

PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE REMINEALIZADORES DE SOLO – PRIMEIRA VERSÃO

Carlos Augusto Posser Silveira¹

augusto.posser@embrapa.br

Adilson Luis Bamberg²

adilson.bamberg@embrapa.br

Rosane Martinazzo³

rosane.martinazzo@embrapa.br

Clenio Nailto Pillon⁴

clenio.pillon@embrapa.br

Éder de Souza Martins⁵

eder.martins@embrapa.br

Clause Fátima de Brum Piana⁶

clausepiana@yahoo.com.br

Luis Henrique Gularte Ferreira⁷

luis.ferreira@riogrande.ifrs.edu.br

Ivan dos Santos Pereira⁸

ivanspereira@gmail.com

Lizete Stumpf⁹

zete.stumpf@gmail.com

¹ Eng. agrônomo, Dr. Agronomia, Embrapa Clima Temperado

² Eng. agrícola, Dr. Agronomia, Embrapa Clima Temperado

^{3,4} Eng. Agrônomo(a), Dr. Ciência do Solo, Embrapa Clima Temperado

⁵ Geólogo, Dr. Geociências, Embrapa Cerrados

⁶ Bióloga, Dr^a. Agronomia/Melhoramento vegetal, CDTEC/Universidade Federal de Pelotas

⁷ Eng. agrônomo, Dr. Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecno.do Rio G.do Sul

⁸ Eng. agrônomo, Dr. Agronomia, bolsista Pós-doutorado, PPG/MACSA – UFPEL

⁹ Eng. agrônoma, Dr^a. Ciências/Solos, bolsista Pós-doutorado, PPG/MACSA - UFPEL

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei 12.890 de 10 de dezembro de 2013, em seu artigo 3º, por *remineralizador* entende-se *todo 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 10 de março de 2016, em seu artigo 4º, lista critérios de especificações e garantias que este tipo de produto deve apresentar *para fins de registro junto ao MAPA. Porém, em relação à avaliação da eficiência agronômica, art. 9º do referido diploma legal, os procedimentos são demasiado generalistas e voltados a uma gama de insumos de diferentes naturezas, via de regra de elevadas concentração e solubilidade dos nutrientes*.

Da mesma forma, 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*, dispõe que sejam atendidos vários requisitos mínimos e procedimentos agronômicos, cujo conteúdo não tem ampla aplicação para os

remineralizadores.

Nesse sentido, tendo em vista o que estabelece o inciso I do art. 9º da IN nº 5, de 2016, para os produtos remineralizadores que tiveram os trabalhos de pesquisa conduzidos por instituição oficial de pesquisa brasileira, em data anterior à publicação da referida IN nº 5, fica dispensada a exigência de atendimento dos parâmetros dos protocolos mínimos necessários aos ensaios de pesquisa previstos na IN nº 53, de 2013.

De outra forma, tendo em vista o estabelecido no inciso II do art. 9º da IN nº 5, de 2016, para os produtos remineralizadores que não foram testados pela pesquisa brasileira até a data de publicação da referida IN nº 5, ficam mantidas as exigências consubstanciadas no Capítulo VII da IN nº 53, de 2013, observado o disposto no art. 42 deste mesmo diploma legal, não sendo, contudo, necessária a publicação dos trabalhos de pesquisa em revista científica, desde que os produtos objetos desses ensaios atendam os parâmetros e garantias para o registro de remineralizadores previstos na referida IN nº 5, de 2016.

Já os remineralizadores que não atendam um ou mais parâmetros e garantias previstos na IN nº 5, de 2016 para fins de registro junto ao MAPA, serão considerados produtos novos, devendo, desta forma, ser dado atendimento ao que estabelece o art. 15 do Anexo do Decreto 4.954, de 2004.

Esta primeira versão de protocolo agronômico, voltada especificamente aos remineralizadores de solo, 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 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, melhorando uma ou mais características do solo favoráveis ao crescimento e produção vegetal*.

Antes de detalhar a proposta em si, alguns princípios básicos da experimentação agronômica que devem ser adotados em qualquer experimento agronômico foram apresentados por este mesmo grupo como sugestão de procedimentos para condução de experimentos e podem ser obtidos no sítio eletrônico do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/registro-estab-e-prod/registro-produtos/instrucoes-para-conducao-de-experimentos.pdf>).

A seguir, considerando as especificidades dos remineralizadores de solo, são sugeridas modificações nos protocolos agronômicos (item 2), bem como alguns tipos

de delineamentos de tratamento para experimentos com esse tipo de produto (item 3) em condições controladas (incubação e casa de vegetação) e em campo (item 4).

2. ESPECIFICIDADES DOS REMINERALIZADORES DE SOLO: CONHECENDO O PRODUTO E SEU POSICIONAMENTO AGRONÔMICO

Para auxiliar neste tópico, considere-se um grupo de remineralizadores de solo, de ocorrência regional, com as constituições químicas (teores totais) descritas na Tabela 1. Como complemento, as análises mineralógica e petrográfica são muito importantes para conhecer adequadamente a capacidade de liberação de nutrientes e auxiliar na compreensão dos resultados.

