

Produtividade de soja e milho influenciada pela aplicação isolada e combinada de condicionadores de solo

Robinson Barboza¹; Telmo Jorge Carneiro Amado²; Leonardo Kerber³; Fernando Cirolini⁴

Introdução

A fertilização baseada na exportação de nutrientes geralmente é definida de acordo com a expectativa de produtividade, sendo que algumas vezes o balanço pode ser positivo e em outras negativo, resultando que o saldo ou déficit deva ser compensado nas próximas fertilizações. Assim, muitas vezes o produtor realiza uma fertilização para uma produtividade de soja de 3.000 kg ha⁻¹ e, se a condição de clima for favorável, é possível que produza 4.000 kg ha⁻¹. Geralmente, o produtor considera este resultado como balanço positivo para o caixa da atividade, sem levar em consideração a maior fertilização de reposição que terá que realizar nas próximas safras. Em um trabalho recente de Fixen et al. (2010), nos Estados Unidos, foi observado, com base nas amostras enviadas aos laboratórios de solo, uma queda nos teores dos principais nutrientes em regiões com elevada produtividade das culturas de grãos. Em parte, este desbalanço foi atribuído a adoção de cultivares transgênicos e híbridos modernos, que possuem maior potencial produtivo e tem maior exportação de nutrientes nos grãos em relação as cultivares tradicionais (Bender et al., 2015).

Com a adoção da agricultura de precisão entre os associados da Cotrijal através do programa Ciclus a intensidade de amostragem de solo foi aumentada, possibilitando adotar um programa de fertilização visando elevar os teores dos nutrientes deficientes utilizando a taxa variada de corretivos e fertilizantes. A formação de um banco de dados forneceu subsídios para um diagnóstico atualizado da fertilidade do solo, reacendendo o interesse pelo aprimoramento da nutrição de plantas como estratégia para alavancar a produtividade, especialmente em um cenário de utilização de variedades de ciclo curto e altamente exigente em fertilidade do solo. Em um primeiro momento, a elevação dos teores de fósforo (P) que ainda se encontravam abaixo do crítico e a calagem, que na maioria das situações havia corrigido, apenas a camada de 0-0,10 m, foram o alvo do projeto Ciclus. Observou-se que não era possível fazer generalizações e que o planejamento de fertilização tinha que ocorrer em nível de talhão. Especialmente, em relação a calagem foram registrados expressivos incrementos na produtividade das culturas de grãos em reposta a aplicação do corretivo. Estes resultados, estão alinhados com recentes trabalhos conduzidos nos Estados Unidos que evidenciaram elevada demanda

¹Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor Robinson Barboza, Eng-Agr. Mestrando em Agricultura de Precisão - UFSM
Consultor Técnico Cotrijal
email: rbarboza@cotrijal.com.br.

²Eng-Agr. Prof. Titular,
Pesquisador CNPq,
Departamento de Solos - UFSM
e-mail: proftelmoamado@gmail.com

³Coordenador Ciclus Cotrijal,
Mestrando em Agricultura de Precisão - UFSM
e-mail: lkerber@cotrijal.com.br.

⁴Eng. Agr. Mestrando em
Agricultura de Precisão - UFSM
Consultor Técnico Cotrijal
email: fcirolini@cotrijal.com.

das cultivares transgênicas de soja e de híbridos de milho a cálcio e enxofre (Bender et al., 2015).

A calagem é a prática mais eficiente para elevar o pH, aumentar os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , a saturação por bases e neutralizar o Al^{3+} e Mn^{2+} no solo. Quando aplicado em superfície, a ação do calcário, geralmente é limitada as camadas superficiais adjacentes ao local de aplicação do insumo. Portanto, a calagem não ser quando utilizada em doses elevadas tem pouco efeito na redução da acidez do subsolo, que depende da lixiviação de sais através do perfil do solo (Dalla Nora et al., 2014). Como as raízes das plantas não se desenvolvem bem em camadas subsuperficiais ácidas, sobretudo quando expostas a toxidez de Al^{3+} (Pavan et al., 1982) e a deficiência de Ca^{2+} (Ritchey et al., 1982), geralmente, não se verifica o aprofundamento do sistema radicular das culturas de grãos (Amaral et al., 2004) (Figura 1).

Sob situações de restrição ao aprofundamento do sistema radicular das culturas de grãos, estresse hídricos de curta duração resultam em acentuado decréscimo na produtividade. A presença de íons inorgânicos como cloreto, nitrato e sulfato, ou moléculas orgânicas complexantes de baixo peso molecular provenientes da decomposição de adubos verdes (Pavan, 1994 e 1998; Franchini et al., 1999), da adubação orgânica com cama de aviário (Gebrim et al., 2008) ou de fezes de animais no sistema integração lavoura-pecuária (Flores et al., 2008) favorecem a movimentação vertical de bases aportadas pela calagem e a diminuição da atividade do Al^{3+} , proporcionando a melhoria química de camadas subsuperficiais. Sob adubação orgânica (cama de aviário), a mobilidade vertical de Ca^{2+} aportada pelo calcário em Latossolo argisolo foi positivamente correlacionada com a concentração dos ácidos málico e oxálico (Gebrim et al., 2008).

A não interrupção do plantio direto em Latossolos ácidos, depende de um manejo da fertilidade do solo que contemple estratégias de correção de atributos químicos de camadas subsuperficiais (Silva & Lemos, 2008). Neste sentido, o gesso agrícola pode ser utilizado, de forma complementar ao calcário, como condicionador visando a melhoria química do subsolo favorecendo o aprofundamento do sistema radicular (Santos et al., 2006; Soratto & Crusciol, 2006). O gesso agrícola, é um subproduto da indústria de ácido fosfórico que contém sulfato de Ca^{2+} e pequenas concentrações de P e flúor (Vitti et al., 2008). Este produto é aproximadamente 172 vezes mais solúvel em água do que o calcário, disponibilizando de forma mais rápida os íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} . O calcário, por sua vez, por possuir carbonato, de Ca^{2+} e de Mg^{2+} dependendo da fonte utilizada, neutraliza a acidez e eleva o pH das camadas superficiais, criando cargas negativas na superfície dos argilominerais cauliniticos. Estas cargas negativas previnem a adsorção do sulfato aos argilominerais mantendo-o em solução, fato que favorece sua movimentação vertical, comportando-se como o principal ânion acompanhante de cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , e em menor intensidade do K^+) que se deslocam verticalmente junto com a água de percolação, incrementando a saturação de bases e reduzindo a saturação do Al^{3+} de camadas subsuperficiais (Alcordero & Rechcigl, 1993). Desta forma, a utilização do gesso combinado ao calcário favorece o aprofundamento do sistema radicular ampliando o volume de solo a ser explorado e a tolerância das plantas ao deficit hídrico de curta duração (Sousa et al., 2005; Dalla Nora et al., 2014). O gesso agrícola pode ainda auxiliar na melhoria da estrutura do solo por fornecer Ca^{2+} , um cátion bivalente, que incrementa a agregação (Ferreira et al., 2013) com reflexo po-

