

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**PRODUTIVIDADE DE CULTURAS DE GRÃOS OBTIDA
PELA APLICAÇÃO ISOLADA E COMBINADA DE
CONDICIONADORES DE SOLO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Robinson Barboza

**SANTA MARIA/RS
MARÇO DE 2015**

**PRODUTIVIDADE DE CULTURAS DE GRÃOS OBTIDA PELA
APLICAÇÃO ISOLADA E COMBINADA DE
CONDICIONADORES DE SOLO**

Robinson Barboza

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Área de Manejo de Sítio Específico em Agricultura de Precisão, do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão.**

Orientador: Prof. Dr. Telmo Jorge Carneiro Amado

**Santa Maria/RS
Março, 2015**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Barboza, Robinson
Produtividade de culturas de grãos obtida pela
aplicação isolada e combinada de condicionadores de solo
/ Robinson Barboza.-2015.
72 f.; 30cm

Orientador: Telmo Jorge Carneiro Amado
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em
Agricultura de Precisão, RS, 2015

1. Perfil de solo 2. Gesso e agricultura de precisão
3. Novas recomendações I. Amado, Telmo Jorge Carneiro
II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Colégio Politécnico da UFSM
Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

**PRODUTIVIDADE DE CULTURAS DE GRÃOS OBTIDA PELA
APLICAÇÃO ISOLADA E COMBINADA DE
CONDICIONADORES DE SOLO**

elaborada por
Robinson Barboza

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agricultura de Precisão

COMISSÃO EXAMINADORA:

Telmo Jorge Carneiro Amado, Dr. (UFSM)
(Presidente / Orientador)

Jackson Ernani Fiorin, Dr. (FUNDACEP)

Antônio Luis Santi, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 12 de março de 2015.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força em continuar sempre.

À Minha esposa Claide Terezinha Klein Barboza e ao meu filho Grégory Klein Barboza, pelo apoio, carinho e amor que mesmo nos dias e noites longe sempre me apoiaram.

Aos meus pais João Nelson Barboza e Geni Gomes Barboza, pelo carinho, educação e pela confiança depositada em mim. Não há palavras para expressar o quanto sou grato e me orgulho de vocês.

Ao professor Telmo Amado, pela orientação, pelos ensinamentos passados e pela amizade.

À Empresa Cotrijal pelo trabalho e a oportunidade em crescer profissionalmente, em especial aos colegas de trabalho da Unidade de Não-Me-Toque.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão.

Aos professores do PPGAP pelos ensinamentos durante a realização deste curso, em especial ao professor Elódio Sebem.

A um amigo e mestre especial Prf. Dr. Vilson Antônio Klein que desde a graduação me ajudou a enfrentar as dificuldades de uma profissão que, a cada ano que passa, fica cada vez mais competitiva.

Aos colegas de curso pela amizade, em especial ao Leonardo Kerber e ao Fernando Cirolini. Muito obrigado a todos vocês pelo convívio nos finais de semana de aula.

À banca examinadora deste trabalho, composta pelo professor Dr. Jackson Ernani Fiorin, pelo professor Dr. Antônio Luis Santi.

A todos vocês, muito obrigado!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão
Universidade Federal de Santa Maria

PRODUTIVIDADE DE CULTURAS DE GRÃOS OBTIDA PELA APLICAÇÃO ISOLADA E COMBINADA DE CONDICIONADORES DE SOLO

AUTOR: ROBINSON BARBOZA
ORIENTADOR: TELMO JORGE CARNEIRO AMADO
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 12 de março de 2015.

A melhoria da qualidade química de camadas subsuperficiais através da aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto é pouco provável. Este trabalho foi conduzido em um produtor associado da Cotrijal Cooperativa Agropecuária e Industrial sob Latossolo Vermelho. Este trabalho avaliou a eficiência do fida gran e do gesso aplicados isoladamente e combinados na melhoria da qualidade química e redução da toxidez de alumínio. O trabalho foi conduzido em longas faixas com xx e yy m incluindo os seguintes tratamentos: a) Testemunha; b) Fida gran; c) Gesso; d) Fida gran + Gesso. As doses dos insumos foram determinadas com base no teor de argila e aplicadas a dose variada. A produtividade foi recordada com colhedora equipada com sensor de produtividade. A produtividade de soja e de milho seguiu a seguinte ordem: testemunha < fida gran < gesso < fida gran + gesso. Em relação a parcela testemunha os incrementos de produtividade foram: fida gran 7 a 21.5%, gesso 33 a 75.1% e fida gran + gesso 54 a 125% para soja e milho, respectivamente. Portanto, o incremento de produtividade foi maior no milho do que na soja. Em ambas as culturas houve efeito interativo dos insumos, uma vez que a somatória dos incrementos de produtividade quando os insumos foram aplicados isoladamente foi inferior ao incremento da produtividade dos insumos combinados.

Palavras-chave: Perfil de solo. Gesso e agricultura de precisão. Novas recomendações.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão
Universidade Federal de Santa Maria

GRAIN YIELD OF CULTURES OBTAINED BY THE ISOLATED AND COMBINED APPLICATION OF SOIL CONDITIONERS

AUTHOR: ROBINSON BARBOZA
SUPERVISOR: TELMO JORGE CARNEIRO AMADO
Date and Place of Defense: Santa Maria, 12 de março de 2015.

The improvement of subsoil chemical quality through the broadcast lime on soil surface of no-till in Não Me Toque, Rio Grande do Sul State, hasn't been verified. This work was carried out in a farm associated to Cooperativa Agropecuária e Industrial sob Red Oxisol. This work aims to evaluate the efficiency of gypsum and fidagran in single use and mixed in improve chemical soil quality and reduce aluminium toxicity. The work was carried out in long-strips with xx x yy m including the following treatments: a) Check Plot; b) Fidagran; c) Gesso e d) Gesso + Fidagran. The rates of gypsum and fidagran followed the clay content in variable rate. The yields were recorded with a combine equipped with yield sensor. The soybean and maize yields followed the order: check plot, plot<fidagran<gypsum<gypsum+fidagran. In relation to check plot the increases were: fidagran 7 and 21.5%, gypsum 33 and 75.1% and fidagran+gypsum 54 and 125% to soybean and corn, respectively. Therefore, the increase was higher to corn in relation to soybean. Yet, the sum of yield increments when the inputs were applied single were lower than the yield increments when they were mixed.

Keywords: Soil profile. Plaster and precision agriculture. New recommendations.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Composição química, poder de neutralização (PN) ou equivalente em CaCO ₃ (ECaCO ₃) e quantidades equivalentes a uma tonelada de CaCO ₃ dos principais compostos presentes em corretivos de acidez.	21
Tabela 02 – Composição química do composto CaSO ₄ ·2H ₂ O e do gesso agrícola.	24
Tabela 03 – Esquema de rotação de culturas na área experimental. Não Me Toque, RS.	26
Tabela 04 – Tabela de fósforo e potássio.	30
Tabela 05 – Proposta de faixa de interpretação dos teores de fósforo no solo conforme o teor de argila e de potássio no solo conforme a capacidade de troca de cátions (CTC), extraídos pela solução de Mehlich-I.	31
Tabela 06 – Análise estatística da safra 2012.	59
Tabela 07 – Análise estatística da safra 2013.	60
Tabela 08 – Análise estatística safra 2014.	61
Tabela 09 – Comparativo de Custo de adoção de tecnologia, com o seu resultado financeiro. ...	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Média sc.ha-1 dos três anos de 228 pontos para cada tratamento.	58
Gráfico 02 – Linha de tendência para os tratamentos ao longo das safras.	63
Gráfico 03 – Soma do resultado das safras 2012/2013/2014.	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Mapa do talhão onde foi implantado os tratamentos.....	29
Figura 02 – Mapa de pontos da área experimental.	32
Figura 03 – Mapa de argila da área tratada e testemunha.....	34
Figura 4 – (A) faixa de aplicação de Fidagran, (B) área de aplicação de gesso.	35
Figura 5 – Faixas em azul de pontos com dados de coletas no mapa de rendimento sendo que: (A) Testemunha, (B) Fidagran, (C) Fidagran + Gesso e (D) Gesso.....	36
Figura 6 – Colhedora John Deere em operação na área experimental.	37
Figura 7 – Distribuidor de insumos em operação na área experimental.....	38
Figura 8 – Mapas de pH ao longo dos anos. (A) área tratada, (B) testemunha.	40
Figura 9 – Mapas (A) área tratada e (B) testemunha. Mapas de pH.	41
Figura 10 – Mapa de fósforo da área tratada (A) e da testemunha (B).	42
Figura 11 – Mapa de potássio da área tratada e da testemunha.....	43
Figura 12 – Diferença de pH conforme a evolução dos anos.	44
Figura 13 – Circulo mostrando os pontos 25 e 31.	45
Figura 14 – Mapas de pH das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B)	46
Figura 15 – Mapas de pH SMP das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B) .	47
Figura 16 – Mapas de Saturação de Base das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B)	48
Figura 17 – Mapas de Fósforo das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B) ...	49
Figura 18 – Mapas de Potássio das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B) ..	50
Figura 19 – Mapas de Cálcio das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B)	51
Figura 20 – Mapas de Magnésio das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B).....	52
Figura 21 – Mapa de Enxofre da área tratada e da testemunha.	54
Figura 22 – Mapas de rendimentos de três safras de verão.	55
Figura 23 – Mapas de colheita sobrepostos.	56
Figura 24 – Mapa de sobreposição de rastreabilidade de colheita, aplicação e rendimento.	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ha	– hectare.
Cm	– centímetros.
Ca	– Cálcio.
Mg	– Magnésio.
K	– Potássio.
Al	– Alumínio.
H	– Hidrogênio.
pH	– Potencial Hidrogeniônico.
AP	– Agricultura de Precisão.
ULBRA	– Universidade Luterana do Brasil.
ITA	– Imersão Técnica Aliança.
gr	– Gramas.
gr.cm ⁻³	– Gramas por centímetro cúbico.
m	– Metros.
RS	– Rio Grande do Sul.
SC	– Santa Catarina.
SMP	– Shoemaker, Mac Iean e Pratt – Método de determinação de pH.
Mn	– Manganês.
MO	– Matéria Orgânica.
SPD	– Sistema Plantio Direto.
CTC	– Capacidade de troca de cátions.
C	– Temperatura.
Cf	– Tipo Fundamental Úmido.
Cfa	– Variabilidade específica subtropical.
Kg	– Quilogramas.
S	– Enxofre.
Bo	– Borro.
S5	– Enxofre 5%.
mg.dm ³	– Miligramas por decímetro cúbico.

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	13
1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
1. 1	Recomendação para Correção de Solo	18
1. 2	Interpretação dos Resultados de Recomendações	19
1. 3	Corretivos	20
1. 4	Condicionadores de solo.....	22
1. 4. 1	Gesso Agrícola.....	22
1. 4. 2	Fidagran	25
2	MATERIAIS E MÉTODOS	26
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS	67

INTRODUÇÃO

A globalização da economia força a busca da eficiência em todos os segmentos da sociedade. Na agricultura, bem como nas atividades silvipastoris, é preciso que se busque a produtividade máxima econômica, requisito para se competir no mercado mundial. Para tal, é fundamental que novas tecnologias seja constantemente incorporadas ao processo produtivo a medida que se mostrarem vantajosas em relação as tecnologias que estão sendo utilizadas.

A fertilidade como base da produção de grãos é fundamental para alcançar tetos produtivos. Com o incremento da produtividade das culturas de grão, atenção especial deve ser dada a exportação de nutrientes e estes tem que ser retornados via fertilização, pois se não resultará em um balanço negativo e com isto um decréscimo na disponibilidade de nutrientes no solo e da própria produtividade das culturas.

A fertilização baseada na exportação de nutrientes é definida de acordo com a expectativa de produtividade, sendo que muitas vezes tem-se um balanço positivo e em algumas vezes um balanço negativo e nestes casos em que se tem saldo ou déficit isto tem que ser compensado na próxima cultura. Em muitas vezes, o produtor realiza uma adubação de exportação para 3.000 kg ha⁻¹ e se a condição de clima for favorável é possível que produza 4.000 kg ha⁻¹, neste caso em um futuro bem próximo será necessário fazer a adubação de correção desta diferença de adubação para a exportação de modo a não gerar um balanço negativo no solo. Porém, muitas vezes, o produtor considera este resultado como balanço positivo para o caixa, sem levar em consideração a adubação de correção que terá que promover em um futuro. Em um trabalho recente de Fixen et al. (2010) nos Estados Unidos foi observado uma queda nos teores de nutrientes do solo com base nas amostras enviadas aos laboratórios devido as cultivares transgênicas e híbridos modernos possuem maior potencial produtivo.

Existe a necessidade de utilização de equipamentos que possibilitem ao produtor ter um rendimento maior e promover um manejo mais adequado para as culturas. Também é um momento de explorar o potencial produtivo das novas variedades e híbrido, pois a cada momento em que a agricultura evolui os custos fixos são aumentados e com isto há a necessidade de ser mais eficiente tanto em produtividade como nos equipamentos.

Com as ferramentas de AP hoje é possível identificar um número muito elevado de variabilidade em nossos solos e corrigi-las, para que com isto a produtividade possa ser elevada. O trabalho vai utilizar esta ferramenta para avaliar em um talhão um maior número de dados possíveis, que podemos comparar com igualdade de tratamentos e coletar as suas diferenças através de mapas de rendimento, com repetições comparando ao longo dos anos as suas variabilidades sendo coletadas em um mesmo lugar. Com esta ferramenta conseguimos coletar o resultado mais próximo da realidade e repetir o mesmo trabalho em outro produtor, outro talhão, ou outra cultura.

A crescente oferta de inovações aos produtores rurais gera, ainda, a necessidade de que essas sejam acompanhadas de resultados de pesquisa que possibilitem sua adoção de forma rápida e seguras, uma vez que, nessa atividade, dado os custos envolvidos, não há espaço para o aprendizado por “tentativa-erro”. Nesta condição a margem de erro é pequena, pois se isto acontecer com muita intensidade o resultado financeiro da propriedade será comprometido e com isto em alguns casos até mesmo a permanência na atividade.

Com esta evolução do sistema de cultivo também se faz necessário que ocorram avanços na correção do solo, pois as culturas necessitam atingir com o seu sistema radicular camadas mais profundas, pois a região do Alto Jacuí está sujeita a períodos sem a presença de precipitações, onde a cultura poderá passar por perdas de produtividade.

Quando da adoção do sistema convencional, calcário incorporou-se inadequadamente, com uso indiscriminado de grades aradoras “leves”, de forma superficial e com incorporação do corretivo na camada de 0-10 cm de profundidade, fazendo com que esta camada recebesse o dobro do calcário recomendado. No sistema conservacionista, seja em sistema plantio direto seja em culturas perenes, onde não se incorpora o calcário, muitas vezes é utilizada dose para correção de 0-20 cm, entretanto aplicada superficialmente. Novamente, este excesso de calcário em uma determinada camada e devido a sua lenta mobilidade, pode levar a diversos problemas de natureza química bem conhecida, como a diminuição da disponibilidade de micronutrientes no solo e conseqüentemente desequilíbrio nutricional na planta. Além disso, têm-se outros efeitos pouco discutidos na literatura, como alteração nas propriedades eletroquímicas (carga líquida negativa e PCZ) do solo e a dispersão de argila (PEELE; BEALE; LATHAN, 1938; ELSON; LUTZ, 1940; BUTIERRES, 1980; ROSA JUNIOR, 1984; ALBUQUERQUE et al., 2000). Estas alterações nas propriedades eletroquímicas do solo originam mudanças nas cargas superficiais

das partículas que influenciam diversos fenômenos no solo de natureza química como a disponibilidade e mobilidade de nutrientes e contaminantes nos solos e até as propriedades físicas, que poderão influenciar a agregação das partículas do solo e alterar o sistema poroso do solo, e a sua capacidade de armazenamento de água, induzindo ao impedimento mecânico e podendo desencadear até a erosão do solo.

Ao lado de todos estes problemas, há grande variabilidade de solos que pode ocorrer dentro de um único talhão e com isto pode não ter uma resposta única à aplicação de corretivos. Outra questão é qual a melhor condição nutricional visando explorar o potencial produtivo da cultura implantada.

Com a adoção do Sistema Plantio Direto houveram ajustes na forma de interpretação da acidez e da necessidade de correção de solo. Estes ajustes tiveram sucesso durante algum tempo, porém com o transcorrer do tempo, o acúmulo de experiências e com o aumento da produtividade das culturas, foram reportados sintomas de deficiência nutricional muitas vezes de nutrientes que nas análises de solo possui teores suficiente e até mesmo altos. Estas deficiências encontradas a campo fizeram com que na prática, a busca por mais informação a respeito da distribuição dos nutrientes no perfil do solo não sendo mais suficiente a análise da camada de 0-10 cm de profundidade, na qual com o aumento de palhada de culturas anteriores e fertilizações superficiais, tem o nível de fertilidade aumentada, porém o sistema radicular das culturas não se restringe a esta camada e sim vai a camadas mais profundas, encontrando um ambiente desfavorável para o desenvolvimento comprometendo a produtividade.

Com isto grande parte dos consultores passaram a considerar uma camada mais profunda visando a correção. Este processo foi intensificado com o advento da agricultura de precisão, mostrando que quando a profundidade de coleta era realizada em diferentes profundidades uma situação muito diferente da camada superficial era encontrada nas demais camadas. E com estes resultados mostrando que quanto maior a profundidade menor era a fertilidade.

Com estes resultados que evidenciam uma menor presença dos nutrientes que tem pouca mobilidade no solo na camada subsuperficial se buscou relacionar isto com a produtividade. Desta forma surge o desafio de como aumentar a fertilidade das camadas mais profundas sem interromper o Sistema Plantio Direto. Com o sistema adotado anteriormente “Convencional” era possível aumentar a fertilidade em profundidade através do revolvimento do solo. Isto tem sido apregoado também para o sistema plantio direto, porém as consequências desta interrupção do

sistema ainda não estão suficientemente reportadas na literatura. Então com um entendimento maior da física de solo e da dinâmica dos nutrientes no solo foi possível compreender que quando a concentração de um nutriente em superfície é aumentada este por sua vez inicia uma saturação na superfície e vai sendo deslocado para as camadas mais profundas do solo, e com isto aumentando os teores em profundidade. Este processo foi observado quando amostras estratificadas de solo em subáreas com alta fertilidade e que possuíam melhor qualidade química em profundidade.

Uma das causas da baixa produtividade agrícola em solos ácidos é a presença de Al associada aos baixos teores de Ca, Mg e K. Neste caso, a correção da acidez é feita pela aplicação de calcário no solo. O calcário, além de neutralizar a acidez relacionada ao H e Al, é fonte de Ca e Mg para as plantas. Porém devido a sua baixa mobilidade no solo, o seu efeito alcalino se limita a camada de aplicação (VAN RAIJ et al. 1982)

Porém, em áreas sob plantio direto ou culturas perenes tem sido observado que a aplicação de calcário em superfície no solo associado ao manejo de resíduos vegetais tem proporcionado o aumento de pH e dos teores de Ca e Mg e diminuição da acidez potencial (H+Al) e trocável (Al³) nas camadas localizadas abaixo do local de aplicação, sendo este efeito, em alguns casos, observado chegando até 60 cm de profundidade (CAIRES et al. 1999; OLIVEIRA e PAVAN, 1996; PAVAN 1994). Porém, a magnitude destes processos não é grande em áreas de cooperados.

Nos casos encontrados a campo com pH muito baixo e quando foi adotada a prática de calagem em uma única aplicação encontrou-se resultados de correção em profundidade maiores do que quando a correção foi feita de forma parcelada., Quando a dose foi aplicada integralmente houve a saturação parcial dos sítios na camada superficial e por este motivo provavelmente observou-se um controle da acidez mais eficiente da camada subsuperficial.

Conforme MOLIN (2004), a partir da ótica da Agricultura de Precisão (AP), pode-se inferir que a agricultura de hoje é praticada "pela média". Na medida em que as propriedades cresceram de tamanho, o detalhamento antes existente nas pequenas lavouras foi sendo deixado de lado, e a prática da agricultura pela média se tornou comum. Faz-se a amostragem de solo e um resultado vale para todo talhão ou até para a área inteira, e na colheita expressa-se o resultado por uma média por hectare. No entanto, essa agricultura pela média esconde as desuniformidades de cada talhão. As lavouras em geral apresentam subáreas de produtividade extremamente

variadas. Portanto, o que vem sendo praticado na grande maioria das lavouras é uma simplificação estritamente de ordem prática, por falta de recursos técnicos.

Com este trabalho procurou-se apresentar resultados que iniciaram com a coleta de solo de 2008 a recomendação em 2009 e as remostragens de solos que ocorreram após três ciclos das culturas de verão, junto com os seus mapas de produtividade quando possível, ou seja, quando as condições climáticas foram favoráveis a produtividade. Durante este período, algumas culturas foram perdidas na totalidade com geada ou por falta de umidade e deixando de produzir 85% da produtividade esperada.