Tabela 1. Constituição química (teores totais de óxidos maiores e de elementos potencialmente tóxicos, segundo a IN 5, 10/03/2016) de alguns tipos de remineralizadores de solo.

Remineralizador	Constituição química ¹							
	CaO	MgO	K ₂ O	SB	As	Cd	Hg	Pb
	%				ppm			
A	12,7	18,5	3,3	34,5	3,6	0,1	<0,01	12,1
B	16,3	10,6	1,0	27,9	<0,5	<0,1	<0,01	2,7
C	8,4	4,3	1,1	13,8	<0,5	<0,1	<0,01	2,4
D	3,3	2,6	7,4	13,3	2,8	<0,1	<0,01	24,7
E	4,2	1,3	3,7	9,2	1,4	<0,1	<0,01	2,9
F	0,1	0,1	14,3	14,4	15,0	<0,1	<0,01	9,8
G	3,3	2,5	7,8	13,6	2,0	0,02	<0,01	18,9
H	3,3	2,3	3,7	9,3	0,7	<0,1	<0,01	5,3
Ekosil^{2, 3}			8,0					
Composto natural de folhelho carbonoso^{2, 3}	11,2	9,9	0,9					

¹ Garantias mínimas de elementos nutrientes (K₂O>1,0%; Soma de bases - SB>9,0%) e teores máximos permitidos de elementos potencialmente tóxicos (As<15 ppm; Cd<10 ppm; Hg<0,1 ppm; Pb<200 ppm), segundo a Instrução Normativa número 5 (10/03/2016); ² Produtos registrados na categoria de fertilizante mineral simples (Anexo 1 - Especificações dos fertilizantes minerais simples, IN 39, de 08/08/2018), os quais passam por moagem e tamisação e podem ser usados como testemunhas positivas em experimentos com remineralizadores de solo; ³ Teores segundo MAPA (2007) - Manual oficial de métodos analíticos para fertilizantes minerais, orgânicos e corretivos

Considerando a constituição química dos remineralizadores apresentados na Tabela 1 constata-se grandes diferenças quanto aos teores totais de K_2O e de somas de bases. Essa é uma das principais informações para planejar adequadamente os experimentos. Por exemplo, os remineralizadores B e C apresentam os menores teores totais de K_2O enquanto que os D, G e F, os maiores. Por outro lado, os remineralizadores A e B apresentam os maiores teores de CaO e MgO enquanto que o F, praticamente não apresenta esses óxidos. Assim, baseando-se apenas nesses dados, é aceitável posicionar os **remineralizadores A e B como fontes de CaO e MgO** e os **remineralizadores D, G e F como fontes de K_2O** . Para testar adequadamente essas hipóteses é importante atentar para o teor de K do solo que será usado no experimento. Solos **que apresentem níveis baixos desse elemento possibilitam respostas positivas à aplicação de fertilizantes potássicos e/ou de remineralizadores fontes de potássio**. Por trás desse 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 $pH_{7,0}$ de 7,6-15,0 $cmol_c\ dm^{-3}$, essa faixa vai de **61-90 $mg\ dm^{-3}$** (CQFS-RS/SC, 2016), 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 Médio (61,0 $mg\ dm^{-3}$), mas principalmente solos com teores de potássio nas faixas classificadas como **Muito baixo (<30,0 $mg\ dm^{-3}$) e Baixo (31,0-60,0 $mg\ dm^{-3}$)** (CQFS-RS/SC, 2016).

Aliado a isso, **as culturas a serem utilizadas também devem ser definidas baseadas nesse critério**. Por exemplo, gramíneas (cana-de-açúcar, arroz, milho, pastagens) demandam muito K e silício (Si) assim como hortaliças (alho, beterraba, cenoura, tomate, batata, morango). As espécies frutíferas arbóreas (banana, citros e rosáceas) também demandam muito K. Portanto, levando em consideração essas informações, é aceitável supor que os remineralizadores D, G e F poderiam apresentar melhores respostas para essas espécies que demandam K, principalmente se os solos utilizados nos experimentos apresentam teores classificados como **baixos ou muito baixos** desse elemento e principalmente se o solo for arenoso e apresentar baixa CTC. Por outro lado, para aqueles solos com teores baixos de Ca e Mg, os remineralizadores mais indicados seriam o A e B. Neste caso, as espécies mais indicadas seriam da família das leguminosas por serem reconhecidamente demandantes em Ca, Mg e enxofre (S).

As espécies de plantas podem ser escolhidas com base na habilidade de extrair os nutrientes encontrados em maior quantidade no remineralizador ou pela importância econômica das culturas na região de comercialização prevista para o remineralizador estudado. Entretanto, sugere-se que sejam realizados cultivos sucessivos, nos quais seja utilizado pelo menos um ciclo com gramíneas que possuam sistema radicular agressivo.

