.911 (400%)
T5: 688-4888		4.888 (500%)
T6: 1376-978		978 (100%)
T7: 1376-1955		1.955 (200%)
T8: 1376-2933	1.376 (200%)	2.933 (300%)
T9: 1376-3911		3.911 (400%)
T10: 1376-4888		4.888 (500%)
T11: 2064-978		978 (100%)
T12: 2064-1955		1.955 (200%)
T13: 2064-2933	2.064 (300%)	2.933 (300%)
T14: 2064-3911		3.911 (400%)
T15: 2064-4888		4.888 (500%)

Considerando os dois solos com teores baixos de K₂O (31 a 60 mg dm⁻³), de Ca (<2,0 cmol_c dm³) e de Mg (<0,5 cmol_c dm³) e para produção de 10 t ha⁻¹ de grãos de milho e considerando as adubações de correção e manutenção e a exportação de 5,5 e 7,3 kg de CaO e MgO, respectivamente, por t de grãos e de (CQFS, 2016); a dose do R2 baseou-se na exortação de Mg, elemento mais exportado do que o Ca.

O número total de tratamentos será igual ao número de combinações de níveis dos fatores de tratamento, ou seja, $3 \times 5 = 15 + 1$ tratamento adicional (testemunha sem remineralizador). Neste caso, a análise da variância permite testar a significância dos efeitos principais e da interação dos fatores. Dois procedimentos poderão ser utilizados para discriminar a variação de tratamento: a regressão polinomial e o teste de Dunnett, que compara todos os tratamentos com a testemunha.

Exemplo 3. Experimento com um fator de tratamento qualitativo e um quantitativo testado em um único tipo de solo para a cultura do milho (Tabela 4)

Fator qualitativo – Faixa granulométrica (com cinco níveis: 2,0-0,84mm; 0,84-0,30mm; 0,30-0,105mm; 0,105-0,053mm; < 0,053mm)

Fator quantitativo – Dose do remineralizador R6 (com três níveis: 0, 978, 4.888 g ha⁻¹, equivalendo a 0, 100 e 500 % da recomendação).

Caso haja dúvida quando às granulometrias mais adequadas para o remineralizador R6, por exemplo, uma possibilidade seria lançar mão de um delineamento como o que está na Tabela 4. Neste caso, o delineamento seria constituído de um tratamento testemunha (solo sem remineralizador), duas doses do remineralizador R6, sendo uma fornecer 100% e outra para 500% da necessidade de K₂O ambas combinadas a cinco faixas granulométricas do R6, totalizando onze tratamentos.

Tabela 4 – Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com dois fatores de tratamento sendo um qualitativo (Faixa granulométrica do remineralizador) e outro quantitativo (Dose de remineralizador).

Tratamento	Dose do R6 (kg ha ⁻¹)	Faixa granulométrica (mm)
Testemunha	0	Sem remineralizador
T1: 978-G1		2,0 - 0,84
T2: 978-G2		0,84 - 0,30
T3: 978-G3	978	0,30 - 0,105
T4: 978-G4		0,105 - 0,053
T5: 978-G5		< 0,053
T6: 4888-G1		2,0 - 0,84
T7: 4888-G2		0,84 - 0,30
T8: 4888-G3	4.888	0,30 - 0,105
T9: 4888-G4		0,105 - 0,053
T10: 4888-G5		< 0,053

Considerando um tratamento testemunha (solo sem remineralizador) e duas doses do remineralizador, sendo uma fornecer 100% e outra para 500% da necessidade de K₂O

As respostas da análise da variância possibilitariam obter informações práticas como, por exemplo, as melhores granulometrias do remineralizador R6 para promover aumento dos teores de K no solo e, ainda, se o fator dose do remineralizador poderia sobrepor-se ao fator granulometria.

Variações deste delineamento poderiam ser a substituição do fator dose do remineralizador por um fator qualitativo (Tipo de solo) ou ainda, transformar os dois fatores em qualitativos: 1. Fontes de intemperismo biológico e 2. Presença e ausência do remineralizador. Assim, para o primeiro caso, a dose do remineralizador poderia ser uma só (por exemplo, para fornecer 200% da recomendação de K₂O). As combinações de níveis desses fatores para o primeiro exemplo estão apresentados na Tabela 5 e as do segundo, na Tabela 6.