Este trabalho tem como objetivos:

- Identificar diferentes produtividades de culturas de grão a partir do início do ciclo de AP dentro de um talhão com início em 2008.
- Identificar o aumento de produtividade quando utilizamos condicionadores de solo, identificando em mapas de rendimentos suas diferenças.
- Avaliar diferenças entre os tipos de condicionadores de acordo com a dose de cada um deles, conforme resultados já obtidos.
- Avaliar diferenças nos resultados de uso de condicionadores quando combinados, dentro do talhão.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Recomendação para Correção de Solo

A acidez do solo limita a produção agrícola em consideráveis áreas no mundo, em decorrência da toxidez causada por Al e Mn e baixa saturação por bases (Coleman & Thomas, 1967). As raízes das plantas não se desenvolvem bem em solos ácidos, sobretudo por causa da toxidez de Al (Pavan et al., 1982) e da deficiência de Ca (Ritchey et al., 1982). A calagem é a prática mais eficiente para elevar o pH, teores de Ca e saturação por bases e reduzir Al e Mn trocáveis no solo. A reação do calcário, entretanto, é geralmente limitada ao local de sua aplicação no solo. A calagem não tem um efeito rápido na redução da acidez do subsolo, que depende da lixiviação de sais através do perfil do solo.

Na região sul do Brasil, tem aumentado o interesse pela busca de alternativas para a introdução de culturas no sistema plantio direto, sem proporcionar revolvimento do solo. As vantagens desse procedimento estão relacionadas com a manutenção de atributos químicos e estruturais do solo, com o maior controle da erosão e com a economia com as operações de incorporação de calcário e preparo do solo. No entanto, o caso a acidez do solo não seja adequadamente corrigida, o crescimento radicular e a nutrição das plantas podem ser comprometidos.

Na elaboração das recomendações para calagem, são definidos os critérios de calagem, os métodos para determinação da quantidade de corretivo para corrigir a acidez numa camada de solo e o modo de aplicação dos corretivos de acidez em função das culturas da região, do sistema de preparo e cultivo e do tipo de solo. Os principais indicadores de acidez utilizados para recomendação de calagem no Brasil são: o pH em água, no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina (RS/SC); a saturação por bases, em São Paulo e em alguns Estados vizinhos; o teor de alumínio (Al) trocável, nos Estados do Nordeste, Norte e parte do Centro-Oeste; e o teor de Al, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis, na região de Cerrado. Os métodos para determinação da quantidade de corretivo são, respectivamente, o índice SMP, a saturação por bases da CTC a pH

7,0, a neutralização do Al trocável e o teor de Ca e de Mg trocáveis do solo (CFS RS/SC, 1995; Raij et al., 1996; Ribeiro et al., 1999; Wiethölter, 2000; Sousa & Lobato, 2004).

A toxidez por Al é o fator que mais limita a produção das culturas em solos ácidos. Apesar de não existir um indicador estreitamente associado à fito toxicidade do Al no solo, o pH é utilizado universalmente para diagnosticar o estado de acidez do solo e indicar a necessidade ou não de calagem (Kaminski, 1989). No entanto, a relação entre o pH e a toxidez por Al e/ou Mn depende do tipo de solo, do teor e do tipo de MO, do nível de fertilidade, do ambiente e da época do ano (Sumner, 1997). O aumento dos teores de MO no SPD determina também um aumento da complexão do Al trocável e, dependendo do tipo de ligante envolvido no processo e do tipo do complexo formado, é possível a presença de Al trocável com valor de pH baixo, sem causar toxidez às plantas (Salet, 1998). Por isso, o pH em água, isoladamente, pode não ser um indicador eficiente da toxidez por Al e, conseqüentemente, para recomendação de calagem nesse sistema.

1.2 Interpretação dos Resultados de Recomendações

Segundo COMISSÃO (2004), o diagnóstico da fertilidade do solo é feito pelo enquadramento dos resultados das análises de solo e de tecido vegetal em amplitudes de valores (faixas), conforme a probabilidade de resposta das culturas. A interpretação de resultados analíticos por faixas de teores é apresentada na seguinte sequência: indicadores de acidez, teores de argila e de matéria orgânica, CTC, teores de fósforo, de potássio, de cálcio, de magnésio, de enxofre e de micronutrientes no solo e teores de macro e de micronutrientes em tecido vegetal.

Conforme COMISSÃO (2004), as faixas de disponibilidade de nutrientes são estabelecidas com base em resultados de pesquisa a campo, em que o rendimento relativo das culturas em diferentes solos, e por vários anos, é relacionado com os teores dos nutrientes no solo (ou nas plantas). Dessa forma, entende-se por calibração de um método de análise, a relação entre o teor no solo e o rendimento das culturas. Com base nestas curvas de calibração, foram definidos os teores críticos, acima dos quais a probabilidade de respostas das culturas à adição de fertilizantes e corretivos é pequena ou nula. Assim, quanto menor o teor do nutriente do solo em

relação ao teor crítico estabelecido, maior será a probabilidade de resposta das culturas à adubação.

1.3 Corretivos

A utilização de corretivo de solo promove a redução da solubilidade do alumínio, ferro e manganês, aumenta a atividade microbiana, disponibilidade de macronutrientes, proporciona menor lixiviação do potássio, melhora a estrutura do solo e aumenta a eficiência das adubações (LOPES, 1989), além de proporcionar maior produção de matéria seca (VITTI e LUZ, 1997).

Muitos materiais de reação alcalina podem ser utilizados para corrigir a acidez do solo, como por exemplo: cal virgem, cal apagada, calcário calcinado, conchas marinhas moídas, cinzas, resíduos industriais, etc. Os corretivos mais comumente disponíveis e utilizados no Brasil são os calcários agrícolas, obtidos pela moagem de rochas calcárias (COMISSÃO 2004).

Devido à grande variabilidade na qualidade e no preço dos produtos existentes no mercado, é necessário determinar seu valor corretivo (Tabela 01). A eficiência de um corretivo depende principalmente do teor e do tipo de compostos que neutralizam a acidez do solo e da velocidade de reação de neutralização, a qual depende da sua granulometria (tamanho das partículas) (COMISSÃO 2004).

Neste mercado de calcário encontramos muitos problemas, pois em alguns casos é comprado calcário que é para ter uma determinada característica, porém algumas empresas comercializam calcário com menor qualidade, como sendo o de maior qualidade, e com isto o produtor sem promover muitas análises não conseguem ter o resultado esperado no período que deveria acontecer.

Tabela 01–Composição química, poder de neutralização (PN) ou equivalente em CaCO_3 (ECaCO₃) e quantidades equivalentes a uma tonelada de CaCO_3 dos principais compostos presentes em corretivos de acidez.

Corretivo	Fórmula	PN ou ECaCO₃	Quantidade equivalente
		%	Kg
Carbonato de cálcio	CaCO_3	100	1000
Carbonato de magnésio	MgCO_3	119	840
Hidróxido de cálcio	Ca(OH)_2	135	741
Hidróxido de magnésio	Mg(OH)_2	172	581
Óxido de cálcio	CaO	179	559
Óxido de magnésio	MgO	248	403

Fonte: COMISSÃO, 2004.

A escolha de fertilizantes adequados constitui aspecto muito importante na administração de uma propriedade agrícola. A opção por produtos menos eficientes pode aumentar o custo de produção ou determinar o insucesso da lavoura (COMISSÃO 2004).

Segundo Alcarde (1998), é importante definir o potencial de uso de fertilizantes minerais e orgânicos. Utilizando-se o conceito de melhorador ou condicionador do solo, os produtos que promovem melhoria dos atributos físicos (porosidade, aeração, capacidade de retenção de água) ou físico-químicos (capacidade de retenção de cátions) do solo são relacionados aos materiais orgânicos, sendo que sua eficácia é muito mais acentuada. A função de melhorar os atributos químicos do solo (conteúdo de nutrientes) fica reservada aos fertilizantes minerais. Isto porque os materiais orgânicos contêm nutrientes vegetais de baixíssima concentração que não se encontram em formas prontamente disponíveis às plantas, necessitando de grandes quantidades destes produtos para funcionarem como fertilizantes. Assim, o seu uso fica limitado pela disponibilidade dos produtos e principalmente, pelo custo de seu transporte. Essa distinção é muito importante porque é incorreta a comparação destas duas classes de produtos como fertilizantes.

Na verdade o uso do material orgânico, na maior quantidade possível, faz-se necessário para aumentar a eficiência e a capacidade de absorção dos nutrientes providos pelos fertilizantes

minerais. Por outro lado, esta distinção de funções, serve também para desmistificar o caráter de agrotóxico que, não raro, é atribuído aos fertilizantes minerais.

O calcário é o material mais utilizado; entretanto, para ser efetivo, requer água para sua dissolução, devendo ser incorporado ao solo para uma maior eficácia (Alcarde & Rodella, 2003). Ele é capaz de neutralizar a acidez do solo e fornecer nutrientes, principalmente Ca e Mg, porém, grande parte da ação do calcário fica restrita à camada de 0–20 cm (Rheinheimer et al., 2000; Amaral & Anghinoni, 2001). No sistema plantio direto, onde geralmente a aplicação de calcário é feita na superfície do solo, a ação efetiva do calcário ocorre na camada de 0–10 cm (Sá, 1993, Amaral et al., 2004), se não houver íons, como nitrato, ou moléculas orgânicas carreadoras originadas de adubos verdes (Pavan, 1994 e 1998; Franchini et al., 1999), razão pela qual o sistema radicular da maioria das culturas irá predominar apenas na camada superficial do solo (Amaral et al., 2004). Isso pode ocasionar redução na produtividade das culturas, uma vez que nos solos de cerrado é frequente a ocorrência de veranicos, os quais ocasionam baixa disponibilidade de água na camada superficial (0–20 cm).

Por esse motivo, tem sido utilizado o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), produto condicionador de solo, que apresenta alta mobilidade no perfil, capaz de disponibilizar os íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} em solução e de ser lixiviado, enriquecendo de nutrientes as camadas subsuperficiais e reduzindo a saturação por Al^{3+} em profundidade (Alcarde & Rodella, 2003).

1.4 Condicionadores de solo

1.4.1 Gesso Agrícola

O sucesso e a continuidade do SPD ao longo dos anos são obtidos através de um planejamento de manejo da fertilidade do solo em profundidade no perfil (Silva & Lemos, 2008). Neste sentido, o gesso pode ser utilizado para melhoria do ambiente radicular em profundidade (Santos et al., 2006). Tal produto é condicionador de solo e possui alta mobilidade no perfil, capaz de disponibilizar os íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} em solução e de ser lixiviado, enriquecendo de

nutrientes as camadas subsuperficiais e reduzindo a saturação por Al^{3+} em profundidade (Alcordero & Rechcigl, 1993). Desta forma, a utilização do gesso possibilita o desenvolvimento das raízes em profundidade ampliando o volume de solo a ser explorado e a tolerância das plantas à seca (Sousa et al., 2005). O sucesso do uso do gesso como melhorador do ambiente radicular foi de grande abrangência na Região do Cerrado brasileiro, que apresenta em torno de 80% de sua área com algum problema de acidez subsuperficial e alta incidência de veranicos, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, época crítica para desenvolvimento das culturas de verão (Ramos et al., 2006; Caires et al., 2004). Além disto, o gesso pode ser encontrado em várias partes do mundo e possui baixo custo (Melo et al., 2008).

No Brasil, são produzida milhões de toneladas de gesso agrícola anualmente. Paolinelli et al (1986) afirmam que para cada tonelada de P_2O_5 produzida são produzidos 4,7 toneladas de gesso agrícola.

No caso de aplicações de gesso agrícola em altas doses (acima de oito toneladas por hectare), o fósforo residual contido no mesmo torna-se importante na nutrição vegetal na cultura do milho. O flúor é uma impureza geralmente desprezada nas considerações sobre gesso agrícola, mas o elemento pode ser importante para a eliminação de alumínio do solo. Quando se trabalha com gesso agrícola deve-se ter em mente, que a neutralização da acidez do solo se dá pelo uso de produtos receptores de prótons (o íon H^+ é um próton) e o gesso em solução apresenta os íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} (e o par iônico $CaSO_4$) que na faixa de valores de pH 13 existentes em solos, não é um receptor de prótons (RAIJ, 1988). Por isto, pode se concluir que o gesso agrícola não é um produto eficiente para ser utilizado como redutor de pH do solo.

O gesso agrícola auxilia na melhoria da estrutura por fornecer cálcio, um cátion bivalente que proporciona qualidade estrutural ao solo. O gesso agrícola, é um subproduto da indústria de ácido fosfórico que contém principalmente sulfato de cálcio e pequenas concentrações de fósforo e flúor, é largamente disponível em várias partes do mundo (VITTI et.al. 2008)

Vários corretivos podem ser utilizados na recuperação de solos com excesso de sódio trocável como gesso, enxofre, sulfato de alumínio, cloreto de cálcio e ácido sulfúrico; entretanto, o gesso é o produto mais comumente usado em razão do seu baixo custo e abundância com que é encontrada na maior parte do mundo (Tabela 02).

No território brasileiro, as principais reservas ocorrem associadas às bacias sedimentares entre as quais a do Araripe, que abrange os estados do Piauí, Ceará e Pernambuco, sendo este o

polo mais produtivo de gesso do País, denominado polo gesseiro do Araripe (Nascimento & Barros, 2003; Barros et al., 2004).

Tabela 02– Composição química do composto $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e do gesso agrícola.

Componente	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Gesso Agrícola	
	(Composição Teórica)	(1)(Sem Secar)	(2) (Seco)
Cálcio (CaO), %	32,6	26	30,9
Enxofre(S), %	18,6	15	17,7
Flúor(F), %	-	0,75	0,67
Fósforo, (P_2O_5) %	-	0,63	0,23
R_2O_3 (óxido do 3º grupo)	-	0,37	0,59
SiO_2 (resíduo insolúvel),%	-	1,26	3,20
Umidade livre, %	-	17	15,5

(1)composição apresentada por Malavolta et al (1981).
 (2)Composição apresentada por Paulinelli et al (1986).

Fonte: COMISSÃO, 2004.

Conforme Ministério da Agricultura, comunicado técnico, o gesso tem uma solubilidade de aproximadamente 2,5 g/l, em geral é rápida e pode ser representada por:



De acordo com Ministério da Agricultura, comunicado técnico, a reação (a), o Al na forma trivalente (tóxico) reage com o SO_4^{2-} , modificando a espécie iônica do Al. O gesso não corrige a acidez e nem tampouco diminui o Al³⁺ trocável do solo. A função do gesso é alterar a forma iônica do Al (trivalente e mais tóxica) para uma forma menos tóxica.

Conforme Ministério da Agricultura, comunicado técnico, o solo tem cargas dependentes de pH. A reação do calcário aumenta a quantidade de OH^- (> pH), aumenta a CTC (capacidade de troca catiônica), aumenta a quantidade de cargas negativas e também aumenta a capacidade do solo em reter bases (K, Mg e Ca).

1. 4. 2 Fidagran

O Fidagran é um fertilizante que dentro de suas formula possui os seguintes nutrientes: Fidagran SG10 Bo ((Ca (18%), Mg (7%), S (10%) e Bo (0,10%)). O produto utilizado no trabalho somente não tinha a presença do Bo.

A função do Fidagran é de nutrir a planta, corrigir o sulco de semeadura onde ele estará junto com o fertilizante, melhorando a absorção dos nutrientes que tem maior disponibilidade com pH mais alto, e também de condicionar o solo logo abaixo do sulco de semeadura, anulando o efeito do Al tóxico que impossibilita o desenvolvimento do sistema radicular. Este produto possui em sua formulação gesso agrícola, sulfurgran, calcário filler e cal hidratado; sendo que cada produto em um determinado percentual para que forme as concentrações descritas acima.

No trabalho analisamos a proposta se o produto substitui o Gesso Agrícola em doses menores, com o mesmo conceito de melhoria de perfil de solo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área do estudo está localizada dentro da Agropecuária N.H. num total de área de 1.197 ha onde se pratica agricultura em um total de 821,0 há, e o talhão utilizado foi o denominado Palmeira que possui uma área de 81,5 ha do qual foram selecionados 31,2 ha para a implantação dos tratamentos. Ainda, o talhão ao lado separado somente por uma estrada de lavoura que possui uma área de 45,1 denominada de testemunha. A área está localizada ao lado do Parque da Expodireto, localizada entre o Município de Não-Me-Toque e Victor Graeff a 2 km do trevo em direção a Victor Graeff. Área possui as seguintes coordenadas S 28°28'34,66" e O 52°47'40,10" com altitude 493,8e as coordenadas da testemunha é S 28°28'37,43 e O 52°47'26,64" com a altitude 485,3, o Datum utilizado é o WGS 1984.

O sistema de rotação adotada na propriedade foi o de 33% da área cultivado com milho e o restante desta é utilizado no verão soja e no inverno as culturas de cevada, trigo e aveia. Conforme descrito (Tabela 03) a rotação do talhão seguiu o mesmo esquema de rotação de acordo com o ajuste de área conforme o talhão onde estava sendo semeado para determinada cultura e período durante o ano. Cabe lembrar que sempre após a cultura do milho, ou seja do intervalo da colheita do milho até a semeadura do trigo é utilizado nabo forrageiro para cobertura, para melhorar o solo tanto fisicamente, como reciclador de nutrientes.

Tabela 03–Esquema de rotação de culturas na área experimental. Não Me Toque, RS.

Anos							
Culturas	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	Soja	Soja	Milho	Soja

Fonte: Dados do autor, 2014.

Em função de nos últimos cinco anos a cultura do milho ter um número maior de perdas devido a problemas climáticos definiu-se junto com o produtor que o processo de rotação de

culturas a partir de 2013 foi iniciado com o percentual de 25% para amenizar o risco em virtude dos problemas climáticos tidos e os previsto através de previsões de longo prazo.

O esquema de coleta de amostra de solo da propriedade é sempre feito para que antes da cultura do milho seja feita a aplicação dos insumos prescritos com base nestas análises. O trabalho foi iniciado a partir do ano de 2007. A primeira amostragem foi feita em setembro de 2007 com a recomendação a ser aplicada em 2008, já a segunda amostragem foi feita em julho de 2009 e aplicação da recomendação em julho de 2009, e por fim a última avaliação e intervenção foi feita em julho de 2003 e intervenção logo a seguir.

Em razão da grande variabilidade que teve-se nos últimos anos de informações e mudanças na forma de coletar as informações, tudo isto foi adaptado ao longo dos seis anos dentro deste talhão da mesma forma. Ou seja, na amostragem da primeira análise foi na profundidade de 0 a 12 centímetros de profundidade, já para a segunda amostra foi promovido na profundidade de 0 a 15 centímetros de profundidade e para a terceira amostragem foi na profundidade de 0 a 20 centímetros de profundidade.

A necessidade de aumentar a profundidade de coleta de amostras de solo vem com o aumento de anos nos solos sob sistema de semeadura direto, pois com os vários anos vem ocorrendo aumento de fertilidade na camada de 0-5 cm de profundidade, e quando diluímos esta alta fertilidade nos 0-10 cm que era a profundidade utilizada para a coleta, os resultados na análise não recomendava aplicação de corretivos, como calcário, que os sintomas nas plantas era visível. Vários resultados de pesquisas mostrando que quando aumentava a profundidade, mostrava uma necessidade maior de nutrientes que tem baixa mobilidade no solo, como cálcio e fósforo (Fiorin, 2012).

O tipo de trado utilizado para a coleta das amostras foi o de rosca adaptado sobre um quadriciclo, para dar mais agilidade na coleta dos dados. O número de amostras utilizado foram de 12 subamostras sendo uma central e as outras em torno do ponto dentro de um raio de 20 metros, para que evitasse o problema de o ponto vizinho interferir no resultado da amostra. Para a interpretação e recomendação dos resultados foi utilizado o software GTA500 junto com uma recomendação montada dentro da Cotrijal discutida com os pesquisadores participantes do Projeto Aquarius, onde determinou a melhor recomendação para o momento. Para a interpolação dos dados foi trabalhado com a Geoestatística, aplicada pela programação dentro do software.

A grade amostral para a coleta foi de 100 x 100 metros, em um formato quadriculado, adaptando pontos extremos para que não tivesse interferência das bordas da área que não fossem muito representativas.

No primeiro ano o produtor promoveu sistematização de parte da área testemunha e por este motivo não foi feita amostragem integral do talhão, e por este motivo as avaliações somente serão promovidas na parte que iniciou o projeto no mesmo período. Na amostragem de 2013 em função de o talhão já ter sido recuperado na forma adequada foi promovida a amostragem e unido ambos os talhões para facilitar o manejo, porém para o trabalho optou-se por manter os mesmos pontos amostrais iniciais (Figura 01).