As espécies produtoras de grãos têm sido utilizadas como balizadoras das exigências de nutrientes, principalmente P e K (CQFS-RS/SC, 2016).

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 preferencialmente a especificação de natureza física pó, porém dependendo do tipo de solo e outras características a serem testadas, podem ser usadas especificações de natureza física previstas no anexo I da IN 05, de 10 de março de 2016. Para os remineralizadores na forma de pó, a fração que passa na peneira ABNT nº 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 nº 20, mas ficam retidas na peneira ABNT nº 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 nº 20, mas passam na peneira ABNT nº 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 nº 270) reagem completamente em menos de um mês, e partículas entre 2,00 e 0,84 mm (ficam retidas na peneira ABNT nº 20, mas passam na peneira ABNT nº 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 ou <0,038 mm), principalmente para aqueles remineralizadores fontes de K. 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 os teores utilizados para o cálculo das doses a utilizar 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 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.

Em relação ao tempo de duração dos experimentos sugere-se um tempo de **36 meses**, sendo 12 meses de experimento em casa de vegetação e 24 meses para experimento de campo, principalmente para os **remineralizadores silicáticos**; caso estes sejam constituídos de **biotita** as respostas podem ser percebidas em menos de

06 meses (Grecco, 2018); o mesmo vale para remineralizadores constituídos de **carbonatos e sulfatos** (Rodrigues, 2017)

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

3. EXEMPLOS DE DELINEAMENTOS DE TRATAMENTO PARA EXPERIMENTOS COM REMINERALIZADORES DE SOLO

Considerando as especificidades 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.

3.1. 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, **remineralizador F como fonte de K_2O** , com seis 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 uma fonte equivalente de potássio como padrão de comparação** na dose que se desejar (exemplo Tabela 3). Para definir a fonte mais adequada para comparação, consultar o Anexo I (Especificações dos fertilizantes minerais simples - ver Anexo 1 deste documento).

Caso o remineralizador seja considerado fonte de silício, utilizar a metodologia do [Teste de incubação para avaliação de fertilizantes com Silício \(Si\)](#), disponível no site do MAPA (<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/registro-de-produtos-e-estabelecimentos/fertilizantes-inoculantes-e-corretivos>).

Tabela 2. Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com um fator de tratamento quantitativo (Dose de remineralizador fonte de K_2O).

Níveis do fator Dose	Quantidade de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Doses do remineralizador F como fornecer de K ₂ O	
		%	kg ha ⁻¹
1	0	0	0
2	140 ¹	100	978
3	280	200	1.955
4	420	300	2.933
5	560	400	3.911
6	700	500	4.888

¹ Dose recomendada de K₂O (100%), considerando os seguintes princípios: a) Solo com teor de K₂O na classe Baixo (31-60 mg dm⁻³) e CTCpH7,0 de 7,6 - 15,0 cmol_c dm⁻³; b) adubação de correção e manutenção (CQFS SC/RS, 2016) e c) expectativa de produtividade de >10 Mg ha⁻¹ de grãos de milho

Tabela 3. Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com um fator de tratamento quantitativo (Dose de remineralizador fonte de K₂O) com um tratamento adicional (testemunha positiva – fonte de K₂O registrada) na dose recomendada (140 kg ha⁻¹ de K₂O).

Níveis do fator Dose	Descrição do tratamento	Quantidade de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Doses do remineralizador F como fornecer de K ₂ O	
			%	kg ha ⁻¹
1	Testemunha absoluta	0	0	0
2	Recomendação	140 ¹	100	978
3		280	200	1.955
4		420	300	2.933
5		560	400	3.911
6		700	500	4.888
Ekosil	Testemunha positiva	140	100	1.750

¹ Dose recomendada de K₂O (100%), considerando os seguintes princípios: a) Solo com teor de K₂O na classe Baixo (31-60 mg dm⁻³) e CTCpH7,0 de 7,6 - 15,0 cmol_c dm⁻³; b) adubação de correção e manutenção (CQFS SC/RS, 2016) e c) expectativa de produtividade de >10 Mg ha⁻¹ de grãos de milho

3.2. Exemplo 2. Experimento com dois fatores de tratamento, sendo

ambos quantitativos, testado em um único tipo de solo para a cultura do milho (Tabela 4)

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

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

Tabela 4. Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com dois fatores de tratamento quantitativos.