Para experimentos com estes delineamentos (número de tratamentos maiores e portanto, também de parcelas) os mesmos poderiam ser conduzidos em condições controladas, primeiramente através de incubação e posteriormente em casa de vegetação) e, finalmente, em campo após definir os melhores tratamentos.

Tabela 5 – Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com dois fatores de tratamento, sendo ambos qualitativos (Faixa granulométrica do remineralizador e Tipo de solo).

Tratamento	Tipo de solo	Faixa granulométrica (mm)
Testemunha 1		Sem remineralizador
T1: Arenoso-G1	Arenoso	2,0 - 0,84
T2: Arenoso-G2		0,84 - 0,30
T3: Arenoso-G3		0,30 - 0,105
T4: Arenoso-G4		0,105 - 0,053
T5: Arenoso-G5		< 0,053
Testemunha 2		Sem remineralizador
T6: Argiloso-G1	Argiloso	2,0 - 0,84
T7: Argiloso-G2		0,84 - 0,30
T8: Argiloso-G3		0,30 - 0,105
T9: Argiloso-G4		0,105 - 0,053
T10: Argiloso-G5		< 0,053

Considerando dois tratamentos testemunhas (cada solo sem remineralizador) e uma única dose do remineralizador para fornecer 200% da necessidade de K₂O (1.955 kg ha⁻¹ do R6)

Tabela 6 – Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com dois fatores de tratamento, sendo ambos qualitativos (Fontes de intemperismo biológico e Presença e ausência do remineralizador).

Tratamento	Fontes biológicas de intemperismo		Dose fixa do R6 (Fonte de K ₂ O) kg ha ⁻¹
	Micro-organismo	Planta	
T1 Testemunha	Ausência	Ausência	Ausência 0 (0%)
T2	Ausência	Presença	Ausência 0 (0%)
T3	Presença	Ausência	Ausência 0 (0%)
T4	Presença	Presença	Ausência 0 (0%)
T5 Testemunha	Ausência	Ausência	Presença (500%) ¹
T6	Ausência	Presença	Presença (500%)
T7	Presença	Ausência	Presença (500%)
T8	Presença	Presença	Presença (500%)

¹ Presença: Dose R6 - 4888 g ha⁻¹ (500%) da dose recomendada

Exemplo 4. Experimento com três fatores de tratamento, sendo dois fatores qualitativos e um quantitativo para a cultura do milho (Tabela 7)

Fator qualitativo 1 – Tipo de remineralizador (com dois níveis, por exemplo, R6 como fonte de K₂O e R2 como fonte de CaO e MgO)

Fator qualitativo 2 – Tipo de solo (com dois níveis: solo arenoso e solo argiloso; ou solo com baixos teores de K, Ca e Mg e solo com altos teores de K, Ca e Mg; ou solo de baixa e solo de alta fertilidade)

Fator quantitativo – Dose do remineralizador (com cinco níveis para o R6: 0, 100, 200, 300, 400 e 500% da recomendação, e dois níveis para o R2: 0 e 688 kg ha⁻¹ – dose para fornecer 100% do Mg exportado pelo milho).

Neste caso o número total de tratamentos será igual a combinação dos três fatores de tratamento, ou seja, 2 x 2 x 5 = 20. A análise da variância poderá indicar ou não efeito significativos dos fatores isolados ou mesmo a interação entre os fatores.

Tabela 7 – Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com três fatores de tratamento sendo dois qualitativos (Tipo de remineralizador e Tipo de solo) e outro quantitativo (Dose de remineralizador).

Tratamento	Tipo de solo	Dose do R2 (Fonte de CaO e MgO), kg ha ⁻¹	Dose do R6 (Fonte de K ₂ O), kg ha ⁻¹
T1: Arenoso-0-0	Arenoso	0	0
T2: Arenoso-0-978			978
T3: Arenoso-0-1955			1.955
T4: Arenoso-0-2933			2.933
T5: Arenoso-0-3911			3.911
T6: Arenoso-0-4888			4.888
T7: Arenoso-688-0		688	0
T8: Arenoso-688-978			978
T9: Arenoso-688-1955			1.955
T10: Arenoso-688-2933			2.933
T11: Arenoso-688-3911			3.911
T12: Arenoso-688-4888			4.888
T13: Argiloso-0-0	Argiloso	0	0
T14: Argiloso-0-978			978
T15: Argiloso-0-1955			1.955
T16: Argiloso-0-2933			2.933
T17: Argiloso-0-3911			3.911
T18: Argiloso-0-4888			4.888
T19: Argiloso-688-0		688	0
T20: Argiloso-688-978			978
T21: Argiloso-688-1955			1.955
T22: Argiloso-688-2933			2.933
T22: Argiloso-688-3911			3.911
T24: Argiloso-688-4888			4.888