A adubação utilizada foi sempre conforme a exportação prevista, ou seja para trigo e cevada; para cada tonelada prevista de exportação trabalhava com 22 kg.ha⁻¹ de Nitrogênio, 15 kg.ha⁻¹ para Fósforo e Potássio, 10 kg.ha⁻¹ de Enxofre; para soja; até 30 kg.ha⁻¹ de Nitrogênio e 20 kg.ha⁻¹ de Fósforo e Potássio, 10 kg.ha⁻¹ de Enxofre; e para milho; 22 kg.ha⁻¹ de Nitrogênio e 10 kg.ha⁻¹ de Fósforo e Potássio, 5 kg.ha⁻¹ de Enxofre. As exportações trabalhadas par trigo e cevada foram de 4.500 kg.ha⁻¹ de grão, para soja 4.500 kg.ha⁻¹ e para milho 12.000 kg.ha⁻¹, sendo estas as expectativas de produção. Em anos que a expectativa foi atingida na cultura do verão imediatamente na cultura seguinte trabalhava com a expectativa mais a diferença de exportação mais correção da cultura anterior.

Na prática, não foi necessário a adição pela diferença de exportação pois nos anos onde o verão foi maior a exportação o inverno anterior, frustrou a produção. A adubação do Potássio e do Enxofre sempre foram feitas anterior a implantação da cultura com no máximo 30 dias anterior a implantação com os seguintes produtos: KCl (00-00-60) e Sulfurgran. Já para nitrogênio e Fósforo a adubação foi feita toda ela na linha de semeadura com os seguintes produtos: MAP (11-52-00), DAP (18-46-00), MÊS (13-33-00+15S), MÊS (08-40-00+9S). A escolha se MAP/DAP ou MÊS, foi de acordo como a condição comercial de cada ano pois quando utilizava o MÊS não era utilizado o Sulfurgran a lançar como fonte de Enxofre, pois o mesmo possuía o nutriente na formulação.

Fazenda Schmiedt - 1.85 / 3.00 / 32.92 / 45.08 ha
 Análise de solo - Número da amostra

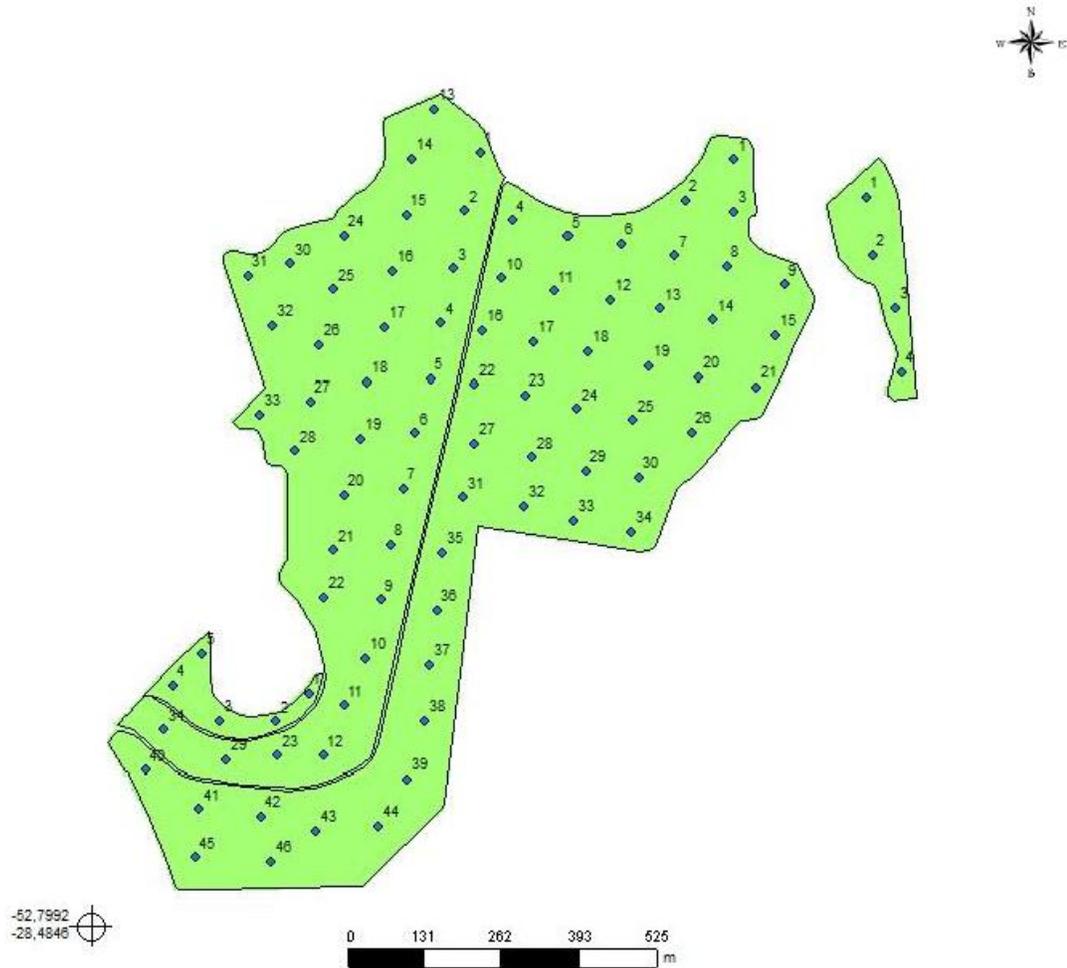


Figura 01– Mapa do talhão onde foi implantado os tratamentos.

Fonte: Área experimental com todos os pontos em um único mapa temático. Fonte: CICLUS, 2013.

O manejo empregado na área em que foi promovida a sistematização foi igual ao manejo empregado em nossa região para campo nativo, onde se encontrou uma necessidade de 12 a 14 toneladas de calcário por hectare e um teor de fósforo em torno de 5 a 6 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ e o potássio em torno de 80 a 90 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Ainda, fez-se um aporte de 6.000 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 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 fitas no CR Campeiro 6.0, e transferido para o GPS de navegação com o mesmo formato de Datum.

As amostras foram enviadas para Laboratório de Solos (Fundacep), onde foram analisadas, onde foi determinado os seguintes atributos: percentual de argila, matéria orgânica, pH (água, 1:1), pH SMP, saturação de base, saturação de alumínio, CTC efetiva, potássio MehlichI, fósforo MehlichI, cálcio MehlichI, magnésio MehlichI, relação cálcio: magnésio, relação cálcio: potássio, relação magnésio: potássio, enxofre, hidrogênio + alumínio, alumínio trocável, cobre, manganês MehlichI, zinco e boro. Na sequência os resultados foram processados no software de recomendação que foi utilizado GTA500, e em seguida gerados os mapas de recomendações.

A recomendação gerada pelo software foi definida perante uma comissão do Departamento Técnico da Cotrijal, juntamente com informações discutidas, com os seguintes pesquisadores: pesquisadores da Fundacep (Dr. Jackson Fiorin), Projeto Aquarius e Universidade Federal de Santa Maria (Dr. Telmo Amado), Universidade de Ponta Grossa (Dr. Eduardo Caires), Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (Dr. Ibanor Anghinoni) e Universidade Federal de Pircicaba (Dr. Godofredo Cesar Vitti), onde foram abordados pontos relevantes levantados por todos e através destas discussões gerada uma recomendação visando dois aspectos, sendo uma delas denominada de Nível Crítico, e outra denominada Nível Alto, como descrito a frente (Tabela 04).

Tabela 04– Tabela de fósforo e potássio.

Faixas de Interpretação	Teor de Fósforo no Solo				Teor de Potássio no Solo		
	Classe de solo conforme o teor de argila ⁽¹⁾				CTC a pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)		
	1	2	3	4	≤ 5,0	5,1 – 15,0	> 15,0
	mg dm ⁻³						
Muito Baixo	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 7,0	≤ 15	≤ 20	≤ 30
Baixo	2,1–4,0	3,1–6,0	4,1–8,0	7,1–14,0	16 – 30	21 – 40	31 – 60
Médio ⁽²⁾	4,1–6,0	6,1–9,0	8,1–12,0	14,1–21,0	31 – 45	41 – 60	61 – 90
Alto	6,1–12,0	9,1–18,0	12,1–24,0	21,1–42,0	46 – 90	61 – 120	91 – 180
Muito Alto	> 12,0	> 18,0	> 24,0	> 42,0	> 90	> 120	> 180

⁽¹⁾Classe 1 = > 60 % de argila; Classe 2 = 60 a 41%; Classe 3 = 40 a 21%; Classe 4 = ≤ 20 % de argila.

⁽²⁾O teor crítico é o limite superior da faixa "Médio".

Fonte: COMISSÃO, 2004

A recomendação de Nível Crítico é a recomendação baseada na Comissão (2004), onde foram utilizados os níveis Alto, de recomendação, pois a expectativa de produtividade média para a região que seria baseada em soja (3.500 kg.ha⁻¹), trigo e cevada (3.500 kg.ha⁻¹) e milho (10.000

kg.ha⁻¹), já para o nível alto foi adotado uma nova tabela de recomendação ajustada por FIORIN et.al, 2012, onde o nível utilizado é o Alto (Tabela 05).

Tabela 05 –Proposta de faixa de interpretação dos teores de fósforo no solo conforme o teor de argila e de potássio no solo conforme a capacidade de troca de cátions (CTC), extraídos pela solução de Mehlich-I.

Faixas de Interpretação	Teor de Fósforo no Solo				Teor de Potássio no Solo			
	Classe de solo conforme o teor de argila ⁽¹⁾				CTC a pH 7,0(cmol _c dm ⁻³)			
	1	2	3	4	≤ 5,0	5,1–10,0	10,1–15,0	> 15,0
	----- mg dm ⁻³ -----							
Muito Baixo	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 6,0	≤ 8,0	≤ 20	≤ 30	≤ 40	≤ 50
Baixo	3,1–6,0	4,1–8,0	6,1–12,0	8,1–16,0	21–40	31–60	41–80	51–100
Médio ⁽²⁾	6,1–9,0	8,1–12,0	12,1–18,0	16,1–24,0	41–60	61–90	81–120	101–150
Alto	9,1–18,0	12,1–24,0	18,1–36,0	24,1–48,0	61–120	91–180	121–240	151–300
Muito Alto	> 18,0	> 24,0	> 36,0	> 48,0	> 120	> 180	> 240	> 300

⁽¹⁾Classe 1 = > 60 % de argila; Classe 2 = 60 a 41%; Classe 3 = 40 a 21%; Classe 4 = ≤ 20 % de argila.

⁽²⁾O teor crítico é o limite superior da faixa "Médio".

Fonte: FIORIN et.al., 2012.

A recomendação utilizada para calagem no primeiro ano foi por saturação de base a 80%. Já, para os dois anos seguintes o processo de recomendação para calagem foi de pH 6,0 (figura 05). a recomendação de 6,0 foi baseada no princípio de que com profundidade maiores a dose de superfície para que o cálcio sature e possa sofrer trocas em profundidades maiores tem que estar em doses maiores neste perfil para que possa saturar e ter uma solubilidade maior em profundidade maiores. A determinação de pH 6,0 deu-se também em função da recomendação já existente pela COMISSÃO (2004), onde já determinava que o melhor pH para as principais culturas seria este.

A maioria dos trabalhos mostra que quando se tem saturação de base acima de 60% sem presença de Alumínio na análise, não haveria necessidade de reaplicar calcário. Porém ao longo dos anos de trabalho nesta Cooperativa foi possível identificar produtores a cada três anos, ou seja, 33% da área é reaplicado calcário não obedecendo a recomendação de saturação de base de 60% ou pH 5,5. Destacando-se, que estas áreas são as mais produtivas entre os produtores assistidos.

Nos pontos amostrais da área experimental sendo eles do ponto 23, 12, 11 e 10 mesmo mostrando valores de pH elevados nos quais não deveria ser recomendado correção com calcário para alteração de pH, foi feita a recomendação e mapa de aplicação de duas toneladas por hectare, pois ao longo de várias culturas foi identificado sintomas visuais de toxidez de Alumínio, diminuindo significativamente o rendimento e o desenvolvimento vegetativo das culturas, principalmente as que possuem uma maior sensibilidade a presença tóxica de alumínio no solo (Figura 02).

Fazenda Schmiedt - 1.85 / 3.00 / 32.92 / 45.08 ha Análise de solo - Número da amostra

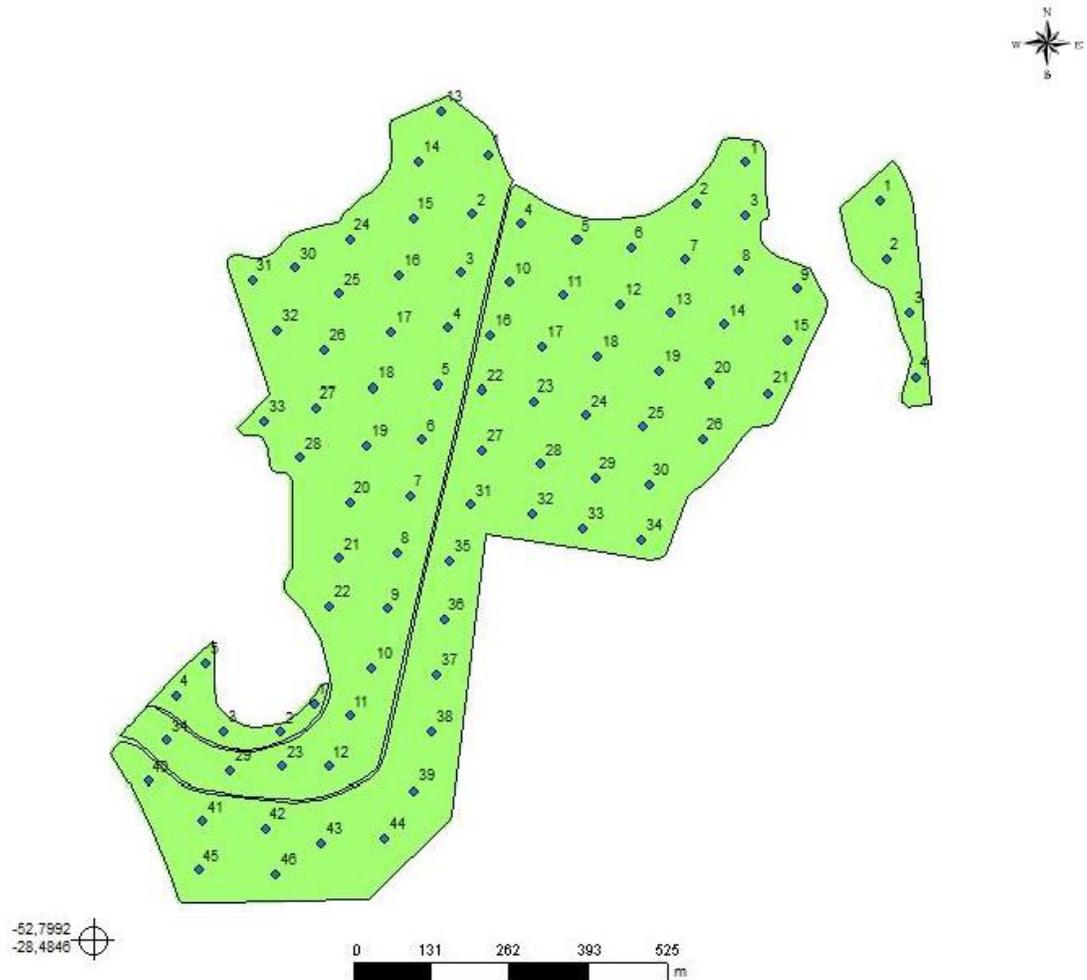


Figura 02 – Mapa de pontos da área experimental.

Fonte: CICLUS, 2007.

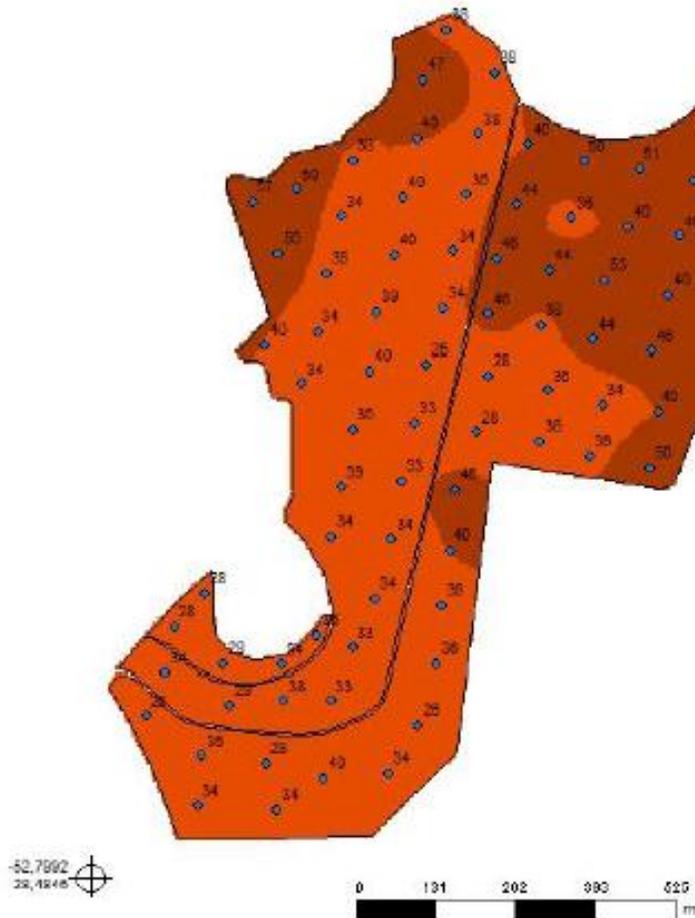
Com estes resultados busca-se entender como melhorar a relação cálcio com magnésio sem ter que substituir o calcário dolomítico pelo calcítico, pois a ausência do magnésio em nossos solos poderia limitar a produtividade. Outro fator abordado foi também o aumento de profundidade explorado pelo sistema radicular, porque na região experimental o índice pluviométrico em alguns anos não é muito elevado e compromete a produtividade das culturas. Para isto, em 2007, juntamente com um grupo de colegas do Departamento Técnico, em um Treinamento de Imersão Tecnológica junto com o treinamento Academia do Trigo, mostrou algumas situações diferentes de fertilidade e de manejo de solos na região do Paraná no Município de Ventania, onde a formação de perfil se dava pela utilização de Gesso Agrícola, baseada em uma recomendação pelo teor de argila do solo, onde através da identificação do teor de argila do solo montava-se uma recomendação de aplicação. Segundo CAIRES (2004), quanto maior a dose de gesso sendo utilizada maior é grau de resposta, porém em muitas situações não é economicamente viável. A recomendação do gesso também deveria estar associada a recomendação do calcário, pois em todos os trabalhos apresentados pelo pesquisador havia um resultado significativo quando se adotada conjuntamente os dois manejos.

A recomendação para gesso neste trabalho foi baseada no teor de argila (figura 03), na qual se resolveu trabalhar com taxas menores do que as sugeridas por Caires (2004), para evitar prováveis problemas quando utilizado taxa elevada de produto no solo. A dose de gesso utilizada foi de 40 vezes o teor de argila de cada ponto amostral, sendo que o autor levantava possibilidade de trabalhar com doses de até 100 vezes o teor de argila, na qual seria o encontrado o melhor resultado, porém não economicamente viável.

Quando da aplicação do gesso (Ca 20% e S 15%),enfrentou-se vários problemas, como local para armazenagem, dificuldade de aplicação, pois o coeficiente de distribuição era muito ruim, e para isto procurou-se outras fontes como um produto da Fida calcários denominado de Fidagran S5 (Ca 18%, Mg 7% e S 5%), na qual em sua formulação possui gesso, calcário filler e cal hidratado, em determinadas proporções, porém com o dobro de eficiência de acordo com a empresa fabricante. Este por sua vez foi recomendado a 20 vezes o teor de argila, a semelhança do proposto pela empresa.

Fazenda Schmiedt - 1.85 / 3.00 / 32.92 / 45.08 ha

Análise de solo - Textura: % Argila



Cliente: Markus Gustavo Schmiedt
 Área de Contorno: 83,17 (ha)
 Mín: 25,1 (%)
 Méd: 39,3 (%)
 Máx: 57,3 (%)
 Desvio Padrão: 6,8 (%)
 Prof. da Amostra: 0 (cm) - 20 (cm)
 Data Inicial: 03/07/2013 09:24:36
 Data Final: 03/07/2013 15:05:25

%	ha
0.0 - 20.0	< 0,01
20.0 - 40.0	52,85
40.0 - 60.0	32,99
60.0 - 100.0	< 0,01
◆	Textura (% argila)
□	Contorno do Talhão

Figura 03– Mapa de argila da área tratada e testemunha.

Fonte: CICLUS, 2013.

Os produtos foram utilizados ambos no mesmo talhão, para que não tivesse variação de ambiente de modo que os dois produtos fossem comparados na mesma situação, ou seja, o

Fidagran foi utilizado em uma área de 9,6 ha, com variação de aplicação de 760 kg.ha⁻¹ a 1.000 kg.ha⁻¹, e o restante da área tratada, 23,5 ha foi trabalhado como o gesso agrícola, com taxa de aplicação de 1.520 kg.ha⁻¹ a 2.000 kg.ha⁻¹, ficando todo talhão da área tratada coberto por ambos os produtos (Figura 4).