Tratamento	Quantidade de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Doses do remineralizador F como fornecer de K ₂ O		Doses do remineralizador B como fornecer de Mg	
		%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹
T1 - Testemunha absoluta	0	0	0	0	0
T2 - Recomendação	140 ¹	100	978	100 ²	688
T3	280	200	1.955	100	688
T4	420	300	2.933		
T5	560	400	3.911		
T6	700	500	4.888		
T7	140 ¹	100	978	200	1.376
T8	280	200	1.955		
T9	420	300	2.933		
T10	560	400	3.911		
T11	700	500	4.888		
T12	140 ¹	100	978	300	2.064
T13	280	200	1.955		
T14	420	300	2.933		
T15	560	400	3.911		
T16	700	500	4.888		

¹ Dose recomendada de K₂O (100%), considerando os seguintes princípios: a) Solo com teor de K₂O na classe Baixo (31-60 mg dm⁻³) e CTCpH7,0 de 7,6 - 15,0 cmol_c dm⁻³; b) solo com teores baixos de Ca e Mg (<2,0 e <0,5 cmol_c dm⁻³ respectivamente); c) adubação de correção e manutenção (CQFS SC/RS, 2016); c) expectativa de produtividade de >10 Mg ha⁻¹ de grãos de milho; d) a dose do remineralizador B foi baseada na exportação de Mg, considerando a exportação de 4,4 kg de Mg por tonelada de grãos produzidos

O número total de tratamentos será igual ao número de combinações de níveis dos fatores de tratamento, ou seja, 3 x 5 = 15 + 1 tratamento adicional (testemunha absoluta, sem remineralizadores fontes de K₂O e de Mg). 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 as testemunhas.

3.3. 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 5)

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 F fonte de K₂O (com três níveis: 0, 978, 4.888 g ha⁻¹, equivalendo a 0, 100 e 500 % da recomendação).

Caso haja dúvida quanto às granulometrias mais adequadas para o remineralizador F, por exemplo, uma possibilidade seria lançar mão de um delineamento como o que está na Tabela 5. Neste caso, o delineamento seria constituído de três níveis: um tratamento testemunha (dose zero, solo sem remineralizador) e duas doses do remineralizador F, sendo uma para fornecer 100% e outra 500% da necessidade de K₂O, ambas combinadas a cinco faixas granulométricas do remineralizador, totalizando onze tratamentos.

Tabela 5. Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com dois fatores de tratamento sendo um qualitativo (Faixa granulométrica do remineralizador F) e outro quantitativo (Dose de remineralizador F).

Tratamento	Quantidade de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Doses do remineralizador F como fornecer de K ₂ O		Faixa granulométria (mm) remineralizador F
		%	kg ha ⁻¹	
T1 - Testemunha absoluta	0	0	0	Sem remineralizador
T2	140 ¹	100	978	100% entre 2,0 - 0,84
T3				100% entre 0,84 - 0,30
T4				100% entre 0,30 - 0,105
T5				100% entre 0,105 - 0,053
T6				100% <0,053
T7	700 ²	500	4.888	100% entre 2,0 - 0,84
T8				100% entre 0,84 - 0,30
T9				100% entre 0,30 - 0,105
T10				100% entre 0,105 - 0,053
T11				100% <0,053

¹ Dose de 100% de K₂O considerando os seguintes princípios: a) Solo com teor de K₂O na classe Baixo (31-60 mg dm⁻³) e CTCpH7,0 de 7,6 - 15,0 cmol_c dm⁻³; b) dose de 500% a recomendação de K₂O; c) adubação de correção e manutenção (CQFS SC/RS, 2016); c) expectativa de produtividade de >10 Mg ha⁻¹ de grãos de milho

As respostas da análise da variância possibilitariam obter informações práticas como, por exemplo, as melhores granulometrias do remineralizador F 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 100% da recomendação de K_2O). As combinações de níveis desses fatores para o primeiro exemplo estão apresentadas na Tabela 6 e as do segundo, na Tabela 7.

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

Tabela 6. Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com dois fatores de tratamento, sendo ambos qualitativos (Faixa granulométrica do remineralizador F e Tipo de solo).

Tratamento	Quantidade de K_2O (kg ha ⁻¹)	Doses do remineralizador F como fornecer de K_2O		Tipo de solo	Faixa granulométrica (mm) remineralizador F
		%	kg ha ⁻¹		
T1 - Testemunha 1					Sem remineralizador
T2					100% entre 2,0 - 0,84
T3	140 ¹	100	978	Arenoso (Neossolo Quartzarênico)	100% entre 0,84 - 0,30
T4					100% entre 0,30 - 0,105
T5					100% entre 0,105 - 0,053
T6					100% <0,053
T7 - Testemunha 2					Sem remineralizador
T8					100% entre 2,0 - 0,84
T9	140 ¹	100	978	Argiloso (Latosolo Vermelho)	100% entre 0,84 - 0,30
T10					100% entre 0,30 - 0,105
T11					100% entre 0,105 - 0,053
T12					100% <0,053

¹ Dose de 100% de K_2O considerando os seguintes princípios: a) Solo com teor de K_2O na classe Baixo (31-60 mg dm⁻³) e CTCpH7,0 de 7,6 - 15,0 cmol_c dm⁻³; b) adubação de correção e manutenção (CQFS SC/RS, 2016); c) expectativa de produtividade de >10 Mg ha⁻¹ de grãos de milho

Tabela 7. 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 F).

