

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE INSUMOS A TAXA VARIÁVEL NA
CORREÇÃO DO SOLO E UNIFORMIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE
DA CULTURA DA SOJA ATRAVÉS DE MAPAS DE AGRICULTURA
DE PRECISÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Olavo Gabriel Rossato Santi

**Santa Maria, RS, Brasil
2013**

**EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE INSUMOS A TAXA VARIÁVEL NA
CORREÇÃO DO SOLO E UNIFORMIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE
DA CULTURA DA SOJA ATRAVÉS DE MAPAS DE AGRICULTURA
DE PRECISÃO**

Olavo Gabriel Rossato Santi

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Em
Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola,
da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Professor Dr. Reges Durigon

**Santa Maria, RS, Brasil
2013**

Rossato Santi, Olavo Gabriel
Eficiência de Aplicação de insumos a Taxa Variável na Correção do Solo e Uniformização da Produtividade da Cultura da Soja Através de Mapas de Agricultura de Precisão / por Olavo Gabriel Rossato Santi. – 2013.

77 p. ; 30 cm

Orientador: Reges Durigon
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2013

I. Agricultura de precisão II. Correção de Solo III. Taxa Variável IV. Manejo Localizado. I. Durigon, Reges II. Título.

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

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a *Olavo Gabriel Rossato Santi*. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Avenida José Aloísio Filho, n 411, Humaitá, Ap 507, Porto Alegre, RS. CEP 90250-180

E-mail: olavosanti@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

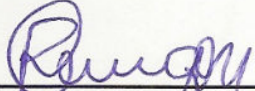
**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a dissertação de mestrado**

**EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO DE INSUMOS A TAXA VARIÁVEL NA
CORREÇÃO DO SOLO E UNIFORMIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE
DA CULTURA DA SOJA ATRAVÉS DE MAPAS DE AGRICULTURA
DE PRECISÃO**

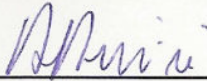
elaborada por
Olavo Gabriel Rossato Santi

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola


COMISSÃO EXAMINADORA:



Reges Durigon, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Alexandre Russini, Dr. (UNIPAMPA)
(membro)



Valmir Werner, Dr. (UFSM)
(membro)

Santa Maria, 30 agosto de 2013

DEDICATÓRIA

A essas duas pessoas maravilhosas que são meus pais,
Olavo e Maria pelo dom da vida, por todos os ensinamentos e oportunidades
que me proporcionaram durante esse tempo.

Às minhas queridas irmãs Giovana e Juliana
que sempre me deram força e motivos para não desistir...

À Juliana Zanetti por estar ao meu lado sempre...
Te amo meu amor...

E por fim à "família" chácara 55 de Camobi:
Juliano, Daniel, Matheus, Manoel e Bolívia...

A todos, meu muito obrigado!

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Olavo e Maria Santi, as minhas irmãs, Giovana que me orientou na escolha do curso de agronomia, e a Juliana que mesmo estando a alguns quilômetros de distância, sempre me deu força para seguir em frente. Obrigado de coração pelo esforço e incentivo nesses anos de estudo.

À minha namorada, Juliana Maria Zanetti, pelo amor, carinho e ternura, companheira de todas as situações, inclusive a dissertação.

À Universidade Federal de Santa Maria e a todos os “mestres” Professor Telmo Amado e Dalvan Reinert do Departamento de Solos, Reimar Carlesso da Engenharia Agrícola e por fim o Professor Sylvio Bidel que tenho um carinho especial. Durante os cinco anos de curso ensinaram-me os valores de ser um Engenheiro Agrônomo.

Ao professor Dr. Reges Durigon pela orientação, pela amizade (desde os tempos de torneio Don Érico Ferrari na Linha Base), pelo incentivo e confiança.

A Sementes Bee, principalmente ao José Carlos “Carlito”, pela disponibilidade de tempo, atenção, e auxílio na execução do trabalho de campo durante o período de estudos e pela oportunidade do trabalho ser executado na sua propriedade.

Aos colegas e ex-colegas do NEMA, Leonardo Brondani, Dirceu Nöller, Gustavo Nietiedt, Marcelo Farias, Rodrigo Ribas, Daniel Uhry e Deiverson Ceconi.

Ao Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola da UFSM.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela disponibilidade de recursos durante os dois anos de estudos.

À empresa DRAKKAR AGRICULTURA DE PRECISÃO, por me oportunizar a realização do mestrado em um cliente e parceiro da empresa, e após o término me acolher novamente nesta longa caminhada que realizamos juntos.

Aos colegas de DRAKKAR, Marcelo Busato, Vinícius Hilbig e Jonas Lorençon pelo auxílio incondicional no desenvolvimento da dissertação.

A minha família da CEU II e da Chácara 55, Juliano Martins, Daniel Uhry, Rodrigo Alff, Davi Vieira, Marcos Piuco, Matheus Zancan, Manoel Moura e o Roberto Miranda pela parceria e todos os anos de convívio.

A Deus, pelo dom da vida, sem ele nada seria possível, enfim, a todos que contribuíram para mais esta etapa da minha vida, AGRADEÇO de coração.

“Mas se não houver campo aberto
Lá em cima quando eu me for
Um galpão acolhedor
De santa fé bem coberto
Um pingo pastando perto
Só de pensar me comovo
Eu juro pelo meu povo
Nem todo o céu me segura
Retorno a velha planura
Pra ser gaúcho de novo”

Jayme Caetano Braun

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

EFICIÊNCIA DA APLICAÇÃO DE INSUMOS A TAXA VARIÁVEL NA CORREÇÃO DO SOLO E UNIFORMIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA ATRAVÉS DE MAPAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO

AUTOR: OLAVO GABRIEL ROSSATO SANTI
ORIENTADOR: REGES DURIGON
Santa Maria, 30 de Agosto de 2013

A utilização da ferramenta e técnicas de agricultura de precisão pelos agricultores não é mais novidade no campo, pois seu emprego aumenta a cada ano. Entre elas vêm se destacando a amostragem de solo com o auxílio do GPS, e mapas de produtividade como ferramentas para identificar variabilidade de solo e produção. Com o objetivo de verificar a eficiência da utilização da taxa variável de insumos na melhoria da fertilidade do solo e reflexos em produtividade. A pesquisa foi desenvolvida no município de Coxilha, Rio Grande do Sul, em uma lavoura com plantio direto consolidado há mais de 15 anos. O solo é um Latossolo vermelho distrófico típico. O clima é subtropical úmido Cfa, segundo a classificação de Köppen. Inicialmente, no ano de 2011, foram vetorizados, com GPS de navegação, 51,05 hectares e geradas 35 amostras compostas de solo, em uma malha amostral de 1,5 hectares, para avaliar a variabilidade química do solo. Foi utilizando o *software* CR Campeiro 7 para gerar os mapas de atributos químicos. Sendo repetido o mesmo procedimento em 2012 para verificar os efeitos das correções de solo. Os mapas de produtividade foram obtidos nas safras de soja de 2005, 2008, 2011, 2012 e 2013 e foram gerados com o auxílio do *software* SMS Ag Leader. Após foram feitas as correlações entre fertilidade e produtividade para os anos de 2011, 2012 e 2013. Os resultados mostraram que a utilização de amostragem de solo em malha foi eficiente para identificar a variabilidade existente nos atributos de fertilidade do solo bem como os efeitos das intervenções em taxa variável. Para os mapas de produtividade, não se verificou diminuição da variabilidade de colheita após as correções em taxa variável de nutrientes. Foi possível definir regiões com produtividade consistente com o uso da técnica de sobreposição de vários mapas de produtividade. O nutriente que mais evoluiu, após as correções de solo, foi o fósforo e o mesmo teve a maior correlação com a produtividade para os anos de 2012 e 2013.

Palavras - chave: correção de solo, manejo localizado, taxa variável

ABSTRACT

Master of Science Dissertation
Graduate Program in Agricultural Engineering
Federal University of Santa Maria

EFFICIENCY OF THE VARIABLE FERTILIZERS RATE APPLICATION IN THE SOIL CORRECTION AND YELD STANDARDISATION OF SOYBEAN CROP THROUGH PRECISION FARMING MAPS

AUTHOR: OLAVO GABRIEL ROSSATO SANTI

ADVISER: REGES DURIGON

Santa Maria, August 30, 2013

The use of tools and techniques of precision agriculture by farmers is not a new in the field, because their uses are increasing year after year. Among them have been highlighted soil samples using the handheld GPS and yield maps as tools for identifying soil variability and production. In order to verify the efficiency of the variable fertilizers rates in improving of the soil fertility and productivity reflexes. The research was conducted in the Coxilha city, in the Rio Grande do Sul State, in a crop with no tillage system consolidated for over 15 years. The soil is a dystrophic Red Hapludox. The climate is humid subtropical Cfa, in according to the Köppen classification. Initially, in 2011, were vectorized with GPS navigation, 51.05 hectares and generated 35 compounded samples of soil, on a sampling grid of 1.5 hectares, to evaluate the chemical variability of the soil. Was used the software Campeiro CR 7 to generate the maps of chemical attributes. The same procedure was repeated in 2012 to verify the effects of soil corrections. The yield maps were obtained in soybean seasons of 2005, 2008, 2011, 2012 and 2013, and were generated with the help of the Ag Leader SMS software. After, correlations were made between fertility and productivity for the years 2011, 2012 and 2013. The results showed that the use of the soil sampling loop was effective for identify the variability in the soil fertility attributes and the effects of interventions in the variable rate. To the yield maps, it was verified no decreases in the variability of harvest after the nutrients variable rate corrections. It was possible to define regions with consistent productivity using the superposition of several yeld maps technique. The nutrient that most evolved, after the soil corrections, was the phosphorus and the same had the highest correlation with yield for the years 2012 and 2013.

Keywords: soil correction; localized management; variable rate

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística descritiva com os valores mínimos, máximos, média, mediana, desvio padrão, e coeficiente de variação dos atributos de solo para o ano de 2011 em Coxilha – RS	33
Tabela 2 - Estatística descritiva com os valores mínimos, máximos, média, mediana, desvio padrão, e coeficiente de variação dos atributos de solo para o ano de 2012 em Coxilha – RS.	33
Tabela 3 - Limites inferior e superior dos percentuais de argila e matéria orgânica, concentrações de cálcio e magnésio, e limites do pH segundo a classificação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo para RS/SC (2004), no ano de 2011 em Coxilha – RS.	34
Tabela 4 - Limites inferior e superior dos percentuais de argila e matéria orgânica, concentrações de cálcio e magnésio, e limites do pH segundo a classificação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo para RS/SC (2004), no ano de 2012 em Coxilha – RS	34
Tabela 5 - Comparativo entre os valores de fósforo entre os anos de 2011 e 2012.	36
Tabela 6 - Evolução dos valores de fósforo entre os anos de 2011 e 2012.....	36
Tabela 7 - Comparativo entre os valores de potássio entre os anos de 2011 e 2012.	39
Tabela 8 - Evolução dos valores de potássio entre os anos de 2011 e 2012.	40
Tabela 9 - Comparativo entre os valores de saturação por bases entre os anos de 2011 e 2012.	41
Tabela 10 - Evolução dos valores de saturação por bases entre os anos de 2011 e 2012.	42
Tabela 11 - Correlação entre produtividade e fertilidade para o ano de 2011 em Coxilha – RS.	65
Tabela 12 - Correlação entre produtividade e fertilidade para o ano de 2012 em Coxilha - RS	68
Tabela 13 - Correlação entre produtividade de 2013 e fertilidade de 2012 em Coxilha – RS.	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do município de Coxilha/RS e da área experimental.	23
Figura 2 - Vetorização e localização dos pontos amostrais na área experimental.	24
Figura 3 - Esquema da metodologia de amostragem do solo com localização do ponto central e das sub-amostras coletadas.	25
Figura 4 - Imagem da localização dos pontos de amostragens de solo e do esquema de sub-amostragem realizada no campo.	25
Figura 5 - Amostrador de solo e sub-amostra de solo.	26
Figura 6 - Amostras de solo embaladas, identificadas e prontas para envio ao laboratório.	26
Figura 7 - Vista do distribuidor centrífugo Twister durante operação no campo.	28
Figura 8 - Distribuidor centrífugo marca Stara, modelo Hercules 24000C utilizado na aplicação do calcário.	29
Figura 9 - Mapa de prescrição de fósforo utilizado em 2011 para corrigir os teores a 12 mg/md^{-3}	35
Figura 10 - Mapa de teores de fósforo para o ano de 2011 no município de Coxilha – RS.	37
Figura 11 - Mapa de teores de fósforo para o ano de 2012 no município de Coxilha – RS.	37
Figura 12 - Mapa de prescrição de potássio utilizado em 2011 para corrigir os teores a 180 mg/md^{-3}	38
Figura 13 - Teores de potássio para o ano de 2011 no município de Coxilha – RS.	40
Figura 14 - Teores de potássio para o ano de 2012 no município de Coxilha – RS.	41
Figura 15 - Mapa de prescrição de calcário utilizado em 2011 para corrigir os teores de saturação por bases a 80%.	42
Figura 16 - Teores de saturação por bases para o ano de 2011 no município de Coxilha – RS.	43
Figura 17 - Teores de saturação por bases para o ano de 2012 no município de Coxilha – RS.	43
Figura 18 - Grade com células de 15x15 metros utilizada para fazer o cálculo da média pontual da produtividade de grãos de soja em Coxilha – RS.	56
Figura 19 - Imagem da área experimental no ano de 2004 em Coxilha/RS.	57

Figura 20 - Espacialização horizontal dos pontos de colheita após a filtragem dos dados das culturas do soja para as safras 2004/05, 2007/08, 2010/11, 2011/12 e 2012/13 em Coxilha - RS.	58
Figura 21 - Variabilidade horizontal da produtividade da cultura da soja em cinco safras em relação à média da lavoura em Coxilha – RS.....	60
Figura 22 - Precipitação (mm) registrada de janeiro de 2011 a junho de 2013 em Coxilha – RS.	61
Figura 23 - Mapas de teores de fósforo para os anos de 2011 (A) e 2012 (B) no município de Coxilha – RS.	62
Figura 24 - Verticalização da produtividade da cultura da soja em cinco safras em relação à média da lavoura em Coxilha – RS.	64
Figura 25 - Gráfico da correlação entre produtividade e fertilidade para o ano de 2011 em Coxilha – RS.	66
Figura 26 - Gráfico da correlação entre produtividade e fertilidade para o ano de 2012 em Coxilha – RS.	68
Figura 27 - Gráfico da correlação entre produtividade de 2013 e fertilidade do ano de 2012 em Coxilha – RS.	69
Figura 28 - Variabilidade horizontal temporal e verticalização da produtividade em relação a média da lavoura segundo metodologia proposta por Molin (2002) considerando a sobreposição de cinco mapas em Coxilha - RS.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS

- AP– Agricultura de precisão
- CTC – Capacidade de troca de cátions
- CV – Coeficiente de variação
- DP – Desvio padrão
- GPS – *Global Positioning System* (Sistema de posicionamento global)
- $K_2Cr_2O_7$ – Dicromato de potássio
- K_2O – Cloreto de potássio
- LCD – *Liquid Crystal Display* (Display de cristal líquido)
- LED – *Light Emitting Diode* (Diodo emissor de luz)
- MAP – Fosfato monoamônico
- Micro SD – Cartão de memória
- MO – Matéria orgânica
- NPK – Nitrogênio Fósforo Potássio (Adubo Formulado)
- P – Fósforo
- PCMCIA – *Personal Computer Memory Card International Association*
- ROLAS – Rede Oficial de Laboratórios de Análises do Solo
- S – Enxofre
- SA – Saturação por alumínio
- SB – Saturação por bases

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	14
CAPÍTULO 1: COMPORTAMENTO DOS NÍVEIS DE FERTILIDADE DO SOLO APÓS CORREÇÃO A TAXA VARIÁVEL DE CALCÁRIO, FÓSFORO E POTÁSSIO.	17
1.1 INTRODUÇÃO	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.3 MATERIAL E MÉTODOS	22
1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
1.5 CONCLUSÕES	45
1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
CAPÍTULO 2: VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA SOJA APÓS APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES EM TAXA VARIÁVEL.	50
2.1 INTRODUÇÃO	50
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	53
2.3 MATERIAL E MÉTODOS	53
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
3.5 CONCLUSÕES	72
2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	75

INTRODUÇÃO GERAL

Com o atual cenário da agricultura, o produtor rural está cada vez mais determinado a procurar alternativas que visem à otimização do uso dos recursos de produção, com o objetivo de reduzir custos e melhorar os resultados. O aumento dos custos de produção na atividade agrícola aliado a flutuações naturais do mercado de produtos agrícolas, e mais recentemente, a pressões exercidas por órgãos ambientais e pela sociedade de uma maneira geral, evidenciam a importância da adoção de alternativas para a redução de tais custos, bem como a manutenção do produtor na atividade agrícola.

No modelo de agricultura atual, a exigência de aumento de produção bem como da capacidade de trabalho do homem para suprir as necessidades de alimentos, fez com que os produtores adotassem o modelo de agricultura e mecanização em escala, os quais passaram a trabalhar grandes talhões considerando que eles sejam homogêneos. Em função disto e por falta de alternativas até então, os produtores passaram a trabalhar com dosagens médias de insumos (água, fertilizantes e agroquímicos), atendendo apenas as necessidades médias de um talhão e não considerando as necessidades particulares específicas de cada talhão.

Nesse sentido, há necessidade de implementar novas tecnologias que permitam aos produtores ter maiores informações sobre os diferentes fatores que interferem na produção de uma cultura para que a atividade passe a ter uma rentabilidade elevada, reduzindo custos de produção e aumentando a produtividade.

Sendo assim, agricultores têm adotado algumas alternativas para essa necessidade. Dentre elas, a agricultura de precisão (AP) torna-se uma ferramenta de extrema importância a qual emprega um conjunto de tecnologias que leva em consideração a variabilidade espacial dos sistemas de produção, visando fazer a aplicação de insumos com a máxima eficiência técnica e econômica.

Do ponto de vista prático, a AP pressupõe a elaboração e a utilização de mapas que descrevam características técnicas simples e práticas de serem compreendidas e utilizadas, pelos agricultores, buscando com isso reduzir a vulnerabilidade dos sistemas de produção, aumentando a competitividade dos produtos agrícolas nacionais, assegurando resposta com base científica às questões ambientais, contribuindo para o aumento da qualificação técnica na cadeia produtiva

e gerando conhecimento na produção de grãos para as diferentes unidades de produção.

É necessário destacar também que a AP, de modo geral, é uma tecnologia relativamente recente no Brasil, com mais que dez anos. Nos Estados Unidos, ela iniciou com o desenvolvimento de sensores, na década de 90, teve um considerável desenvolvimento, após a liberação do sinal corrigido do Sistema de Posicionamento Global (GPS), que é um conjunto de satélites americanos que foram desenvolvidos e utilizados na “guerra fria”. Segundo Molin (2000), nos dias de hoje, no mercado brasileiro, existe um grande número de indústrias e empresas especializadas tanto na fabricação bem como no desenvolvimento de “softwares” para AP.

Atualmente a AP deixou de ter um caráter somente de pesquisa e desenvolvimento se tornando uma ferramenta muito utilizada pelos agricultores, passando a ser vista como prática usual e necessária nas propriedades.

Segundo Corá (1997), entre as principais ferramentas desta técnica, se destaca o mapeamento dos atributos do solo, correlacionando-os com a produtividade.

No Brasil, com a expansão da AP, está sendo possível gerar mapas de variabilidade espacial da produtividade das culturas, informação que permite aos técnicos relacionarem os níveis de fertilidade do solo com a produtividade das culturas. Dessa maneira, é possível obter diagnóstico *in loco* específico, sobre regiões com alto potencial produtivo bem como regiões com problemas, de atributos de natureza física, química e biológica do solo, os quais requerem manejos específicos para atenuar ou até mesmo extingui-los.

A variabilidade espacial dos solos pode se relacionar a diversos fatores como variação do material de origem, clima, relevo, de organismos e também do manejo do solo utilizado no decorrer do tempo pelos produtores.

Para Berg & Klamt (1997), nos solos do Rio Grande do Sul que possuem alto grau de intemperismo e são bem drenados, a variabilidade espacial possui estreita relação com o manejo, às vezes, mal conduzidos, os quais podem apresentar problemas de fertilidade, compactação, perdas por lixiviação que vão interferir negativamente na produção de uma cultura implantada. Nas áreas que se têm emprego de alta tecnologia de produção e investimentos, é imprescindível o conhecimento detalhado dos solos, o que pode contribuir para a redução dos custos de produção bem como aumentar a produtividade e maximizar a rentabilidade.