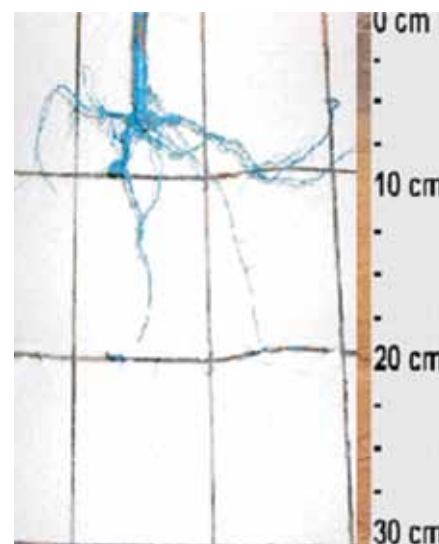


Figura 1. Sistema radicular de soja sob plantio direto em solo com camada subsuperficial ácida, com elevada saturação de alumínio. Foto: Douglas Dalla Nora, 2014.

sitivo na infiltração de água. A continuidade dos poros, especialmente os bioporos, sob sistema plantio direto e o incremento do teor de matéria orgânica contribuem para a infiltração e o movimento vertical de bases.

O Fidagran SG05 é um condicionador, com as características de ser multi-nutriente e corretivo, que em sua fórmula possui os seguintes elementos: Ca^{2+} , Mg^{2+} e S. A função do Fidagran, quando aplicado no sulco, é de melhorar a nutrição das plantas nos estádios iniciais, estimulando o enraizamento, incrementando o vigor das plantas e a resistência dela a estresses iniciais. Este produto utiliza em sua formulação o gesso agrícola, calcário filler e cal hidratado cada produto em uma determinada proporção para que as concentrações supracitadas sejam alcançadas. Portanto, este produto pode favorecer a fixação biológica de N na soja através da associação simbiótica com o *Bradyrhizobium japonicum*. Destaca-se que este produto deve ser utilizado de forma complementar a calagem, especialmente em solos ainda em fase de correção da acidez, e não como substitutivo desta.

Nos últimos anos, o uso de condicionadores de solo tem incrementado visando a obtenção de elevadas produtividades de cultivares transgênicas e híbridos modernos. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de dois condicionadores de solo (Gesso agrícola e Fidagran SG05), utilizados de forma isolada ou combinada, no incremento da produtividade de soja e milho, em

solo previamente corrigido e com a fertilidade equilibrada.

Material e Métodos

Este estudo foi conduzido na Agropecuária N.H., que possui área agrícola total de 821 ha, sendo escolhido um talhão denominado Palmeira com área de 81,5 ha. Neste talhão foram selecionados 31,2 ha para a implantação dos tratamentos, o restante permaneceu como representante do manejo tradicional. A área experimental está localizada ao lado do Parque da Expodireto, situada entre o Município de Não-Me-Toque e de Victor Graeff. Área experimental possui as seguintes coordenadas S 28028'34,66" e O 52047'40,10" com altitude 493,8 m e as coordenadas da testemunha é S 28028'37,43" e O 52047'26,64" com a altitude 485 m, o Datum utilizado é o WGS 1984.

O sistema de rotação adotado na propriedade durante o verão foi o de 33% da área cultivada com milho e o restante sendo utilizado com a soja. Já no inverno as culturas de cevada, trigo e aveia foram utilizadas em proporções semelhantes. Na Tabela 1 a rotação de culturas utilizada no talhão é apresentada com destaque a utilização do nabo forrageiro para cobertura do solo durante o outono.

O trabalho de aprimoramento da fertilidade do solo foi iniciado em 2007, utilizando amostragem georeferenciada segundo malha re-

gular de 1 ponto ha^{-1} . O esquema de coleta de amostras de solo da propriedade foi feito antes da cultura do milho. Durante o período de seis anos foram coletadas amostras de solo a cada dois anos e realizada três intervenções de fertilização corretiva a taxa variada de P e K.

Ao longo do período experimental algumas adaptações na amostragem de solo foram realizadas. Assim, a primeira amostragem foi realizada na profundidade de 0 a 12 cm, já para a segunda a profundidade foi de 0 a 15 cm, e para a terceira amostragem a profundidade foi de 0 a 20 cm. A necessidade de aumentar a profundidade de coleta de amostras de solo foi feita para melhor caracterizar a demanda de calagem da área, pois a primeira e segunda amostragem de solo indicaram que a área não demandaria a aplicação de corretivo, embora experimentos conduzidos na propriedade ainda indicavam resposta das culturas a aplicação do insumo.

O tipo de trado utilizado para a coleta das amostras foi o de rosca adaptado sobre um quadriciclo. Foram coletadas 12 subamostras sendo uma no ponto central e as demais em um raio de 20 m. A malha amostral foi de 100 m x 100 m, em um formato quadriculado, adaptando pontos extremos para que não tivesse interferência das bordas da área não representativas. Para a recomendação dos fertilizantes foi utilizado o software GTA500 com teores de P e K críticos ajustados para $\text{P} = 15 \text{ mg dm}^{-3}$ e $\text{K} = 180 \text{ mg dm}^{-3}$.

Tabela 1. Esquema de rotação de culturas na área experimental. Não Me Toque, RS.

Culturas	Anos						
	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
Inverno	Trigo	Cevada	Aveia	Trigo	Cevada	Aveia	Trigo
Verão	Soja	Soja	Milho/Nabo Forrageiro	Soja	Soja	Milho/Nabo Forrageiro	Soja

Fonte: Barboza, 2014.

A fertilização utilizada seguiu a exportação prevista, ou seja: para trigo e cevada - para cada tonelada de grãos foi repostado 22 kg ha⁻¹ de N, 15 kg ha⁻¹ para P e K, 10 kg ha⁻¹ de S; para soja - para cada tonelada de exportação 20 kg ha⁻¹ de P e K, 10 kg ha⁻¹ de S; e para milho: 22 kg ha⁻¹ de N e 10 kg ha⁻¹ de P e K, 5 kg ha⁻¹ de S. A expectativa de produtividade para soja, trigo e cevada foram de 4.500 kg ha⁻¹ e para milho 12.000 kg ha⁻¹. A fertilização de K e do S foi feita a lanço, com no máximo 30 dias de antecedência a implantação das culturas, com os seguintes insumos: KCl (00-00-60) e Sulfurgran. Já para N e P a adubação foi feita na linha de semeadura com os seguintes produtos utilizados de forma alternada: MAP (11-52-00), DAP (18-46-00), MES (13-33-00+15S), MES (08-40-00+9S). A escolha de MAP/DAP ou MES (MicroEssencial) foi de acordo como a condição comercial de cada ano, de modo que quando se utilizava o MES não era utilizado o Sulfurgran como fonte de S.

A análise do solo quando da conversão do campo nativo para a agricultura, indicou a necessidade de 12 t ha⁻¹ de calcário e um teor de P médio de 5 mg dm⁻³ e o K médio de 80 mg dm⁻³. Durante a fase de estabelecimento fez-se um aporte de 6.000 kg ha⁻¹ de cama de aviário com seis lotes.

O GPS de navegação utilizado foi o modelo Garmin Etrex Vista, no Datum WGS 84, com as malhas amostrais feitas no CR Campeiro 6.0, e transferido para o GPS de navegação com o mesmo formato de Datum.