Considerando os dois solos com teores baixos de K₂O (31 a 60 mg dm⁻³), de Ca (<2,0 cmol. dm⁻³) e de Mg (<0,5 cmol. dm⁻³) e para produção de 10 t ha⁻¹ de grãos de milho e considerando as adubações de correção e manutenção e a exportação de 5,5 e 7,3 kg de CaO e MgO, respectivamente, por t de grãos e de (CQFS, 2016); a dose do R2 baseou-se na exortação de Mg, elemento mais exportado do que o Ca.

As respostas da análise da variância possibilitariam obter informações práticas como por exemplo a eficiência dos remineralizadores em promover aumento dos teores de Ca, Mg e K para cada um dos solos.

Para experimentos com este delineamento (contendo grande número de tratamentos) os mesmos devem ser conduzidos em condições controladas, primeiramente através de incubação, e posteriormente em casa de vegetação. Após definidos os melhores tratamentos estes seriam levados para condições de campo.

TIPOS DE EXPERIMENTOS COM REMINERALIZADORES DE SOLO

Partindo de experimentos simples e bem planejados, a seguir são discutidos alguns tipos de experimentos utilizando os delineamentos de tratamento antes descritos.

EXPERIMENTOS DE INCUBAÇÃO

A incubação (mistura de solo com o remineralizador a ser testado), possibilita **realizar um grande número de combinações entre os fatores de tratamento (tipos de solo, tipo, granulometria e dose do remineralizador, tempo de incubação...)**. Assim, para esta primeira abordagem, prévia aos experimentos com plantas em casa de vegetação ou campo, sugere-se que sejam contemplados **os tipos de solos mais representativos de cada região** (no mínimo dois tipos) selecionados a partir de suas representatividades agrícolas.

O **período de tempo de duração** pode ser semelhante aquele adotado para os corretivos de acidez (**no mínimo 03 meses**) com **amostragens de solo quinzenais ou mensais ao longo deste período**, sendo que a primeira amostragem poderá ser realizada após uma semana de incubação. Desta forma, ao final do período de incubação será possível determinar **a reatividade (liberação dos nutrientes para a solução do solo), a dose e a granulometria de cada remineralizador nos diferentes solos testados**.

EXPERIMENTOS EM VASOS

Após determinados o tipo, a reatividade, a(s) dose(s) e a granulometria do remineralizador no ensaio de incubação, procede-se aos experimentos usando vasos com **plantas**. Devem ser utilizados pelo menos **dois solos mais representativos de cada região** e, de preferência, contemplando **um arenoso e outro argiloso**, visto que tais características são determinantes tanto na dinâmica das reações, químicas, físicas e biológicas do solo, quanto nas respostas agronômicas.

Geralmente os estudos de adubação em casa de vegetação tem duração de no máximo **60 dias para espécies produtoras de grãos**. O tamanho dos vasos varia de 2 dm^3 a 30 dm^3 , dependendo das espécies de plantas e da duração do experimento (Novais et al., 1991).

Como citado anteriormente é de extrema importância a definição do tipo de planta que será utilizado nos experimentos visto que algumas espécies de plantas também são capazes de absorver nutrientes em suas formas menos solúveis ou não trocáveis, mediante mecanismos de acidificação no ambiente radicular, através da liberação de ácidos orgânicos fracos (Havlin; Westfall, 1985), os quais atuam modificando a estrutura dos minerais. Assim, para avaliação do efeito fertilizante ou de condicionador de solo dos remineralizadores, sugere-se **além da avaliação do efeito imediato, a continuidade do experimento com a realização de cultivos sucessivos (sequenciais) com espécies de plantas sabidamente demandantes dos nutrientes**

fornecidos pelo remineralizador testado, de rápido crescimento em condições controladas e que suportem cortes sucessivos com frequência.