Para Queiroz et al. (2000), a utilização dos mapas de produtividade pode ser considerado o ponto de partida para a identificação das causas da variabilidade, que podem ser uma ferramenta eficaz na tomada de decisão referente ao manejo. Desta maneira, é incorreto dizer que o objetivo da AP seja uniformizar a produtividade de todo talhão. Sua meta é manejar de maneira que sejam aproveitadas as particularidades de cada parte da lavoura trabalhada visando maximizar os lucros e diminuir os impactos ambientais.

Considerando os objetivos dos produtores, como sendo a minimização dos custos de produção e a maximização dos lucros através do tempo, o monitoramento da produtividade e das intervenções para gerir de forma correta a implantação das culturas subsequentes, se torna imprescindível, para a melhor tomada de decisão a cada safra.

Com o intuito de validar e demonstrar a eficiência da AP, o presente trabalho foi conduzido no município de Coxilha – RS, tendo como objetivo, avaliar a eficiência da aplicação de insumos em taxa variável na uniformização da produtividade, utilizando as informações obtidas com a elaboração de mapas de fertilidade do solo comparando com mapas de produtividade na cultura da soja.

CAPÍTULO 1: COMPORTAMENTO DOS NÍVEIS DE FERTILIDADE DO SOLO APÓS CORREÇÃO A TAXA VARIÁVEL DE CALCÁRIO, FÓSFORO E POTÁSSIO.

1.1 INTRODUÇÃO

A expansão agrícola e a demanda por mais alimentos tem sido responsável por um acréscimo de novas áreas antes não cultivadas dentro das unidades de produção, fazendo com que a produção aumente com a inserção de novas áreas agricultáveis, principalmente no Brasil Central, onde ainda existe uma grande fronteira agrícola a ser explorada. Trazendo esta realidade para o Rio Grande do Sul, esta fronteira agrícola tem diminuído consideravelmente forçando os produtores a buscarem alternativas que mudem este cenário para um de maior produtividade por área explorada, ou seja, um aumento vertical da produção e da rentabilidade por unidade de área. O agronegócio brasileiro responde por uma parcela cada vez maior nos recursos gerados no país e acaba sendo um dos principais impulsionadores de nossa economia.

Por isso, a atividade agrícola, dentro deste contexto globalizado, passa por uma série de transformações, caracterizada pelo uso intensivo de agroquímicos, irrigação e fertilizantes visando o incremento de produtividade por área cultivada o que torna a agricultura cada vez mais competitiva e dinâmica, exigindo do produtor um maior nível de especialização, capacidade de gerenciamento e profissionalismo.

Dentre estas transformações, podemos citar a Agricultura de Precisão (AP) como uma alternativa que vem ganhando força e vem sendo utilizada em escala crescente pelos agricultores, pois além de bons resultados vem chamando atenção dos produtores para detalhes antes imperceptíveis ou que não eram tratados com muita relevância dentro do processo produtivo. Neste sentido os produtores, além de administradores, cada vez mais tendem a assumir também a função de pesquisadores de suas áreas, atuando diretamente na coleta de informações, interagindo com novas técnicas e tecnologias e tomando decisões eficazes de manejo (PIRES et al. 2004).

A agricultura de precisão, segundo Molin (2001), surgiu como uma alternativa de manejo produtivo de forma mais racional e visando menor impacto ambiental. Foi implementada, primeiramente, na Europa e logo em seguida nos Estados Unidos, onde o objetivo básico era de dosar os insumos conforme a necessidade para

potencializar a produção e evitar excedentes de insumos e agroquímicos que poderiam comprometer a qualidade da água.

A fertilidade do solo tem se alterado ao longo dos anos em função de práticas de manejo que contemplam uma aplicação uniforme dos corretivos e fertilizantes, além de sofrer forte influência de fatores como topografia, material de origem e variações no clima. Em função disso o conhecimento da variabilidade espacial dos níveis de fertilidade de um solo se torna imprescindível para o sucesso das práticas agrícolas.

Para Aurélio (2011), a adoção da tecnologia de gerenciamento é importante pelo fato de que, apesar da maioria dos produtores não terem a percepção que o solo é desuniforme, as áreas de cultivo podem ter muitas variações tanto de fertilidade, produtividade, tipo de solos e necessidades químicas.

Segundo Webster & Olivier (1990), a maioria das propriedades do solo variam continuamente no espaço e por consequência os valores em locais mais próximos entre si tendem a serem próximos dos tomados mais distantes até uma distância limite. Caso isso ocorra, os mesmos não podem ser tratados como independentes e um tratamento estatístico mais adequado se faz necessário. Por isso, as propriedades do solo se relacionam entre si com a posição e espaço, ou seja, dois valores tomados próximos tendem a ser mais semelhantes entre si do que dois valores tomados mais distante.

A AP permite que possamos integrar tecnologias de posicionamento global (GPS), com o conhecimento agrônômico existente, possibilitando um gerenciamento detalhado de cada unidade de produção de uma propriedade agrícola. Sob um olhar despercebido muitas vezes não identificamos diferenças num determinado talhão o que nos leva a acreditar que não existe variabilidade de produção, nem de fertilidade. Porém, grandes variações de solo podem ocorrer.

Possivelmente a variabilidade dos atributos químicos do solo seja responsável por boa parte da oscilação de produção de um talhão. Contudo, antes de buscar qualquer relação dos elementos com a cultura é importante avaliar a extensão bem como a intensidade da dependência espacial dessa variação isoladamente ou em conjunto com outros parâmetros (GANDAH et al., 2000).

Para isso, a Agricultura de Precisão segundo Cambardella & Karlen (1999), utiliza alguns componentes básicos como o sistema de posicionamento global (GPS), que fornece a posição geográfica de onde o equipamento está localizado,

máquinas para controle de aplicação de nutrientes, defensivos agrícolas, água ou outros insumos em tempo real para realizar as aplicações conforme a necessidade. Também utiliza colhedora equipada com GPS e sensores de rendimento para mensurar e localizar as variações de produtividade e um banco de dados relativamente complexo que é imprescindível para realizar as recomendações a serem trabalhadas, fazer inferências sobre as respostas dos tratamentos usados no local com as aplicações a taxa variável e também dos resultados obtidos.

Segundo Dobermann & Ping (2004), manejo localizado trata de aplicar o insumo no local correto, no momento adequado e as quantidades necessárias para a produção de uma cultura em áreas mais homogêneas e cada vez menores, ficando esse nível de detalhamento dependente da tecnologia e dos custos envolvidos. Este conceito de gerenciamento não é novo, mas novas tecnologias existentes permitem que a AP seja percebida de forma prática no meio produtivo (DAVIS et al., 1998).

Contudo, para adoção destas técnicas e os conceitos de agricultura de precisão de forma eficiente surgem questões sobre a interpretação do grande volume de informações geradas e de como usá-las como ferramentas que auxiliem na tomada de decisão frente à variabilidade espacial existente nas áreas agrícolas brasileiras (CARVALHO et al., 2001).

Segundo Durigon (2007), para a adoção destas novas técnicas há um aumento da demanda de pessoal especializado para operar estas novas máquinas, equipamentos e *softwares* com o objetivo de aumentar a acurácia da técnica no que diz respeito da administração agrícola, tornando-a cada vez mais uma atividade empresarial. Sendo assim, estes profissionais, tem que relacionar todas as informações que regem a atividade agrícola os quais terão um alto nível de controle das operações do uso dos insumos e de todas as práticas agrícolas. Para isso, a AP pressupõe a elaboração e a utilização de mapas que descrevam características técnicas simples e práticas de serem compreendidas, visando diminuir a vulnerabilidade dos sistemas de produção, aumentando a competitividade dos produtos agrícolas nacionais, assegurando resposta com base científica às questões ambientais, contribuindo para o aumento da qualificação técnica na cadeia produtiva de grãos e gerando conhecimento na produção de grãos para as diferentes unidades de produção (MANTOVANI et al., 2005).

Segundo Mcbratney & Whelan (1995), o objetivo da agricultura de precisão é poder combinar a aplicação de recursos e práticas agronômicas com os atributos do solo e exigências da cultura, sendo que estes tem variabilidade espacial no campo. Lowenberg-Deboer & Swinton (1995) definiram como sendo uma tecnologia aplicada à agricultura a qual permite monitorar as informações obtidas, e com estas, ter suporte de decisões para alocações espaciais e temporais de insumos na produção agrícola.

Para Molin (2002), uma definição mais atual da AP é ter uma visão sistêmica do conjunto de ações que a compõe, ou seja, a mesma tem que ser vista como um sistema de gestão ou gerenciamento da produção das lavouras sendo que para isso emprega um conjunto de tecnologias e procedimentos para que as lavouras e sistemas de produção sejam otimizados, tendo o enfoque no manejo da variabilidade de produção e de todos os fatores que neles tem influência e estão envolvidos.

Portanto, a AP segue um conceito de manejo de solo-planta-atmosfera (clima), baseado no gerenciamento de informações sobre as variabilidades dos fatores de produção e da própria produtividade. A adoção desta tecnologia justifica-se pelo fato de que a maioria das áreas agrícolas são manejadas uniformemente, sem levar em consideração as variações em seus atributos, tais como: tipo de solo, produtividade, características físicas e químicas do solo (MERCANTE et al., 2003).

Para Nunes (2013), alguns campos podem ser bem uniformes, mas outros apresentam variações no tipo de solo, fertilidade e outros fatores que afetam a produção agrícola. Se a variabilidade do campo puder ser medida e registrada, estas informações poderão ser usadas para otimizar as aplicações em cada ponto, sendo este o novo conceito de agricultura de precisão. Desta forma, o manejo da variabilidade é a chave para o uso efetivo da tecnologia de AP.

O manejo de forma geral, a metodologia de aplicação, bem como, dosagens e época a ser utilizado um insumo pode interferir diretamente na resposta da cultura implantada. Por isso, o momento da tomada de decisão é de suma importância para alcançar a máxima resposta econômica na aplicação de um determinado insumo. Dificilmente se consegue solucionar ou minimizar um problema se não se conhece sua(s) causa(s) (MALAVOLTA, 1980). Na fertilização de um solo os parâmetros que são utilizados para nortear a adubação, na agricultura convencional, levam em consideração a análise de solo, na qual normalmente uma amostra representa uma

gleba inteira. Na AP o número de amostras aumenta para assim ter um nível de detalhamento e informação elevado, possibilitando a identificação da variabilidade espacial na gleba.

Os solos tropicais têm por característica natural baixos teores de fósforo (P), além de também serem ácidos, o que implica em utilização de práticas de manejo que venham a construir a fertilidade dos mesmos, sendo que pelas diferenças naturais do solo, não se consegue corrigir de forma homogênea.

Uma das ferramentas que a AP utiliza para caracterizar a área a ser trabalhada é a malha de amostragem proposta por ROLOFF & FOCHT (2002). O sistema de amostragem de solo em malha vem sendo utilizada com sucesso para a detecção da variabilidade dos atributos do solo, pois cada amostra realizada é georreferenciada, através do uso do GPS.

Molin (2000) cita que os agricultores dos EUA tem tido sucesso na detecção da variabilidade espacial utilizando malha amostral de 1 amostra por hectare a 1 amostra a cada 2,5 hectares. No Brasil se utilizou muito malhas amostrais com frequência de amostragem baixa, como por exemplo, 1 amostra a cada 5 hectares com o intuito de reduzir custos com amostras de solo. Porém estes projetos pioneiros foram abandonados em função de falta de resultados econômicos para os produtores.

Dampney & Moore (1999) reconhecem que é possível detectar e manejar muitos atributos que possuem relação com a produção agrícola, como por exemplo, produtividade e qualidade de uma cultura, bem como tipo de solo, nutrientes, doenças, pragas e plantas daninhas. Porém, um mapeamento confiável pode ser muito oneroso e envolver elevados custos para o produtor. Alguns destes atributos como mapa de produtividade, pode ter elevada confiabilidade e representatividade na informação gerada. Contudo alguns destes podem não ser tão representativos quando utilizadas metodologias e base de dados insuficientes para geração da informação.

Bourennane et al. (2004), relatam que técnicas geoestatísticas multivariadas como a krigagem, conseguem fornecer medidas de interações quantitativas satisfatórias entre as propriedades do solo, sendo útil para explicar as causas de variabilidade. Sendo assim, fica possível de se fazer um manejo localizado eficiente considerando a variabilidade espacial existente e possibilitando melhorar o desempenho da cultura implantada e evitando contaminar o meio ambiente. Esta

técnica minimiza o erro associado a cada estimativa, possibilitando também a estimativa da variância amostral de cada ponto. Valeriano & Prado (2001), relatam que a krigagem permite selecionar esquemas de amostragem que contemplem um mapeamento ótimo de variáveis espacializadas.

A necessidade dos agricultores de se manterem de forma competitiva na atividade agrícola faz com que a adoção da AP aumente a cada ano, não só pela necessidade de manejar melhor os insumos da propriedade e preservar a natureza, mas também porque os agricultores estão encarando esta nova tecnologia de forma que venha a ajudar na gestão como um todo na propriedade, trazendo uma nova visão de todos os processos produtivos envolvidos na atividade, fazendo com que eles prestem atenção a detalhes de manejo antes não considerados pela falta de ferramentas e conhecimento, mas que são de suma importância para ter sucesso na agricultura brasileira.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i) Avaliar a eficiência da amostragem de solo georreferenciada para identificar a variabilidade química de um talhão;
- ii) Avaliar a eficiência da aplicação à taxa variável na correção dos níveis de fertilidade do solo;
- iii) Avaliar a evolução dos níveis de fertilidade após as intervenções em taxa variável;

1.3 MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental está localizada na região fisiográfica do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, no município de Coxilha (Figura 1), com altitude de 720 m do nível do mar, localizado entre as coordenadas de latitude 28°06'54.72" e longitude 52°14'44.50", com o Datum WGS 1984. O solo é um Latossolo Vermelho Distrófico Típico (Streck et al., 2008, Embrapa, 2006), com plantio direto consolidado e estabelecido a mais de 15 anos, com culturas anuais de soja, trigo, e milho. A região segundo a classificação de Köppen é enquadrada como subtropical úmido Cfa. A

temperatura média anual é de 18,4°C, a média das temperaturas máximas é de 23,8°C e das temperaturas mínimas de 12,7°C constituído por quatro estações razoavelmente bem definidas, com invernos moderadamente frios e verões quentes, separados por estações intermediárias, com aproximadamente, três meses de duração. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, com média mensal superior aos 60 mm (Nimer, 1989), totalizando índices pluviométricos anuais de 1.500 a 1.750 mm.

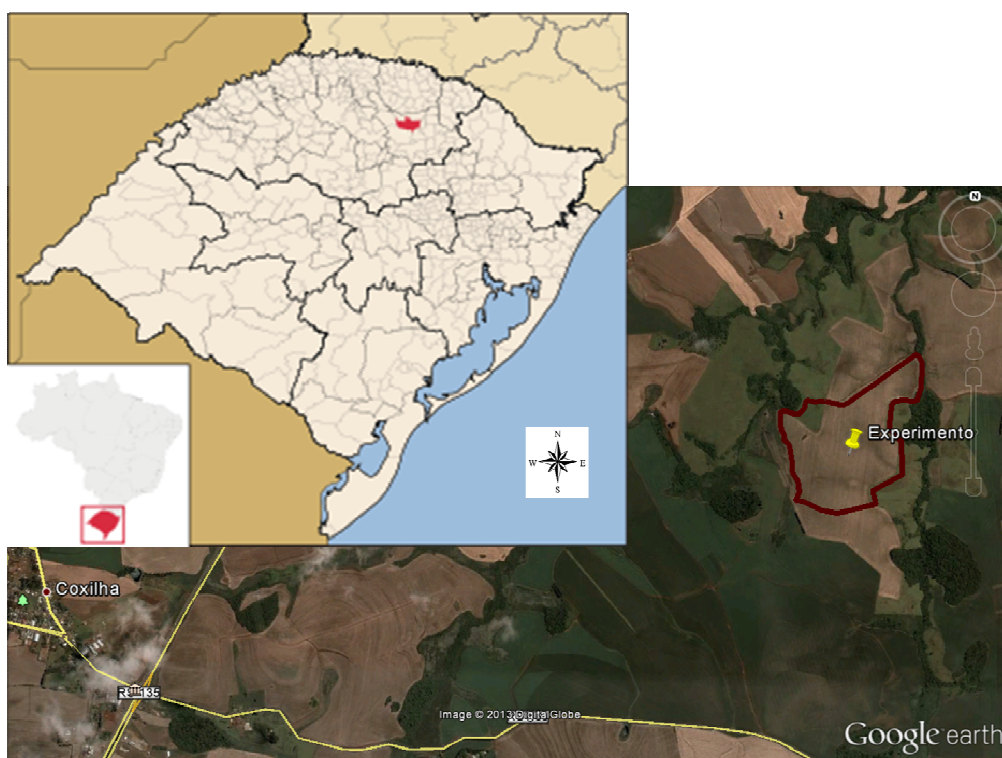


Figura 1 - Localização do município de Coxilha/RS e da área experimental.

Fonte: Google earth – Julho de 2013

Inicialmente foi vetorizada a área com aproximadamente 50 hectares com GPS de navegação (Figura 2), estabelecendo-se uma malha amostral hexagonal com espaçamento 122,47 x 122,47 metros, com 1 amostra de solo composta a cada 1,5 hectare da camada de 0 a 0,1 m de profundidade, com 5 sub-amostras, coletadas num raio de 6 a 10 metros (Figura 3 e 4) a partir do ponto, gerando assim 35 amostras (Figura 2). A amostragem foi realizada manualmente com pá de corte adaptada, que possui lâmina de 10 cm de largura e retirou-se fatia de 2 cm de espessura (Figura 5), gerando assim um volume de 2 a 3 kg, sendo que 0,4 kg de

solo foi embalado (Figura 6) e enviado para análise laboratorial dos atributos químicos do solo.

Para a localização dos pontos centrais de coleta de solo foi utilizado o GPS de navegação modelo Garmin Etrex®, sendo que a malha amostral anteriormente foi estruturada no software CR Campeiro 7, sistema agropecuário desenvolvido pelo Setor de Geomática do Departamento de Engenharia Rural da UFSM (Giotto & Robaina, 2007), e posteriormente transferida para o GPS de navegação, com a mesma configuração estabelecida.

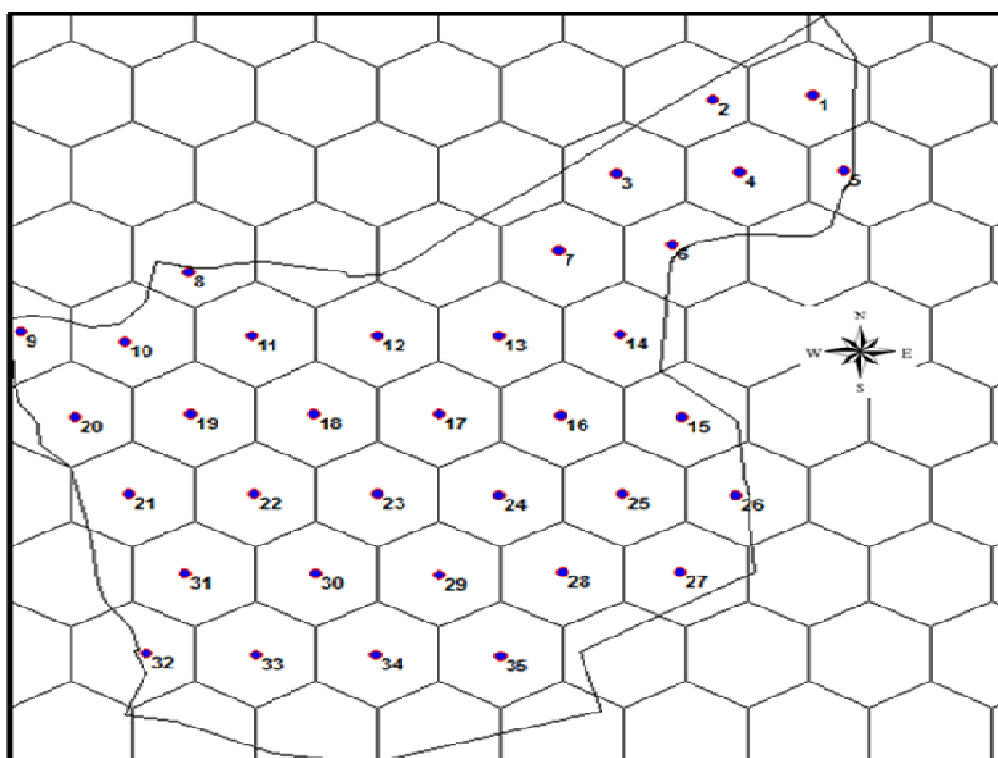


Figura 2 - Vetorização e localização dos pontos amostrais na área experimental.