Anteriormente, a implantação do experimento (2008) foi aplicado 2 t ha⁻¹ de calcário de forma uniforme em toda a área (inclusive na testemunha). Portanto, a condição inicial da área era a de solo corrigido, com fertilidade equilibrada.

Os tratamentos investigados neste trabalho foram (Figura 2):



Figura 2. Croqui dos tratamentos: (A) Testemunha, (B) Fidagran SG05, (C) Fidagran SG05 + Gesso agrícola e (D) Gesso agrícola na área experimental. Não-MeToque, RS. Fonte: CICLUS, 2014.

- 1- Testemunha (sem condicionadores) (A);
- 2 -Fidagran SG05 (B)
- 3 -Fidagran SG05 + Gesso agrícola (C)
- 4 -Gesso agrícola (D)

A composição do Fidagran SG05 era Ca⁺² = 18%, Mg⁺² = 7.0% e S = 5%. A composição do gesso agrícola era Ca⁺² = 20%, S = 15%, P = 0,7% e F = 0,6%.

O tratamento testemunha foi posicionado em uma zona de alta produtividade nos anos anteriores, de forma que o tratamento pudesse representar um local de satisfatório desempenho vegetal na área agrícola. Ainda, seu posicionamento em área que não fosse ao lado dos de-

mais evitou o risco de contaminação da testemunha com os insumos aplicados nos demais tratamentos.

A dosagem de gesso a taxa variada neste trabalho foi baseada no teor de argila (Figura 3), na qual se utilizou o critério de 40 vezes o teor de argila (%) de cada ponto amostral. A área total aplicada com gesso foi 23,5 ha com uma dosagem média de 1744 kg ha⁻¹, com variação de 1.520 kg ha⁻¹ a 2.000 kg ha⁻¹ de acordo com o teor de argila. Quando da aplicação do gesso agrícola, enfrentou-se vários problemas, como local para armazenagem, dificuldade

de aplicação, coeficiente de distribuição insatisfatório e muita influência do vento (Figura 3).

No tratamento denominado Fidagran SG05, na qual em sua formulação possui gesso, calcário filler e cal hidratado, que segundo a empresa fabricante possui o dobro de eficiência dos produtos isolados. Com base nisso, optou-se como critério de dosagem 20 vezes o teor de argila (Figura 3). Assim, a dosagem média foi 865 kg ha⁻¹, com variação de 760 kg ha⁻¹ a 1.000 kg ha⁻¹.

O tratamento que combinou os dois condicionadores foi composto

pelo gesso com uma dosagem média de 1744 kg ha⁻¹ e o Fidagran com dosagem média de 865 kg ha⁻¹.

As quantidades médias aportadas nos insumos investigados foram Fidagran SG05 Ca⁺² = 156 kg ha⁻¹, Mg⁺² = 61 kg ha⁻¹ e S = 43 kg ha⁻¹; Gesso agrícola - Ca⁺² = 345 kg ha⁻¹, S = 261 kg ha⁻¹, P = 12 kg ha⁻¹ e F = 10 kg ha⁻¹. No tratamento com insumos combinados as quantidades foram Ca⁺² = 501 kg ha⁻¹, Mg⁺² = 61 kg ha⁻¹, S = 304 kg ha⁻¹, P = 12 kg ha⁻¹ e F = 10 kg ha⁻¹. Portanto, as quantidades aportadas não foram niveladas, sendo optado neste traba-

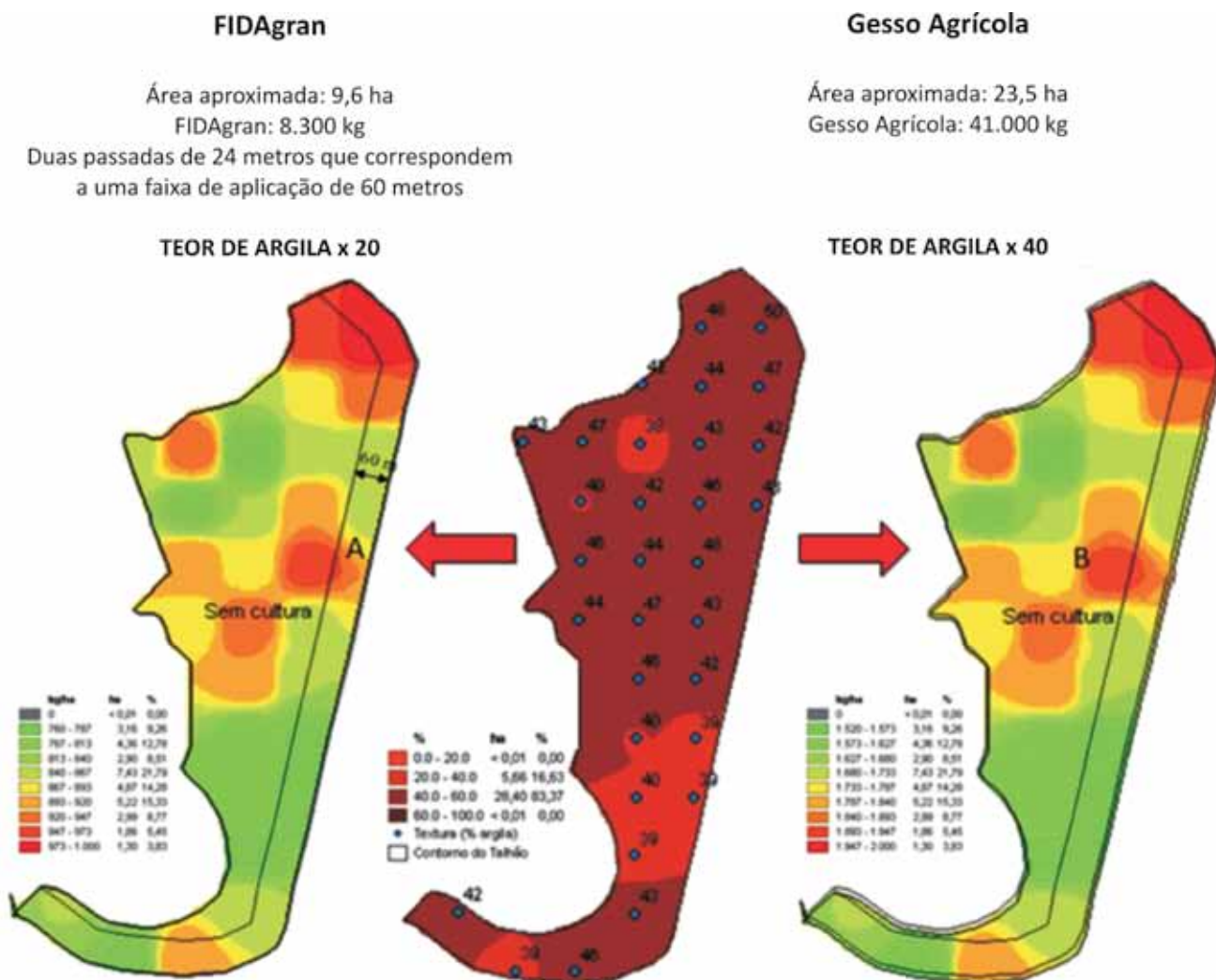


Figura 3. Faixa de aplicação de Fidagran (A) e de aplicação de gesso (B), ao centro mapa do teor de argila utilizado para definir a dosagem dos condicionadores.