Tratamento	Quantidade de K_2O (kg ha ⁻¹)	Doses do remineralizador F como fornecer de K_2O		Agentes biológicos de intemperismo de minerais	
		%	kg ha ⁻¹	Microrganismos	Planta extratora
T1 - Testemunha 1				Ausência	Ausência
T2	0 ¹	0	0	Ausência	Presença
T3				Presença	Ausência
T4				Presença	Presença
T5 - Testemunha 2				Ausência	Ausência
T6	140 ¹	100	978	Ausência	Presença
T7				Presença	Ausência
T8				Presença	Presença

^{1, 2} Doses de 0 e 100% de K_2O considerando os seguintes princípios: a) Solo com teor de K_2O na classe Baixo (31-60 mg dm⁻³) e CTCpH7,0 de 7,6 - 15,0 cmol_c dm⁻³; b) adubação de correção e manutenção (CQFS SC/RS, 2016); c) expectativa de produtividade de >10 Mg ha⁻¹ de grãos de milho

3.4. Exemplo 4. Experimento com três fatores de tratamento, sendo dois fatores qualitativos e um quantitativo para a cultura do milho (Tabela 8)

Fator qualitativo 1 – Tipo de remineralizador (com dois níveis, por exemplo, F como fonte de K_2O e B 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 F: 0, 100, 200, 300, 400 e 500% da recomendação, e dois níveis para o B: 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, $2 \times 2 \times 5 = 20$. A análise da variância poderá indicar ou não efeito significativos dos fatores isolados ou mesmo a interação entre os fatores.

Tabela 8. 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	Doses do remineralizador B como fornecer de Mg		Quantidade de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Doses do remineralizador F como fornecer de K ₂ O	
		%	kg ha ⁻¹		%	kg ha ⁻¹
T1	Arenoso (Neossolo Quartzarênico)	0	0	0	0	0
T2				140 ¹	100	978
T3				280	200	1.955
T4				420	300	2.933
T5				560	400	3.911
T6				700	500	4.888
T7		100	688	0	0	0
T8				140 ¹	100	978
T9				280	200	1.955
T10				420	300	2.933
T11				560	400	3.911
T12				700	500	4.888
T13	Argiloso (Latosolo Vermelho)	0	0	0	0	0
T14				140 ¹	100	978
T15				280	200	1.955
T16				420	300	2.933
T17				560	400	3.911
T18				700	500	4.888
T19		100	688	0	0	0
T20				140 ¹	100	978
T21				280	200	1.955
T22				420	300	2.933
T23				560	400	3.911
T24				700	500	4.888

¹ Dose recomendada de K₂O (100%), considerando os seguintes princípios: a) Solo com teor de K₂O na classe Baixo (31-60 mg dm⁻³) e CTCpH7,0 de 7,6 - 15,0 cmol_c dm⁻³; b) solo com teores baixos de Ca e Mg (<2,0 e <0,5 cmol_c dm⁻³, respectivamente); c) adubação de correção e manutenção (CQFS SC/RS, 2016); d) expectativa de produtividade de >10 Mg ha⁻¹ de grãos de milho; e) a dose do remineralizador B foi baseada na exportação de Mg, considerando a exportação de 4,4 kg de Mg por tonelada de grãos produzidos, ou seja, 44 kg de Mg para expectativa de 10 Mg ha⁻¹ de grãos de milho

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 do método de incubação, e posteriormente em casa de vegetação. Após definidos os melhores tratamentos estes seriam levados para condições de campo.

A seguir serão abordadas as condições de execução de experimentos, em condições controladas (incubação e casa de vegetação) e em campo, utilizando os

delineamentos de tratamento antes descritos.

4. EXPERIMENTOS COM REMINERALIZADORES DE SOLO

4.1. EXPERIMENTOS DE INCUBAÇÃO

A incubação nada mais é do que a mistura de solo com o insumo/produto/remineralizador a ser testado, em doses e granulometrias de interesse. Este método 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 uma 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 ou um solo arenoso, um de textura média e outro argiloso) selecionados a partir de suas representatividades agrícolas.

O **período de duração** pode ser de **até 12 meses** com **amostragens de solo mensais, trimestrais ou semestrais, 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**.

As quantidades de solo (bem como o tamanho dos recipientes) irá depender da frequência de amostragens. Via de regra sugere-se iniciar com no mínimo 300 gramas de solo seco. A quantidade mínima de amostra a ser enviada para uma **análise de solo completa** (macro e micronutrientes, pH, argila e matéria orgânica) **é de 100 gramas**, portanto, com **300 gramas seria possível realizar até três amostragens (não considerando as perdas)**.

Para experimentos com amostragens mensais, e com duração de até 12 meses de incubação, seria necessário aproximadamente 1,2 kg de solo seco.