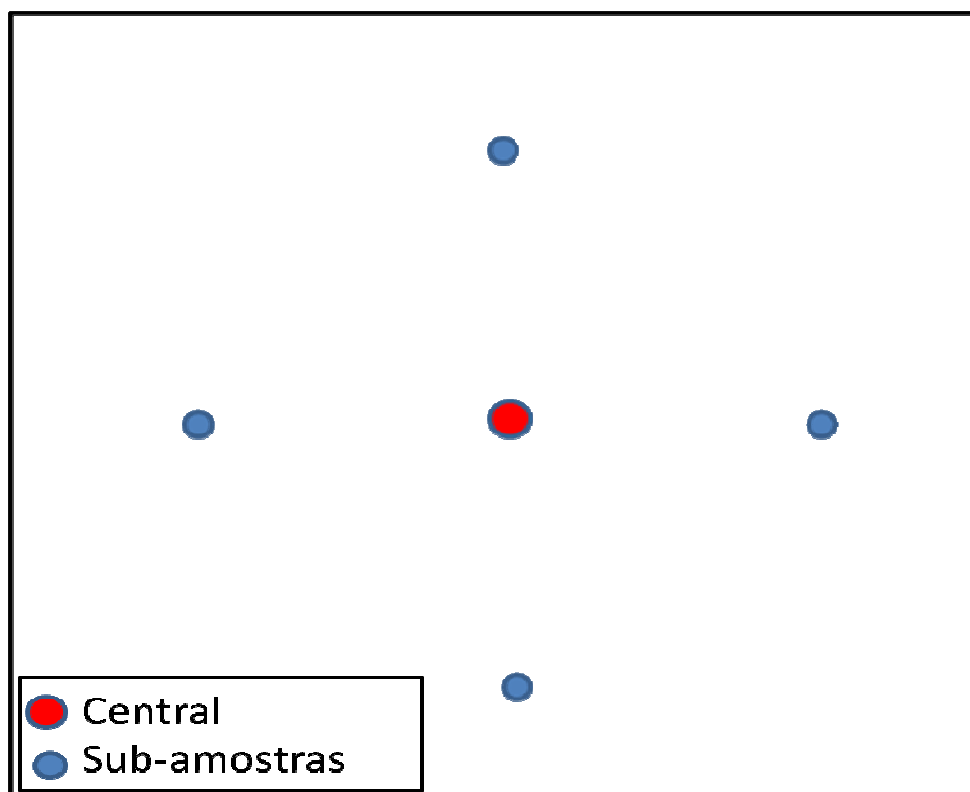


Figura 3 - Esquema da metodologia de amostragem do solo com localização do ponto central e das sub-amostras coletadas.



Figura 4 - Imagem da localização dos pontos de amostragens de solo e do esquema de sub-amostragem realizada no campo.



Figura 5 - Amostrador de solo e sub-amostra de solo.



Figura 6 - Amostras de solo embaladas, identificadas e prontas para envio ao laboratório.

As determinações químicas realizadas em laboratório, seguiram metodologias descritas por TEDESCO et al. (1995) e EMBRAPA (1997).

Os atributos avaliados foram o pH em água (relação 1:1), o índice SMP, os teores de fósforo e de potássio, extraídos por Mehlich I (relação 1:10) e alumínio, cálcio e magnésio trocáveis, extraídos por KCl 1M. Também foi determinado o teor de argila das amostras, pelo método do densímetro. A partir desses dados foram calculadas as somas de bases, a CTC e saturação por alumínio. O conteúdo de carbono orgânico foi determinado pelo método de combustão úmida, descrito por Nelson & Sommers (1996), com dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$ 0,4N), por titulação com sulfato ferroso amoniacal, sendo os resultados expressos em teor de matéria orgânica. A classificação dos teores de fósforo e potássio no solo foi distribuída segundo metodologia oficial, proposta pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004). A partir dos resultados das análises foram gerados mapas de fertilidade do solo de todos os elementos analisados através do Software CR Campeiro 7.0, para assim realizar as recomendações de correção de níveis de fertilidade do solo. Para a geração dos mapas de prescrição e arquivos de aplicação de fósforo, potássio e calcário foi utilizado o *Software SMS™ Ag Leader Tecnologia*.

As distribuições dos fertilizantes em taxa variável ocorreram em pré-semeadura com utilização de um distribuidor centrífugo com controlador de taxa variável marca Stara, modelo Twister 1500 APS (Figura 7), com capacidade de tanque de 1500 litros. O distribuidor é equipado com mecanismo dosador gravimétrico de abertura variável, que possibilita aplicação à taxa variável, e com um dispositivo agitador que evita a formação de galerias no interior do equipamento. O mecanismo distribuidor é composto por dois discos horizontais, ambos com duas aletas que possibilitam regulagens quanto à largura de aplicação conforme a granulometria do fertilizante. Para a distribuição a taxa variável, foi utilizado o sistema APS® (Stara) que equipa o trator com um monitor de visualização dos mapas de aplicação, bem como dos ajustes das configurações necessárias para a execução da taxa variável (velocidade, largura de aplicação, doses, etc). O sistema possui na sua eletrônica embarcada componentes que executam a variação das doses ao longo da aplicação sem a necessidade de o operador acessar o monitor, visto que o mapa de prescrição é introduzido no sistema através de um cartão de dados contendo todas as informações a respeito da aplicação.

Para o direcionamento correto das aplicações é utilizado um sistema de barra de luzes e monitor de tela gráfica LCD, Topper 4500, com nítida visualização. Dentre os acessórios do equipamento incluem-se um receptor GPS Stara, equipado com

barra de luzes, base imantada, ventosa para fixação, controlador remoto, cabo para conexão e o manual de operação. O operador pode orientar-se nas aplicações em retas, curvas ou pivô, tanto pelos LED's quanto pela tela, tendo, assim, maior facilidade operacional, principalmente em curvas, o que lhe garante um melhor desempenho. Também ao final das operações é fornecido um arquivo de rastreabilidade, onde constam todas as informações referentes à aplicação (velocidade, quantidade de produto aplicado, tempo, etc.).



Figura 7 - Vista do distribuidor centrífugo Twister durante operação no campo.

As aplicações em taxa variável para correção dos níveis de fertilidade no talhão foram feitas em pré-semeadura da cultura do trigo safra 2011, segundo recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (2004). Foram utilizadas duas operações a taxa variável, sendo a primeira com aplicação de fosfato monoamônico (MAP) (48% P_2O_5) com largura da faixa de aplicação entre as passadas da máquina de 26 metros e a segunda, com cloreto de potássio (60% K_2O) com faixa de aplicação de 30 metros. Como adubação de base o produtor utilizou 150 kg ha^{-1} de MAP 08-48-00 (NPK) na linha de semeadura, e uma aplicação em cobertura com 180 kg ha^{-1} de uréia cloretada 30-00-20 (NPK) em taxa fixa, com

faixa de aplicação de 30 metros. As aplicações de calcário foram feitas após a colheita da cultura do trigo utilizando um caminhão equipado com um distribuidor centrífugo, marca Stara, modelo Hercules 24000C (Figura 8), utilizando o mesmo controlador de taxa variável, com faixa de aplicação de 12 metros, seguindo recomendação de saturação por bases para 80% quando ela for inferior a 65%, segundo a equação:

$$NC (t ha^{-1}) = (80 - V_1) \times CTC / PRNT$$

V_1 = saturação por bases atual do solo

CTC = capacidade de troca catiônica do solo ($cmol_c/dm^3$)

$PRNT$ = poder relativo de neutralização total do calcário.



Figura 8 - Distribuidor centrífugo marca Stara, modelo Hercules 24000C utilizado na aplicação do calcário.

Na linha de semeadura para a cultura da soja foi utilizada como adubação de base, a formulação 00-25-15-08 (NPK+S) na dose de $250 kg ha^{-1}$, em taxa fixa, que foi escolhida pelo produtor por motivos econômicos e visando aproveitar que os níveis de potássio encontrados no talhão se concentravam na faixa alto e muito alto segundo classificação Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004).

Para avaliar a variabilidade horizontal de uma lavoura podemos fazer uso de dois critérios, que pode ser calculando o coeficiente de variação (CV) entre os valores encontrados nas amostras, ou usar tabelas de classificação que apresentem valores limites para as classes que se enquadram.

Segundo Warrick & Nielsen (1980), podemos classificar o coeficiente de variação (CV) entre os atributos do solo em baixo, médio e alto. Para o CV ser considerado baixo tem que ser menor que 12%, para ser considerado médio o CV deve estar entre 12% e 62% e para ser considerado alto o CV deve ser maior que 62%.

Segundo Landim (1998), a utilização do CV possibilita medir a intensidade da amostragem e serve para mostrar a variabilidade existente em um talhão. Dessa forma devemos considerar que com a amplitude de variação dos nutrientes encontrados numa lavoura comercial existe uma grande possibilidade de resposta econômica para o produtor tanto em aumento de produtividade quanto na racionalização de insumos.

A agricultura convencional que não leva essas diferenças em conta para a tomada de decisão tanto numa fertilização, como em uma correção de solo, acaba em alguns locais do talhão subdimensionando e em outros locais superdimensionando a dosagem de insumos. O resultado disso é um desequilíbrio de nutrientes em relação a disponibilidade para as culturas. Haverá também reflexo na produtividade e possibilidade de haver contaminação do meio ambiente pelo excesso de algum nutriente no solo.

Após a colheita da cultura da soja na safra 2011/12 foi realizada nova coleta de solo nos mesmos pontos amostrados em 2011. Objetivou-se verificar as mudanças dos níveis de fertilidade, e posteriormente, gerar novos mapas de atributos, a fim de comprovar a eficiência da aplicação à taxa variável de fertilizantes e do calcário na melhoria dos níveis de nutrientes do solo.

1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando os resultados obtidos nas análises de solo nos ano de 2011 e 2012 (Anexo 1) podemos afirmar que a área possui atributos que não variam de classe segundo classificação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC

(2004), porém para os atributos fósforo (P) e saturação por bases (SB), foram encontrados valores que correspondem a quase todas as faixas de classificação. Já o potássio não teve o mesmo comportamento, pois a variação entre os níveis foi menor conferindo níveis satisfatórios deste nutriente na área.

Segundo os pesquisadores Walters & Goeschl (1998) e Molin (2001) para que uma aplicação à taxa variável de fertilizantes seja eficiente é imprescindível conhecer a variação espacial e temporal dos nutrientes no solo. Durigon (2007) ressalta que é necessário grande conhecimento não só da técnica e geração da informação e sim este processo envolve muito treinamento e pessoal especializado com conhecimentos específicos para que sejam feitas as corretas recomendações de aplicações da grande quantidade de insumos que cada área requer. Além disso, cabe salientar que para a aplicação da agricultura de precisão em larga escala envolve investimento em máquinas de alto valor agregado.

Amado et al. (2006), e Santi et al. (2009), afirmam que a variabilidade espacial encontrada nas lavouras comerciais tanto de produção como de nutrientes esta sendo observada e avaliada pelos produtores a vários anos. Neste contexto, existe a possibilidade de manejá-la visando aumentar a eficiência do uso de insumos, o que torna a implementação da agricultura de precisão viável nas propriedades rurais.

Dessa maneira podemos observar que o talhão em estudo apresenta regiões que possui necessidade de incremento dos teores de nutrientes e em outras regiões do talhão existem teores deste mesmo nutriente em níveis satisfatórios ou próximos ao excesso. Assim, justifica-se a utilização das aplicações dos fertilizantes em taxa variável visando o equilíbrio dos mesmos.

Observando os resultados encontrados para os atributos de fertilidade nos anos de 2011 (Tabela 1) e 2012 (Tabela 2) podemos constatar que temos nutrientes com CV baixo, médio e alto e com uma variação de 5,3 a 140,6 %. O atributo pH apresentou CV baixo nos dois anos, sendo de 6,0 e 5,3 % respectivamente. O valor mínimo se manteve em 5,0, a média baixou de 5,5 para 5,4 e o valor máximo baixou de 6,4 para 6,1 mostrando que a utilização do calcário não teve efeito na elevação de pH, porém o mesmo se manteve quase inalterado e permaneceu na classificação médio segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004) para ambos os anos (Tabelas 3 e 4). O nutriente que teve o maior CV para ambos os anos foi a saturação por alumínio (SA), 140,6% no primeiro ano e 83,7 % em 2012.

Depois da SA, o nutriente que apresentou maior CV em 2011 foi o fósforo (42,6%) seguido do magnésio (34,8%). Para o ano de 2012 foi o fósforo com 35,5 % seguido do potássio com 34,2%.

O teor máximo de saturação por alumínio no ano de 2011 apresentou uma pequena redução de 7,4% para 5,1% não se refletindo na média que subiu de 1,5% em 2011 para 1,8% em 2012. A utilização de calcário foi eficiente na redução do nível máximo de alumínio tóxico no solo.

Quando observamos o CV entre os dois anos, o mesmo mostrou que diminuiu a variabilidade da SA, porém não conseguiu corrigir totalmente a acidez. Possivelmente, o calcário ainda está reagindo neste solo, pois o intervalo entre a aplicação em 2011 e a amostragem de solo em 2012 foi de apenas 6 meses. Resultados de correção da SA utilizando taxa variável de calcário foram encontrados por Durigon (2007) em solos de várzea no Rio Grande do Sul.

O enxofre no ano de 2011 apresentou uma média de $9,0 \text{ mg dm}^{-3}$ (Tabela 1), evoluindo para $14,6 \text{ mg dm}^{-3}$, em 2012 (Tabela 2), sendo que o nível mínimo passou de $7,0 \text{ mg dm}^{-3}$ para $11,0 \text{ mg dm}^{-3}$, e o nível máximo aumentou de $13,0 \text{ mg dm}^{-3}$ para $20,0 \text{ mg dm}^{-3}$. Esta evolução dos níveis mínimos, médios e máximos do talhão pode ter ocorrido em função do uso do fertilizante 00-25-15-08 (NPK+S) na dose de 250 kg ha^{-1} no momento semeadura da soja.

Analisando a argila observou-se um teor médio de 52,1% e 51,3% nos dois anos estudados (Tabelas 1 e 2), a qual ficou na classe 2 (argila 41 a 60%) (Tabelas 3 e 4) segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004). Os teores máximos encontrados foram 69 e 70%, respectivamente para 2011/12. Para os teores mínimos os valores encontrados foram 35 e 32% para os dois anos. Tanto os teores máximos como os mínimos tiveram pouca representatividade em relação ao tamanho da área.

Para o cálcio e magnésio na classificação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004) ficou na faixa alto para todos os pontos em ambos os anos (Tabelas 3 e 4). Os teores médios de cálcio baixaram de $9,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para $8,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabelas 1 e 2), e subiram de $2,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para $2,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o magnésio. Isso mostra que o uso do calcário praticamente não teve efeito nos níveis deste nutriente no solo no espaço de tempo entre aplicação e amostragem de solo.

Tabela 1 - Estatística descritiva com os valores mínimos, máximos, média, mediana, desvio padrão, e coeficiente de variação dos atributos de solo para o ano de 2011 em Coxilha – RS

Parâmetros		Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP	CV
Argila	%	35,0	69,0	52,1	51,0	7,7	14,8
pH	Água	5,0	6,4	5,5	5,5	0,3	6,0
P	mg dm ⁻³	5,0	24,0	11,6	10,0	4,9	42,6
K	mg dm ⁻³	80,0	276,0	170,9	162,0	57,0	33,4
MO	%	3,9	5,3	4,8	4,8	0,3	7,3
Ca	Cmol dm ⁻³	6,1	12,1	9,0	9,0	1,5	16,4
Mg	Cmol dm ⁻³	1,4	5,4	2,6	2,4	0,9	34,8
CTC	pH 7,0	13,0	21,0	16,3	16,0	1,7	10,7
SB	%	57,0	90,0	72,7	71,5	7,9	10,9
AS	%	0,0	7,4	1,5	0,0	2,1	140,6
S	mg dm ⁻³	7,0	13,0	9,4	9,0	1,7	17,9

Tabela 2 - Estatística descritiva com os valores mínimos, máximos, média, mediana, desvio padrão, e coeficiente de variação dos atributos de solo para o ano de 2012 em Coxilha – RS.

Parâmetros		Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP	CV
Argila	%	32,0	70,0	51,3	54,0	8,8	17,1
pH	Água	5,0	6,1	5,4	5,4	0,3	5,3
P	mg dm ⁻³	7,7	24,0	14,3	12,0	5,1	35,5
K	mg dm ⁻³	77,0	334,0	169,9	163,0	58,2	34,2
MO	%	3,6	4,7	4,1	4,0	0,3	7,2
Ca	Cmol dm ⁻³	5,4	12,8	8,3	7,8	1,9	22,7
Mg	Cmol dm ⁻³	1,6	4,8	2,8	2,6	0,7	23,7
CTC	pH 7,0	12,9	20,3	16,1	16,2	1,9	11,6
SB	%	57,0	88,0	71,0	69,0	8,0	11,2
AS	%	0,0	5,1	1,8	1,7	1,5	83,7
S	mg dm ⁻³	11,0	20,0	14,6	14,0	2,2	14,8

Tabela 3 - Limites inferior e superior dos percentuais de argila e matéria orgânica, concentrações de cálcio e magnésio, e limites do pH segundo a classificação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo para RS/SC (2004), no ano de 2011 em Coxilha – RS.

Atributo*	Teores no solo	Níveis de Classificação
Argila (%)	35 a 69	Classe 2 (41-60)
pH (água)	5,0 a 6,4	Médio (5,5 - 6,0)
Matéria Orgânica (%)	3,9 a 5,3	Médio (2,6 - 5,0)
Cálcio (cmolc dm ⁻³)	6,1 a 12,1	Alto (>1,0)
Magnésio (cmolc dm ⁻³)	1,4 a 5,4	Alto (>1,0)

*Comissão de química e fertilidade do solo – RS/SC (2004).

Tabela 4 - Limites inferior e superior dos percentuais de argila e matéria orgânica, concentrações de cálcio e magnésio, e limites do pH segundo a classificação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo para RS/SC (2004), no ano de 2012 em Coxilha – RS

Atributo*	Teores no solo	Níveis de Classificação
Argila (%)	32 a 70	Classe 2 (41-60)
pH (água)	5,0 a 6,1	Médio (5,5 - 6,0)
Matéria Orgânica (%)	3,6 a 4,7	Médio (2,6 - 5,0)
Cálcio (cmolc dm ⁻³)	5,4 a 12,8	Alto (>1,0)
Magnésio (cmolc dm ⁻³)	1,6 a 4,8	Alto (>1,0)

*Comissão de química e fertilidade do solo – RS/SC (2004).

Quando analisado o P podemos observar que no mapa de prescrição utilizado no ano de 2011 (Figura 9), as doses utilizadas de MAP, variando de 0 a 400 kg ha⁻¹, sendo que 18,37 ha do talhão já estavam com níveis de P acima de 12 mg dm⁻³ e não foi utilizada dose para correção de solo.