Figura 4. Aplicação de insumos na área experimental. Não-Me-Toque, RS.

lho seguir as recomendações técnicas dos fabricantes. Ainda, a comparação entre os insumos foi feita pelo retorno econômico simplificado.

A distribuição dos insumos foi feita com o distribuidor Hércules 24.000 (Stara) montado em um caminhão de propriedade da Cotrijal. A largura de aplicação do gesso agrícola foi 14 m e a do Fidagran 24 m.

Os dados de produtividade foram registrados com colhedora John Deere STS-9670 com sensor de produtividade, com plataforma de trinta e cinco pés de corte e quando trabalhado com a cultura do milho em uma plataforma de treze linhas espaçamento 45 cm entre linhas (figura 5).

Resultados e Discussão

Atributos de solo influenciados pelos condicionadores do solo

Na análise de solo realizada em 2013 foi possível observar que o pH H_2O encontrava-se na maior parte

do talhão entre 5,5 e 6,0, destacando-se que a profundidade de amostragem foi de 0-20 cm. Este resultado deve-se as calagens realizadas anteriormente a este estudo, sendo a última realizada em 2008 com dosagem de 2 t ha^{-1} . Os tratamentos utilizados não alteraram o pH H_2O da área. O gesso é um sal neutro e tem pouco efeito sobre o pH H_2O .

O Fidagran embora tenha na sua composição corretivos como calcário filler e a cal hidratada, também apresentou pequena alteração provavelmente em função da dose utilizada (865 kg ha^{-1}). O pH H_2O médio na amostragem de 2013 foi de 5,9 para o tratamento com gesso e 6,0 nos demais tratamentos.

Para a efetividade do gesso na redistribuição vertical das bases no perfil criando uma camada espessa com qualidade química favorável ao aprofundamento do sistema radicular é importante que a área esteja previamente corrigida. Neste trabalho, a área quando da aplicação do gesso já se encontrava corrigida com pH próximo a 6,0 na camada de 0-20 cm.

Os teores de potássio na amostragem de 2013 eram elevados superando os 250 mg dm^{-3} . Durante o processo de implantação da agricultura de precisão na área experimental foram realizadas intervenções a taxa variada de K visando corrigir a variabilidade espacial. Ainda, as fertilizações para reposição da exportação via colheita também sempre foram feitas de modo que a fertilidade fosse incrementada ao longo do tempo. Considerando que o teor inicial de K da área era de 80 mg dm^{-3} obser-



Figura 5. Colhedora John Deere em operação na área experimental. Fonte: Barboza, 2014.

vou-se um incremento de 3.1 vezes no teor deste nutriente. A utilização de gesso pode promover a liviação de K de camada superficial para camada mais profundas. Neste estudo, no tratamento com gesso o teor de K manteve-se muito alto a semelhança dos demais tratamentos, inclusive a testemunha, sugerindo que este processo não foi importante. O teor de argila na maior parte da área superior a 40% contribui para o menor risco de lixiviação de K.

O teor de P na área experimental na amostragem de 2013 situou-se na faixa de 15 a 25 mg dm⁻³, sendo 3 a 5 vezes superior ao teor inicial da área quando da conversão do campo nativo para a agricultura. Como o gesso agrícola possui na sua formulação uma pequena quantidade de P e os demais condicionadores não, houve um desbalanço no aporte deste nutriente entre os tratamentos investigados. Porém, como a área experimental apresentava teores alto de P não se espera que este pequeno aporte diferencial de P (12 kg ha⁻¹) entre os tratamentos influencie a produtividade das culturas de grãos.

Para Saturação de bases na amostragem de 2013 os valores encontrados situavam-se na faixa de 70 a 80 %. Esta faixa embora seja classificada como média é considerada como satisfatória para a obtenção de elevadas produtividades com as cultivares modernas de soja e de milho. Especialmente, porque a amostragem foi de 0-20 cm. O gesso agrícola incrementa os teores de Ca²⁺ e da saturação de bases, ao mesmo tempo que diminui a saturação de Al³⁺, porém estas alterações ocorrem especialmente em camadas subsuperficiais. O Fida gran também é uma fonte de Ca²⁺, em maior proporção, e de Mg²⁺, porém seu efeito quando aplicado a lanço e em dose média não alterou a saturação de bases. Muitos agricultores tem utilizado este insumo de forma localizada no sulco de semeadura, estratégia não investigada neste trabalho.

O teor de Ca²⁺ variou de 5,5 a 6,5 cmolc dm⁻³, sendo classificado como alto. No tratamento com gesso observou-se um ligeiro incremento no teor de Ca²⁺ em relação aos demais tratamentos, estando co-



www.
**sementes
com vigor**
.com

SOJA:

IPRO: Ponta, Garra, Vanguarda, Lança, Elite
RR: Potência, Valente, Alvo, Turbo, Ativa, Apolo, Veloz