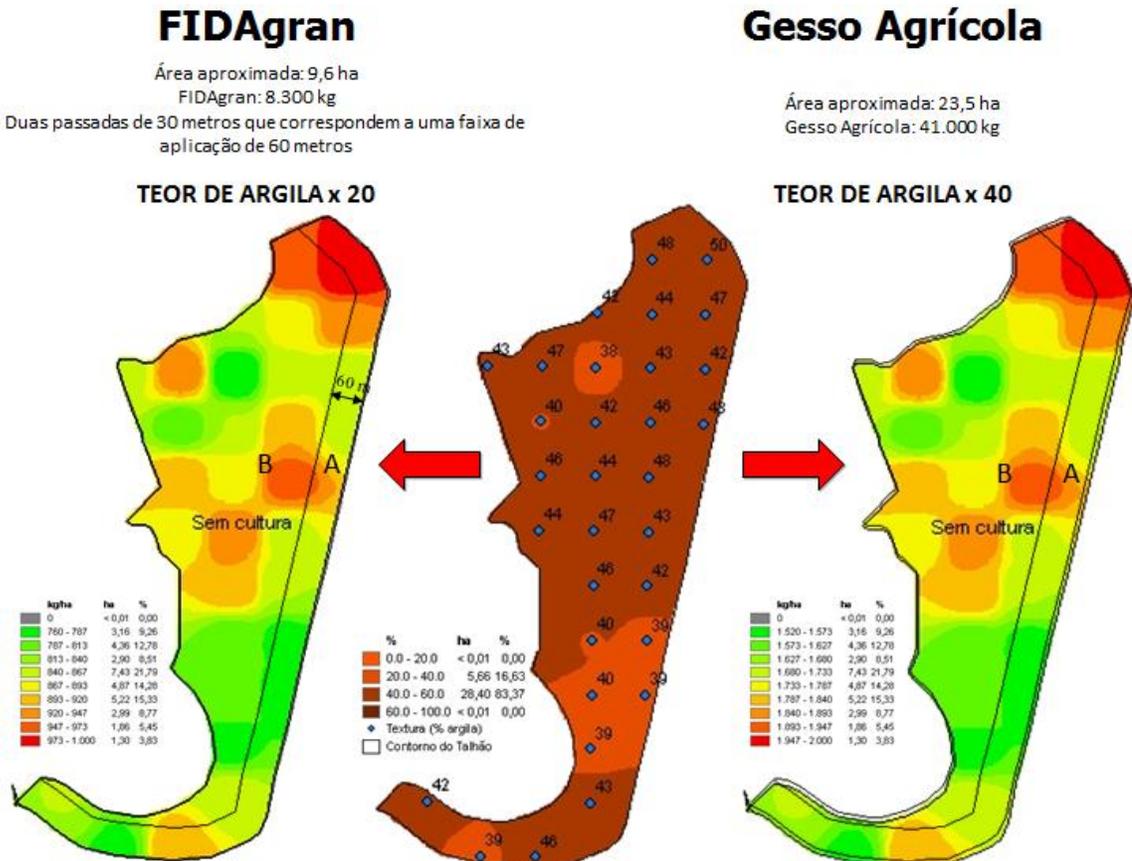


Figura4– (A) faixa de aplicação de Fidagran, (B) área de aplicação de gesso.

Fonte: CICLUS, (2007)

Em ambas as situações onde foram colocados os dois produtos trabalhou-se para elevar a saturação de base para 75%, pois muitas bibliografias e autores citavam problemas quando ultrapassávamos a casa dos 80% de saturação de base. Para evitar algum problema de modo teórico foi estabelecido como alvo a saturação de base 75%.

Para melhor representar esta diferença separamos tanto nos tratamentos como na testemunha um total de 228 pontos dentro do mapa de rendimento em ambas as culturas, safras e

tratamentos, sendo que a coleta da testemunha foi definida uma zona de alta fertilidade para não deixar a testemunha com potencial menor do que nas áreas tratadas (figura 5).

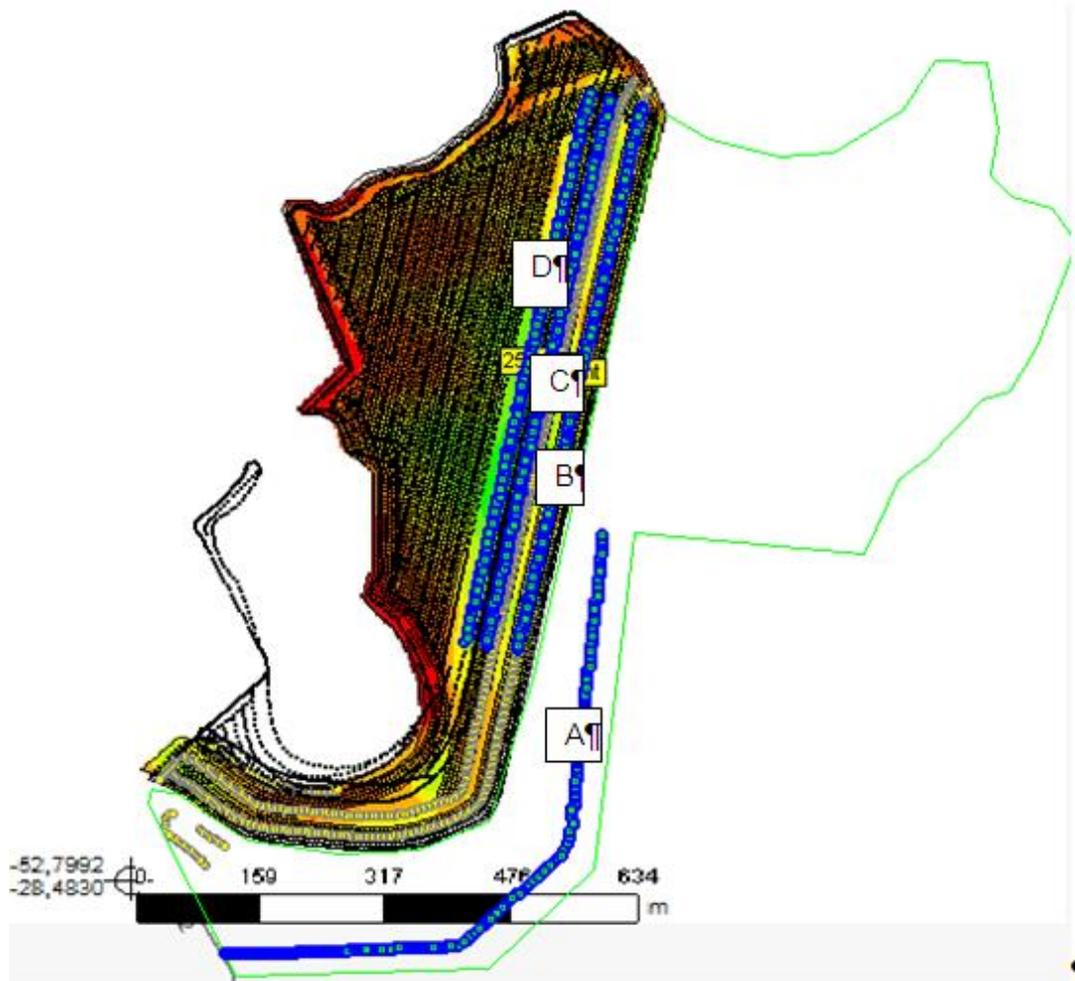


Figura 5 – Faixas em azul de pontos com dados de coletas no mapa de rendimento sendo que: (A) Testemunha, (B) Fidagran, (C) Fidagran + Gesso e (D) Gesso.

Fonte: CICLUS, 2014.

Para não sofrer problemas com a interpolação dos dados, alguma lixiviação que poderia acontecer superficialmente e com isto poderia contaminar a área do tratamento Gesso, afastamos a coleta dos pontos do tratamento, para evitar problemas de interferência de outro produto que não o analisado.

As faixas do tratamento estão exemplificadas conforme Figura (5), onde temos para a faixa (A) a testemunha, faixa (B) o tratamento Fidagran, faixa (C) o tratamento Fidagran + Gesso, e a faixa (D) o tratamento Gesso. Em cada faixa foi coletado um número de 228 pontos, que refere-se ao tamanho pixel de coleta de informação que vai representar uma parcela dentro de um número maior de parcelas. Neste formato de coleta de resultado terá uma representatividade maior do resultado, pois descartamos a possibilidade de encontrar em um único ponto que não represente a realidade do trabalho proposto.

Os resultados foram coletados com equipamento com tecnologia de mapa de rendimento embarcado, em uma colhedora John Deere STS-9670 com plataforma de trinta e cinco pés de corte e quando trabalhado com a cultura do milho em uma plataforma de treze linhas espaçamento quarenta e cinco centímetros entre linhas (figura 6).



Figura6 – Colhedora John Deere em operação na área experimental.

Fonte: Do autor, 2014.

Os dados de colheita foram processados no GTA 500 com ajuda do departamento Ciclus Cotrijal pelo colega Leonardo Kerber responsável pelo setor.

A distribuição foi feita com equipamento da Cotrijal na forma de prestação de serviço montado com um Hércules 24.000, para calcário e gesso e um Hércules 18.000 para aplicação de granulados (Figura7).



Figura7 – Distribuidor de insumos em operação na área experimental.

Fonte: CICLUS, 2014.

Para melhorar a distribuição do calcário utilizou-se, na parte inferior da carga, calcário seco para que o equipamento possa trabalhar sem mais problemas e na sequência foi utilizado calcário úmido que é irrigado para melhorar o perfil de distribuição. Isto é para evitar o que pode de ser visualizado na figura(12).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme observados (figura8), os mapas de pH dos anos de coleta de 2007, 2010 e 2013, onde houve variação na profundidade de amostragem, em 2007 de 0 a 12 centímetros, em 2010 de 0 a 15 centímetros e em 2013 de 0 a 20 centímetros de profundidade, ficou evidente a variabilidade do resultado. Quando aumentou a profundidade de amostra ocorreu uma diminuição do pH no solo tanto na área tratada como na testemunha, porém na área tratada nos pontos 23, 12, 11 e 10 onde em 2007 foi feita a primeira amostragem e promovida a aplicação em 2008, que foi aplicado uma taxa fixa de duas toneladas por hectare de calcário em função de sintomas visuais de baixo vigor nas culturas, como citado no trabalho, estes pontos continuaram com pH superior ao restante da área, mostrando a evolução do resultado da análise nos anos seguintes, nestes pontos. Identifica-se, claramente, no mapa de pH, coletado em 2010, onde os pontos citados acima aparecem em destaque com um pH bem superior ao demais observados tanto na área tratada como na área da testemunha.

Observando o mapa 2010 identificam-se os pontos onde se localizava o pH inferior a 6,0. Nestes foi feita a aplicação dos tratamentos. Mesmo após esta correção quando a profundidade de coleta da amostra foi aumentado, como esperado o pH continuou em níveis não adequados. Com o resultado coletado em 2013 foi promovida a aplicação de correção para elevação do pH a 6,0 conforme descrito no trabalho. Este manejo foi praticado antes da cultura do trigo safra 2014, onde a aplicação do corretivo deu-se no mês de março de 2014.

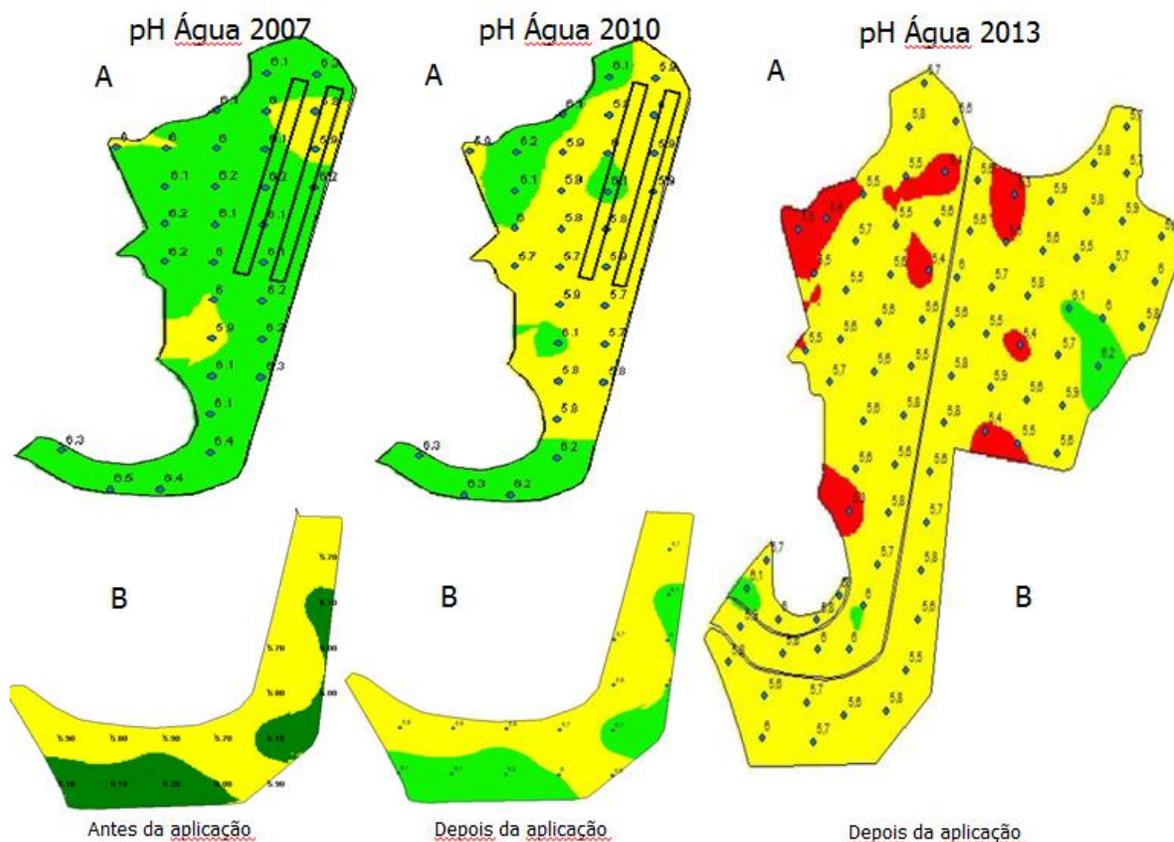


Figura8 – Mapas de pH ao longo dos anos. (A) área tratada, (B) testemunha.

Fonte: CICLUS, 2013.

Em ambos os mapas não foram feitas aplicações de corretivo para pH, pois as duas áreas apresentavam uma semelhança em pH no primeiro mapa de amostragem, pois o resultado esperado foi promovido pelos corretivos formadores de perfil utilizados neste trabalho que não promove alteração de pH no solo e sim somente tem função de anular o efeito de toxidez causado pelo alumínio do solo.

Para o mapa de pH encontramos uma pequena diferença quando analisamos a média de pH da testemunha e dos tratamentos, sendo que para testemunha a média ficou em pH 6,0, para Fidagran mesmo ele tendo uma presença de filler não teve interferência, pois as quantidades dentro do produto é muito baixa, não tendo diferença pois o resultado foi igual pH 6,0, já para o gesso encontramos uma pequena diferença pois encontramos o pH 5,9, não tendo grande diferença (Figura 9).

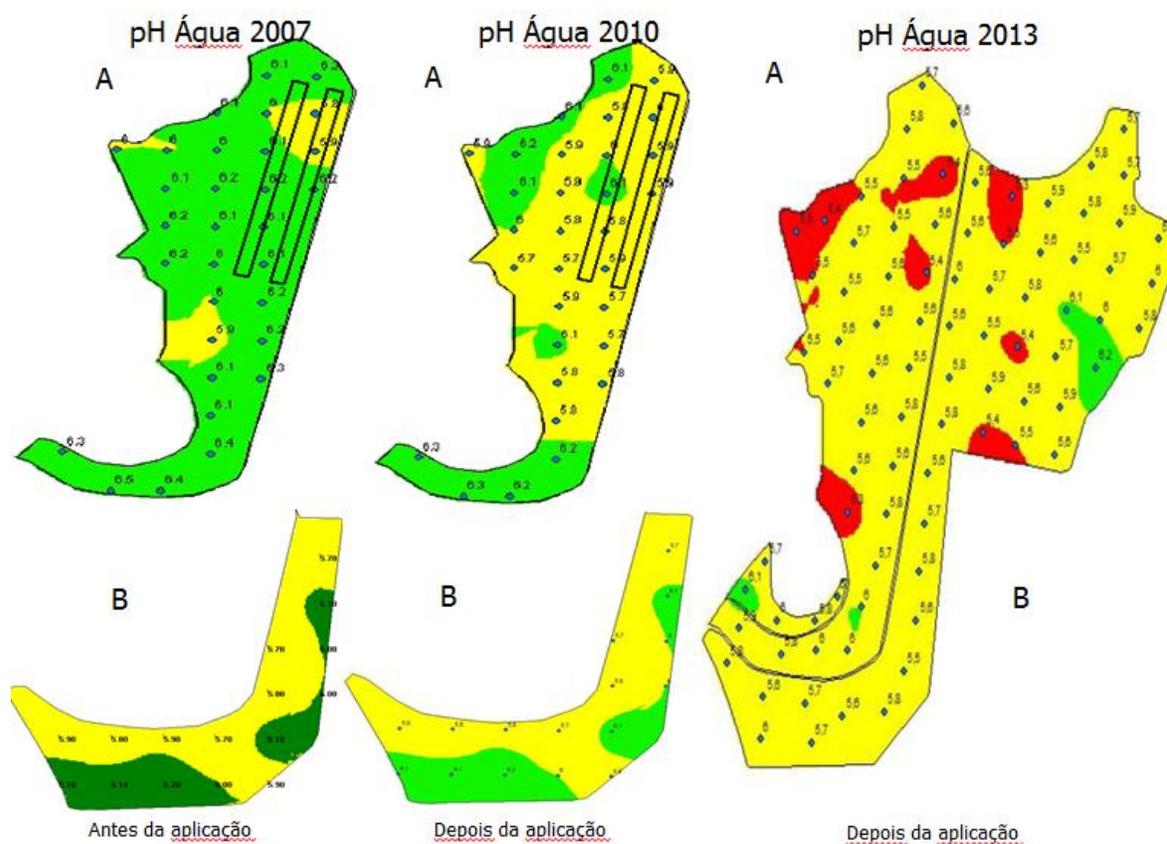


Figura9 – Mapas (A) área tratada e (B) testemunha. Mapas de pH.

Fonte: CICLUS, 2007.

Como se observa (Figura 10), o mapa de fósforo estava tanto na área dos tratamentos (A), como na testemunha (B), em níveis foram elevados não necessitando de correção em ambos, pois estavam nos níveis altos e muito alto conforme tabela(06) citada neste trabalho.

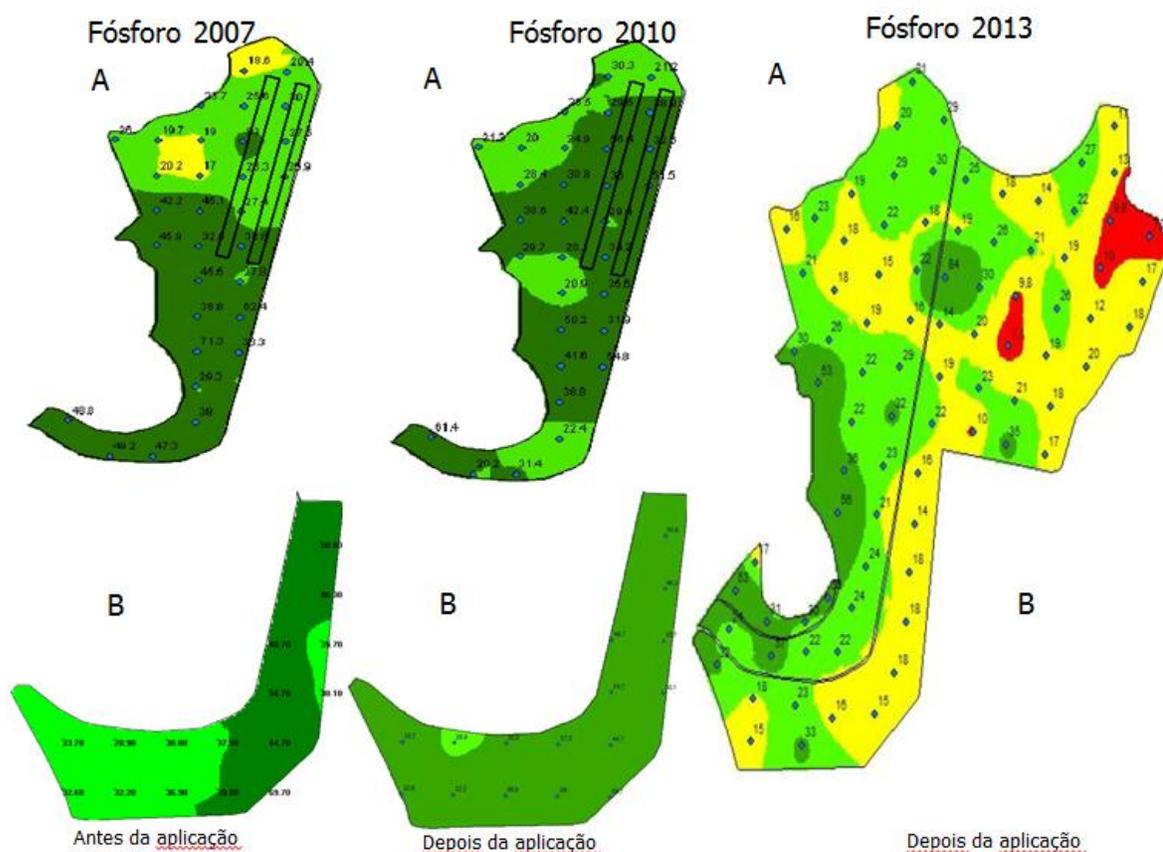


Figura 10 – Mapa de fósforo da área tratada (A) e da testemunha (B).