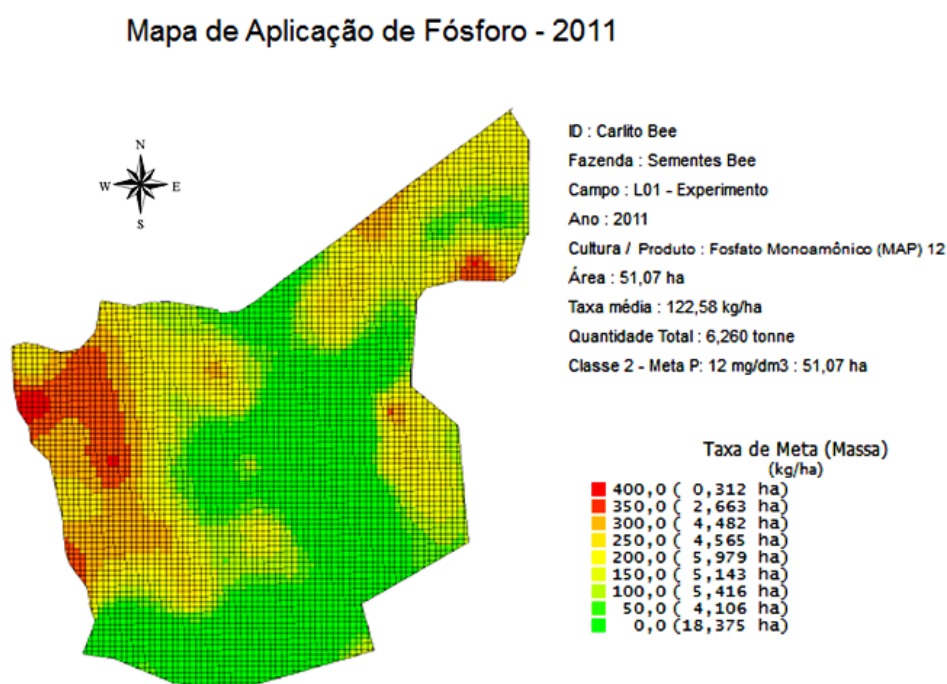


Figura 9 - Mapa de prescrição de fósforo utilizado em 2011 para corrigir os teores a 12 mg/dm⁻³.

Observando a Tabela 5 notamos uma evolução nos níveis de P, pois o teor mínimo em 2011 encontrava-se em 5,0 mg dm⁻³ que na classificação segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), fica na classe baixo (Tabela 6) aumentou para 7,7 mg dm⁻³ que na classificação se encontra na classe médio. Já a média subiu de 11,6 mg dm⁻³ para 14,2 mg dm⁻³ permanecendo no nível alto (Tabela 6), e o nível máximo se manteve em 24,0 mg dm⁻³ permanecendo no nível muito alto. O CV da área em 2011 era 42,6% e diminuiu para 35,7%, permanecendo na classificação média. Em função disso, foi possível verificar que a variabilidade deste talhão diminuiu com as intervenções em taxa variável. Isso também pode ser percebido quando observamos os mapas de nutrientes nas Figuras 10 e 11.

Na Tabela 5, Figura 10 e 11, pode-se verificar uma evolução do fósforo de maneira geral, pois em 2011 tínhamos 1,76% do talhão em nível baixo que corresponde a 0,9 ha e que em 2012 não foi encontrado nenhum valor nesta faixa de classificação. Na classe médio, em 2011 tínhamos 32,5% da área, que corresponde a 16,6 ha da área, e evoluiu para apenas 3,7% ou 1,9 ha em 2012. Já na classe alto tivemos um comportamento semelhante de evolução, pois a

percentagem da área que estava na classe alto evoluiu de 58,7% (30,0 ha) para 74,0% (37,8 ha) da área do talhão. Já para o nível muito alto observamos que evoluiu de 5,7% (3,6 ha) para 22,3% (11,4 ha). Assim podemos ver que a aplicação em taxa variável foi eficiente tanto na elevação como na melhoria dos níveis de fósforo das regiões mais críticas, bem como elevando os níveis médios para altos e mantendo as regiões com níveis muito altos, aumentando assim o potencial produtivo da cultura implantada. Resultados semelhantes de evolução dos níveis de nutrientes foram encontrados por Santi (2007) e Dellamea (2008), quando utilizaram aplicações de diferentes doses de fósforo em zona de manejo no planalto Rio-Grandense.

Tabela 5 - Comparativo entre os valores de fósforo entre os anos de 2011 e 2012.

Parâmetros		Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP	CV
P (2011)	mg dm ⁻³	5,0	24,0	11,6	10,0	4,9	42,6
P (2012)	mg dm ⁻³	7,7	24,0	14,2	12,0	5,1	35,7

Tabela 6 - Evolução dos valores de fósforo entre os anos de 2011 e 2012.

Teores de Fósforo no solo de 0 - 10 cm					
	Referência	2011		2012	
Faixa de interpretação*	mg dm	ha	%	ha	%
Muito Baixo	≤ 3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Baixo	3,1 - 6,0	0,9	1,76	0,0	0,0
Médio	6,1 - 9,0	16,6	32,5	1,9	3,7
Alto	9,1 - 18,0	30,0	58,7	37,8	74,0
Muito Alto	≥ 18,0	3,6	5,7	11,4	22,3

*Comissão de química e fertilidade do solo – RS/SC (2004).

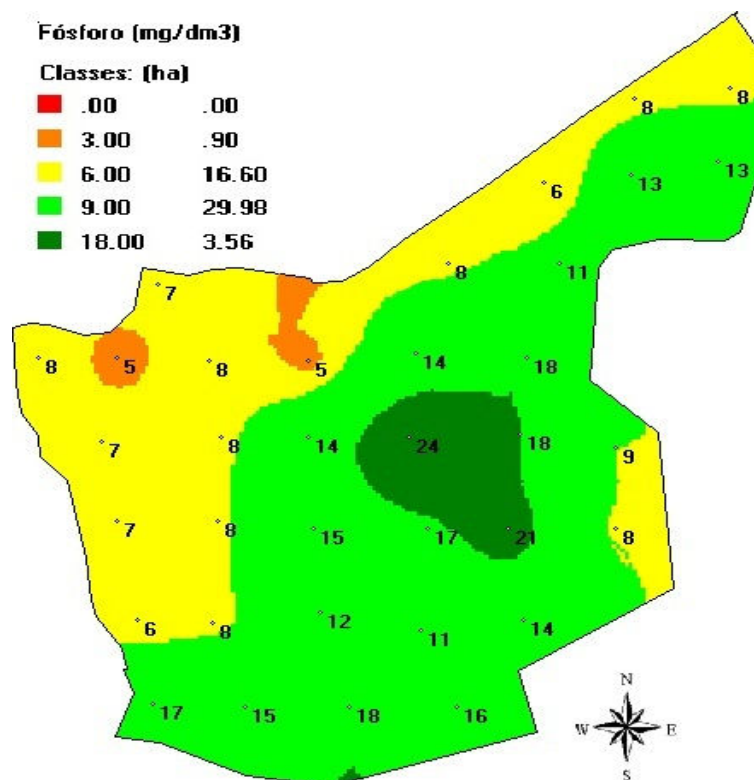


Figura 10 - Mapa de teores de fósforo para o ano de 2011 no município de Coxilha – RS.

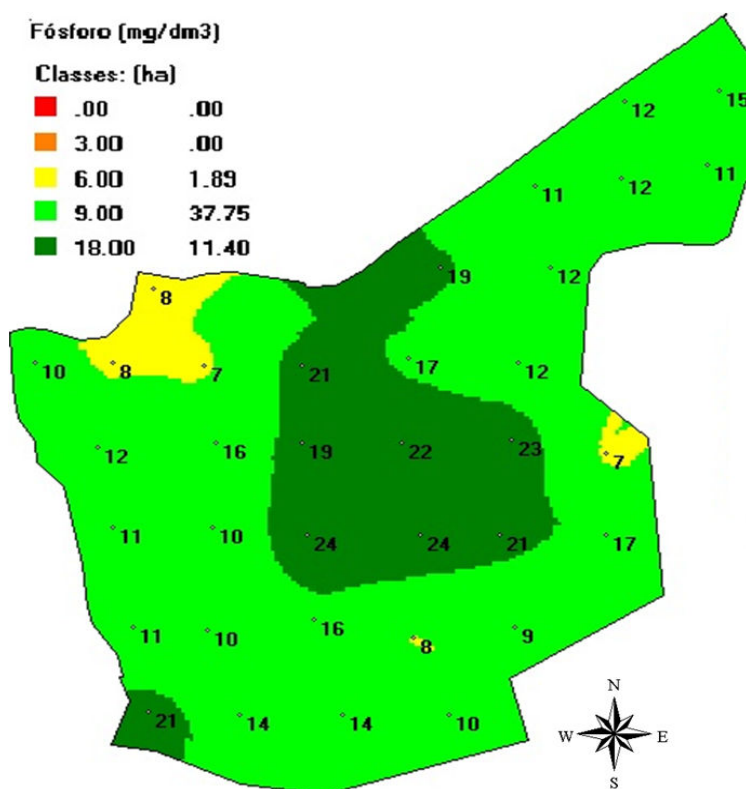


Figura 11 - Mapa de teores de fósforo para o ano de 2012 no município de Coxilha – RS

Para o K seguindo a classificação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), não foram observados teores muito baixo, baixo e médio para os dois anos. Isso pode estar relacionado ao tipo de solo da região ser rico neste nutriente ou mesmo ligado ao manejo do passado em que o produtor possa ter utilizado em sucessivos anos a adubação contemplando mais este nutriente. Mesmo que pela recomendação oficial não seria necessário corrigir níveis de solo neste caso, o objetivo do trabalho se refere sobre a possibilidade de correção da variabilidade do mesmo, em função disso se optou por fazer uma correção a taxa variável para 180 mg dm^{-3} (Figura 12).

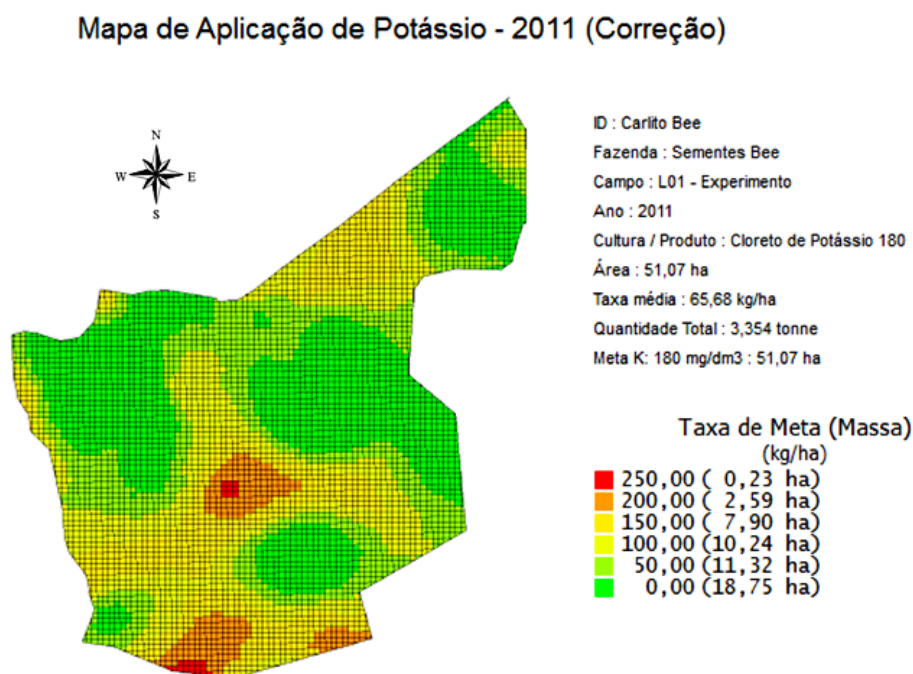


Figura 12 - Mapa de prescrição de potássio utilizado em 2011 para corrigir os teores a 180 mg/dm^{-3} .

Os valores da Tabela 7 nos mostram que os níveis mínimos e médios de potássio baixaram, sendo que o teor mínimo passou de $80,0 \text{ mg dm}^{-3}$ para $77,0 \text{ mg dm}^{-3}$, o valor médio baixou de $170,9 \text{ mg dm}^{-3}$ para $167,8 \text{ mg dm}^{-3}$ e o valor máximo subiu de $276,0 \text{ mg dm}^{-3}$ para $334,0 \text{ mg dm}^{-3}$. Porém os valores encontrados permaneceram na mesma faixa de classificação para os dois anos. Quando avaliamos o CV observamos que o mesmo teve uma pequena elevação, pois em 2011 estava em 33,4% e em 2012 foi para 34,7%. Mesmo com estas pequenas

variações encontradas, entre os anos e os níveis mais baixo e médio terem baixado, a lavoura não mudou a classificação dos níveis de K encontrados.

Tabela 7 - Comparativo entre os valores de potássio entre os anos de 2011 e 2012.

Parâmetros		Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP	CV
K (2011)	mg dm ⁻³	80,0	276,0	170,9	162,0	57,0	33,4
K (2012)	mg dm ⁻³	77,0	334,0	167,8	163,0	58,2	34,7

Isso pode ser explicado, pois as aplicações de correção de K foram feitas antes da semeadura do trigo e o produtor utilizou como adubação na linha de semeadura somente MAP (08-48-00) na dose de 150 kg/ha, e o potássio foi disponibilizado na forma de uréia cloretada (30-00-20) juntamente com a primeira aplicação de nitrogênio na dose total de 180 kg ha⁻¹ em cobertura, com expectativa de produção em torno de 4,0 toneladas/ha. Já para a semeadura da cultura da soja em 2011/12 o fertilizante utilizado foi o 00-25-15-08 (NPK+S) na dose de 250 kg ha⁻¹ o qual o produtor por motivos econômicos na hora da compra do insumo, e em função de o solo se encontrar com níveis elevados de potássio não utilizou a dose mínima de K₂O que a cultura exporta numa produção média de 50 sacas/ha. Em função disso é possível explicar os níveis médios, e mínimos terem baixado. Resultados semelhantes foram encontrados por Belle (2009) após amostragem realizada em dois talhões por 4 anos na região de Não-Me-Toque / RS.

A Tabela 8, Figura 13 e 14 mostram que os níveis de K encontrados em 2011 que estavam classificados no nível muito alto segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004) eram de 86,3% (44,0 ha) e subiu para 88,6% (45,2 ha) da área do talhão em 2012. Em 2011 havia 13,7% (7,0 ha) do talhão na classe alto e no ano seguinte diminuiu para 11,4% (5,8 ha) da área. Isso mostra que a lavoura esta com uma maior área se concentrando na mesma faixa de classificação (muito alto), e com isso esta mais corrigida, comprovando que o uso da taxa variável a fim de diminuir a variabilidade existente do nível de potássio do talhão foi eficiente.

Tabela 8 - Evolução dos valores de potássio entre os anos de 2011 e 2012.

		Teores de Potássio no solo de 0 - 10 cm			
		2011		2012	
Faixa de interpretação*	mg dm ⁻³	ha	%	ha	%
Muito Baixo	≤ 20	0,0	0,0	0,0	0,0
Baixo	21 – 40	0,0	0,0	0,0	0,0
Médio	41 – 60	0,0	0,0	0,0	0,0
Alto	61 – 120	7,0	13,7	5,8	11,4
Muito Alto	≥ 120	44,0	86,3	45,2	88,6

*Comissão de química e fertilidade do solo – RS/SC (2004).

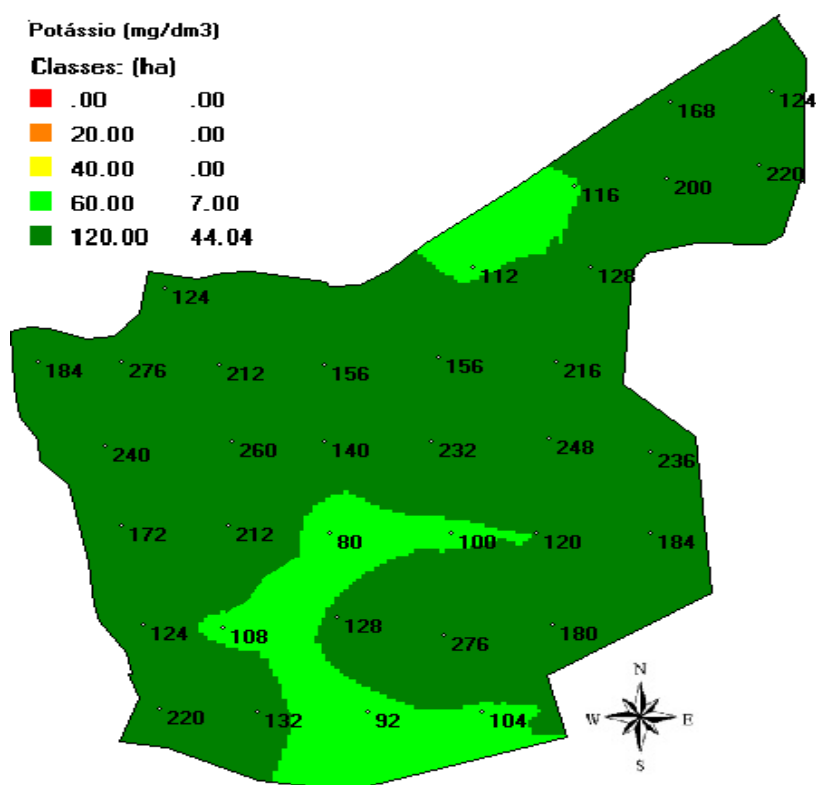


Figura 13 - Teores de potássio para o ano de 2011 no município de Coxilha – RS.

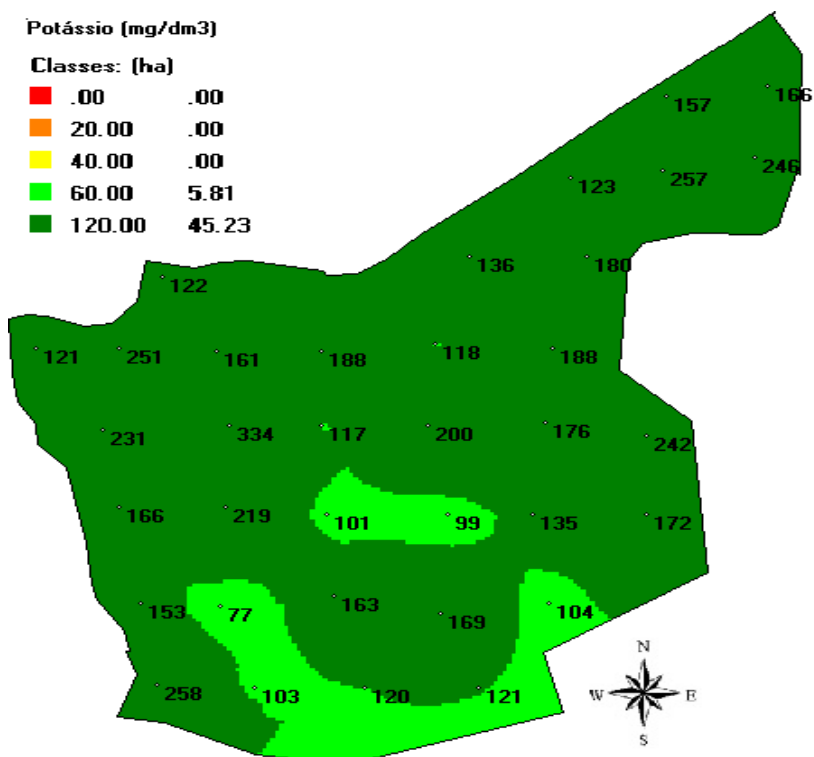


Figura 14 - Teores de potássio para o ano de 2012 no município de Coxilha – RS.

Os valores de SB encontrados para os dois anos estudados tiveram como valor mínimo 57,0%, a média ficou em 72,7% e o máximo valor encontrado foi 90,0% (Tabela 9). Segundo a classificação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004) apresentada na Tabela 10, as variações encontradas ficaram entre baixo e muito alto.

Mesmo com as correções realizadas em 2012, podemos observar que o valor mínimo se manteve no mesmo nível (57,0%), a média baixou para 71,0% e o valor máximo baixou para 88,0% de SB. O coeficiente de variação (CV), praticamente não se alterou ficando em 10,9% e 11,2% para os anos de 2011 e 2012, respectivamente.

Tabela 9 - Comparativo entre os valores de saturação por bases entre os anos de 2011 e 2012.

Parâmetros		Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP	CV
SB (2011)	%	57,0	90,0	72,7	71,5	7,9	10,9
SB (2012)	%	57,0	88,0	71,0	69,0	8,0	11,2

Tabela 10 - Evolução dos valores de saturação por bases entre os anos de 2011 e 2012.

Teores de Saturação por bases no solo de 0 - 10 cm					
Faixa de interpretação*	%	2011		2012	
		ha	%	ha	%
Muito Baixo	≤ 45	0,0	0,0	0,0	0,0
Baixo	46 – 65	3,6	7,0	5,0	9,8
Médio	66 – 80	43,3	84,8	41,8	82,0
Alto	81 – 85	3,1	6,0	3,2	6,2
Muito Alto	≥ 85	1,1	2,2	1,0	1,9

*Comissão de química e fertilidade do solo – RS/SC (2004).