FEIJÃO: BRS Estilo, IPR Tuiuiú e IPR Uirapuru

TRIGO OR: ORS 25, Ametista, Jadeíte, Topázio, Marfim

TRIGO TBIO: Toruk, Iguacú, Sinuelo, Sintonia

AVEIA BRANCA: URS Taura e Corona

AVEIA PRETA: Iapar 61

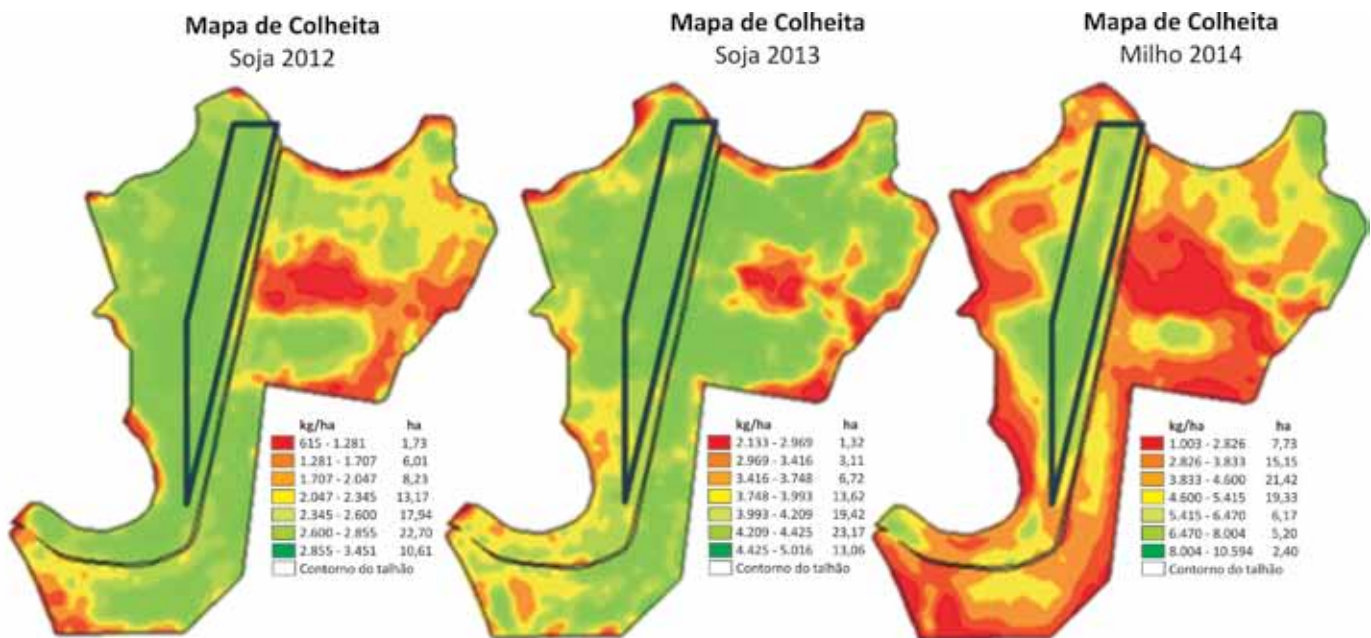


Figura 6. Mapas de produtividade de três safras de verão (soja 2012/13 a direita, soja 2013/14 no centro, e milho 2014/15 a esquerda) na área experimental obtida com colhedora equipada com sensor de produtividade. Não-Me-Toque, RS.

erente com o aporte deste nutriente que foi aproximadamente o dobro no tratamento com gesso em relação ao Fidagran. O teor de Mg^{2+} variou de 1,5 a 2,2 $cmol_c\ dm^{-3}$, também sendo classificado como alto. Farina et al. (2000) e Zambrosi et al. (2007) reportaram, quando da aplicação do gesso agrícola, o incremento do Mg^{2+} em subsuperfície devido a formação de sulfato de magnésio ser prioritária em relação as demais formas iônicas do sulfato. Shainberg et al. (1989) alertaram que a redução no teor de Mg^{2+} na camada superficial pode acarretar deficiência desse elemento para as plantas, desde que o teor seja inferior ao crítico. Neste trabalho, todos os tratamentos apresentaram teor de Mg^{2+} elevado. Os elevados teores de Ca^{2+} e de Mg^{2+} são o resultado da aplicação de calcário dolomítico. Ressalta-se a importância de observar os teores de Mg^{2+} e de K^+ quando se for utilizar o gesso como condicionador, evitando desbalanço de bases no complexo de troca.

Quanto ao teor de S na área experimental na amostra de 2013 o teor era classificado como alto com valor mínimo de 6,3 $mg\ dm^{-3}$, médio 11 $mg\ dm^{-3}$ e máximo 17 $mg\ dm^{-3}$. Como o gesso e o sulfugran são fontes de S foi verificado incremento no teor deste nutriente na camada 0-0,20 m em relação a testemunha. Como o sulfato apresenta elevada mobilidade vertical é também provável que tenha havido incremento em camadas mais profundas.

Produtividade de soja e milho influenciada pelos uso de condicionadores

Neste trabalho são apresentados os mapas de produtividade de três safras sendo duas da cultura da soja e uma da cultura do milho. Na Figura 6 as cores com tons de vermelho representam as menores produtividades, enquanto as cores

Mapa de Colheita
Média (Soja 2012 + Soja 2013 + Milho 2014)

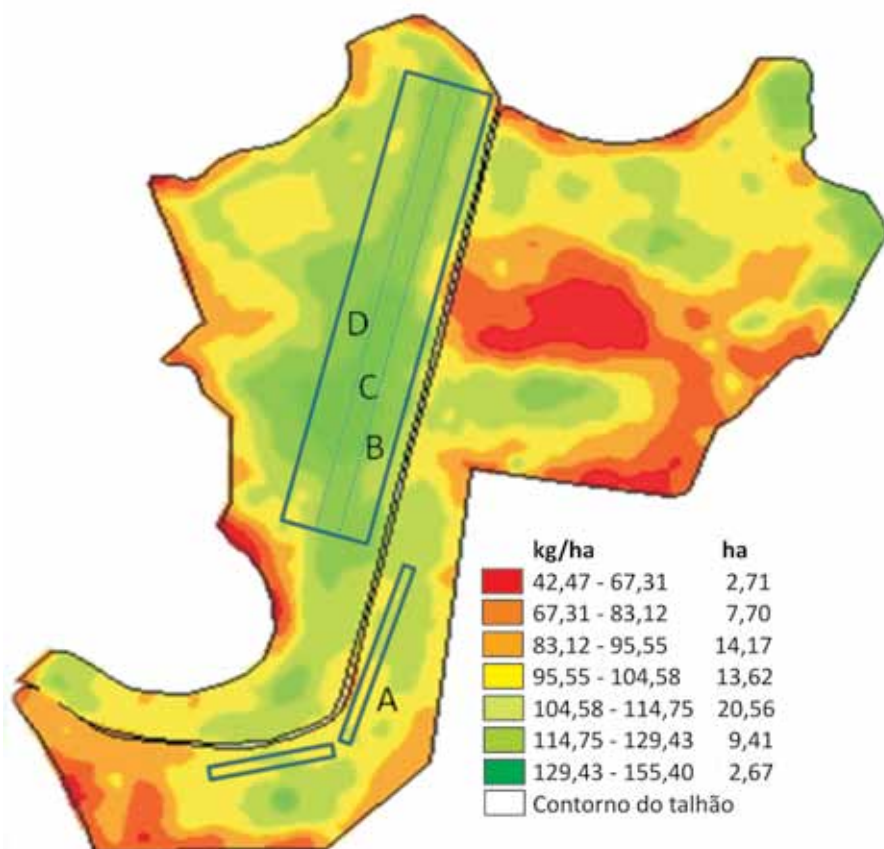


Figura 7. Mapas de colheita (soja 2012/13, soja 2013/14 e milho 2014/15) sobrepostos com os seguintes tratamentos testemunha (A), fidagran SG10 (B), fidagran SG10 + gesso agrícola (C) e gesso (D). Fonte: CICLUS, 2015.

com tons de verde as maiores. Na safra 2012/13 houve a ocorrência do fenômeno *El Nino*, com acentuado déficit hídrico durante o ciclo da cultura da soja, reduzindo o seu potencial produtivo. Naquela safra, a quebra na produção gaúcha de soja foi de 41% com prejuízos que superaram R\$ 3,2 bilhões de reais. Torezini e Caldas (2015) reportaram que as safras de 2004, 2005 e 2012 apresentaram as maiores quebras na produção agrícola no RS, sendo que na maior delas (2005) a queda na renda obtida pelas vendas de soja, alcançaram R\$ 4,6 bilhões, além de uma redução de 82,3 mil postos de trabalho e uma queda na arrecada-

ção de ICMS de R\$ 184,7 milhões. Estes resultados posicionaram o Estado como um dos de mais vulneráveis aos efeitos dos deficit hídricos de curta duração, sendo prioritário o desenvolvimento de estratégias para proteção da produtividade da soja e do milho, quanto a escassez de precipitação em estádios críticos. Por outro lado, a safra de soja de 2013/14 foi classificada como normal, com produção de 6.8 milhões toneladas superior a anterior refletindo as favoráveis condições climáticas durante o ciclo da cultura.