Fonte: CICLUS, 2007.

Para o mapa de Potássio foram feitas algumas recomendações de calagens em uma pequena área da testemunha, para que o potássio não fosse o limitante dos resultados a serem obtidos neste trabalho. Nos pontos de correções os níveis do potássio foram elevados para alto, de forma que o resultado do potássio não tivesse interferência no resultado do trabalho (Figura 11).

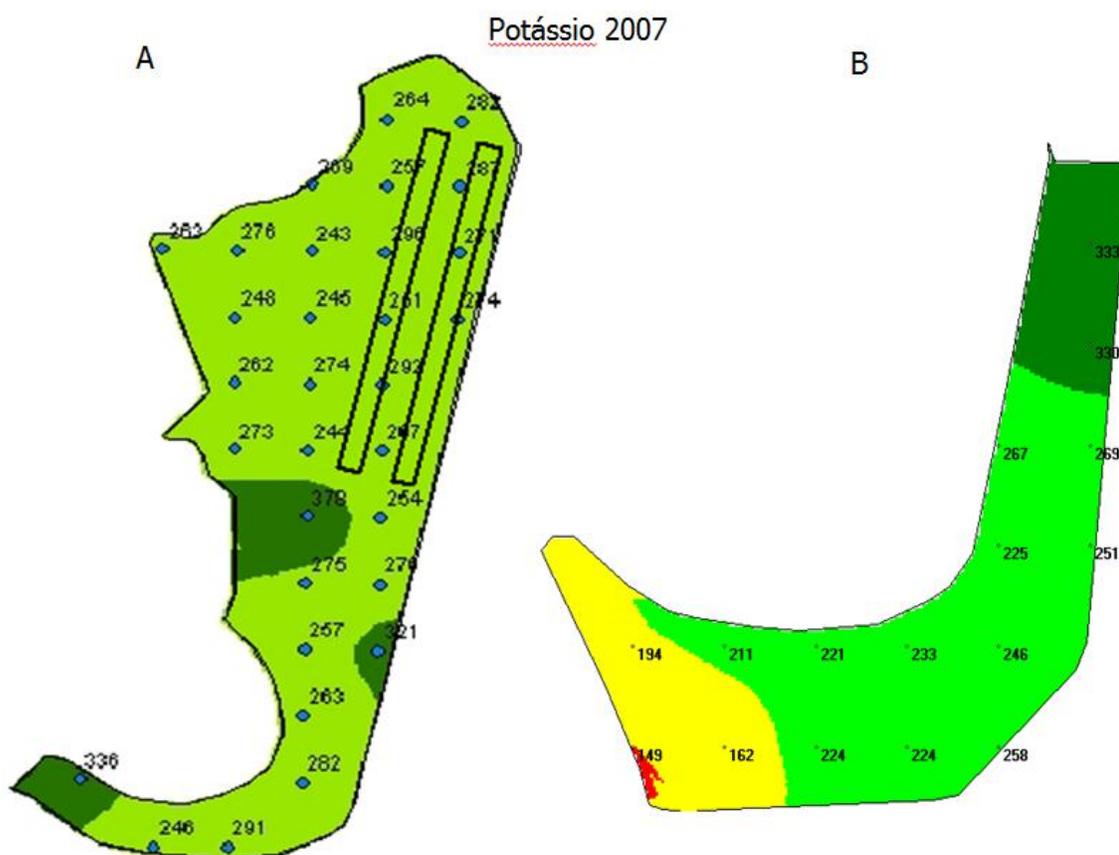


Figura 11 – Mapa de potássio da área tratada e da testemunha.

Fonte: CICLUS, 2007.

Quando se analisamos mapas de pH da área que recebeu os tratamentos e da testemunha encontra-se a mesma evolução do pH em ambos os mapas, mostrando o incremento da profundidade da amostragem ao longo dos anos e sua evolução do resultados mesmo promovendo correções de corretivo para pH no ano de 2010 e no ano de 2013 (Figura 12).

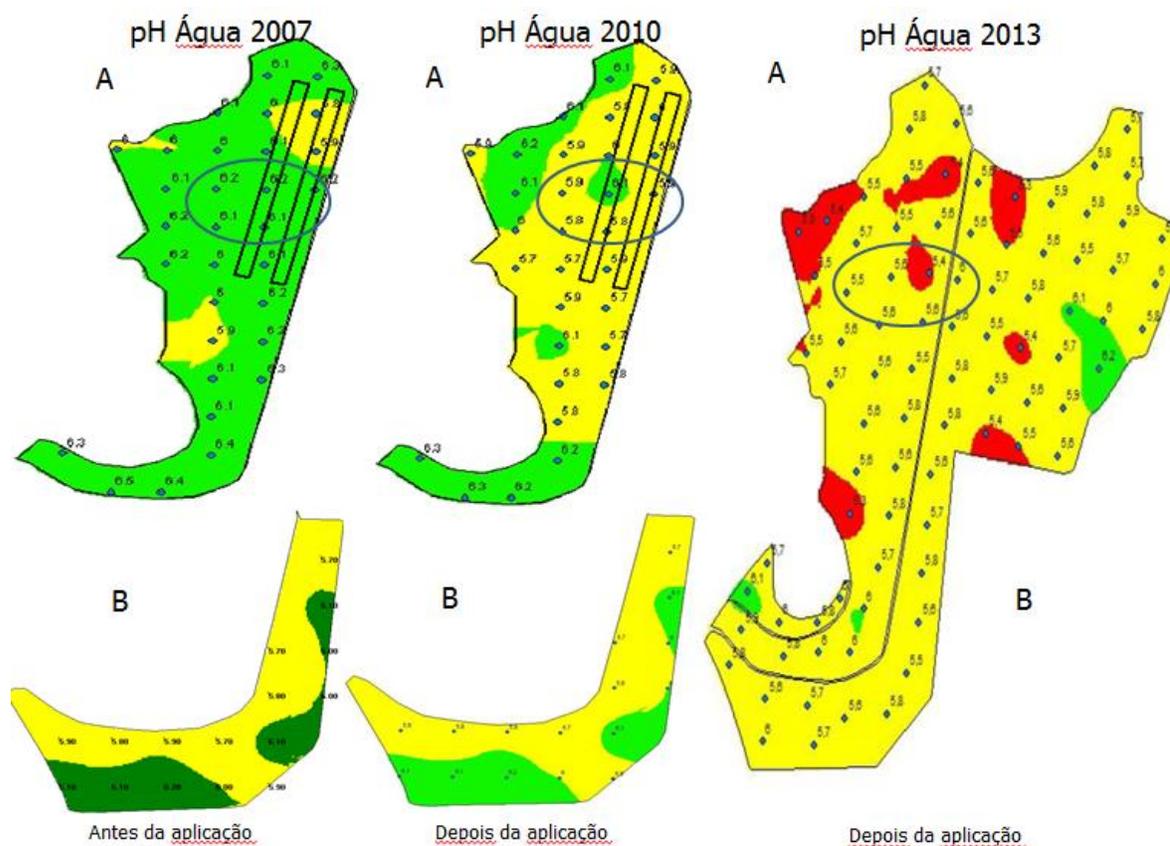


Figura 12 – Diferença de pH conforme a evolução dos anos.

Fonte: CICLUS, 2014.

Neste mapa é possível observar que, tanto na área tratada como na testemunha, o pH não teve alteração, pois os corretivos de perfil de solo utilizados tanto o gesso como o Fidagran, não tem efeito em alteração de pH do solo. Desta forma não se observaram diferenças em ambos os mapas apresentados. Temos diferenças, sim, no mapa da área tratada dos pontos 23, 12, 11 e 10 em função da aplicação de calcário dolomítico, como já citado anteriormente. Estes pontos, sim, apresentam uma evolução, pois nestes foi aplicado calcário com duas toneladas por hectare mais o Fidagran nas duas primeiras linhas de aplicações, e na parte inferior foi gesso, de acordo com o restante da área.

Os incrementos nos valores de pH foram intensificados após 12 meses da implantação dos tratamentos, atingindo a camada abaixo da analisada, esse efeito, de acordo com Caires et al. (2008), é decorrente da reaplicação superficial de calcário em solo já corrigido com calagem na superfície (Figura 13).

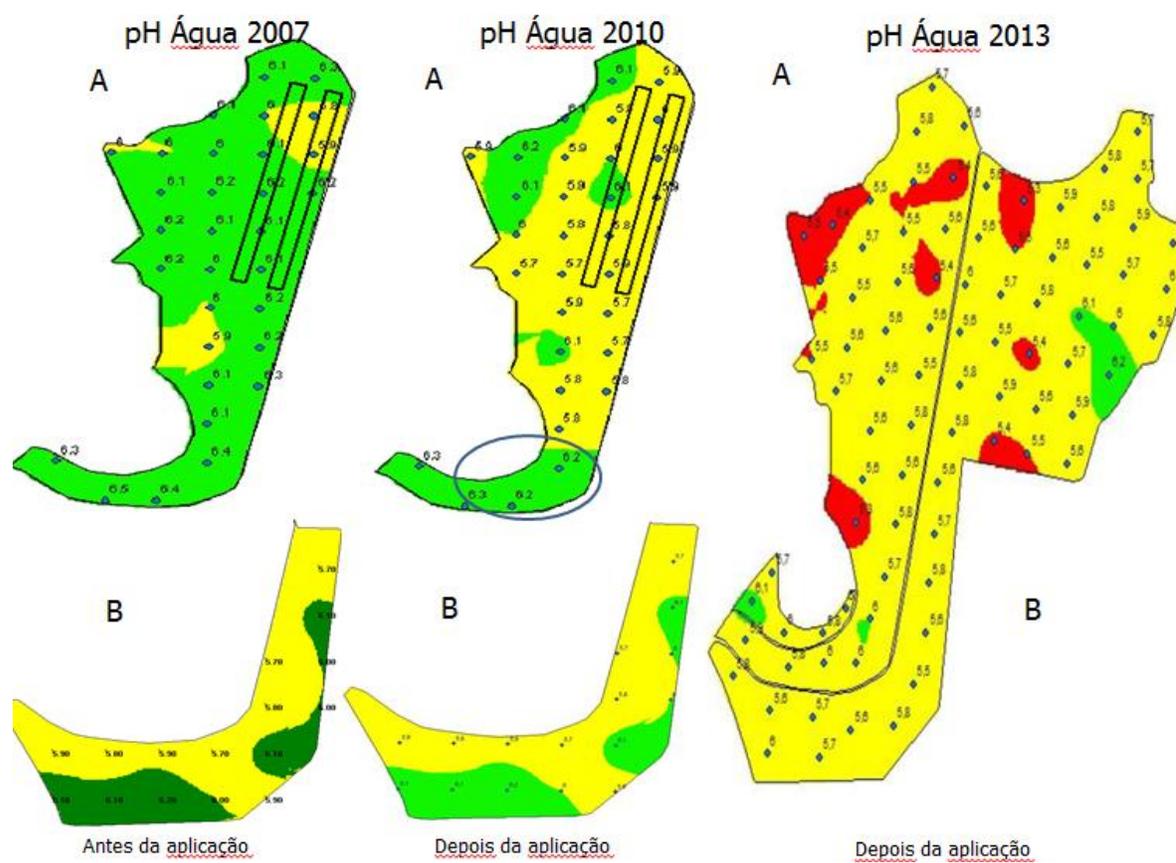


Figura 13 – Circulo mostrando os pontos 25 e 31.

Fonte: CICLUS, 2014.

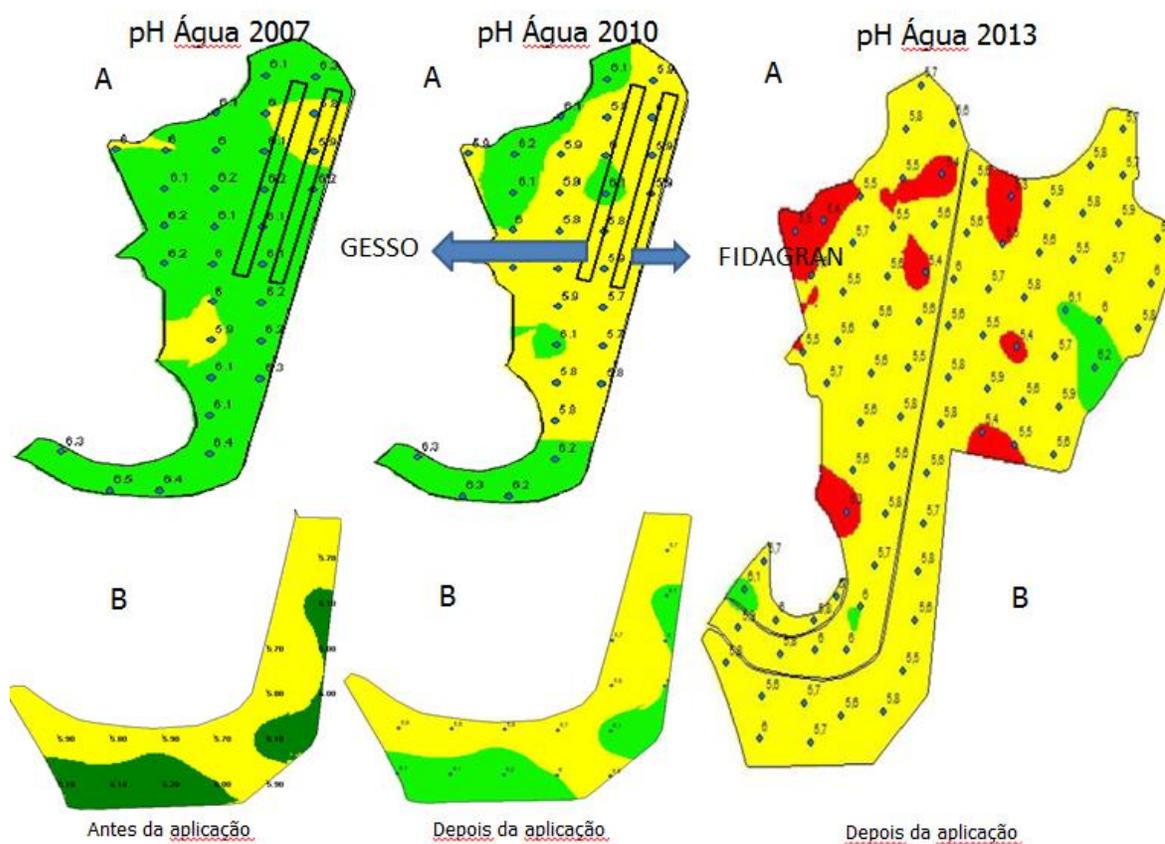


Figura14 – Mapas de pH das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B)

Fonte: CICLUS, 2013

Conforme se pode constatar nos mapas (Figura 14), para pH SMP não ocorreram variações, pois os dois produtos utilizados tanto o Fidagran como gesso, não tem função de correção de pH. Da mesma maneira visualizamos alterações somente nos pontos citado já no trabalho, que onde foi recomendado corretivo (calcário dolomítico).

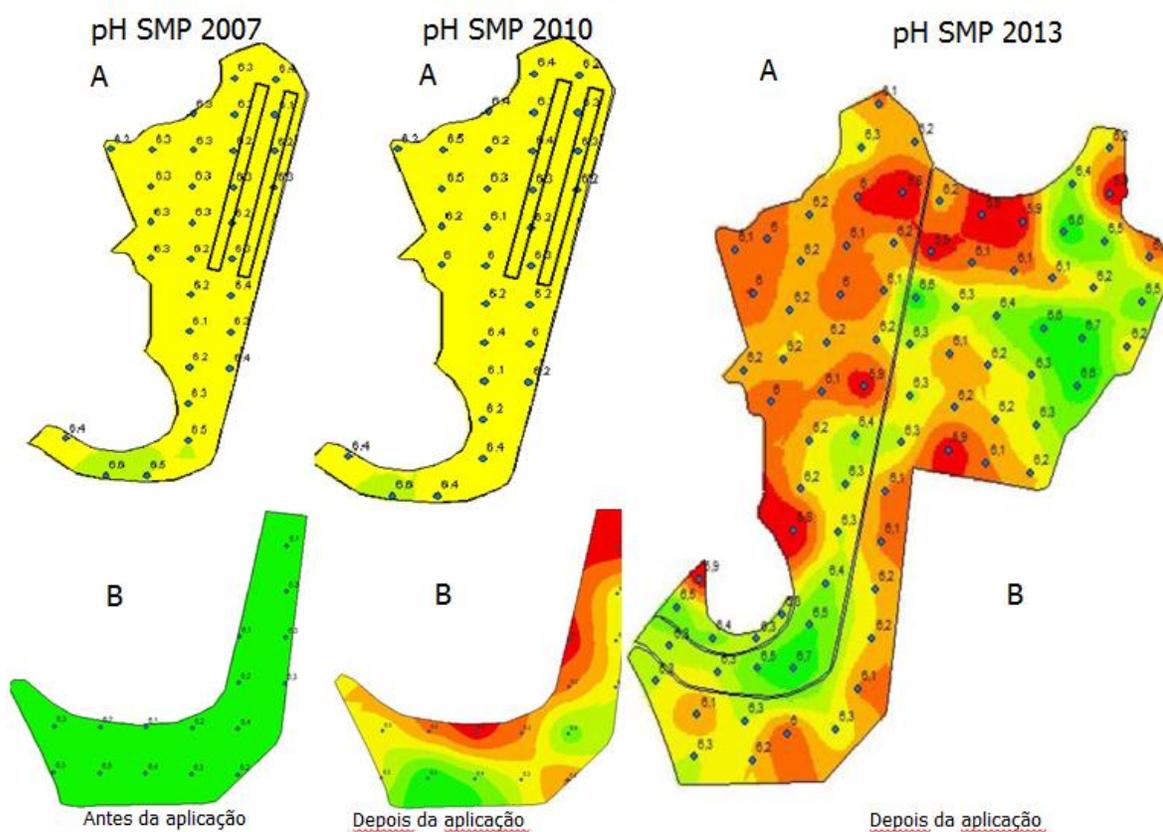


Figura 15 – Mapas de pH SMP das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B)

Fonte: CICLUS, 2013

Para Saturação de Base percebemos diferenças apresentadas na Figura 15 com um círculo em torno dos resultados que encontramos com uma variação de resultado em todos os anos de amostragem.

Em Sistema Plantio Direto a manutenção de resíduos culturais na superfície, melhora o estado de agregação do solo a partir do incremento do teor de carbono orgânico (Castro Filho et al., 1998), cujos agregados, maiores e menos densos, aumentam a infiltração de água no solo.

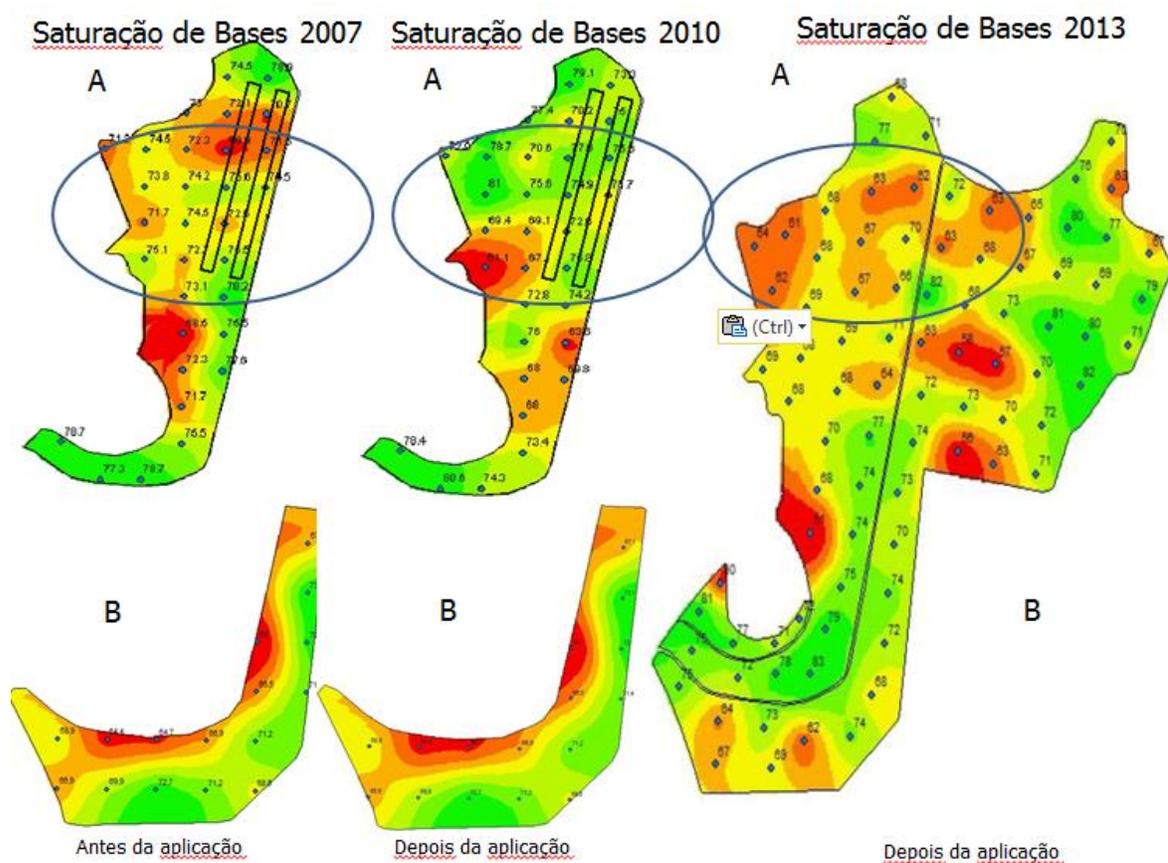


Figura16 – Mapas de Saturação de Base das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B)

Fonte: CICLUS, 2013.