O ensaio de cultivos sucessivos permitirá ainda determinar a **necessidade de reaplicação dos remineralizadores através do teor foliar (absorção pela planta) e do teor disponível no solo** daqueles nutrientes fornecidos pelo **remineralizador**. Os valores encontrados podem ser comparados com tabelas de referência já existentes (por exemplo, CQFS-RS/SC, 2016; Pauletti, 2004). Ao mesmo tempo é de extrema importância considerar **o acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas**. O teor foliar é um indicativo muito utilizado para monitorar o estado nutricional das plantas, mas pode não ser alterado facilmente em função dos tratamentos. Assim, para o caso dos remineralizadores de solo, sugere-se que seja avaliada a fitomassa da parte aérea (peso seco) para em combinação com os teores de nutrientes da parte aérea, se obtenha o **acúmulo de nutrientes na parte aérea**. Esta variável pode ser mais sensível aos fatores de tratamento do que o teor foliar.

Além do efeito fertilizante, os remineralizadores são constituídos de minerais primários e/ou secundários, os quais durante o processo de intemperismo e da consequente liberação de minerais nutrientes, formam argilominerais do tipo 2:1, os quais apresentam elevada capacidade de troca de cátions, aumentando desta forma, a retenção de nutrientes e de água no solo (Martins et al., 2010).

A partir do exposto acima, constata-se que para ensaios em condições controladas, incubação e com plantas confinadas a recipientes com volume de solo limitado (até no máximo 30 dm⁻³) é possível contemplar, ao mesmo tempo, tipos de solos representativos e contrastantes; espécies de plantas; efeito imediato e residual (através de cultivos sucessivos); granulometria e dose do remineralizador, **propiciando conduzir experimentos com um grande número de tratamentos.**

EXPERIMENTOS EM CONDIÇÕES DE CAMPO

A partir dos resultados observados nos experimentos de incubação e em vaso, procede-se aos experimentos em condições de campo, a fim de validar os resultados observados em condições controladas. Porém, especial atenção deve ser dada a escolha dos locais onde serão implantados os experimentos **visando um correto controle das variações de tipos de solo, níveis de fertilidade e condições de excesso e/ou falta de umidade**. Quando forem implantados experimentos grandes (por exemplo, em torno de 1 ha) atentar para a correta alocação dos mesmos a fim de minimizar as diferenças de solo comuns em áreas grandes (ver Figura 2). Uma outra possibilidade de controle das variações na fertilidade do solo é demarcar a área do experimento e realizar as análises de solo com bastante antecedência. A partir dos laudos realiza-se o **bloqueamento por níveis de fertilidade e não como é feito normalmente (levando em conta declividade, exposição solar...)**. Assim, por exemplo, os blocos levariam em conta os níveis de fertilidade (teor de K, por exemplo) e poderiam ser adotadas as seguintes categorias para os blocos baseados no teor de K: **Muito baixo, Baixo, Médio e Alto**. Considerando o delineamento para o remineralizador R6 e as doses propostas (Tabela 2), nas Figuras 3 e 4 estão apresentados os delineamentos experimentais em blocos casualizados com quatro repetições considerando o bloqueamento tradicional (Figura 3) e o bloqueamento em função dos teores de K do solo.

Figura 2 – Mapa de solos de uma área experimental de tamanho de 10 hectares. Observar a grande variabilidade de tipos de solos (seis tipos).