O mapa de prescrição de calcário (Figura 15) mostra que a aplicação variou de 0 a 3,5 toneladas/ha sendo que 2,71 ha do talhão que não receberam dose de correção, pois naquela região do mapa a saturação por bases estava acima de 80%.

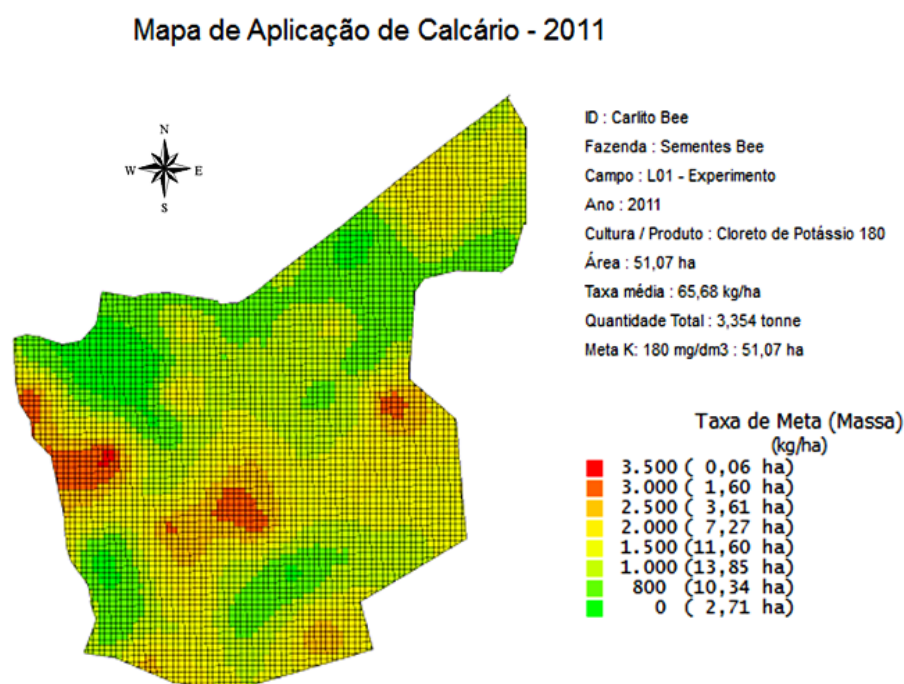


Figura 15 - Mapa de prescrição de calcário utilizado em 2011 para corrigir os teores de saturação por bases a 80%.

O valor máximo encontrado de SB baixou de 90% para 88% (Figura 16 e 17) e isso era esperado, pois a região que baixou foi justamente a mesma, onde não

recebeu calcário em 2011, mostrando que a amostragem foi eficiente em identificar este comportamento.

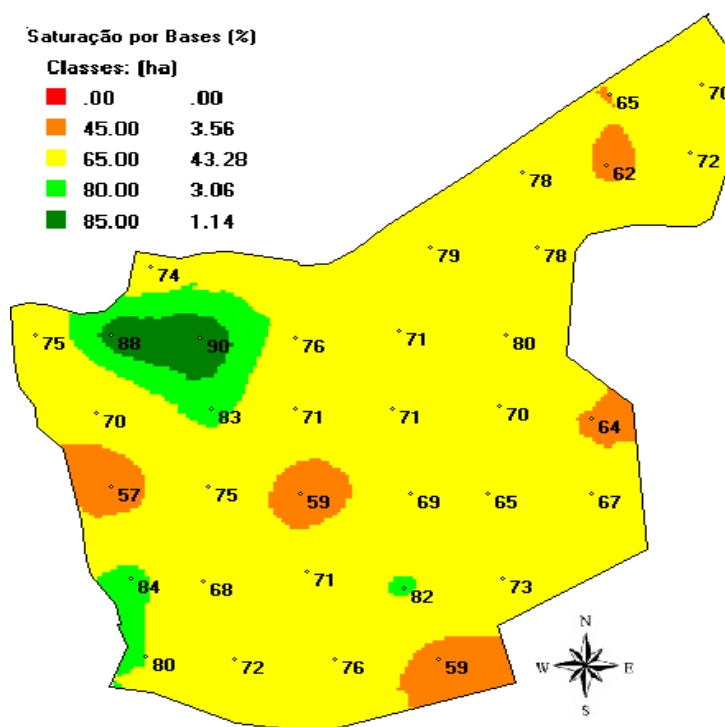


Figura 16 - Teores de saturação por bases para o ano de 2011 no município de Coxilha – RS.

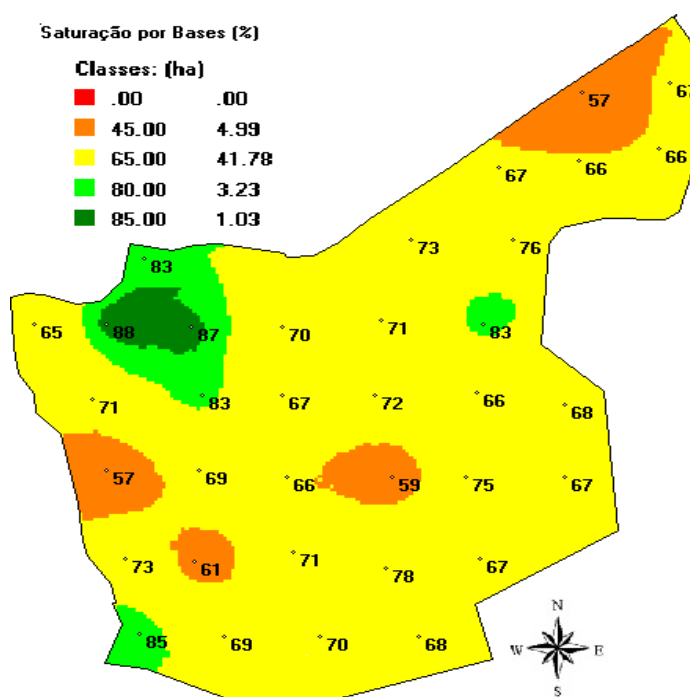


Figura 17 - Teores de saturação por bases para o ano de 2012 no município de Coxilha – RS.

Mesmo com a utilização de doses de calcário variando de 0 a 3,5 toneladas/ha, com o objetivo de elevar a SB para 80%, foi observado que a média dos valores de SB baixaram de 72,7% para 71% do talhão, isso pode ser explicado em função de que a aplicação da taxa variável de calcário foi feita em pré-plantio da soja no início do mês de novembro de 2011, e as amostragens de solo foram feitas novamente após a colheita da cultura da soja em maio de 2012. Estudando o tempo de reação no solo com doses diferentes de calcário no sistema de plantio direto, Caires (2000) encontrou máxima reatividade na camada de 0 a 0,1 m entre 12 a 28 meses após a aplicação.

Considerando que as re-amostragens foram realizadas após 6 meses da aplicação do calcário, e que neste período se observou uma estiagem prolongada na região, provavelmente boa parte do calcário não reagiu com o solo nesse período de tempo. Dessa forma, não foi possível observar incrementos nos teores de cálcio e magnésio, bem como os níveis de pH e saturação por bases.

1.5 CONCLUSÕES

A utilização da ferramenta agricultura de precisão para identificar variabilidade do solo foi eficiente para mostrar que existe grande variação entre os teores dos principais nutrientes avaliados.

As aplicações de fósforo e potássio em taxa variável foram eficientes para diminuir a variabilidade destes nutrientes no talhão, o mesmo não pode ser observado para o pH e saturação por bases com a utilização de calcário.

O fósforo foi o único nutriente que apresentou elevação dos níveis de fertilidade já para o potássio e a saturação por bases praticamente não houve alteração.

1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T. J. C. et al. Projeto Aquarius-Cotrijal: pólo de AP. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 91, p. 39- 47, 2006.

AURÉLIO, N. D. **Resposta de um monitor de produtividade com sensor ótico a variações de produtividade em arroz irrigado**. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, Santa Maria, 2011.

BELLE, G. L. **Agricultura de precisão: manejo da fertilidade com aplicação a taxa variada de fertilizantes e sua relação com a produtividade de culturas**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS, 2009.

BERG, M.V.D.; KLAMT, E. Variabilidade espacial de características de solos na região do planalto médio, RS : I. Análise da variância por amostragem aninhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21,n.21, p393-399,1997.

BOURENNANE, H.; NICOULLAUD, B.; COUTURIER, A.; KING, D. Exploring the Spatial Relationships Between Some Soil Properties and Wheat Yields in Two Soil Types. **Precision Agriculture**, v. 5, p. 521-536, 2004.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONCECA, A. F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.24, p161-169, 2000.

CAMBARDELLA, C.A.; KARLEN, D.L. Spatial analysis of soil fertility parameters. **Precision Agriculture**, Warwick, v.1, n.1, p. 5-14, 1999.

CARVALHO, J.R.; VIEIRA, S.R.; MARINHO, P.R.; DECHEN, S.C.F.; MARIA, I.C.; POTT, C.A.; DUFRANC, G. **Avaliação da variabilidade espacial de parâmetros físicos do solo sob semeadura direta em São Paulo – Brasil**. Campinas: EMBRAPA, 2001, p.1-4. (Comunicado Técnico).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3ª ed. Passo Fundo. SBCS – Núcleo Regional Sul: UFRGS, 2004. 400p.

CORÁ, J. E. **The pontential for site-specific management of soil corn yield variability induced by tillage**. East Lansing, MI. Tese de Doutorado apresentada a Michigan State University, USA. 104p. 1997.

DAMPNEY, P. M. R., MOORE, M. **Precision agriculture in England: Current practice and research-based advice to farmers**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4, 1998, St. Paul. Proceedings... Madison: American Society of Agronomy, 1999.

DAVIS, G.; Casady, W.; MASSEY, R. Agricultura de precisão: uma introdução. qualidade da água . **Universidade de Missouri-System**, 1998. p.8.

DELLAMEA, R. B. C. **Eficiência da Adubação a Taxa Variável em Áreas Manejadas com Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul** . 2008. 162 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria / RS.

DOBERMANN, A.; PING, J.L. Geostatistical integration of yield monitor data and remote sensing improves yield maps. **Agronomy Journal**, v.96, n.1, p.285-297, 2004.

DURIGON, R. – **Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura do arroz irrigado (*Oryza Sativa L.*)**. 2007 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

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

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006. 2ª Edição, 412 p.

GANDAH, M. et al. Dynamics of spatial variability of millet growth and yields at three sites in Niger, west Africa and implications for precision agriculture research. **Agricultural Systems**, Oxon, v. 63, n. 2, p. 123-140, Feb. 2000.

GIOTTO, E.; ROBAINA, A. D. A. **Agricultura de Precisão com o Sistema CR Campeiro 7**. Manual do usuário. Santa Maria: UFSM/ Centro de Ciências Rurais/Laboratório de Geomática/Departamento de Engenharia Rural, 2007. 319 p.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Ed. UNESP, 1998. 226 p.

LOWENBERG-DEBOER, J.; SWINTON, S.M. **Economics of site-specific management in agronomic crops**. W. Lafayette: Purdue University, 1995. 29p.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980.

MCBRATNEY, A.B.; WLEHAN, B.M. **The potencial for site-specific management of cotton farming systems**. Co-operative Research Centre for Sustainable Cotton production, 1995. 25p.

MANTOVANI, E. C.; COELHO, A. M.; MATOSO, M. J.; Agricultura de Precisão. In **Revista Agroanalysis** – Abril 2005.

MERCANTE, E.; OPAZO, M.A.U.; SOUZA, E.G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico

localizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.27, p.1149-1159, 2003.

MOLIN, J.P. Circuito Brasil de Agricultura de Precisão. Etapa Ponta Grossa, 13 e 14 de março de 2000, 34p.

MOLIN, J.P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.L. **Agricultura de Precisão**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 237-258, 2000.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: O autor, 2001. 83 p.

MOLIN, J.P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, n.22 p.83-92, 2002.

NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KENNEY, D. R. (Eds) *Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties*. Part 2. Madison: American Society of Agronomy, 1986.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 442 p.

NUNES, J.L.S. **Agricultura de Precisão**. Agrolink, 2013.

PIRES, J.L.F. CUNHA, G.R.; PASINATO, A.; FRANÇA, S.; RAMBO, L. Discutindo agricultura de precisão – aspectos gerais. Passo Fundo:Embrapa Trigo, 2004. 18p. html. (**Embrapa Trigo. Documentos Online; 42**).

QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P. & MANTOVANI, E.C. **Agricultura de precisão na produção de grãos**. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.;2000.

ROLOFF, G.; FOCHT, D. **Mapeamento dos atributos do solo – malha ou zona de manejo**. p. 104-114. In: BALASTREIRE, L.A *Avanços na Agricultura de Precisão do Brasil no período de 1999-2001*. Piracicaba: 2002.

SANTI, A. L; AMADO, T. J.C; FLORA, L. P. D; SMANIOTTO, R. F. F; É chegada a hora da integração do conhecimento In **Revista Plantio Direto**, edição 109, janeiro/fevereiro de 2009. Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, RS

SANTI, A. L. **Aprimoramento do manejo do solo utilizando as ferramentas da Agricultura de Precisão**. 2007. 210 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. ver. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222p.

TEDESCO, M. J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174 p. (**Boletim Técnico de Solos, 5**).

VALERIANO, M.M.; PRADO, H. Técnicas de geoprocessamento de amostragem para o mapeamento de atributos anisotrópicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 997-1005, 2001.

WARICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. p.319-344.

WALTERS, D. T.; GOESCH, J. E. Temporal and spatial variation in soil nitrate acquisition by Maize as influenced by nitrate depth distribution. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4, 1998, St. Paul-Minnesota. **Proceedings...** St. Paul: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, 1998. p.41-54.

WEBSTER, R.; OLIVER, M.A. **Statistical methods in soil and resource survey**. Oxford: Oxford University Press, 1990. 316 p.

CAPÍTULO 2: VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA SOJA APÓS APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES EM TAXA VARIÁVEL.

2.1 INTRODUÇÃO

Com a globalização os diversos setores que movimentam a economia estão se tornando mais eficientes para poder permanecer no mercado que está cada vez mais competitivo. Se considerarmos o setor agrícola podemos observar que este processo seguiu pelo mesmo caminho.

O avanço da informática, sensores eletrônicos, sistemas de posicionamento global e os sistemas de informação como um todo, têm possibilitado um aumento considerável no uso de tecnologia embarcada nas máquinas agrícolas. Desta maneira, esse conjunto de tecnologias está proporcionando à agricultura uma visão completamente diferente da propriedade, passando a não considerar somente uma unidade e sim transformando em várias propriedades dentro da mesma, todas com características peculiares.

As mudanças nas tecnologias do setor agrícola estão transformando o produtor rural em um empresário, permitindo um maior controle da propriedade. Isto é necessário para que se entenda que uma propriedade não é homogênea, deve-se tratar cada parte conforme a sua necessidade, fazendo com que o produtor tenha o conhecimento detalhado de cada talhão de sua área, buscando sempre reduzir custos e aumentar os patamares produtivos. Para Searcy (1995), a Agricultura de Precisão (AP) promoveu um novo significado à administração da produção agrícola, onde o campo passa a ser visto como uma somatória de pequenas subáreas, tratadas individualmente e consideradas as menores unidades gerenciais a fim de que a rentabilidade econômica de cada uma delas seja incrementada.

Nesse contexto, a utilização do conjunto de tecnologias conhecidas como AP deve ser vista como uma moderna técnica de gerenciamento das relações dos atributos do solo e o clima com as plantas em uma determinada área, fornecendo subsídios para o adequado aprimoramento do manejo e maximização da eficiência dos recursos produtivos, alicerçado no manejo localizado e no respeito à variabilidade existente no campo. Conforme Corá et al. (2004), um dos princípios da

AP é a aplicação de insumos à taxa variável, de acordo com a variabilidade espacial e temporal dos atributos químicos do solo e das culturas.

A utilização de ferramentas de AP permite uma valorização da variabilidade espacial dos atributos do solo e a possibilidade de manejá-la, visando aumentar a eficiência técnica e econômica do uso de insumos (SANTI et al, 2009). A aplicação de insumos a taxa variável basicamente tem por objetivo diminuir a desuniformidade dos níveis de fertilidade de um determinado talhão, sendo que para mensurar essa diminuição utiliza-se uma ferramenta disponível nas colhedoras, as quais são capazes de mensurar as variações de produtividade do mesmo. Este processo é automático, a partir de sensores instalados em colhedoras, capazes de definir com relativa precisão a quantidade de produto que está sendo colhida e a área onde foi produzida. Por ser automático, o processo permite que grande quantidade de dados sejam coletados. Com base nas informações contidas nesses mapas, são tomadas as decisões que envolvem o manejo localizado dessas áreas (SILVA et al, 2003). Neste sentido Milani et al. (2006) mostraram que o manejo localizado tendeu a apresentar produtividades mais homogêneas e superiores que o manejo uniforme.

Balastreire (1998) afirma que a geração de mapas de produtividade é a fase que apresenta maior facilidade de execução dentro do ciclo da AP. Devido à grande variedade de equipamentos e pesquisas realizadas, principalmente em colheita de cereais, tais como soja e milho, pode-se coletar grande quantidade de informações sobre uma área a um custo operacional acessível.

O mapa de colheita, em relação aos fatores de produção, é a informação mais completa para visualizar a variabilidade espacial das lavouras (Molin, 2002) e pode ser utilizada na investigação das causas da variação da produtividade das culturas sendo um recurso eficaz nas decisões sobre o manejo do solo (AMADO et al. 2007). Balastreire (1998) ressaltam a importância dos mapas de colheita na AP, pois além de servirem como fonte de informações para elaboração de um plano de recomendação, ainda permitem uma visualização detalhada das condições da área.

Para Molin (2002), na geração dos mapas de colheita há uma exigência de sofisticação para a obtenção dos parâmetros a serem levados em consideração na hora da tomada de decisão, pois o mapa é composto por um conjunto de pontos e cada ponto representa uma pequena parcela da lavoura. Sendo assim, estes pontos podem sofrer influência de alguns erros que podem ter maior ou menor influência na qualidade da informação como: defasagem de tempo desde o ponto de alimentação

até o sensor de produção, calibração do sensor, precisão do GPS, incerteza quanto à faixa de cultura entrando na plataforma e perda de grãos na plataforma. Por isso este processo requer cuidados e atenção na geração dos mapas de colheita.

Para minimizar os erros e ter uma informação mais coerente e confiável sobre a variabilidade espacial de produtividade das culturas, Lark et al. (1999) consideram que a análise de uma sequência de mapas de produtividade é uma forma de definir unidades de manejo em um talhão, associando-as aos atributos de solo. Uma das questões cruciais é número de mapas de colheita necessários para representar adequadamente as unidades de manejo. Lütticken (1999) afirmou que são necessários no mínimo dois a três anos de mapeamento da produtividade para conseguir informações relevantes sobre a variabilidade de produção. Mantovani (2005), estudando a produtividade de milho e soja durante três anos, encontrou resultados que corroboram para esta afirmação. Santi (2007), estudando a produtividade de soja, trigo e milho por seis safras, também verificou esta tendência. Já alguns autores sugerem que seria necessário até 10 anos de mapas para se ter uma informação coerente.

Mulla (1997) relacionou fertilidade com produtividade, dividindo um campo em alta, média e baixa produtividade, porém por ter comparado apenas dados de uma safra não conseguiu boas correlações entre fertilidade e produtividade.

Segundo Pontelli (2006), uma análise integrada entre mapas de solo e vários mapas de produtividade podem revelar importantes interações entre eles, exibindo relações com sub-regiões da lavoura possibilitando assim definir estratégias de manejo.

Trabalhos realizados numa lavoura de 57 hectares em Palmeira das Missões, RS, utilizando a ferramenta do mapa de produtividade, Amado et al. (2004) encontraram diferenças de rendimento de 25 a 70 sacos por hectare de soja e de 75 a 150 sacos por hectare de milho em uma área com fertilidade do solo considerada adequada para o desenvolvimento das culturas analisadas. Esse estudo demonstra a grande variabilidade de produção encontrada nesta área, a qual indica à necessidade de se levar em conta a variabilidade existente no manejo da área.