Nos mapas de comparativos para fósforo não foi possível visualizar alterações, em função da aplicação dos dois produtos trabalhados. Somente visualizamos diferenças ao longo dos anos em virtude da profundidade amostral, pois o fósforo durante a cultura ele é imóvel, mas durante o ano tem baixa mobilidade, e por este motivo que quando é aumentada a profundidade de amostragem existe uma tendência de diminuir os teores de fósforo (Figura16).

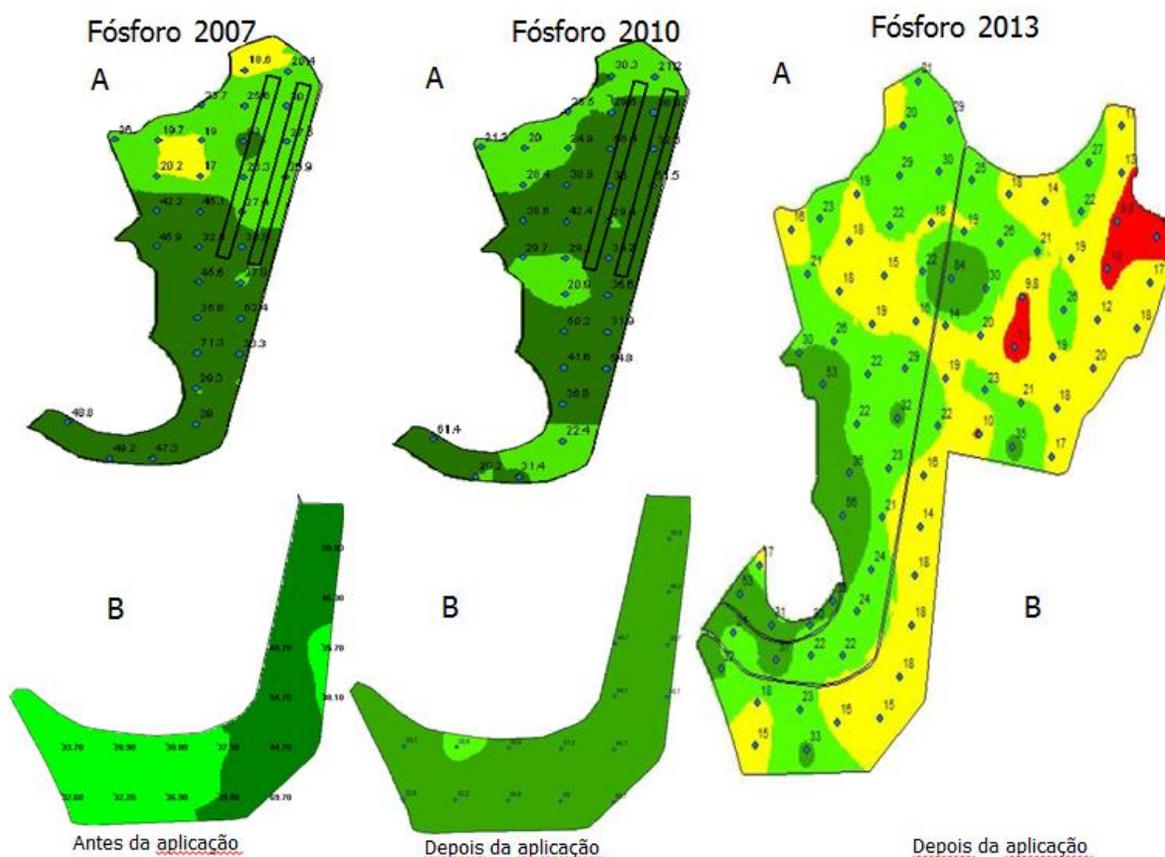


Figura17 – Mapas de Fósforo das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B)
 Fonte: CICLUS, 2013.

Analisando os mapas de potássio observa-se uma diminuição dos teores, sendo estes não em função somente do aumento de profundidade das amostragens, pois este nutriente no solo tem uma mobilidade alta e por este motivo o aumento de profundidade não explicaria esta diminuição nos teores (Figura17).

Esse efeito é decorrente da formação de pares iônicos entre o K^+ e o SO_4^{2-} e posterior lixiviação ao longo do perfil (Figura 18). A lixiviação excessiva de K com aplicação de gesso não são verificadas em Latossolos manejados sob SPD (Caires et al. 2011).

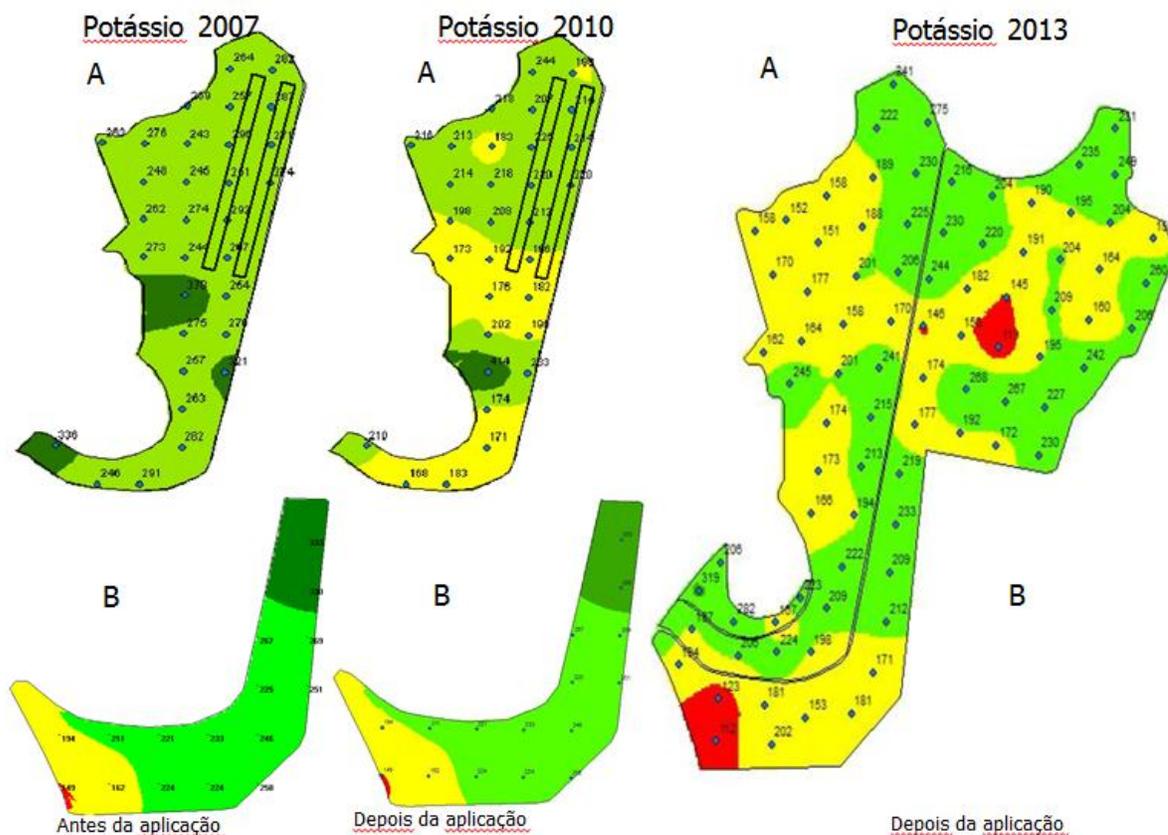


Figura18 – Mapas de Potássio das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B)

Fonte: CICLUS, 2013

Comparando os mapas temáticos de cálcio observou-se, conforme esperado, um incremento deste nutriente na área tratada em relação a testemunha quando analisamos os mapas de 2007 e de 2010, onde a profundidade de amostragem era muito próxima, ou seja em 2007 era de 0 a 12,5 centímetros e onde e, 2010 a amostragem ficou de 0 a 15 centímetros de profundidade, mostrando um incremento do nutriente na área tratada em relação a área não tratada. Isto se dá, pois os dois produtos utilizados ambos são fonte de cálcio, pois possuem na sua formulação, (figura19).

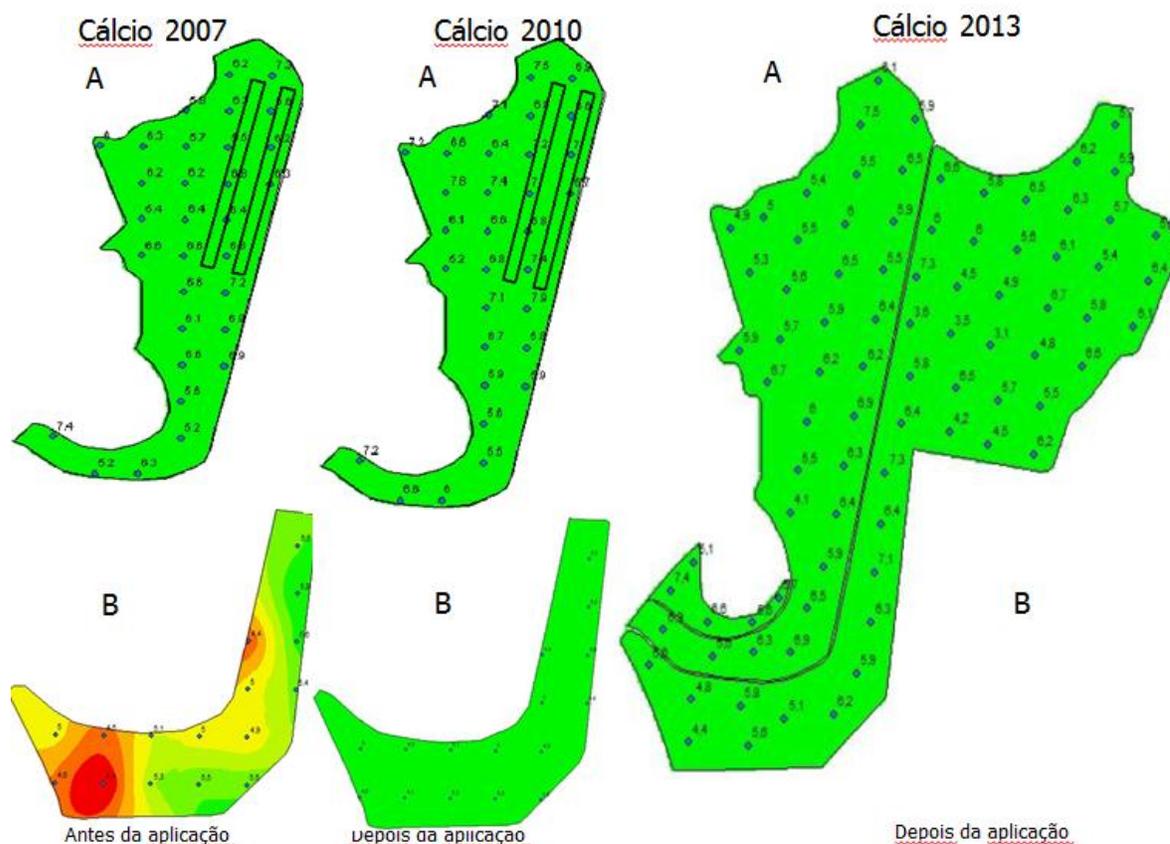


Figura19 – Mapas de Cálcio das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B)

Fonte: CICLUS, 2013.

Quando se compara o cálcio no mapa 2013, tanto na área tratada como na testemunha, observa-se uma realidade um pouco diferente, pois este nutriente vai ser afetado diretamente quando profundidade de amostragem é aumentada, que no ano 2013 a amostragem foi feita a uma profundidade de 0 a 20 centímetros de profundidade, tendo uma interferência maior do que nos dois primeiros anos. Mostrando também que o efeito residual do gesso citado por Caires, 2004, seria de até cinco anos em solo sob Sistema Plantio Direto (Figura 20).

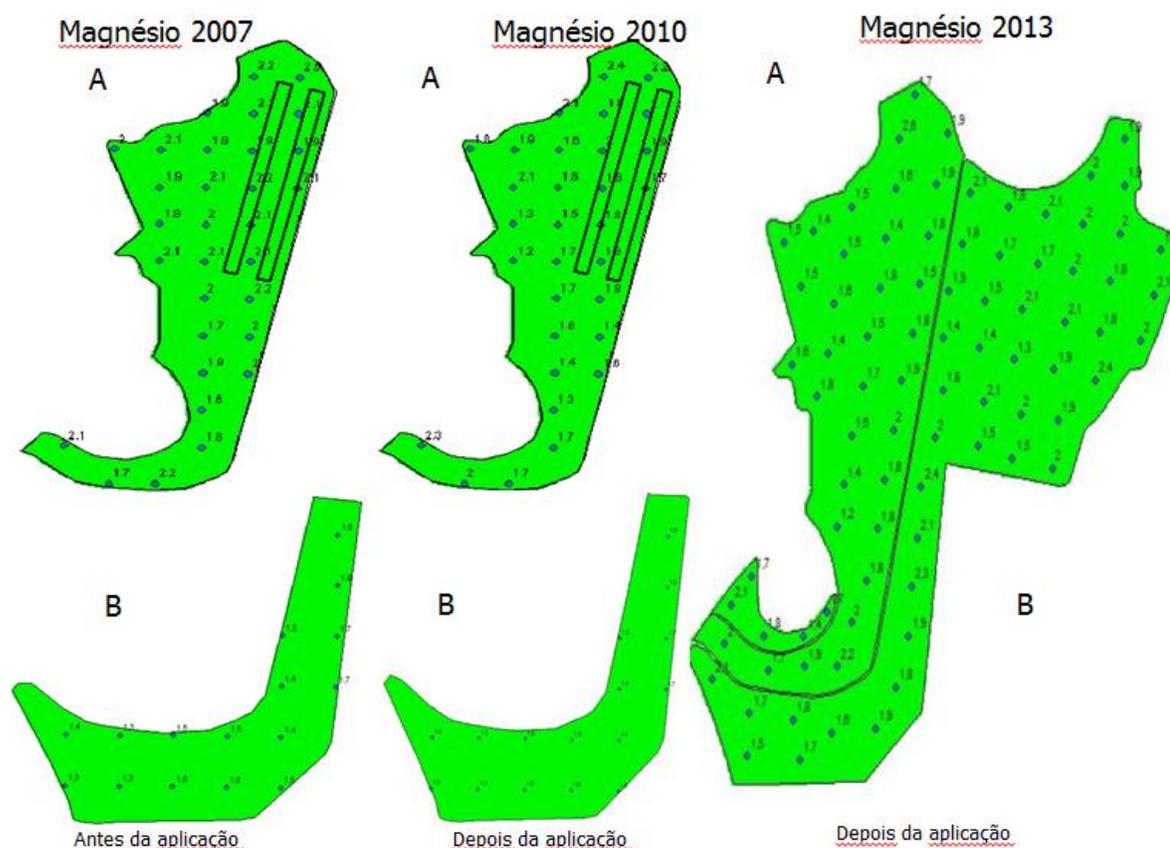


Figura 20 – Mapas de Magnésio das três amostragens da área tratada (A) e da testemunha (B)
Fonte: CICLUS, 2013.

Os teores de Magnésio permaneceram elevados nos locais onde tinha sido feito aplicação de corretivo (calcário dolomítico), pois este possui na sua formulação presença de magnésio, e com isto é fonte deste nutriente para a correção do solo. Este por sua vez pode ser arrastado em profundidade, quando aplicamos gesso ou Fidagran no solo como papel de condicionador de solo, ou seja, vai arrastar o magnésio junto em função das cargas que estes dois produtos promovem no solo. Farina et al. (2000) e Zambrosi et al. (2007) atribuíram o incremento do Mg em subsuperfície devido a formação de sulfato de Mg ser prioritária em relação as demais formas iônicas do sulfato. Shainberg et al. (1989) alertaram que a redução no teor de Mg na camada superficial pode acarretar deficiência desse elemento para as plantas, desde que o teor seja inferior ao crítico. O limite crítico ($1,0 \text{ mg dm}^{-3}$) estabelecido pela COMISSÃO (2004).

Quando analisamos os mapas 2007 e 2010 encontramos uma diferença no teor deste nutriente, sendo que no mapa 2007 encontraram-se níveis mais elevados e quando vamos para o

mapa 2010 há níveis menores deste nutriente no solo, mostrando o efeito que os dois produtos utilizados tanto o gesso como o Fidagran promoveram um deslocamento de nutriente da camada mais superficial para uma camada mais profunda.

Já, quando se analisa o mapa 2013 observa-se uma uniformidade deste nutriente em ambos os mapas tanto na tratada como na testemunha, pois neste ano, cabe lembrar que houve um incremento na profundidade amostral, sendo que se este nutriente saiu da superfície ele foi arrastado para camadas mais profundas, mostrando um resultado com indicadores maiores em profundidade. Quando se compara a testemunha encontramos indicadores maiores do que na área tratada, mostrando que na testemunha onde não foi utilizado as duas fontes, gesso e Fidagran, não houve o carreamento deste nutriente em profundidade, fazendo valer os resultados de Caires 2011.

No mapa de enxofre não foi possível acompanhar a evolução, pois o trabalho foi programado pensando em condicionadores de solo e não foi dada a devida atenção como fonte de enxofre e por este motivo as análises de 2007 e 2010 não foram solicitadas ao laboratório. Mas quando se compara a área com os tratamentos com a testemunha encontrou-se uma evolução dos teores de enxofre bem superior ao da testemunha. Isto também foi observado em outros talhões quando se utilizou os produtos testados, gesso e Fidagran (Figura 21).

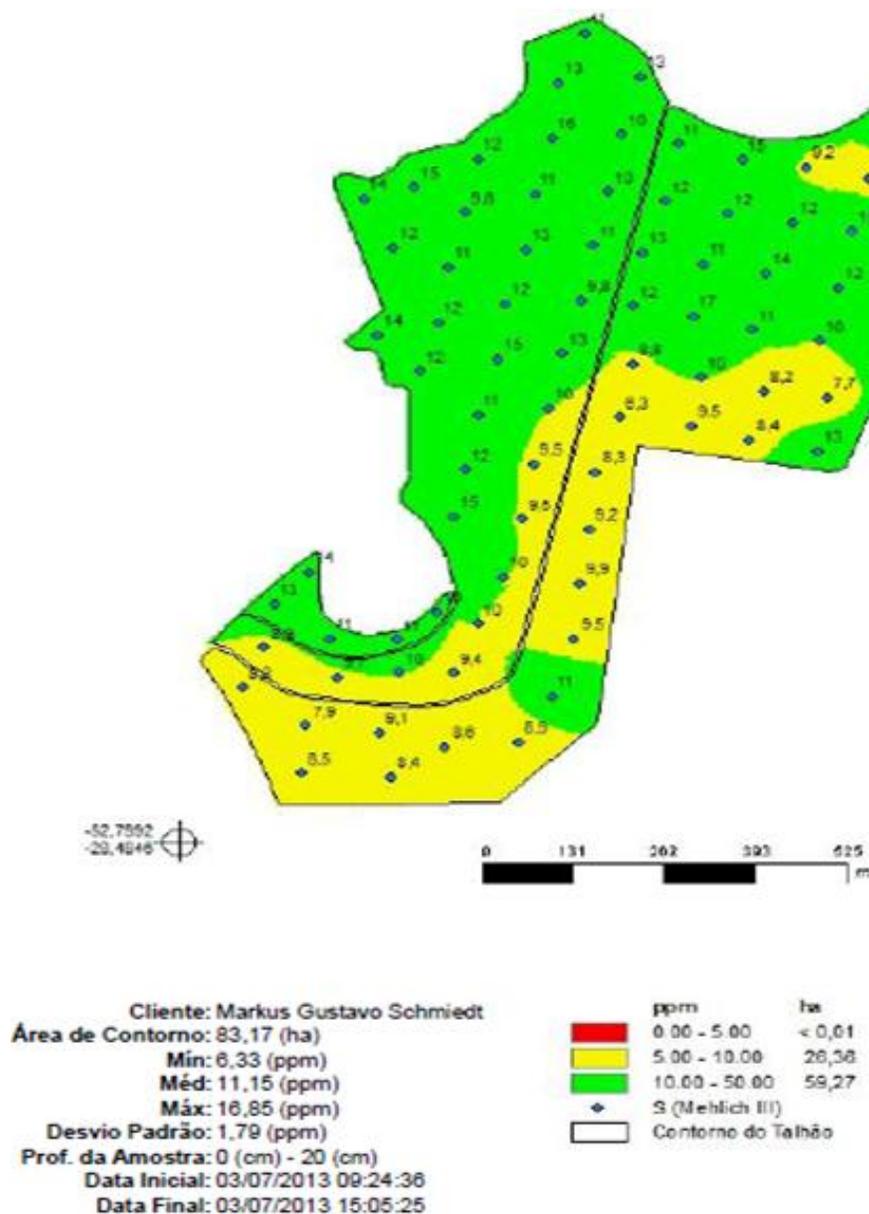


Figura 21 – Mapa de Enxofre da área tratada e da testemunha.