Analisando o tratamento testemunha, neste estudo, na safra de 2013/14 a produtividade de soja alcançou 68,7 sc ha⁻¹ (9% inferior a produtividade alvo para fins de fertilização), refletindo as boas condições de fertilidade da área e o correto manejo da cultura. Porém, na safra 2012/13 houve uma redução de 37% na produtividade, com a média alcançando 42,8 sc ha⁻¹. Na testemunha na safra 2014/15 a produtividade de milho foi de 63,5 sc ha⁻¹, que é classificada como baixa em função do déficit hídrico verificado no período crítico. Destaca-se que as produtividades obtidas no tratamento testemunha foram próximas as obtidas nos demais talhões da propriedade. Portanto, no conjunto de três safras investigadas neste trabalho em duas houve importante restrição hídrica afetando o desenvolvimento vegetal.

Na análise dos mapas de colheita das safras de verão na área experimental (Figura 7) observa-se que as faixas que receberam os tratamentos gesso agrícola, fidagran SG10 e gesso + fidagran SG10 apresentaram as maiores produtividades (expressa pela cor verde mais intensa) que o restante da área. Destaca-se ainda que a área dos tratamentos é grande, sendo 23,5 ha no tratamento gesso, 9,6 ha no tratamento fidagran e 7,0 ha no fidagran + gesso.

Quando se sobrepõem várias safras representando o que acontece ao longo dos anos em uma sequência de culturas observa-se que os condicionadores incrementaram a produtividade em relação a testemunha e mesmo em relação ao restante da área (Figura 8). Os condicionadores tiveram ainda um efeito de uniformizar a produtividade ao longo da faixa em que foram aplicados. A uniformidade da produtividade ao longo da lavoura é um dos principais pré-requisitos para alcançar elevadas produtividades. Comparando-se o lado da esquerda da estrada que recebeu gesso (exceto na primeira faixa destinada ao tratamento Fidagran) com o da direita da estrada que não recebeu este insumo percebe-se que praticamente inexitem zonas de baixa produtividade nos 23,5 ha. Ressalta-se que toda a área estava previamente corrida com calagem.

Na Tabela 2 é apresentada a produtividade média obtida em cada tratamento e em cada safra. Observa-se na primeira safra de soja 2012/13, sob déficit hídrico, o Fidagran, utilizado de forma isolada, praticamente apresentou a mesma produtividade da testemunha. Já o gesso agrícola incrementou a produtividade da testemunha em 11%. Estes resultados indicam que o gesso agrícola foi um condicionador mais efetivo em mitigar o efeito do estresse hídrico através do aprofundamento do sistema radicular do que o Fidagran SG05. Evidentemente, que este resultado pode estar associado as doses utilizadas de cada insumo. Assim, o gesso agrícola aportou o dobro de Ca^{2+} e o sextuplo de S do que o Fidagran SG05. Por outro lado, a combinação dos dois condicionadores resultou em um incremento de 20% na produtividade da testemunha. Este tratamento aportou as maiores quantidades de Ca^{2+} e S entre os tratamentos. O efeito sinérgico dos dois condicionadores utilizados concomitantemente sob

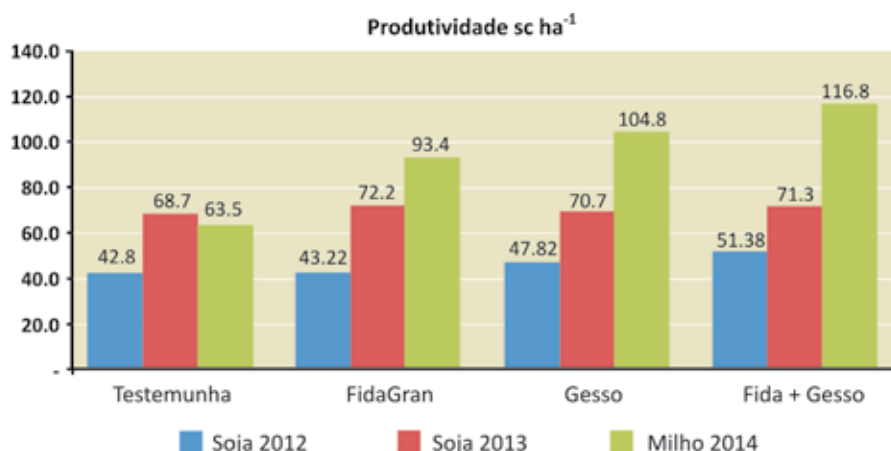


Figura 8. Produtividade média de grãos (sc ha⁻¹) de 228 registros de produtividade para quatro tratamentos e três safras. Não-Me-Toque, RS. Fonte: Barboza, 2015.

situação severa de estresse foi surpreendente pela sua intensidade, podendo representar uma importante estratégia de mitigação do efeito de déficit hídrico de curta duração. A aplicação do Fidagran SG05 pode favorecer o estabelecimento da planta que já apresentaria maior vigor na fase inicial e o gesso favorece o aprofundamento do sistema radicular em estádios mais avançados, ambos processos importantes para a tolerância ao déficit hídrico.

Na safra de 2013/14 sob condições climáticas favoráveis o efeito dos condicionadores foi menor, sendo que o melhor tratamento, Fidagran SG05, proporcionou incremento de 4,8 % na produtividade

Solução para Curva de Nível e Sistematização a Laser

Vendas, Locações e Assistência Técnica

Curva de Nível

- Reduz fadiga do operador
- Longo alcance do laser

Sistematização

- Correção de micro relevo
- Rapidez e eficiência c/ precisão

Display D2

Receptor LR-410

Transmissor AG-401

Tel. (51) 2102 7100

agricultura@allcompgps.com.br | www.allcompgps.com.br

Tabela 2. Análise estatística descritiva da produtividade da soja (228 dados/tratamento) na safra 2012/13 em quatro tratamentos. Não-Me-Toque, RS.

Variáveis	Produtividade da soja safra 2012/2013			
	Testemunha	Fidagran	Gesso	Fidagran+Gesso
Média (sc ha ⁻¹)	42,80	43,22	47,82	51,38
Média (kg ha ⁻¹)	2.568	2.593	2.869	3.083
Erro padrão	26,99	13,04	11,44	7,75
Mediana	2.690	2.546	2.842	3.087
Modo	2.900	2.546	2.842	3.126
Desvio padrão	407,5	196,8	172,8	117,1
Variância da amostra	166.087	38.746	29.851	13.707
Curtose	0,9	(1,1)	(0,4)	0,3
Assimetria	(1,3)	0,3	0,6	(0,2)
Intervalo	1.600	721	683	593
Mínimo (kg ha ⁻¹)	1.457	2.224	2.572	2.804
Máximo (kg ha ⁻¹)	3.057	2.945	3.255	3.397
Soma	585.488	591.311	654.222	702.889
Contagem	228,0	228,0	228,0	228,0
Nível de confiança (95,0%)	53,2	25,7	22,5	15,3

em relação a testemunha, alcançando 72,2 sc ha⁻¹. Anteriormente, em um experimento conduzido na safra 2009/10 em uma média de três repetições o Fidagran SG05 proporcionou incremento de 4% em relação a testemunha (http://www.fida.com.br/wp-content/uploads/2014/08/FIDAGRAN-Relatorio_2.pdf), alcançando 78 sc ha⁻¹. Assim, sob condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal o efeito do Fidagran SG05 foi destacado. Este resultado provavelmente esteja relacionado a elevada demanda da soja por Ca²⁺, Mg²⁺ e S, nutrientes supridos pelo Fidagran SG05. Bender et al. (2015) em um estudo de três anos reportaram que a soja para alta produtividade absorveu 113 kg ha⁻¹ de Ca²⁺, 50 kg ha⁻¹ de Mg²⁺ e 19 kg ha⁻¹ de S.