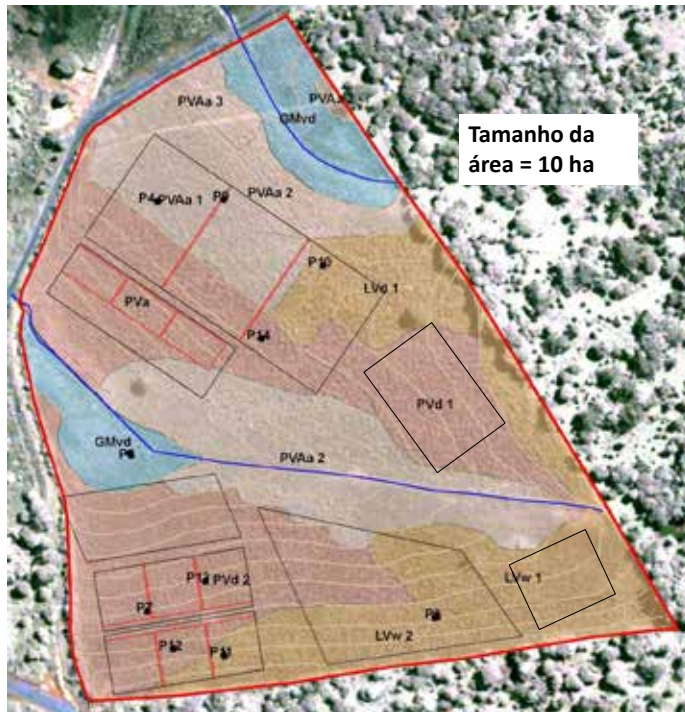


Figura 3 – Desenho experimental em blocos casualizados de um experimento com seis tratamentos (os valores dentro das células são as doses do remineralizador, em kg ha) e quatro blocos para testar a dose de um remineralizador fonte de K (R6).

	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
1	1955	3911	0	2933
2	2933	1955	4888	978
3	0	4888	3911	0
4	4888	2933	978	1955
5	3911	978	1955	4888
6	978	0	2933	3911

Doses do remineralizador R6 considerando um solo de CTC de 7,6-15,0 cm_o dm³, com teor baixo de K₂O (31 a 60 mg dm³) e para produção de 10 t ha⁻¹ de grãos de milho e considerando as adubações de correção e manutenção (CQFS, 2016)

Figura 4 – Desenho experimental em blocos casualizados de um experimento com seis tratamentos e quatro blocos baseado no teor de K do solo e casualização dos tratamentos em função de classes/categorias do teor de K no solo para testar a dose de um remineralizador fonte de K (R6).

Teor de K do solo (mg dm ³)				Casualização dos tratamentos (dose do remineralizador R6, em kg ha ⁻¹), baseada no teor de K do solo				
1	120	45	90	25	0	1955	2933	978
2	80	75	30	150	3911	4888	0	2933
3	180	100	65	40	1955	978	1955	0
4	55	60	30	25	2933	4888	1955	2933
5	130	20	70	55	3911	4888	978	978
6	100	80	35	15	4888	0	3911	3911

Considerando um solo de CTC de 7,6-15,0 cm_c dm³ e teor de K₂O do solo segundo as seguintes categorias: Muito baixo (vermelho): <30 mg dm³; Baixo (amarelo): 31 a 60 mg dm³; Médio (verde): 61 a 90 mg dm³; Alto (azul): 91 a 180 mg dm³ (CQFS, 2016)

Considerando um solo de CTC de 7,6-15,0 cm_c dm³ e teor de K₂O do solo segundo as seguintes categorias: Muito baixo: <30 mg dm³; Baixo: 31 a 60 mg dm³; Médio: 61 a 90 mg dm³; Alto: 91 a 180 mg dm³ (CQFS, 2016)

Em alguns experimentos em condições de campo tem se observado aumento da eficiência dos nutrientes P e K (Araújo, 2011; Vignolo, 2011; Malagi, 2011; Denardi, 2012), quando da aplicação de diferentes tipos de remineralizadores, possivelmente em função dos processos de sorção/dessorção mediados pelo elemento Si (Carvalho et. al., 2011) e/ou devido a CTC e a presença de argilominerais do tipo 2:1.

Os efeitos constatados nesses experimentos **indicam a ocorrência de processos de solubilização no ambiente do solo**. Provavelmente, a presença de **matéria orgânica em teores elevados** (45,6 a 50,9 g kg⁻¹), **juntamente com a aplicação de material orgânico (cama de aviário, tortas de mamona e de tungue, composto orgânico) tenha acelerado o processo de solubilização**. Ainda que tal efeito tenha ocorrido, a vantagem deste tipo de insumo é o seu **efeito residual, o qual, também foi constatado**, com graus diferentes sobre as fontes de fósforo e de potássio. Portanto, para que este efeito também possa ser quantificado, **sugere-se que os ensaios em condições de campo período sejam monitorados por no mínimo dois anos** (sempre com cultivos de verão e inverno). Ao mesmo tempo seria importante prever o **fator reaplicação do remineralizador testado**; para tanto, sugere-se que a parcela experimental tenha dimensões que permitam contemplar este fator. Geralmente parcelas experimentais em campo tem dimensões variáveis, mas um tamanho adequado pode ser 5,0 x 5,0 m (25 m²), o que permite que a área útil, eliminadas as bordaduras, propicie quantidade adequada de grãos