Fonte: CICLUS, 2013.

Para conseguir entender melhor os resultados coletados a campo foram comparados mapas de rendimento de três safras sendo duas da cultura da soja e uma da cultura do milho, para que a distancia maior de uma cultura de rotação mostrasse resultados que não seriam de acordo como o estudo proposto (Figura 22).

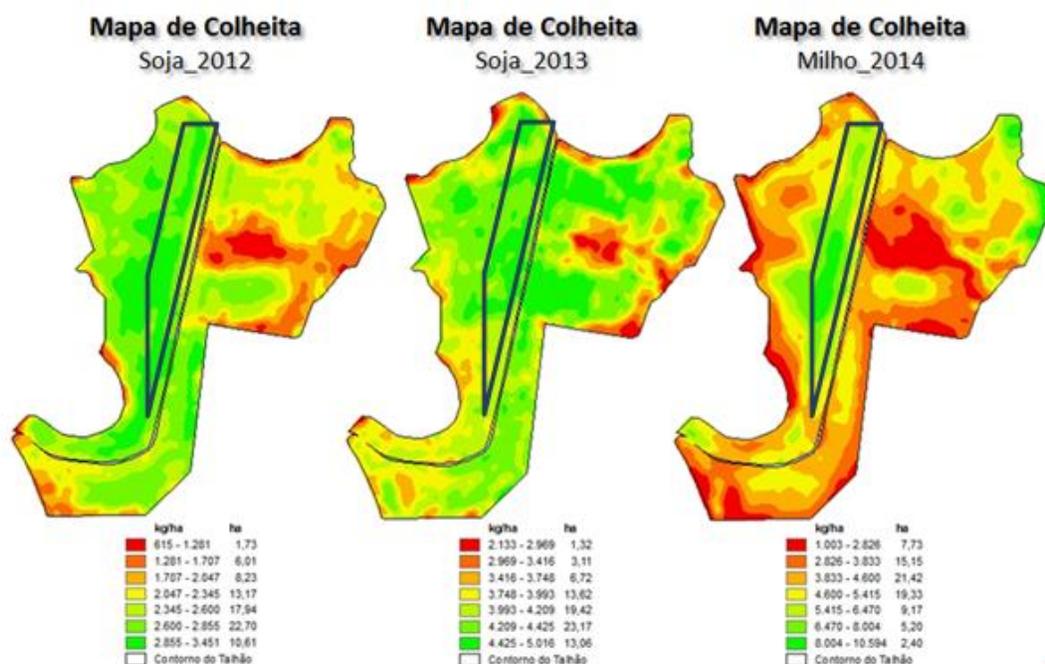


Figura22 – Mapas de rendimentos de três safras de verão.

Fonte: CICLUS, 2013

Ressalta-se o resultado que reportado em uma faixa no talhão tratado que ela fica visível ao longo das safras e permanece com uma intensidade de resultados de produção bem superior ao restante do talhão (Figura23).

Quando se compararam várias safras encontrou-se esta faixa com uma intensidade maior, trazendo uma nova dúvida qual dos produtos, gesso ou Fidagran estão causando este efeito, pois ficava justamente na divisa da aplicação dos dois produtos. Quando analisada a borda do Fidagran que o mapa começa a medir índices de rendimentos de cabeceiras e de borda de talhão, baixando com isto os resultados, que é possível observar tanto no Fidagran como no gesso, pois os dois produtos têm área de cabeceira.

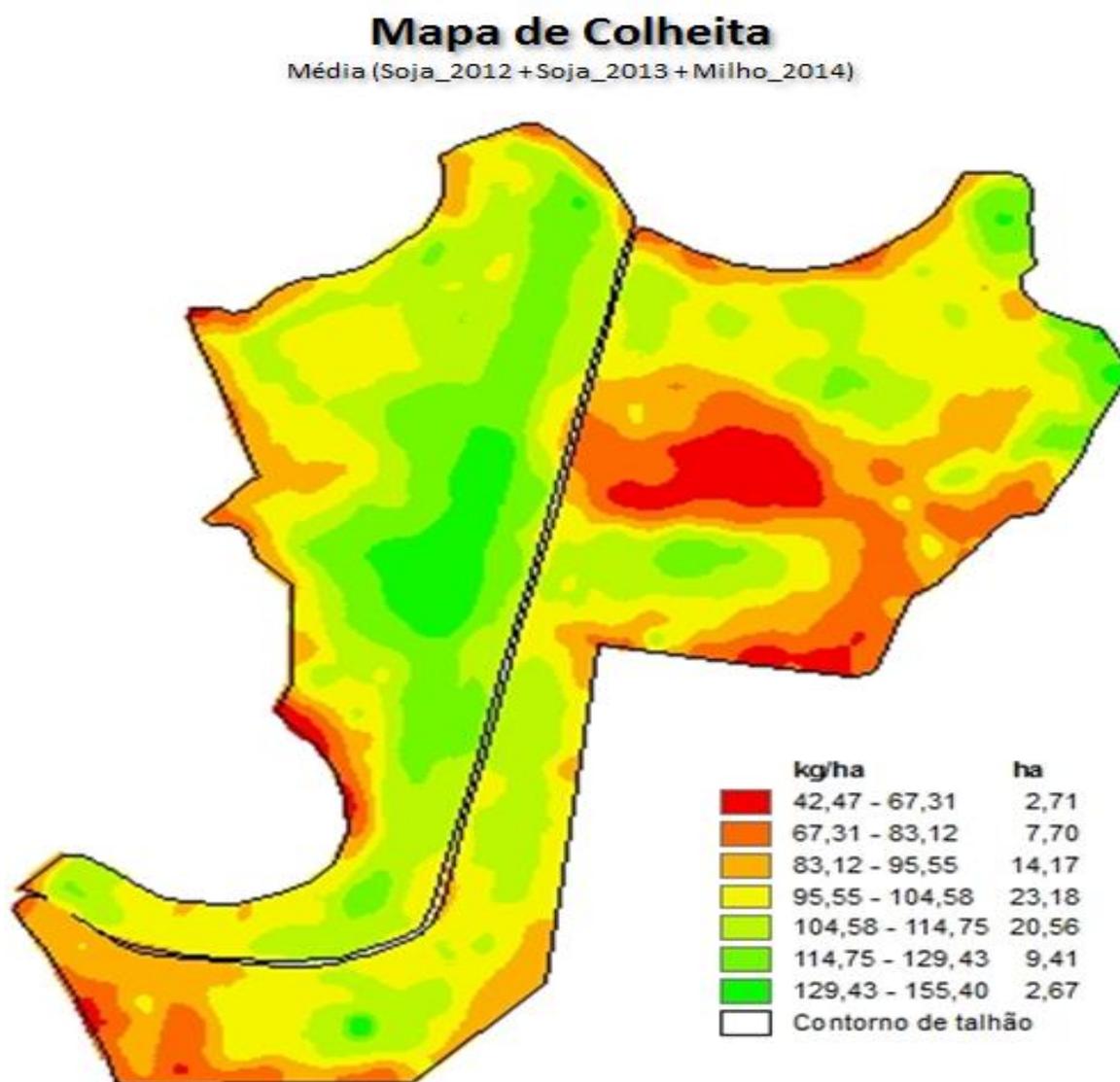


Figura23 – Mapas de colheita sobrepostos.

Fonte: CICLUS, 2013

O resultado do mapa foi possível ser entendido, quando se sobrepõem o mapa de aplicação, mapa de colheita, e o mapa de rastreabilidade da aplicação e se consegue entender o porquê do resultado da faixa maior de rendimento, ou seja, o resultado foi em função da sobreposição do Fidagran com o gesso, nesta faixa foi aplicada a taxa integral de Fidagran e a taxa integral de gesso, pois o operador do distribuidor para Fidagran estava utilizando uma largura útil de trabalho de 24 metros e para gesso de 14 metros, sendo que na divisa dos tratamentos de Fidagran para gesso o operador utilizou uma largura de 14 metros sobrepondo os

dois produtos, aumentando com isto o efeito de condicionador de solo, melhorando o rendimento das culturas em anos com falta de umidade (Figura24).

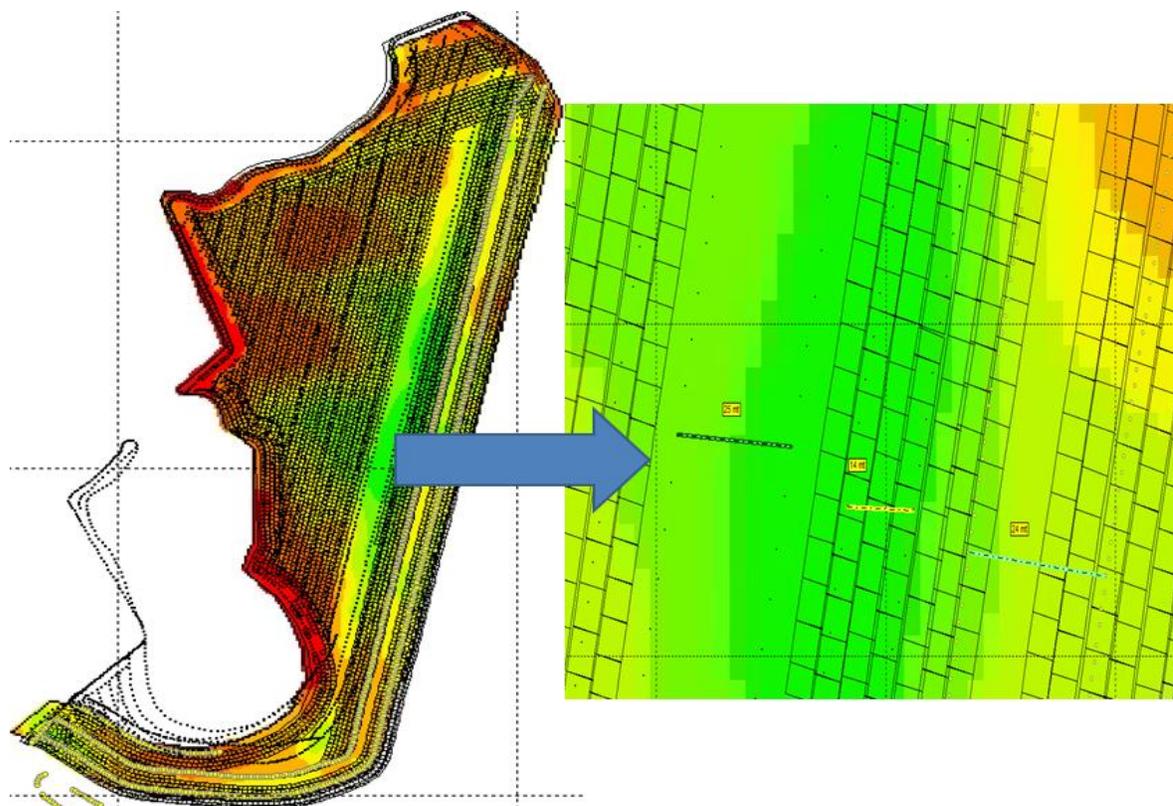
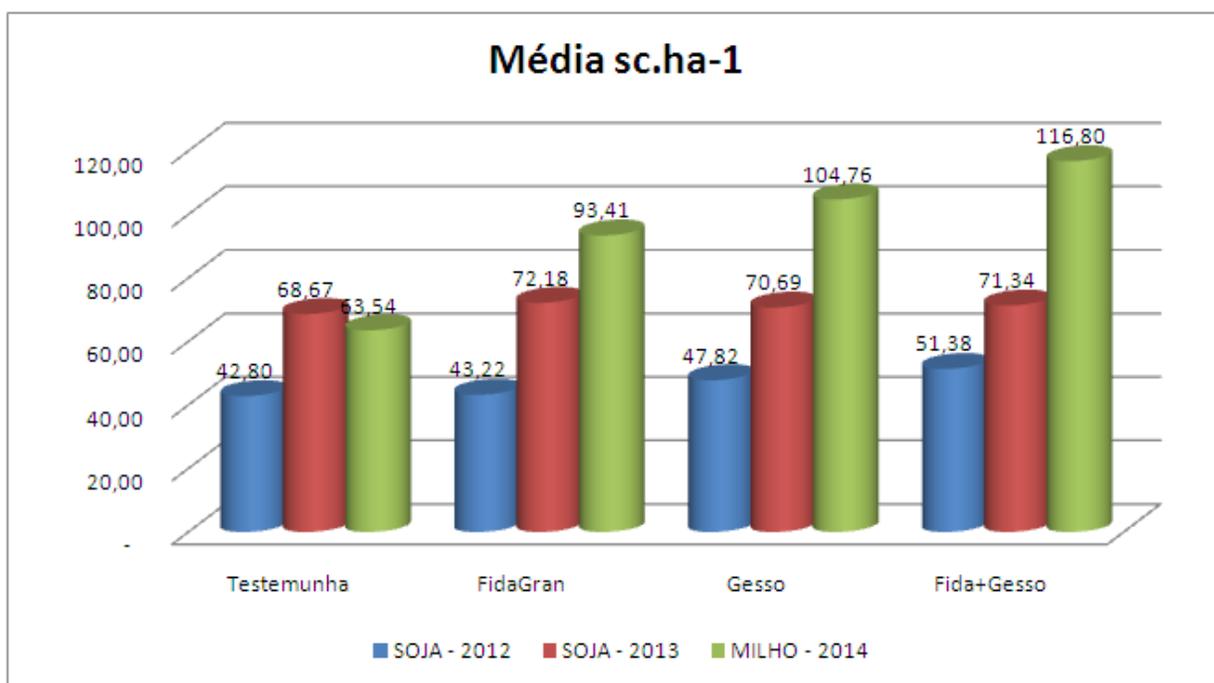


Figura24 – Mapa de sobreposição de rastreabilidade de colheita, aplicação e rendimento.

Fonte: CICLUS, 2013

Quando separamos os pontos de acordo com a localização dos tratamentos, conforme foi a aplicação dos produtos, conseguimos entender e localizar a diferença de cada tratamento com suas produtividades variadas.

Gráfico 01 – Média sc.ha-1 dos três anos de 228 pontos para cada tratamento.



Fonte: Dados do autor, 2015.

Analisando o gráfico (01) na Soja safra 2012 encontramos uma diferença positiva para os três tratamentos sendo que demonstra um menor resultado perante a testemunha para FidaGran com $43,22 \text{ sc.ha}^{-1}$, em seguida vem Gesso com $47,82 \text{ sc.ha}^{-1}$ e com maior rendimento encontramos o resultado de FidaGran + Gesso com um rendimento de $51,38 \text{ sc.ha}^{-1}$, mostrando mesmo na cultura a soja, que seria uma cultura que o rendimento na maioria dos casos não teria rendimento a maior, encontramos diferenças que já ajudam a pagar a conta do investimento. Para esta safra encontramos um problema de clima, ou seja, ocorreu uma pequena redução nos índices pluviométricos e com isto no momento em que adotamos os condicionadores de solo tivemos rendimentos positivos para a receita do produtor (Tabela 06).

Tabela 06 – Análise estatística da safra 2012.

	Soja_2012	FidaGran	Gesso	Fida+Gesso
Média sc.ha ⁻¹	42,80	43,22	47,82	51,38
Média	2567,929825	2593,469298	2869,394737	3082,846491
Erro padrão	26,98983175	13,03602971	11,44222954	7,753545453
Mediana	2690	2546	2842	3087
Modo	2900	2546	2842	3126
Desvio padrão	407,5375223	196,839732	172,7738772	117,0759689
Variância da amostra	166086,8321	38745,88011	29850,81266	13706,7825
Curtose	0,916667493	-1,090410014	-0,400454678	0,269997639
Assimetria	-1,295752818	0,312344501	0,553252393	-0,167022288
Intervalo	1600	721	683	593
Mínimo	1457	2224	2572	2804
Máximo	3057	2945	3255	3397
Soma	585488	591311	654222	702889
Contagem	228	228	228	228
Nível de confiança(95,0%)	53,18263921	25,68709844	22,54656388	15,27812453

Fonte: Dados do autor, 2015.

Quando analisamos a safra Soja 2013 o resultado não foi em uma ordem crescente como o anterior, porém ambos os tratamentos foram superiores a testemunha, trazendo resultado positivo para o produtor. Cabe lembrar que para a safra Soja 2013 o índice pluviométrico para a cultura de verão não foi problema, pois teve ocorrência de chuvas e estas não comprometeram a produtividade, e com isto o resultado foi positivo porém não demonstrou uma linha de tendência como demonstrou a safra Soja 2012 (Tabela 07).

Tabela 07 – Análise estatística da safra 2013.

	Soja_2013	FidaGran	Gesso	Fida+Gesso
Média sc.ha ⁻¹	68,67	72,18	70,69	71,34
Média	4120,166667	4330,899123	4241,298246	4280,127193
Erro padrão	12,64865824	12,07942732	17,53811485	13,10652647
Mediana	4163	4382	4356	4356
Modo	4163	4421	4447	4369
Desvio padrão	190,9905511	182,3953527	264,8197269	197,9042098
Variância da amostra	36477,3906	33268,06467	70129,48775	39166,07626
Curtose	0,766895407	-0,549979244	-0,762481365	-1,152316726
Assimetria	-0,974289627	-0,625151622	-0,791081664	-0,491893492
Intervalo	934	818	973	714
Mínimo	3531	3824	3591	3915
Máximo	4465	4642	4564	4629
Soma	939398	987445	967016	975869
Contagem	228	228	228	228
Nível de confiança(95,0%)	24,92379478	23,80214264	34,55831972	25,82601016

Fonte: Dados do autor, 2015.

Quando analisamos a safra Milho 2014 encontramos um resultado que mostrou o que foi citado por Caires (1999), que para as gramíneas, o resultado esperado seria uma diferença maior, quando trabalhado com condicionador e atrelado a anos com baixo índice pluviométrico, que foi o que aconteceu nesta safra com mais intensidade na cultura do Milho, onde encontramos uma diferença crescente entre os tratamentos, sendo que o tratamento com maior resultado foi o de Fidagran + Gesso que chegou na média de 228 pontos com 116,80 sc.ha⁻¹, contra 63,54 sc.ha⁻¹ para a Testemunha, mostrando um resultado de ganho elevado, sendo que somente para este ano com a diferença de produção entre o dois resultados é suficiente para pagar todos os cultos com o tratamento (Tabela 08).

Tabela 08 – Análise estatística safra 2014.

	Milho_2014	FidaGran	Gesso	Fida+Gesso
Média sc.ha ⁻¹	63,54	93,41	104,76	116,80
Média	3812,578947	5604,776316	6285,412281	7007,811404
Erro padrão	46,20269968	44,43006585	85,42581649	66,48205914
Mediana	4116	5609	5944	6495
Modo	4362	5489	5585	6495
Desvio padrão	697,6454661	670,8792823	1289,901542	1003,857079
Variância da amostra	486709,1964	450079,0114	1663845,988	1007729,035
Curtose	1,827418273	-0,122204706	-1,02719505	-0,927398361
Assimetria	-1,45487884	-0,427925817	0,046155982	0,789534471
Intervalo	3199	2970	6036	3545
Mínimo	1508	4052	3477	5681
Máximo	4707	7022	9513	9226
Soma	869268	1277889	1433074	1597781
Contagem	228	228	228	228
Nível de confiança(95,0%)	91,04100873	87,54808791	168,3289626	131,0008672

Fonte: Dados do autor, 2015.