Já o gesso que no ano de déficit hídrico proporcionou um ganho de 5 sc ha⁻¹ de soja (11% de incremento) em relação a testemunha, sob condições normais de precipitação apresentou um incremento de 2 sc ha⁻¹ (3% de incremento). Este resul-

tado concorda com trabalhos conduzidos por Caires et al. (1999) que reportaram limitada resposta da soja a aplicação de gesso sob condições de precipitação favorável. A combinação dos condicionadores que havia apresentado sob déficit hídrico um incremento de 8,6 sc ha⁻¹ de soja (incremento de 20%), em condições favoráveis de precipitação foi de 2,7 sc ha⁻¹ (incremento de 3,9 %). Quanto aos condicionadores, o gesso agrícola se destacou sob condições de déficit hídrico provavelmente por favorecer o aprofundamento do sistema radicular, enquanto o Fidagran SG05 se destacou sob precipitação normal por favorecer a nutrição de plantas.

Para o milho safra de 2014/15 que apresentou déficit hídrico o efeito dos condicionadores foi amplificado. Neste caso, o melhor tratamento (Fidagran SG05 + gesso agrícola) resultou em incremento de 84 % em relação a testemunha. Já o segundo melhor tratamento (gesso agrícola) proporcionou incremento

de 65 % em relação a testemunha, e finalmente o Fidagran SG05 proporcionou incremento de 47 %. A magnitude do incremento de produtividade em relação a testemunha foi elevado e, mesmo superior a outros trabalhos conduzidos no Paraná e no RS. O maior incremento da produtividade do milho e do trigo em função da aplicação de gesso em relação a soja já está bem documentado em outros trabalhos conduzidos no Paraná. Destaca-se que sob condições de estresse hídrico o uso combinado de condicionadores no milho alcançou o teto do experimento, a semelhança do verificado com a soja também sob estresse hídrico.

Na Tabela 2 é apresentada a estatística descritiva da safra de soja em 2012/13 sob condições de restrição hídrica. No tratamento testemunha além da produtividade ser menor que os demais tratamentos observou-se o maior desvio padrão em relação a média. Já no tratamento Fidagran SG05 o desvio padrão foi reduzido em 48%, com gesso

agrícola o desvio padrão foi reduzido em 58% e com o uso combinado dos condicionadores a redução foi 71 % em relação a testemunha. A redução do desvio padrão da média de produtividade é um indicativo da uniformidade da lavoura. Ainda, com o uso combinado de condicionadores a produtividade mínima foi incrementada em 92% em relação a testemunha. O uso de gesso agrícola incrementou a produtividade mínima em 76% em relação a testemunha. Por outro lado, o incremento na produtividade máxima foi de 11% no tratamento com uso combinado de condicionadores em relação a testemunha. Desta forma, o principal efeito dos condicionadores foi de elevar a produtividade mínima comprovando o efeito de mitigação do efeito do déficit hídrico.

Na Tabela 3 é apresentada a estatística da produtividade de soja em um ano com condições climáticas favoráveis. No tratamento testemunha, sob condições favoráveis de precipitação, houve uma redução de 54% no desvio padrão em relação também a testemunha na safra 2012/13, com déficit hídrico. Estes resultados indicam que um dos impactos do déficit hídrico é incrementar o desvio padrão da produtividade média da lavoura, ou seja, aumentar a desuniformidade da lavoura. Em situação normal de produtividade os condicionadores tiveram pouco efeito sobre o desvio padrão da produtividade, diferentemente do observado sob estresse hídrico. Além disto, o incremento na produtividade mínima no tratamento com uso combinado dos condicionadores foi de 11% em relação a testemunha. Sob estresse hídrico este efeito foi de 92%.

A análise da estatística descritiva da safra de milho 2014/15 é apresentada na Tabela 4. Neste caso, os condicionadores diferentemente da soja não reduziram o desvio padrão da média da produtividade. O tra-

Tabela 3. Análise estatística descritiva da produtividade da soja (228 dados/tratamento) na safra 2013/14 em quatro tratamentos. Não-Me-Toque, RS.

Variáveis	Produtividade da soja safra 2013/2014			
	Testemunha	Fidagran	Gesso	Fidagran+Gesso
Média (sc ha ⁻¹)	68,67	72,18	70,69	71,34
Média (kg ha ⁻¹)	4.120	4.331	4.241	4.280
Erro padrão	12,65	12,08	17,54	13,11
Mediana	4.163	4.382	4.356	4.356
Modo	4.163	4.421	4.447	4.369
Desvio padrão	190,99	182,40	264,82	197,90
Variância da amostra	36.477	33.268	70.129	39.166
Curtose	0,77	(0,55)	(0,76)	(1,15)
Assimetria	(0,97)	(0,63)	(0,79)	(0,49)
Intervalo	934,00	818,00	973,00	714,00
Mínimo (kg ha ⁻¹)	3.531	3.824	3.591	3.915
Máximo (kg ha ⁻¹)	4.465	4.642	4.564	4.629
Soma	939.398	987.445	967.016	975.869
Contagem	228,00	228,00	228,00	228,00
Nível de confiança (95,0%)	24,92	23,80	34,56	25,83

Tabela 4. Análise estatística descritiva da produtividade do milho (228 dados/tratamento) na safra 2014/15 em quatro tratamentos. Não-Me-Toque, RS.

Variáveis	Produtividade da soja safra 2014/2015			
	Testemunha	Fidagran	Gesso	Fidagran+Gesso
Média (sc ha ⁻¹)	63,54	93,41	104,76	116,80
Média (kg ha ⁻¹)	3.813	5.605	6.285	7.008
Erro padrão	46,20	44,43	85,43	66,48
Mediana	4.116	5.609	5.944	6.495
Modo	4.362	5.489	5.585	6.495
Desvio padrão	697,65	670,88	1.289,90	1.003,86
Variância da amostra	486.709	450.079	1.663.846	1.007.729
Curtose	1,83	(0,12)	(1,03)	(0,93)
Assimetria	(1,45)	(0,43)	0,05	0,79
Intervalo	3.199	2.970	6.036	3.545
Mínimo (kg ha ⁻¹)	1.508	4.052	3.477	5.681
Máximo (kg ha ⁻¹)	4.707	7.022	9.513	9.226
Soma	869.268	1.277.889	1.433.074	1.597.781
Contagem	228,00	228,00	228,00	228,00
Nível de confiança (95,0%)	91,04	87,55	168,33	131,00

tamento com gesso incrementou o desvio padrão da média da produtividade em 85% em relação a testemunha. O tratamento que combinou os dois condicionadores resultou em um incremento na produtividade mínima de 276% em relação a testemunha. Ainda, a produtividade máxima foi incrementada em 96% em relação a testemunha. O incremento tanto da produtividade mínima como da máxima nos tratamentos com condicionadores explica o incremento no desvio padrão da média.