A umidade do solo incubado deve ser mantida em 80% da capacidade de retenção de água de cada solo. Sugere-se utilizar água destilada.

4.2. 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.

O tamanho dos vasos varia de 2 dm³ a 30 dm³, dependendo das espécies de plantas e da duração do experimento (Novais et al., 1991).

As avaliações deverão consistir de análise de solo, análise de tecido foliar, massa seca de parte aérea e produtividade (quando possível). As análises de solo e de tecido foliar podem ser feitas apenas ao final do último cultivo sucessivo, contudo, é preferível que sejam realizadas ao final do ciclo de cada cultura.

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, 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. Geralmente os estudos de adubação em casa de vegetação tem duração de no máximo **60 dias para espécies produtoras de grãos**. Entretanto, para a avaliação dos remineralizadores, é indicada a realização de ensaios de cultivos sucessivos com duração de 12 a 36 meses.

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.

Adicionalmente, no caso de remineralizadores fontes de K, é possível além das análises de solo padrão (Embrapa, 1999), realizar **análise de fracionamento do K no solo** visando determinar as frações (total, estrutural, não trocável, trocável e na solução do solo, Melo et al., 2009) deste elemento em função dos fatores de tratamento (tipo e doses de remineralizador; tipo de solo...). Com isso, é possível determinar a contribuição do remineralizador na reserva mineral do solo.

Além do efeito fertilizante (Martins et al., 2008; Van Straaten, 2007), 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 dm³) 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**.

4.3. 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 1,0 hectare ou maiores) atentar para a correta alocação dos mesmos a fim de minimizar as diferenças de solo comuns em áreas grandes (ver Figura 1). 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, dentre outros)**. 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 do solo: **Muito baixo, Baixo, Médio e Alto** (Figura 3B).

Considerando o delineamento para o remineralizador F e as doses propostas (ver Tabela 2, página 6), nas Figuras 2 e 3A/5B estão apresentados os delineamentos experimentais em blocos casualizados com quatro repetições considerando o bloqueamento tradicional (Figura 2) e o bloqueamento em função dos teores de K do solo (Figura 3A e 3B).

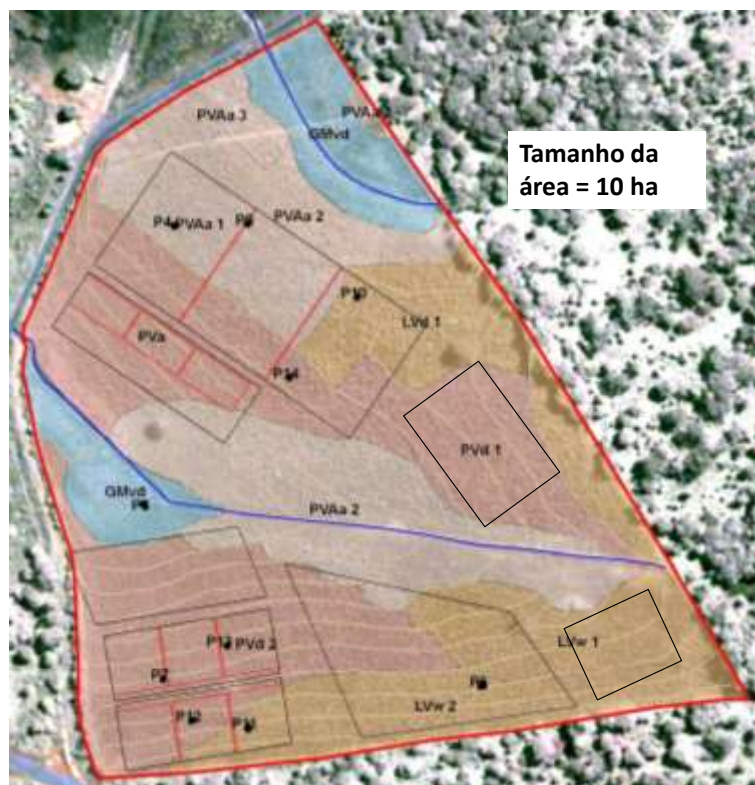


Figura 1. Mapa de solos de uma área experimental de tamanho de 10 hectares. Observar a grande variabilidade de tipos de solos (seis tipos) e as implicações no planejamento experimental (o bloqueamento não foi capaz de efetuar o controle local). Como suporte à correta classificação dos solos, bem como outras informações, adotar o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (Embrapa Solos, 2006).

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

Figura 2. Desenho experimental em blocos casualizados de um experimento com seis tratamentos (os valores dentro das células são as doses do remineralizador F, em kg ha^{-1}) e quatro blocos para testar o fator Dose do remineralizador como fonte de K_2O . Observações: Fator Dose do remineralizador com seis níveis, onde 978 kg ha^{-1} é 100% da recomendação de K_2O (ver Tabela 2, página 11), considerando os seguintes princípios: a) Solo com teor de K_2O na classe Baixo ($31\text{-}60 \text{ mg dm}^{-3}$) e $\text{CTCpH}7,0$ de $7,6 - 15,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; b) adubação de correção e manutenção (CQFS-RS/SC, 2016); c) expectativa de produtividade de $>10 \text{ Mg ha}^{-1}$ de grãos de milho; d) tamanho das parcelas: $5,0 \text{ m} \times 5,0 \text{ m}$ (25 m^2), com caminhos de $1,0 \text{ m}$.