A ferramenta mapa de colheita já é uma realidade muito próxima no Brasil e principalmente no Rio Grande do Sul (RS). Inclusive o principal conceito de AP introduzido no Brasil foi por mapas de colheita. Entretanto, em função do elevado custo inicial e as dificuldades de obtenção de qualidade da informação gerada,

houve um pequeno crescimento da demanda técnica desta ferramenta. Quando bem manejada, é uma ferramenta fundamental para obtenções de informações do processo produtivo e intervenções localizadas de alto valor agregado.

Por ser uma técnica ainda recente no RS (em torno de 10 anos), a mesma ainda se encontra em uma fase de consolidação, necessitando de trabalhos que agrupem as informações já obtidas, classificando-as e comparando-as tecnicamente para uma melhor interpretação e tomada de decisão por parte dos produtores, técnicos e pesquisadores.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i) Avaliar o comportamento da produtividade utilizando técnicas de AP comparado com agricultura convencional;
- ii) Comparar as correlações entre as informações obtidas com os mapas de produtividade e os mapas de fertilidade;

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental utilizada foi a mesma descrita no capítulo 1.

Os dados de produtividade das safras para este estudo foram coletados a partir da safra agrícola 2004/05, constituindo-se o primeiro levantamento de produtividade do talhão, obedecendo ao procedimento estabelecido previamente, que é composto de conferência de todos os componentes envolvidos no monitoramento da colheita (GPS, monitor de colheita, sensores, calibração do sistema estático e dinâmico, monitoramento da umidade ao longo do período de colheita, alteração do fator de calibração da cultura). Desta forma, foram monitoradas as seguintes operações de colheita de soja: safra 2004/05, safra 2007/08, safra 2010/11, safra 2011/12 e safra 2012/13 constituindo assim, 5 mapas de colheita de soja, os quais foram relacionados com os principais atributos de fertilidade do solo.

Os arquivos de colheita foram gerados com colhedoras CASE IH com sistema EDGE (AG LEADER) e (PF 3000 Advanced), equipadas com sensores de

rendimento e umidade dos grãos, cartão para armazenamento de dados tipo PCMCIA e micro SD, com antena receptora de sinal com Sistema de Posicionamento Global. A tecnologia embarcada nessas colhedoras permite que o usuário registre e armazene, em um determinado intervalo de tempo, a posição (latitude, longitude e altitude) da máquina e a quantidade de produção por unidade de área. Para a aferição dos sensores do sistema, foram utilizados equipamentos que mensuravam o peso, umidade e impurezas na sede da propriedade quando recebia a produção.

A cada nova colheita o operador tem que fazer a abertura de um “novo” trabalho gravado no cartão de dados que, posteriormente, fornece informações sobre a área colhida, rendimento acumulado, tempo gasto, etc. Assim, com a utilização destes procedimentos foi possível obter mapas de produtividade confiáveis, pois os valores foram comparados entre a colhedora e a balança.

Para se obter bons resultados dos mapas de colheita e que sejam confiáveis é necessário fazer uma filtragem dos dados que são retirados do monitor da colhedora, eliminando possíveis valores incoerentes com a realidade bem como possíveis erros do sistema da máquina. Moore (1998) cita que uma colhedora demora em torno de 36 segundos para estabilizar o fluxo de grãos que estão passando pelo sistema de sensores da máquina. Por isso é importante que estes dados sejam retirados na filtragem, pois não representam a realidade da produtividade daquela área do talhão.

Para Menegatti (2002) devem ser retirados pontos com coordenada nula ou repetidas que podem ocorrer devido a algum deslocamento do posicionamento do GPS da colhedora. Outro motivo que pode gerar erro de dados a ser considerado, é que durante o deslocamento da colhedora existe a coleta de um grande número de dados num curto espaço de tempo, e por algum motivo a colhedora estiver com deslocamento lento no talhão o GPS pode não identificar esse movimento e dessa forma não identifica o novo posicionamento da colhedora e acaba registrando a informação errada.

Avaliando mapas de colheita Santi (2007) encontrou valores de produtividade improváveis pelo seu alto valor, quando comparado com os pontos sequenciais, por isso estes valores também devem ser eliminados do mapa para não gerar possíveis interpretações erradas. O autor cita também que devemos retirar os dados

registrados nas manobras de cabeceira, pois os mesmos não registram a produção real daquele local.

No ano de 2011, o talhão em estudo recebeu uma intervenção em taxa variável de fósforo, potássio e calcário, afim de corrigir e equilibrar os níveis de nutrientes do solo seguindo os parâmetros de recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004).

Para avaliar os possíveis efeitos da aplicação em taxa variável no reflexo da produtividade, os dados de colheita da safra de 2011/12, foram coletados com a configuração de armazenamento pela largura da plataforma 7,2 metros (m).

Desta maneira, a quantidade de dados brutos foi transferida para o microcomputador, através do cartão de dados PCMCIA e micro SD. Os dados de colheita das áreas foram submetidos a um processo de filtragem, a fim de identificar e eliminar eventuais erros, como proposto por Menegatti (2002). Com auxílio do *software* CR-Campeiro 7, sistema agropecuário desenvolvido pelo Setor de Geomática do Departamento de Engenharia Rural da UFSM (Giotto & Robaina, 2007), as áreas foram divididas em quadrículas (células) com dimensões de 15 x 15 m.

Após a realização da filtragem dos dados de colheita, foram gerados modelos digitais de colheita de cada uma das safras agrícolas, onde os atributos de fertilidade do solo e a produtividade da área puderam ser comparados entre si.

Para a determinação de zonas de potencial produtivo, foi utilizada uma metodologia que possibilita o agrupamento de quadrículas com o mesmo valor, ao longo de 3 safras agrícolas, proposta por Molin (2002), porém com quadrícula de 15 x 15 m (Figura 18), através dos seguintes critérios:

- Produtividade alta e consistente: produtividade do ponto acima de 105% da média do talhão e coeficiente de variação menor que 30%.
- Produtividade média e consistente: produtividade do ponto entre 95% e 105% da média do talhão e coeficiente de variação menor que 30%.
- Produtividade baixa e consistente: produtividade do ponto abaixo de 95% da média do talhão e coeficiente de variação menor que 30%.

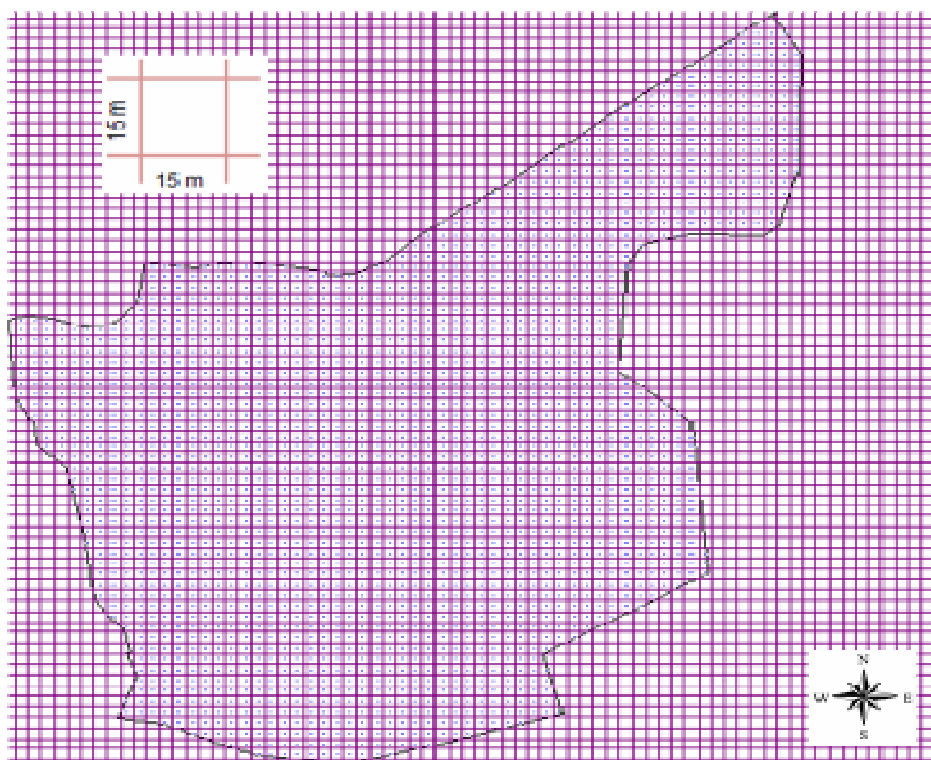


Figura 18 - Grade com células de 15x15 metros utilizada para fazer o cálculo da média pontual da produtividade de grãos de soja em Coxilha – RS.

Segundo Molin (2002), a utilização deste critério além de concentrar pontos da mesma classe permite que possamos delimitar unidades produtivas distintas.

Para a comparação entre fertilidade e produtividade do ano de 2012 foi utilizada uma metodologia disponível no programa chamado análise por célula que utiliza a média de produtividade ao redor do ponto da grade amostral, baseada nos pontos existentes num raio de 35 metros ao redor do ponto. Assim é possível comparar a produtividade de diferentes anos bem como comparar produtividade com atributos de solo.

Para a interpolação dos mapas foi utilizado o interpolador krigagem e posteriormente os atributos foram comparados entre si por estatística descritiva e ponto-a-ponto em um raio de 35 metros através das correlações de Pearson, que é uma medida do grau de relacionamento entre duas variáveis. Para Cohen (1988) valores encontrados entre 0,10 e 0,29 tem como classificação (pequeno) ou fraco, valores entre 0,30 e 0,49 tem como classificação (médio) ou moderado e valores entre 0,50 e 1 podem ser classificados como (grande) ou forte, para dependência espacial.

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando o contorno da área experimental na imagem do *Google Earth* (Figura 19) é possível perceber na região oeste do mapa, que no ano de 2005, ainda não existia lavoura sendo cultivada.

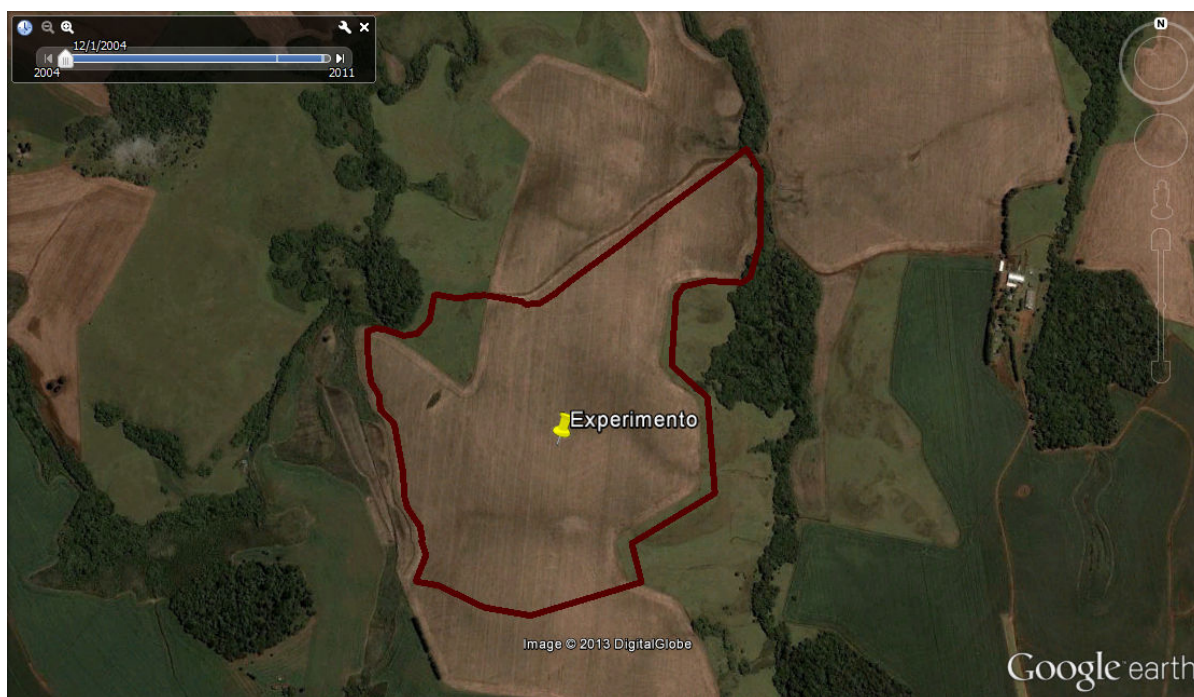


Figura 19 - Imagem da área experimental no ano de 2004 em Coxilha/RS.

Fonte: Google earth – Agosto de 2013

Quando observamos a Figura 20, após a filtragem dos dados, é possível perceber que na safra 2004/05 nas porções oeste e nordeste do mapa a colhedora não registrou dados. No primeiro caso, por ainda não existir lavoura naquela parte do talhão, já na região nordeste, pode ter ocorrido uma falha no registro do monitor, porém é possível perceber uma tendência clara de baixa produtividade em toda aquela região. No mapa de produtividade da safra 2004/05 devido ao déficit hídrico ocorrido neste ano também é possível perceber, com certa clareza, as regiões convergentes do talhão em relação ao relevo do solo, a qual pela característica de escoar a água da chuva no sentido norte/sul do mapa, o solo possivelmente conseguiu acumular mais água naquelas regiões e por consequência foram as regiões mais produtivas para este ano. Observando o mapa da safra 2011/12 é

possível identificar as mesmas regiões, porém o efeito se apresenta com menor severidade.

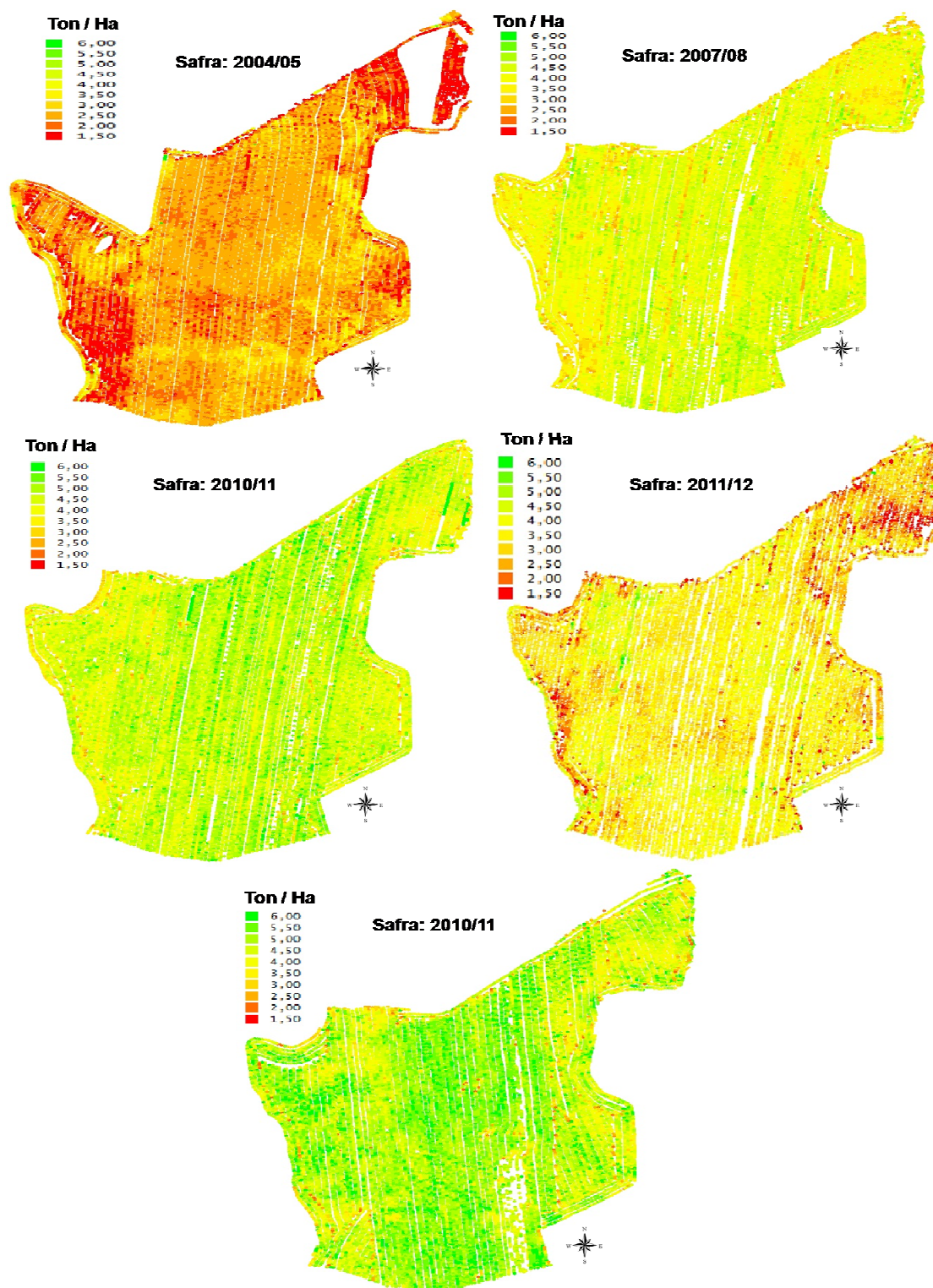


Figura 20 - Espacialização horizontal dos pontos de colheita após a filtragem dos dados das culturas do soja para as safras 2004/05, 2007/08, 2010/11, 2011/12 e 2012/13 em Coxilha - RS.

Para Coelho (2003), quando existir grande variabilidade de produção numa cultura é importante quantificar a estrutura dessa variabilidade espacial, pois se esta não apresentar uma estrutura espacial possível de ser manejada, a estimativa a ser considerada que melhor representa o talhão é a média, usando assim princípios de agricultura convencional com manejo uniforme. Porém, quando for possível identificar uma estrutura espacial e temporal dentro de um talhão por uma sequência de anos, será possível definir zonas de manejo a serem trabalhadas, utilizando como ferramenta os mapas de produtividade.

Observando a Figura 21, é possível perceber, que existe uma evolução das produtividades médias deste talhão, principalmente quando excluimos desta relação os mapas das safras de 2004/05 e 2011/12 que sofreram influência da estiagem ocorrida nestes dois anos e passamos a observarmos os mapas de 2007/08, 2010/11 e 2012/13.

A colheita da safra 2012/13 foi a que apresentou maior média de produtividade, isso pode ser explicado por dois motivos: primeiro porque praticamente não houve déficit hídrico neste ano, e segundo, é que em função do solo estar melhor corrigido ou com menor variabilidade de fertilidade principalmente para o atributo fósforo (Capítulo 1), a cultura da soja para este ano expressou melhor seu potencial.

Na região nordeste do talhão é possível identificar visualmente, um comportamento de produtividade abaixo da média praticamente em todos os anos avaliados. Quando observamos a região sul do talhão, é possível perceber um comportamento oposto, pois nesta porção do talhão, temos produtividade acima da média em todos os anos avaliados.

Observando os mapas de 2005 e 2012, é possível identificar áreas com similaridade tanto nas áreas de alta, como nas de média e baixa na classificação da produtividade. A explicação para isso é que estas duas safras tiveram histórico de estiagem durante o desenvolvimento da cultura, desta forma o fator mais determinante para a variabilidade de produção se comportar da mesma maneira foi à disponibilidade hídrica.