Análise econômica simplificada do retorno econômico do uso de condicionadores

Na Tabela 5 é apresentada a análise econômica simplificada dos tratamentos investigados. Todos os

tratamentos investigados apresentaram retorno econômico positivo, sendo o resultado em ordem decrescente: Fida gran SG05 + gesso agrícola > Gesso agrícola > Fida gran SG05. Para a soja o maior retorno econômico pelo uso dos condicionadores foi verificado no ano com déficit hídrico. Ainda, o retorno econômico do milho foi superior ao da soja.

Conclusões

O uso de condicionadores a base de Ca^{2+} e S em solo previamente corrigido e quimicamente equilibrado incrementou a produtividade das culturas da soja e do milho em relação a testemunha.

A produtividade da cultura do milho foi mais influenciada do que a soja pelo uso de condicionadores. A soja foi mais influenciada pelo uso de condicionadores sob situação de

Tabela 5. Análise econômica simplificada do uso de condicionadores em três safras agrícolas. Não-Me-Toque, RS.

Cultura (Safr a agrícola)	Produtividade (sc ha ⁻¹)		Diferença (sc ha ⁻¹)	Preço do produto (R\$)	Receita (R\$)
	Testemunha	Fida gran			
Soja (2012/13)	42,80	43,22	0,43	65,00	27,67
Soja (2013/14)	68,67	72,18	3,51	65,00	228,29
Milho (2014/15)	63,54	93,41	29,87	25,00	746,75
				Receita Total	1.002,71
				Custo Total	410,67
				Resultado	+ 592,04
Cultura (Safr a agrícola)	Testemunha	Fida+Gesso	Diferença (sc ha ⁻¹)	Preço do Produto (R\$)	Receita (R\$)
Soja (2012/13)	42,80	51,38	8,58	65,00	557,83
Soja (2013/14)	68,67	71,34	2,67	65,00	173,29
Milho (2014/15)	63,54	116,80	53,25	25,00	1331,35
				Receita Total	2062,46
				Custo Total	829,39
				Resultado	+ 1.233,07
Cultura (Safr a agrícola)	Testemunha	Gesso	Diferença (sc ha ⁻¹)	Preço do Produto (R\$)	Receita (R\$)
Soja (2012/13)	42,80	47,82	5,02	65,00	326,59
Soja (2013/14)	68,67	70,69	2,02	65,00	131,23
Milho (2014/15)	63,54	104,76	41,21	25,00	1030,35
				Receita Total	1488,16
				Custo Total	418,72
				Resultado	+ 1.069,44

déficit hídrico, quando o uso de gesso agrícola e gesso + fida gran foram efetivos em incrementar a produtividade mínima e, conseqüentemente, da produtividade média.

O uso combinado dos condicionadores foi o tratamento que apresentou maior retorno econômico no conjunto de três safras de verão, sendo duas com restrição hídrica.

Referências

- ALCORDO, I. S. & RECHCIGL, J. E. **Phosphogypsum in agriculture: a review**. *Advances in Agronomy*, 118: 49-55, 1993.
- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I. & DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:115-123, 2004.
- BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W. & BELOW, F. E. Nutrient Uptake, Partitioning, and Remobilization in Modern Soybean Varieties. **Agron. J.**, 107:563-573, 2015.
- CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A. & MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:315-327, 1999.
- DALLA NORA, D. ; AMADO, T. J. C. ; BORTOLOTTI, R. P. ; FERREIRA, A. O. ; KELLER, C. & KUNZ, J. . Alterações químicas do solo e produtividade do milho com aplicação de gesso combinado com calcário. **Revista Magistra**, 26:1-10, 2014.
- FARINA, M. P. W., CHANNON, P. & THIBAUD, G. R. A comparison of strategies for ameliorating subsoil acidity: I. Longterm growth effects. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 64: 646-651, 2000.
- FERREIRA, A. O. ; AMADO, T. J. C. ; DALLA NORA, D. ; KELLER, C. & BORTOLOTTI, R.P. Mudança no conteúdo de carbono e cálcio em Latossolo melhorado por gesso e calcário no Rio Grande do Sul. **Ciencia del Suelo**, 31: 1-13, 2013.
- FRANCHINI, J. C. L.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. & MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesq. Agropec. Bras.**, 34:2267-2276, 1999.
- FLORES, J. P. C., CASSOL, L. C., ANGHINONI, I. & CARVALHO, P. C. F. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:2385-2396, 2008
- GEBRIM, F. O., SILVA, I. R., NOVAIS, R. F., VERGÜTZ, L., PROCÓPIO, L. C., NUNES, T. N., & JESUS, G. L. Lixiviação de cátions favorecida pela presença de ânions inorgânicos e ácidos orgânicos de baixa massa molecular em solos adubados com camas de aviário. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 32:2255-2267, 2008.
- PAVAN, M. A. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. **R. Bras. Fruticultura**, 16:86-91, 1994.
- PAVAN, M. A. Mobilização orgânica do calcário no solo através de adubo verde. In: FUNDAÇÃO CARGILL, (Ed.). **Plantio direto: atualização tecnológica**. Castro, Fundação Cargill/Fundação ABC, 1999. p.45-52.
- RITCHEY, K. D.; SILVA, S. E. & COSTA, V. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. **Soil Sci.**, 133:378-382, 1982.
- SANTOS, J. R.; BICUDO, S. J.; NAKAGAWA, J.; ALBUQUERQUE, A. W. & CARDOSO, C. L. Atributos químicos do solo e produtividade do milho afetados por corretivos e manejo do solo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, 10:323-330, 2006.
- SILVA, T. R. B. & LEMOS, L. B. Efeito da calagem superficial em plantio direto na concentração de cátions hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 32:1199-1207, 2008.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. & REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. 19p. Circular Técnica, 32.
- SORATTO, R. P. & CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:2385-2396, 2008
- SHAINBERG, I.; SUMNER, M. E.; MILLER, W. P.; FARINA, M. P. W.; PAVAN, M. A. & FEY, M. V. Use of gypsum on soils: **A review**. **Adv. Soil Sci.**, 9:1-111, 1989.
- TOREZANI, T. A. & CALDAS, B. B. Impactos da Quebra de Safra da Soja: Uma aplicação da MIP para o RS e Brasil, UFRGS 2015 (disponível http://www.ppge.ufrgs.br/anpeclus2015/artigo/Impactos_da_Quebra.pdf).
- VITTI, C. G.; LUZ, P. H. C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S. & SERRANO, C. G. E. **Uso do gesso em sistema de produção agrícola**. Piracicaba, SP. GAPE, 104 p., 2008.
- ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F. & CAIRES, E. F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ci. Rural**, 37: 110-117, 2007.