Figura 3A. Teor de K do solo (mg dm^{-3}) Classes (CQFS-SC/RS, 2016)

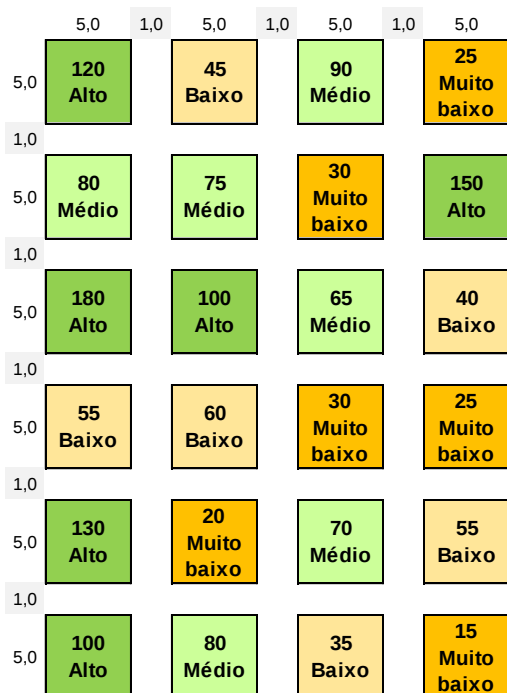


Figura 3B. Casualização dos níveis do Fator Dose do remineralizador F fonte de K_2O (em kg ha^{-1}), em função das classes de teores de K do solo (mg dm^{-3})

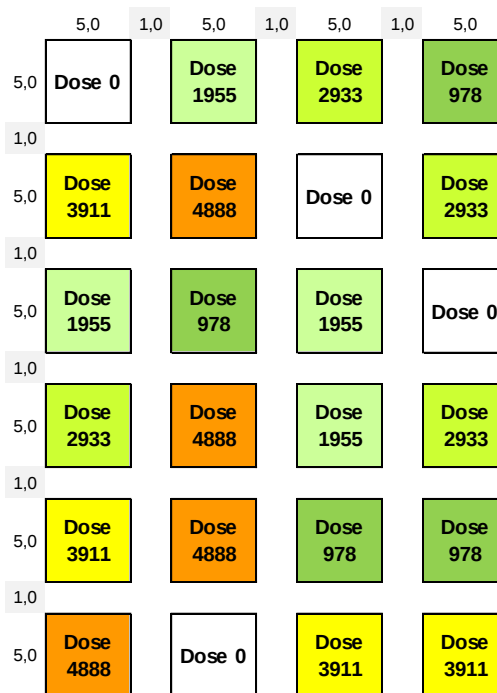


Figura 3. Desenho experimental de um experimento com seis tratamentos e quatro blocos baseado no teor de K do solo (Figura 3A) e casualização dos níveis do fator Dose de remineralizador fonte de K_2O em função de classes dos teores de K no solo (Figura 3B). Observações: a) Solo com CTC_{pH7,0} de 7,6 - 15,0 cmolc dm^{-3} ; b) Classes de teores de K no solo: Muito baixo: $<30 \text{ mg dm}^{-3}$; Baixo: 31 a 60 mg dm^{-3} ; Médio: 61 a 90 mg dm^{-3} ; Alto: 91 a 180 mg dm^{-3} (CQFS-RS/SC, 2016); c) adubação de correção e manutenção (CQFS-RS/SC, 2016); d) expectativa de produtividade de $>10 \text{ Mg ha}^{-1}$ de grãos de milho; e) tamanho das parcelas: 5,0 m x 5,0 m (25 m^2), com caminhos de 1,0 m.

No caso dos experimentos de campo, sugere-se que sejam realizados em pelo menos dois locais com diferentes tipos de solo. Se possível, as áreas escolhidas devem apresentar solos com características químicas e físicas distintas, mas uniformes, conforme destacado anteriormente. Quanto maior o número de locais em que o remineralizador for avaliado, mais robustos e representativos serão os resultados.

Em alguns experimentos em condições de campo têm 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 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 intemperismo 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 intemperismo.** 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** (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 (nas folhas e nos grãos). Porém, para contemplar o fator reaplicação 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 10,0 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).