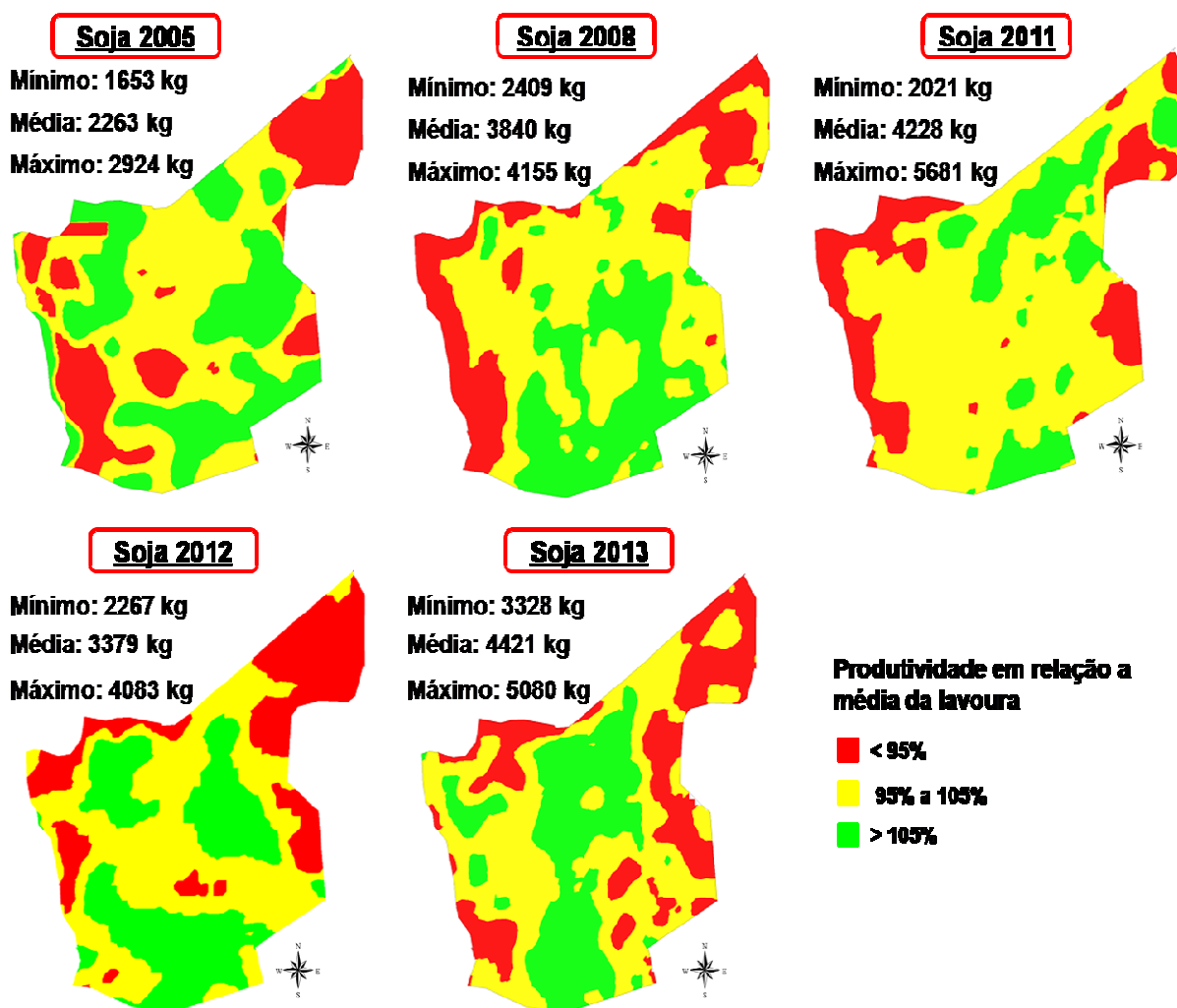


Figura 21 - Variabilidade horizontal da produtividade da cultura da soja em cinco safras em relação à média da lavoura em Coxilha – RS.

Para a safra de 2012 (Figura 22) é possível visualizar os meses de baixo regime pluviométrico para a região se concentrando este déficit hídrico nos meses de março, abril, e maio justamente os meses que compreendem enchimento de grãos e encerramento do ciclo da cultura, afetando a produtividade. O efeito da baixa disponibilidade hídrica pode ser comprovado também quando se analisa a média produzida em ambos os anos, que foram as menores dentre os 5 anos analisados.

A safra com maior média de produtividade foi 2013 com 4421,0 kg ha⁻¹ isso pode estar atrelado ao regime das chuvas encontrado durante o desenvolvimento da cultura, que em praticamente todos os meses foi bem distribuída, principalmente nos meses de fevereiro e março que são os meses de maior demanda hídrica pela

cultura, e também à melhoria dos níveis de fósforo deste talhão, observadas nos mapas de fertilidade dos anos de 2011 e 2012 (Figura 23).

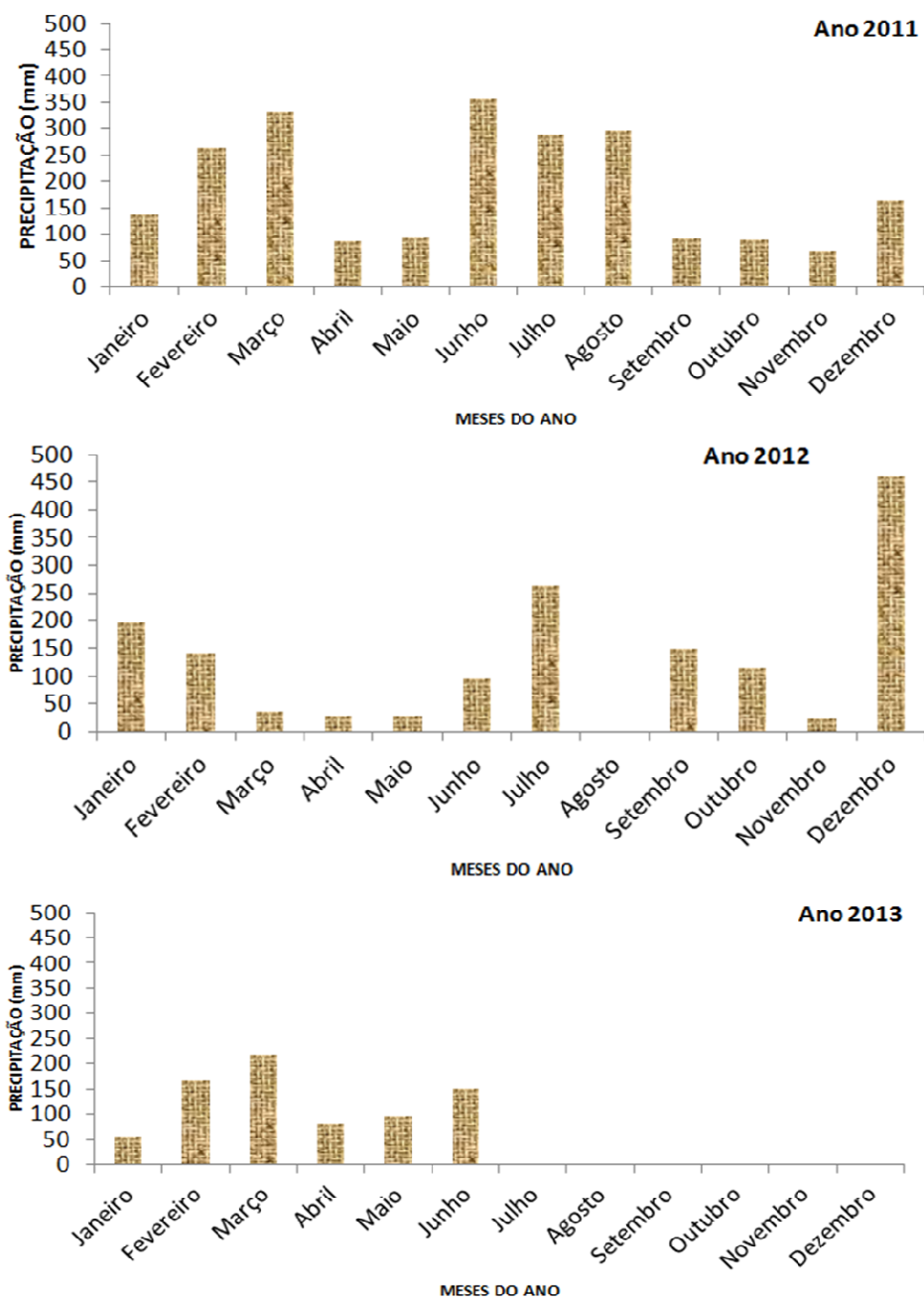


Figura 22 - Precipitação (mm) registrada de janeiro de 2011 a junho de 2013 em Coxilha – RS.

Fonte: José Carlos Bee

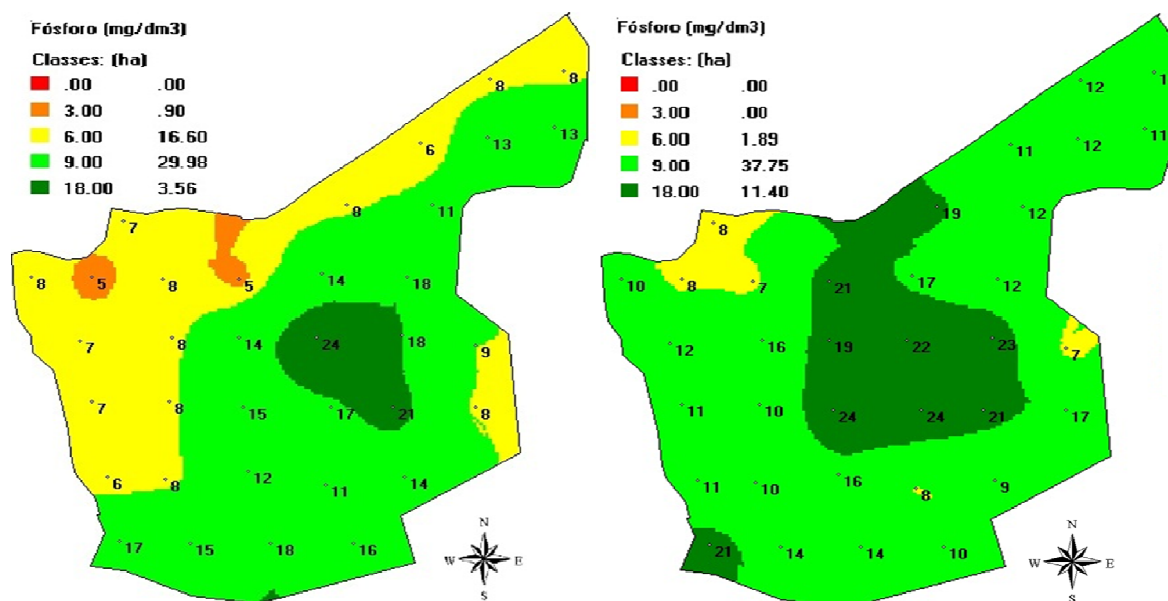


Figura 23 - Mapas de teores de fósforo para os anos de 2011 (A) e 2012 (B) no município de Coxilha – RS.

Analisando as produtividades em relação a faixa de classificação baixa (Figura 24) a produção mínima encontrada nos anos estudados foi em 2005 com $1653,0 \text{ kg ha}^{-1}$ que é 18,2% inferior ao segundo menor rendimento encontrado no ano de 2011 que foi de $2021,0 \text{ kg ha}^{-1}$ e 50,4% menor que a produtividade mínima de 2013 que foi de $3328,0 \text{ kg ha}^{-1}$ sendo que este é o valor mais alto encontrado na classificação baixo para todos os anos. No ano de 2005, também é possível observar que 12,02 ha ficaram na classe baixo de produção, 16,39 ha na classe alto e 22,64 ha na classe médio.

Quando comparamos a produção de 2005 com 2008 que foi um ano de regime hídrico normal, a área que se encontrou na classe médio foi 12,8% maior, pois aumentou para 25,97 ha.

O valor máximo produzido foi de $5681,0 \text{ kg ha}^{-1}$ no ano de 2011, sendo 10,6% superior que o segundo maior teto produtivo e 48,6% mais alto que o teto produtivo encontrado em 2005 que foi de $2924,0 \text{ kg ha}^{-1}$, demonstrando assim, o potencial da cultura.

Em 2011, foi encontrada a maior estabilidade e menor variabilidade de produção nos anos estudados, concentrando a maior parte da área na mesma classificação. Foi encontrado no talhão 32,95 ha ou 64,5% da área na classe médio variando a maioria dos pontos de colheita entre $4017,0 \text{ kg ha}^{-1}$ até $4440,0 \text{ kg ha}^{-1}$. Já para a classe baixo ficaram apenas 9,43 ha ou 18,5% da área, com os pontos

variando entre 2021,0 kg ha⁻¹ e 4017,0 kg ha⁻¹. E para a classe alto ficou 8,67 ha ou 16,9% variando entre 4440,0 kg ha⁻¹ e 5681,0 kg ha⁻¹.

Observando os anos de 2012 e 2013 é possível perceber que o número de hectares encontrados em cada classe praticamente não se alterou. Na classe baixo, havia 23,7% do talhão passando para 25,3%, na classe médio havia 45,1% passando para 45,3% e na classe alto havia 31,1% passando para 29,3%, mostrando que continua existindo variabilidade no talhão. Porém, observando as produtividades mínima, máxima e média para estes dois anos, percebemos que o mínimo produzido no ano de 2013 foi de 31,8 % ou 1061,0 kg ha⁻¹ a mais que no ano anterior. Já para a o valor máximo tivemos uma produção de 19,6% ou 997,0 kg ha⁻¹ a mais por ha, e a média produzida foi 23,5% superior gerando assim 1042,0 kg ha⁻¹ a mais de produtividade média de soja por hectare no ano de 2013 (Figura 21).

Em função disso é possível observar que em anos de estiagem o efeito da queda de rendimento é mais pronunciado e se agrava nas regiões de classificação baixo. Resultados semelhantes deste comportamento foram encontrados por Santi (2007) quando estudou a correlação de seis mapas de colheita na região de Palmeira das Missões-RS.

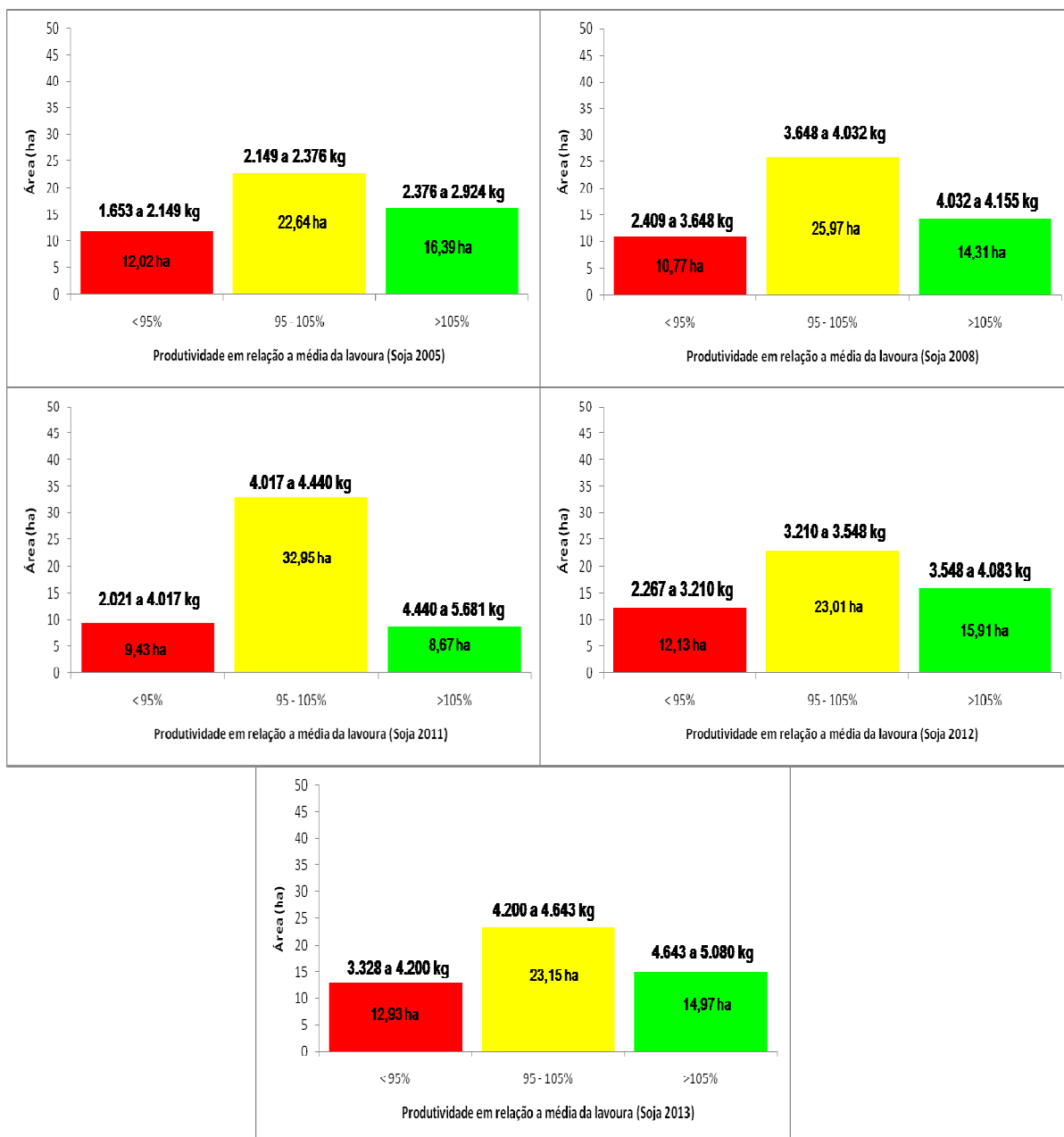


Figura 24 - Verticalização da produtividade da cultura da soja em cinco safras em relação à média da lavoura em Coxilha – RS.

Analisando os resultados encontrados das correlações entre os principais atributos de fertilidade do solo no ano de 2011 (Capítulo 1) com a produtividade (Tabela 11 e Figura 25), podemos observar que praticamente todos os nutrientes tiveram correlação negativa com a produtividade e se mantiveram na classificação baixo, salvo o fósforo (P) e o enxofre (S) que tiveram correlação positiva. Assim é possível verificar que a variabilidade de fertilidade para a safra 2010/11, praticamente não teve influência na variabilidade de produção na cultura da soja. É

válido salientar que o mapa de produtividade deste ano foi o que teve a menor variabilidade de produção (Figura 21). A baixa correlação com a maioria dos principais nutrientes também pode ser explicada pelo fato de que nos meses de enchimento dos grãos (fevereiro e março) a cultura necessita de maior demanda hídrica e nutricional, o regime de chuvas foi acima da média para a região, (Figura 22), minimizando qualquer possível efeito da variabilidade química do solo.

O nutriente que teve a correlação mais negativa foi o potássio, porém ficou na classificação baixo com -0,250. Isso aconteceu possivelmente por que este nutriente se encontrava em níveis alto e muito alto em todo talhão em 2011 (Capítulo 1), em função disso o mesmo estava com boa disponibilidade para a absorção pelas culturas, e a variabilidade encontrada no solo praticamente não expressou influência na variabilidade de produção.

Tabela 11 - Correlação entre produtividade e fertilidade para o ano de 2011 em Coxilha – RS.