Quando analisamos na tabela (09) onde se colocaram todos os tratamentos comparados com a testemunha ao longo dos três anos, com o custo de aplicação para cada tratamento, e comparamos ao longo das safras, levando em consideração somente a cultura de verão, pois para os mapas de invernos teve duas frustrações com geada e excesso de chuva, onde o resultado não foi coletado com qualidade e por este motivo não foi apresentado no trabalho. Nesta tabela encontramos para o tratamento FidaGran com 2,44 safras o custo da aplicação do produto seria pago; para Gesso o tempo seria menor, sendo que com 2,0 safra o custo do investimento já estaria pago, e para FidaGran + Gesso, mesmo com o dobro do custo levaria 2,2 safras para pagar o custo do investimento, mesmo tendo o custo dobrado de adoção da tecnologia, o número de safras não altera pela resposta a tecnologia ser maior e com isto mesmo gastando um valor maior o retorno vai ser em um período muito próximo comparado com os outros dois tratamentos.

Como analisamos na tabela (09) em ambos os resultados o custo do investimento pagou a adoção da tecnologia empregada nos tratamentos.

Tabela 09 – Comparativo de Custo de adoção de tecnologia, com o seu resultado financeiro.

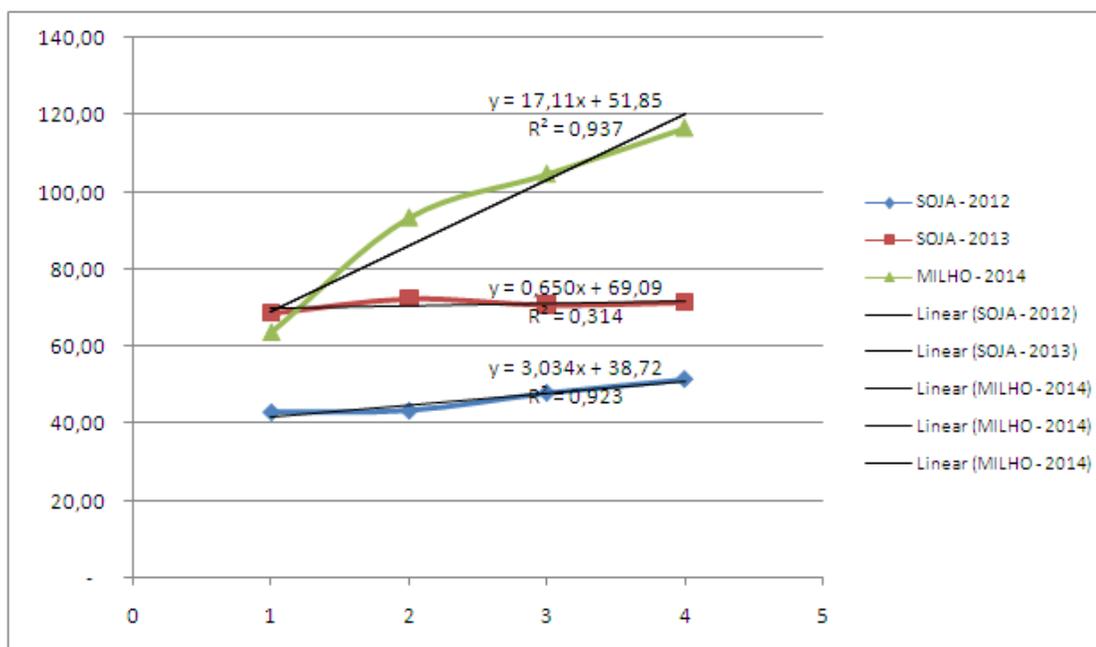
	<i>Testemunha</i>	<i>FidaGran</i>	<i>Diferença</i>	<i>Preço Produto</i>	<i>Receita</i>
SOJA - 2012	42,80	43,22	0,43	65,00	27,66776
SOJA - 2013	68,67	72,18	3,51	65,00	228,2935
MILHO - 2014	63,54	93,41	29,87	25,00	746,7489
				Receita Total	1.002,71
				Custo Total	410,67
				Resultado	592,04
	<i>Testemunha</i>	<i>Fida+Gesso</i>	<i>Diferença</i>	<i>Preço Produto</i>	<i>Receita</i>
SOJA - 2012	42,80	51,38	8,58	65,00	557,8264
SOJA - 2013	68,67	71,34	2,67	65,00	173,2906
MILHO - 2014	63,54	116,80	53,25	25,00	1331,347
				Receita Total	2062,464
				Custo Total	829,39
				Resultado	1.233,07
	<i>Testemunha</i>	<i>Gesso</i>	<i>Diferença</i>	<i>Preço Produto</i>	<i>Receita</i>
SOJA - 2012	42,80	47,82	5,02	65,00	326,587
SOJA - 2013	68,67	70,69	2,02	65,00	131,2259
MILHO - 2014	63,54	104,76	41,21	25,00	1030,347
				Receita Total	1488,16
				Custo Total	418,72
				Resultado	1.069,44

Fonte: Dados do autor, 2015.

Com estes resultados comprova-se a resposta de uso de condicionador de solo quando a cultura passar por um período de falta de umidade, que venha comprometer o rendimento desta, comparado com uma condição de normalidade de intensidade de chuva.

Analisou-se, também, a linha de tendência para ambos os tratamentos e conseguimos um resultado de confiabilidade, para ambas as safras que encontramos menor índice pluviométrico durante a cultura de verão (Gráfico 02).

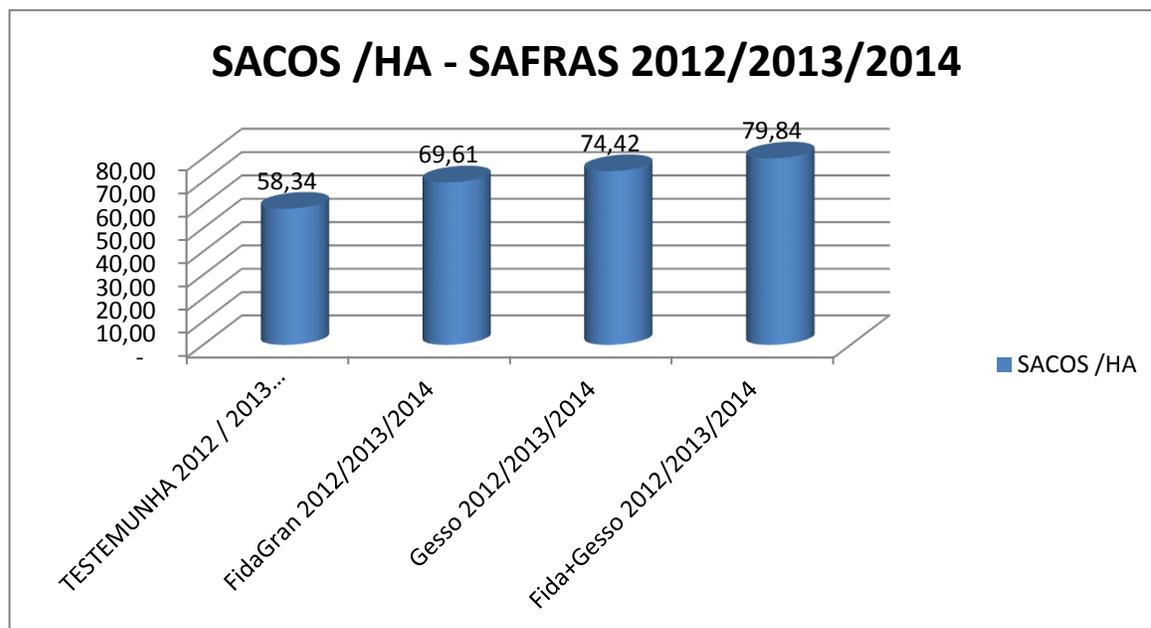
Gráfico 02 – Linha de tendência para os tratamentos ao longo das safras.



Fonte: Dados do autor, 2015.

Quando analisamos a somatória das três safras com os seus resultados conseguimos entender melhor as diferenças de rendimentos que se obteve durante as safras, mesmo alterando a cultura, pois ambas as culturas apresentaram resultados semelhantes com os seus tratamentos, porém na cultura do milho um incremento maior do que na cultura da soja, sendo que este resultado já seria esperado conforme trabalhos já relatados anteriormente.

Gráfico 03 – Soma do resultado das safras 2012/2013/2014.



Fonte: Dados do autor, 2015.

CONCLUSÕES

O uso de condicionadores buscando uma melhoria do perfil dos nossos solos mostrou um incremento de produtividade, quando em anos com regime de chuvas abaixo da média.

Com o presente trabalho conseguimos identificar produtividades variadas dentro de um único talhão, mostrando que se consegue com a tecnologia de AP coletar resultados com maior facilidade, quando comparado com parcelas identificadas dentro do talhão, onde se tem que colher separado, pesar separado, para que se consiga coletar resultados de um determinado trabalho. Já, quando se trabalha com ferramentas de AP consegue-se coletar, em momento instantâneo, o resultado de um tratamento, identificando se há diferença ou não do tratamento tradicional, feito dentro da propriedade. Com esta ferramenta consegue-se facilitar a coleta de resultados e, também, aumentar o tamanho do trabalho sem aumentar a dificuldade de coleta da informação.

Conseguiu-se, também, identificar produtividades diferentes, quando da utilização de condicionadores de solo, principalmente na cultura do Milho, pois esta diferença de produtividade, comparado com a testemunha, pagava em um único ano o custo da utilização do condicionador. Identificou-se, ainda, que em anos com dificuldades de precipitações dentro da cultura de verão encontram-se diferenças maiores de rendimento, do que quando analisado em um ano com uma condição normal de precipitação.

Perceberam-se diferenças entre os condicionadores, pois quando comparado Fidagran com Gesso encontrou-se em ambos os anos que teve diminuição da precipitação, o Gesso teve ganho comparado com o Fidagran, mostrando que a dose do Fidagran deve ser ajustada, pois não se pode afirmar que a dose do fator utilizado para Fidagran corresponde ao mesmo resultado, quando comparado como o fator de calibração para Gesso. Porém concorda-se que em ambos os produtos podem ser utilizados como condicionadores de solo, pois ambos tiveram resultados superiores a do resultado da testemunha.

Ficou evidente, também, que quando utilizado combinado ambos os condicionadores, comparados com a soma dos resultados para Fidagran mais Gesso são superiores do que quando da utilização dos produtos combinados, sendo assim a utilização de cada produto em separado o resultado será inferior.

Entende-se que quando utilizada a diferença de Fidagran contra a testemunha e multiplicado por dois o resultado é superior ao ganho do Gesso isolado, desta forma o produto Fidagran tem uma diferença entre o produto Gesso e esta diferença está na formulação deste produto, sendo assim necessita-se de mais informação para conseguir concluir da dose de Fidagran comparado com a dose de Gesso.

Como considerações finais pode-se dizer que se conseguiu entender e utilizar as ferramentas de agricultura de precisão para validade e melhor compreensão das recomendações que já estão sendo feitas e para validade de novos entendimentos, quando se pode utilizar um mapa de fertilidade, mais um mapa de rendimento com as suas rastreabilidade, para mostrar que, muitas vezes, que mesmo quando se erra pode-se conhecer algo novo que possa trazer benefícios.

Quando se analisa o trabalho ao longo dos anos sabendo que a região de implantação do trabalho tem uma tendência, em média, de cinco anos de safra de verão encontram-se dois anos com chuvas abaixo da média, portanto a viabilidade econômica da recomendação de condicionador de solo deveria ser regra para produtores que esperam nas áreas de alta fertilidade altas produtividades a utilização.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A. et al. Propriedades físicas e eletroquímicas de um Latossolo Bruno afetadas pela calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 24, p. 295-300, 2000.

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. ed. São Paulo: ANDA, 1998. 35p. (Boletim Técnico, 3).

ALCARDE, J. A. & RODELLA, A. A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S. & ALVARES V. V. H., (Ed.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 2003. p.291-334.

ALCORDO, I. S.; RECHCIGL, J. E. **Phosphogypsum in agriculture: a review**. Advances in Agronomy, v. 118, p. 49-55, 1993.

AMARAL, A. S. & ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, 36:695-702, 2001.

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.

BARROS, M. de F. C.; Fontes, M. P. F.; Alvarez, V. H.; Ruiz, H. A. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 59-64, 2004.

BARROS, M. de F. C.; MAGALHÃES, A. F. Avaliações de métodos de determinação da necessidade de gesso em solos salino-sódicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 119-123, 1989.

BUTIERRES, M. F. M. **Efeito do calcário e fosfato de potássio no ponto zero de carga (PCZ) e grau de flocculação em três solos do Rio Grande do Sul**. 1980. 259 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, cap. 5, p. 232-245. 1980.

CAMBARDELLA, C.; MOORMAN, T.; NOVAK, J.; PARKIN, T.; KARLEN, D.; TURCO, R.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science America Society**, Baltimore, 58 out, p. 1501-1511, 1994.

COLEMAN, N. T. & THOMAS, G. W. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R. W. & ADAMS, F., (Ed.) **Soil acidity and liming**. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p.1-41.

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L. T. & CANTARELLA, H., (Eds.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p. 147-19.

CHIEN, Y. J.; LEE, D. Y.; GUO, H. Y.; HOUNG, K. H. Geostatistical analysis of soil properties of mid-west Taiwan soils, **Soil Science**, Baltimore, v. 162, p. 291-298, 1997.

CAMARGO, A. P.; RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; ROCHA, T. R.; NAGAI, V. & MASCARENHAS, H. A. A. Efeito da calagem nas produções de cinco cultivos de milho, seguidos de algodão e soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, 17:1007-1012, 1982

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.

CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M.. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 125-136, 2004.

CAIRES, E. F., BARTH, G., GARBUIO, F. J., CHURKA, S. Soil acidity, liming and soybean performance under no-till. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 532-540, 2009.

CAIRES, E. F., JORIS, H. A. W., CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, v. 27, p. 45-53, 2011.

CARVALHO, M. C. S. & RAIJ, B. van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant Soil**, 192:37-48, 1997.

CASTRO FILHO, C., MUZILLI, O., PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o conteúdo de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 527-538, 1998.

COMUNICADO TÉCNICO MAIO 1992, Luiz Eduardo Dias. Ministério da Agricultura.

CUNHA, G. R. **Informações meteorológicas de Passo Fundo, RS**. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/publicacoes/p_co.htm. Acesso em: novembro 2014.

DIAS, L. E. **Uso de gesso como insumo agrícola**. Seropédica, Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Biologia -CNPBS, 1992. 6p. (Comunicado Técnico 7)

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de método de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ERNANI, P. R.; NASCIMENTO, J. A. L. & OLIVEIRA, L. C. Increase of grain and green matter of corn by liming. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:275-280, 1998.

ELSON, J.; LUTZ, J. F. Factors affecting aggregation of cecil soil and effect of aggregation on run-off and erosion. **Soil Sci.** n. 50, p. 265-275, 1940.

EMBRAPA. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistema de produção, 1. ISSN – 1679-012X. Versão electrónica. 6. ed. Set/2010.

FARINA, M. P. W., CHANNON, P., THIBAUD, G. R. A comparison of strategies for ameliorating subsoil acidity: I. Longterm growth effects. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, p. 646-651, 2000.

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.

GOODROAD, L. L. & JELLUM, M. D. Effect of N fertilizer rate and soil pH on N efficiency in corn. **Plant Soil**, 106:85-89, 1988

GONZALES-ERICO, E.; KAMPRATH, E. J.; NADERMANN, G. C. & SOARES, W. V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an Oxisol of Central Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 43:1155-1158, 1979.

INSTITUTO Agrônômico do Paraná, Londrina, PR. Amostragem de solo para análise química: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras. Londrina, 1996. 28p. ilustr. (IAPAR. Circular, 90)

KAMINSKI, J. Acidez do solo e a fisiologia das plantas. In: KAMINSKI, J.; VOLKWEISS, J. & BECKER, F. C. SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 2., Santa Maria, 1989. **Seminário...** Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1989. p.39-61.

KRIGE, D. G., A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand, **Journal of the chemical, Metallurgical and mining Society of South Africa N.** 52: 119 – 139.

LOPES, A. S. Manual de fertilidade do solo. São Paulo. ANDA/POTAFÓS, 1989. 153 P.

MATHERON, G. **Principles of geostatistics**. Economic Geology, Lancaster, v. 58, n. 8, p. 1246-1266, 1963.

Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. - Porto Alegre, 2004.

MELO, R. M.; BARROS, M. F. C.; SANTOS, P. M.; ROLIM, M. M. Correção de solos salino-sódicos pela aplicação de gesso mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 376-380, 2008.

MOLIN, J. P. Engenheiro Agrícola, PhD, professor no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Gueiroz" (ESALG/USP). E-mail: jpmolin@ciagri.usp.Br; CAMPO ABERTO 15. 2004.

MARSH, B.H. & GROVE, J.H. Surface and subsurface soil acidity: Soybean root response to sulfate-bearing spent lime. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 56:1837-1842, 1992

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, M. F. C. **Utilização do gesso na agricultura**. Curso de gestão ambiental e otimização da exploração e utilização do gesso na região do Araripe - PE. Recife: UFRPE, 2003, 22p.

OATES, K. M. & CALDWELL, A. G. Use of by-product gypsum to alleviate soil acidity. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 49:915-918, 1985

OLIVEIRA, E. L. & PAVAN, M. A. Controlo f soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil Till. Res.**, Amsterdam, 38:47-57, 1996.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T. & PRATT, P. F. Toxicity of aluminum to coffee in Ultisols and Oxisols amended with CaCO_3 and CaSO_4 . **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 46:1201-1207, 1982.

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.

PAOLINELLI, M. T. et al. Aplicação direta de fosfogesso. In: **Anais do I Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura**. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986.

PEELE, T. C.; BEALE, O. W.; LATHAM, E. E. Effect of lime and organic matter on the erodibility of cecilclay. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, n. 3, p. 289-295, 1938.

PÖTTKER, D. & BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema de plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:675-684, 1998.

RAMOS, L. A.; KORNDORFER, G. H.; Pereira, H. S.; Camargo, M. S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 849-857, 2006.

RITCHEY, K. D.; SILVA, S. E. & COSTA, V. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. **Soil Sci.**, 133:378-382, 1982.

RAIJ, B. van; CAMARGO, A. P.; CANTARELLA, H. & SILVA, N. M. **Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem**. *Bragantia*, 42:149-156, 1983.

RAIJ, B. van; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A. & PETTINELLI JR., A. Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:101-108, 1998

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. 1. ed. Fundação Cargill: Campinas, 1987. 170p.

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

RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: Anda, 1988.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J. & XAVIER, F. M. Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso. **Ci. Rural**, 30:263-268, 2000.

RITCHEY, K. D.; SILVA, S. E. & COSTA, V. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. **Soil Sci.**, 133:378-382, 1982

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. & ALVAREZ, V. V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG, CFSEMG/UFV, 1999. 359p.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1954, 160p. Handbook 60.

ROSA JUNIOR., E. J. **Efeito de sistema de manejo e tempo de uso sobre características físicas e químicas de dois solos no município de Ponta Porã**. 1984. 89 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.

SÁ, J. C. M. **Manejo da Fertilidade do solo no plantio direto**. Castro, Fundação ABC, 1993. 94p.

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. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 323-330, 2006.

SALET, R. L. **Toxidez de alumínio no sistema plantio direto**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 117p. (Tese de Doutorado)

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**. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1199-1207, 2008.

SOUSA, D. M. G. & LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

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.

SUMNER, M. E.; SHAHANDEH, H.; BOUTON, J. & HAMMEL, J. Amelioration of an acid soil prolife through deep liming an surface application of gypsum. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:1254-1278, 1986.

SUMNER, M. E. **Procedures used for diagnosis and correction of soil acidity: A critical review**. In: MONIZ, A. C.; FURLANI, A. M. C. & SCHAFERT, R. E. *Plant-Soil Interactions at low pH: Sustainable agriculture and forestry production*. Campinas, Brazilian Soil Science Society, 1997. p. 195-204.

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.

Schoonover, W. R. **Examination of soils for alkali**. Berkeley: University of California. Extension Service, 1952. Mimeographed.

TAYLOR, J. C.; WOOD, G. A.; EARL, R.; GODWIN, R. J. Soil Factors and their Influence on Within-field Crop Variability, Part II: Spatial Analysis and Determination of Management Zones. *Bios. Eng.*, 84: 441-453, 2003. VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A. P. & SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos de ensaio de calagem. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 6:33-37, 1982.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Calagem e uso do gesso agrícola em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DE PASTAGENS. 3., 1997, Jaboticabal-SP, **Anais....** Jaboticabal: FCAV/ Unesp, 1997. p. 63-111.

VITTI, G. C. Uso eficiente do gesso agrícola na agropecuária. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2000. 30p.

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, p. 104, 2008.

WEINDORF, D.; ZHU, Y. **Spatial Variability of Soil Properties at Capulin Volcano**. New Mexico, USA: Implications for Sampling Strategy. *Pedosphere*, Baton Rouge, v. 20, n. 2, p. 185-197, 2010.

WEBSTER, R. **Quantitative spatial analysis of soil in the field**. In: B. A. Steward (editor), **Advances in Soil Science**, 1985, v. 3, Springer – Verlang, New York, 1-70.

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. **Ciência Rural**, v. 37, p. 110-117, 2007.