ou fitomassa para a realização das avaliações nutricionais. Porém, para contemplar o fator re- aplicação do remineralizador, **por exemplo, para duas reaplicações** sugere-se que a parcela seja duas vezes maior, isto é, passe a ter as dimensões de 5,0 x 10 m (50m²). Com tal adequação será possível avaliar, concomitantemente, os **efeitos imediatos e residuais** tanto do fator reaplicação quanto do fator dose. O tempo entre as aplicações, assim como mencionado nos ensaios em condições controladas será determinado através do teor foliar ou da parte aérea (absorção pela planta) e do teor disponível no solo daqueles nutrientes fornecidos pelo remineralizador. Os valores podem ser comparados com tabelas de referência já existentes (por exemplo, CQFS-RS/SC, 2016; Pauletti, 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se a natureza particular dos remineralizadores de solos, isto é, fontes multielementares de nutrientes, de baixa e/ou gradual solubilidade e relativamente baixa concentração de nutrientes, e que os protocolos agronômicos em vigência foram desenvolvidos para a avaliação de fontes de elevada solubilidade e concentração, neste documento foi proposto um protocolo agronômico específico para os remineralizadores de solo, levando em conta princípios básicos da experimentação agronômica, conhecimentos de fertilidade do solo e de nutrição de plantas, para atender simultaneamente os seguintes objetivos: a) *testar a capacidade dos remineralizadores em alterar positivamente uma ou mais variáveis respostas da cultura-alvo ou do solo* e b) *demonstrar que o produto atua na nutrição e/ou desenvolvimento da planta, direta ou indiretamente, ou no condicionamento do solo*. O protocolo proposto pode auxiliar na adequada avaliação da eficiência agronômica dos remineralizadores permitindo constatar que essa categoria de insumo agrícola “*altera os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo*”. E finalmente, será possível obter informações práticas tais como **granulometrias mais adequadas, doses mais eficientes, culturas responsivas e tipos de solos com maior probabilidade de resposta**.

REFERÊNCIAS

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11^a ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Porto Alegre, Brasil, 2006.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2^a ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3^a ed., Brasília, 2013, 353 p.

LUZ, A.B.; LAPIDO-LOUREIRO, F.E.; SAMPAIO, J.A.; CASTILHOS, Z.C.; BEZERRA, M.S. Rochas, minerais e rotas tecnológicas para produção de fertilizantes alternativos. In: F. R. C. Fernandes; A. B. da Luz; Z. C. Castilhos. (Org.). **Remineralizadores para o Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ: CETEM, 2010, v. 1, p. 61-88.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual oficial de métodos analíticos para fertilizantes minerais, orgânicos e corretivos**. 2007.

MARTINS, E.S., OLIVEIRA, C.G., RESENDE, A.V.; MATOS, M.S.F. Remineralizadores – Rochas Silicáticas como Fontes Minerais Alternativas de Potássio para a Agricultura. In: Adão B. Luz e Fernando Lins (eds.), **Rochas e Minerais Industriais – Usos e Especificações**, Rio de Janeiro: CETEM, 2008, p. 205-221.

MARTINS, E.S.; RESENDE, A.V.; OLIVEIRA, C.G.; FURTINI NETO, A.E. Materiais silicáticos como fontes regionais de nutrientes e condicionadores de solos. In: F.R.C. Fernandes; A.B. da Luz; Z.C. Castilhos. (Org.). **Remineralizadores para o Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ: CETEM, 2010, v. 1, p. 89-104.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. OLIVEIRA, A.J., de; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D. de; LOURENÇO, S. (Eds). Brasília, Embrapa-SEA, 1991, 392p. Embrapa-SEA. Documentos 3.

PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. 2.ed. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica e Agropecuária, 2004. 86p.

THEODORO, S.H.; MARTINS, E.S.; FERNANDES, M.M.; CARVALHO, A.M.X. (eds.). **Anais do II Congresso Brasileiro de Rochagem**. Poços de Caldas-MG, 2013, 399 p.

VAN STRAATEN, P. **Agrogeology: The use of rocks for crops**. Ontario-CA, Enviroquest Ltda., 440 p, 2007.