As avaliações (variáveis respostas) deverão consistir de análise de solo, análise de tecido foliar, massa seca de parte aérea e produção/produtividade. As análises de solo podem ser feitas apenas ao final do último cultivo sucessivo, contudo, é preferível que sejam realizadas ao final do ciclo de cada cultura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se a natureza particular dos remineralizadores de solo, isto é, fontes multielementares de nutrientes, de baixa e/ou gradual solubilidade e relativamente baixa concentração de nutrientes, e que os protocolos agrônômicos em vigência foram desenvolvidos para a avaliação de fontes de elevada solubilidade e concentração, neste documento foi proposto um protocolo agrônômico específico para os remineralizadores de solo, levando em conta princípios básicos da experimentação agrônômica, 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 agrônômica dos remineralizadores de solo 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 BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, V.F. **Utilização de fertilizantes a base de xisto na produção e qualidade de morangos.** Pelotas, 2011. 105p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas.

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, 2016.

DENARDI, T. **Avaliação de doses de matriz fertilizante MBR no desenvolvimento inicial e na produção de frutas de ameixeira cultivar Irati.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Pato Branco. UTFPR, 2011. 176p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro- RJ). EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 2 ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro, 1999, 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro- RJ). EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2^a ed., Rio de Janeiro, 2006. 353 p.

GRECCO, M. **Dinâmica na liberação de nutrientes de rochas silicáticas em dois solos do Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2018. 77 p.

MALAGI, G. **Respostas agronômicas e ecofisiológicas de videira cultivar BRS Violeta, influenciadas por sistemas de adubação.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná/Pato Branco. UTFPR, 2011. 176p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. [Teste de incubação para avaliação de fertilizantes com Silício \(Si\)](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/registro-de-produtos-e-estabelecimentos/fertilizantes-inoculantes-e-corretivos), disponível no site do MAPA (<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/registro-de-produtos-e-estabelecimentos/fertilizantes-inoculantes-e-corretivos>)

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual oficial de métodos analíticos para fertilizantes minerais, orgânicos e corretivos.** 2017, disponível no site do MAPA (<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/manual-de->

[metodos_2017_isbn-978-85-7991-109-5.pdf](#)

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 35, de 04 de julho de 2006. **Normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade, de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura**

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 53, de 23 de outubro de 2013. **Das definições, da classificação, do registro e renovação de registro de estabelecimentos, do cadastro e renovação de cadastro de prestadores de serviços, fornecedores de minérios e geradores de materiais secundários, das alterações e cancelamentos.**

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016. **Regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura.**

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 39, de 08 de agosto de 2018. **Relação de fertilizantes minerais simples e fertilizantes contendo novos aditivos, quelantes ou complexantes, novos materiais para serem utilizados como carga e novos minérios para a fabricação de fertilizantes.**

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.

MELO, V.F.; CASTILHOS, R.M.V.; PINTO, L.F.S. Reserva mineral do solo. IN: **Química e mineralogia do solo**. Edts.: Vander de Freitas Melo & Luís Fernando Ferracciú Alleoni. Viçosa, MG, SBCS, 2009. p 251-332.

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.

RODRIGUES. M. **Subprodutos da mineração de calcário da Formação Irati como fontes de cálcio, magnésio e enxofre**. Dissertação (Mestrado) - Programa

de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2017. 121 p.

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

VIGNOLO, G. K.; ARAUJO, V. F.; KUNDE, R. J. et al. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência Rural**, 41: 1755 –1761, 2011.

ANEXO 1

Lista de remineralizadores de solos e insumos registrados em outras categorias no MAPA os quais podem ser usados como testemunhas positivas em experimentos com remineralizadores de solo.

Nome Comum			Constituição química % ¹					
			CaO	MgO	K ₂ O	SB	SiO ₂	Mn
Remineralizador	Triunfo Mineração	Basalto	4,60	4,20	3,00	11,80	35,00	
	Pedreira Araguaia	Micaxisto			3,00	9,10		
	Mistel Mineração	Rochas silicáticas			2,00	9,00		
	Mineração Curimbaba	Fonolito			8,00	9,15	25,00	0,15
	BK Mineração	Serpentinito			1,00	26,00		
	Pedreira Diabásio	Diabásio	8,52	4,52	1,36	14,40		
			Ca	Mg	S	Si		
Fertilizantes	Ekosil ^{2,3}	Fonolito				25,00		
Minerais Simples	Folhelho Carbonoso ^{2,3}	Ritmito	8,00	6,00	1,20			
	Dunito ^{2,3}	Dunito		24,00		16,00		

¹ Garantias mínimas de elementos nutrientes (K₂O>1,0%; Soma de bases – SB>9,0%), segundo a Instrução Normativa número 05 (10/03/2016); ² Produtos registrados na categoria de fertilizante mineral simples (Anexo 1 – especificações dos fertilizantes minerais simples, IN 39, de 08/08/2018), os quais passam por moagem e tamisação e podem ser usados como testemunhas positivas em experimentos com remineralizadores de solo; ³ Teores segundo MAPA (2017) – Manual oficial de métodos analíticos para fertilizantes minerais, orgânicos e corretivos.