	Produtividade	Argila	pH	P	K	MO	Ca	Mg	CTC pH 7,0	Saturação de Bases	Saturação de Alumínio	Enxofre
Produtividade	1											
Argila	-0,046	1										
pH	-0,025	-0,340	1									
P	0,031	0,032	-0,400	1								
K	-0,250	-0,298	0,242	-0,031	1							
MO	-0,047	-0,373	-0,077	0,509	-0,021	1						
Ca	-0,157	-0,373	-0,748	0,011	0,277	0,225	1					
Mg	-0,178	-0,350	0,686	-0,399	0,471	-0,125	0,698	1				
CTC pH 7,0	-0,229	-0,370	0,413	0,112	0,451	0,147	0,803	0,790	1			
SB	-0,074	-0,277	0,924	-0,325	0,238	0,022	0,871	0,724	0,533	1		
SA	-0,136	0,199	-0,732	0,239	-0,108	-0,117	-0,689	-0,438	-0,311	0,815	1	
Enxofre	0,300	0,059	-0,204	0,014	-0,320	0,151	-0,462	-0,427	-0,557	-0,334	0,154	1

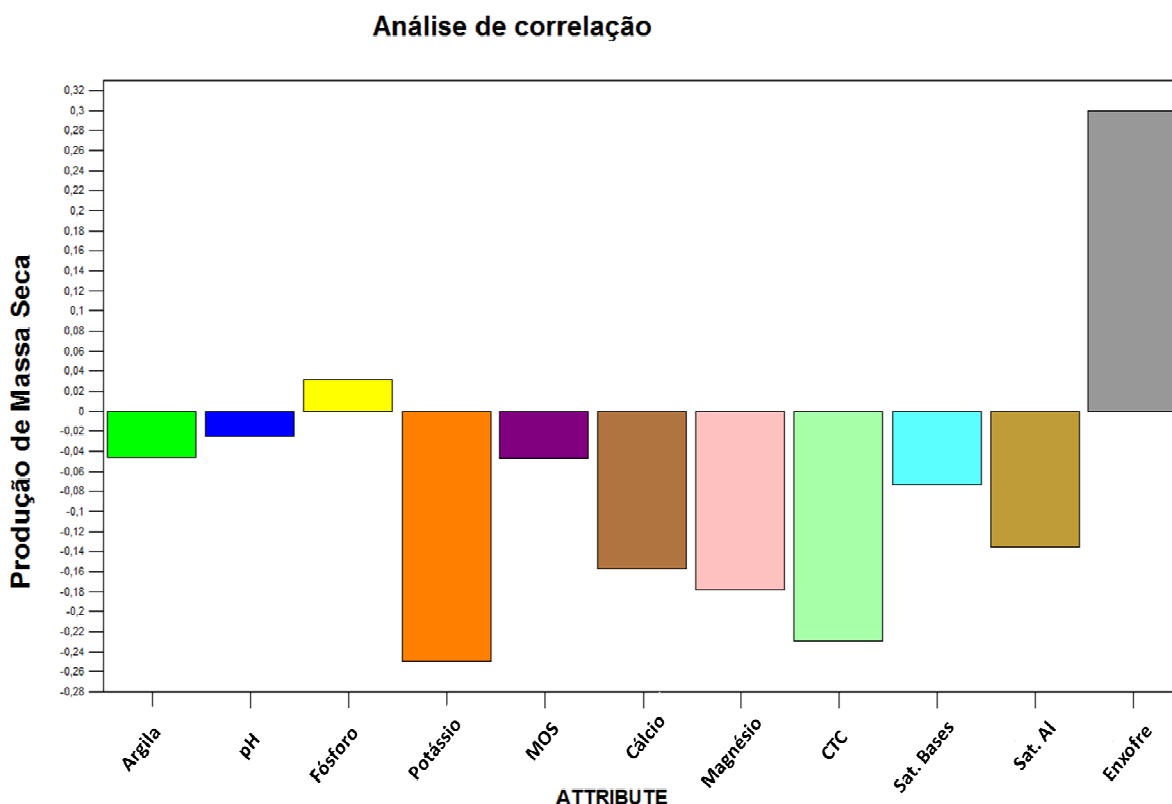


Figura 25 - Gráfico da correlação entre produtividade e fertilidade para o ano de 2011 em Coxilha – RS.

Após a colheita da safra 2010/11 foram feitas as amostragens de solo em forma de grid amostral (Capítulo 1,) a fim de identificar a variabilidade dos principais atributos químicos do talhão e posteriormente gerar mapas de prescrição de fósforo (P), potássio (K) e calcário seguindo a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004).

As intervenções em taxa variável de P e K foram realizadas no inverno de 2011, antes da semeadura da cultura do trigo, e após a colheita do trigo foram realizadas as intervenções de calcário em pré-plantio da safra de soja 2011/12, sendo que esta ordem cronológica e de aplicação foram definidos pelo produtor por motivos operacionais da fazenda. É possível observar na Tabela 12 e Figura 26 que a correlação entre produtividade e fertilidade para a maioria dos nutrientes do solo passaram a ser positivas com a produtividade a partir da safra 2011/12. Um comportamento semelhante pode ser observado quando correlacionado a produtividade da safra 2012/13 de soja com a fertilidade encontrada no ano de 2012 (Tabela 13 e Figura 27).

O fósforo foi o nutriente que teve maior correlação com a produtividade para os dois anos após as aplicações a taxa variável chegando a 0,447 em 2012 (classificação é médio) e 0,529 em 2013 (classificação alto), mostrando que após o aumento dos níveis de P no solo o mesmo passou a ser o nutriente que mais teve influência na produtividade de soja do talhão. Para Amado, (2007) o fósforo, por ser o nutriente responsável pelas divisões celulares da planta ele garante maior retenção de flores e vagens, por isso possui grande capacidade de gerar incrementos de produtividade nesta cultura.

A saturação por bases ficou com a segunda maior correlação com produtividade para o ano de 2012 com 0,434 (médio) e com a terceira em 2013 com 0,290 (baixo). Esses valores de correlação para os dois anos mostram a importância do solo estar corrigido com calcário e bem equilibrado. Nessas circunstâncias é possível aumentar o potencial produtivo da cultura implantada.

Para o potássio, manteve-se a mesma tendência de correlação negativa encontrada no ano de 2011. Além disso, foi o nutriente que teve maior correlação negativa com a produtividade nos dois anos, pois em 2012 encontrava-se com -0,166 (baixo) passando a -0,314 (médio) no ano de 2013.

As correlações encontradas entre a produtividade e a matéria orgânica (MO) tiveram uma evolução de 0,169 (baixo) em 2012 para 0,304 (médio) na safra de 2013. Este aumento da correlação também pode estar relacionado com o maior regime hídrico observado no ano de 2013 com relação a 2012, fazendo com que a mineralização de alguns nutrientes ocorra em maior intensidade e conseqüentemente aumente a disponibilidade dos mesmos para as plantas. Segundo Ross et al., (1995) a MO pode ser considerada uma fonte potencial de P para as plantas por causa da ciclagem biológica em que microorganismos e raízes podem mineralizar o fósforo orgânico, e assim potencializa a resposta em produção das culturas.

Para o restante dos atributos de fertilidade avaliados, as correlações com a produtividade ficaram na classificação baixo, portanto não tiveram influência significativa na produtividade para as duas safras.

Tabela 12 - Correlação entre produtividade e fertilidade para o ano de 2012 em Coxilha - RS

	Produtividade	Argila	pH	P	K	MO	Ca	Mg	CTC pH 7,0	Saturação de Bases	Saturação de Alumínio	Enxofre
Produtividade	1											
Argila	0,009	1										
pH	0,061	-0,440	1									
P	0,447	0,296	-0,289	1								
K	-0,166	-0,044	0,118	-0,137	1							
MO	0,169	0,125	-0,320	0,279	0,181	1						
Ca	-0,035	0,425	-0,886	0,346	-0,255	0,279	1					
Mg	0,304	-0,434	0,844	0,018	0,163	-0,258	-0,679	1				
CTC pH 7,0	0,253	-0,455	0,670	-0,029	0,315	-0,035	-0,580	0,756	1			
SB	0,434	-0,477	0,587	0,243	0,231	0,009	-0,444	0,874	0,854	1		
SA	0,120	-0,376	0,929	-0,211	0,222	-0,366	-0,831	0,925	0,720	0,682	1	
Enxofre	-0,140	-0,349	-0,035	-0,400	-0,049	-0,187	0,070	-0,051	0,026	-0,022	-0,016	1

Análise de correlação

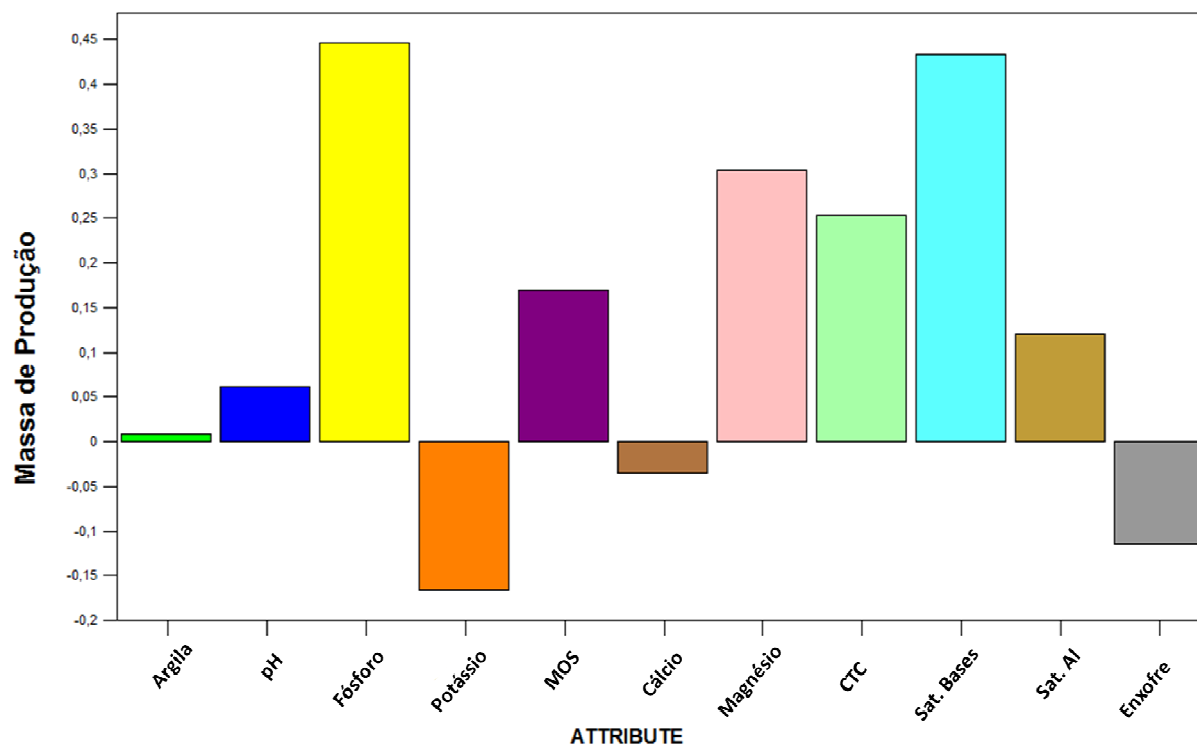


Figura 26 - Gráfico da correlação entre produtividade e fertilidade para o ano de 2012 em Coxilha - RS.

Tabela 13 - Correlação entre produtividade de 2013 e fertilidade de 2012 em Coxilha – RS.

	Produtividade	Argila	pH	P	K	MO	Ca	Mg	CTC pH 7,0	Saturação de Bases	Saturação de Alumínio	Enxofre
Produtividade	1											
Argila	-0,163	1										
pH	-0,025	-0,478	1									
P	0,529	0,229	-0,253	1								
K	-0,314	-0,120	0,277	-0,244	1							
MO	0,304	0,090	-0,174	0,230	0,052	1						
Ca	0,004	0,462	-0,882	0,347	-0,337	0,188	1					
Mg	0,081	-0,481	0,855	0,038	0,244	-0,187	-0,655	1				
CTC pH 7,0	0,169	-0,525	0,708	-0,055	0,451	0,022	-0,590	0,738	1			
SB	0,290	-0,537	0,651	0,250	0,275	0,025	-0,460	0,888	0,845	1		
SA	-0,082	-0,417	0,927	-0,215	0,362	-0,270	-0,808	0,920	0,699	0,699	1	
Enxofre	-0,164	-0,125	-0,225	-0,364	0,079	-0,157	0,194	-0,242	-0,118	-0,205	-0,193	1

Análise de correlação

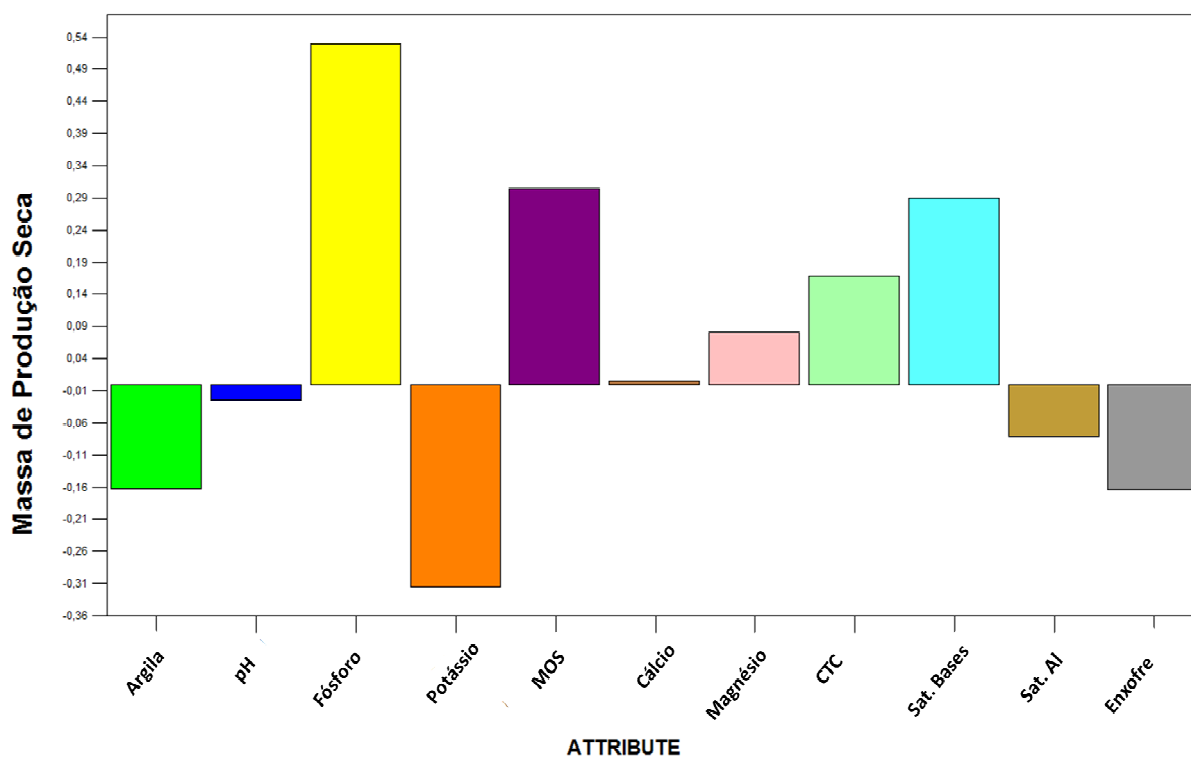


Figura 27 - Gráfico da correlação entre produtividade de 2013 e fertilidade do ano de 2012 em Coxilha – RS.

Analisando a sobreposição dos 5 mapas de produtividade (Figura 28) podemos observar que foi possível definir quatro regiões com estabilidade e consistência nos dados coletados, possibilitando assim uma separação visual das regiões que podem ser manejadas em função da produtividade encontrada ao longo de várias safras.

Quando observamos o gráfico é possível perceber que na interação dos cinco mapas 15,96% da área ficou com valores consistentes e baixos, 56,82% ficou com valores médios e 27,20% ficou com valores altos.

Resultados similares foram encontrados por Pontelli (2006) estudando a sobreposição de mapas de produtividade numa área em Palmeira das Missões-RS e por Santi (2007) estudando uma área no município de Não – Me – Toque-RS.

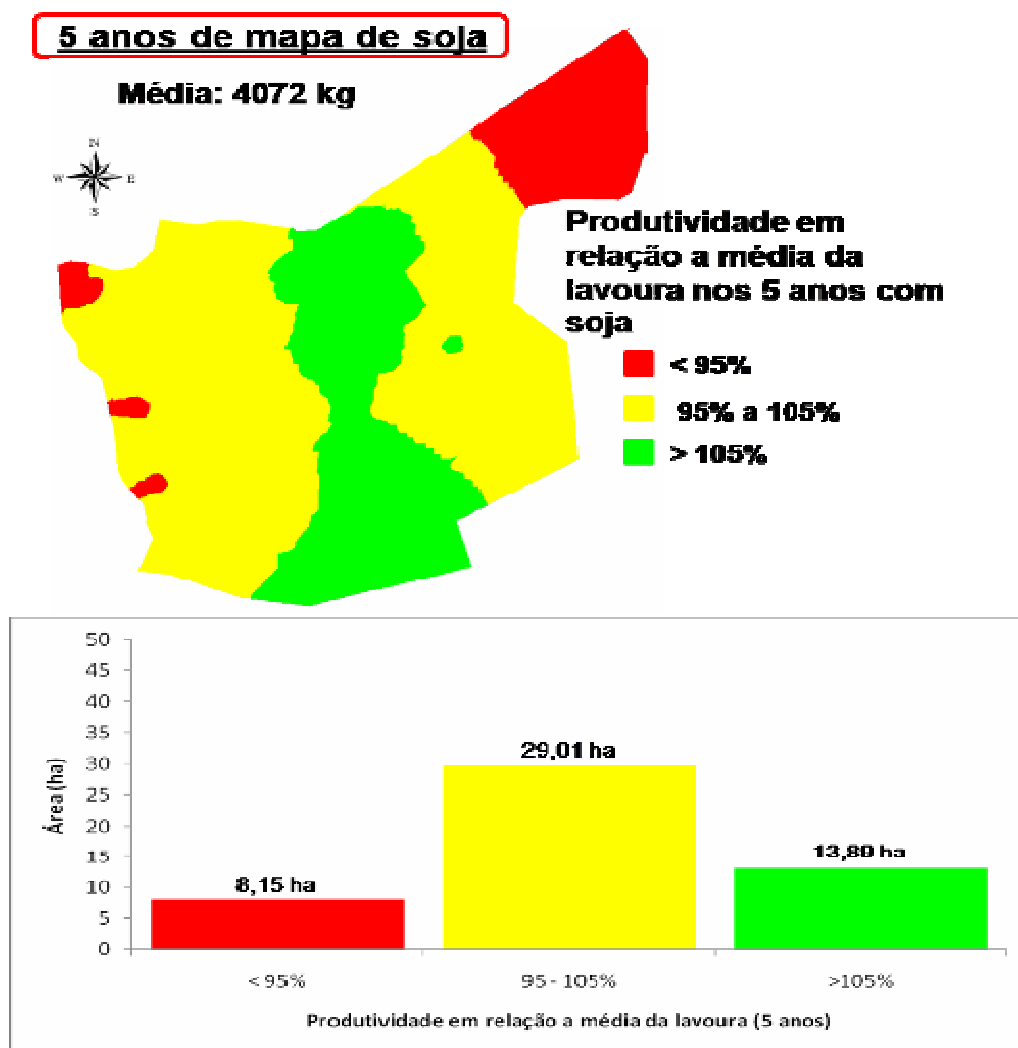


Figura 28 - Variabilidade horizontal temporal e verticalização da produtividade em relação a média da lavoura segundo metodologia proposta por Molin (2002) considerando a sobreposição de cinco mapas em Coxilha - RS

Neste sentido cabe afirmar que para fazer um bom uso da tecnologia de mapas de produtividade todas as pessoas envolvidas devem estar sempre atentas as particularidades que esta ferramenta possui, iniciando na calibração das colhedoras no campo, a coleta dos dados do monitor, a filtragem dos dados até a estruturação final dos mapas, tudo isso exige conhecimento técnico e também treinamento dos operadores nas propriedades.

A ferramenta, popularmente conhecida por mapa de colheita, tem aumentado significativamente sua utilização no campo por motivos relativamente simples: um deles é pela pressão da indústria de máquinas agrícolas que tem investido pesado em tecnologia embarcada nos seus produtos; e o segundo fica por conta dos produtores, que em função da demanda em produzir mais alimentos, estão sendo forçados a produzir mais por unidade de área cultivada.

3.5 CONCLUSÕES

Foi possível definir zonas de produtividade estáveis e distintas utilizando a técnica de sobreposição de uma sequência de cinco mapas de produtividade na cultura da soja podendo assim ser feitas recomendações exclusivas para cada região do talhão.

As aplicações dos principais nutrientes em taxa variável proporcionou um aumento das correlações positivas entre produtividade e fertilidade, porém não refletindo em incremento de produtividade em função de déficit hídrico. No segundo ano após as correções, observou-se aumento de produtividade demonstrando assim que, o efeito perdura por vários anos.

As maiores correlações positivas entre os atributos de fertilidade e produtividade foram encontradas para o fósforo, matéria orgânica e saturação por bases.

2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T.J.C.; SANTI, L.A.; VEZANI, F. Agricultura de precisão como ferramenta de aprimoramento do manejo do solo. **Revista Plantio Direto**. Ed. Aldeia Norte, Passo Fundo, RS. 2004.

AMADO, T.J.C.; PONTELLI, C.B.; SANTI, A.L.; VIANA, J.H.M.; SULZBACH, L.A.S. **Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema de plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.42, n.8, p.1101-1110, 2007.

BALASTREIRE, L. A. Estudo de caso, uma pesquisa brasileira em agricultura de precisão, In: SILVA, F. M.; BORGES, P. H. de M. **Mecanização e agricultura de precisão**. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.203-32

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale, NJ, Erlbaum.1988.

COELHO, A.M. Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. In: **Tópicos em Ciência do Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. v.3, p.249, 2003.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBSC – Núcleo Regional Sul: UFRGS, 2004. 400p.

CORÁ, J.E.; ARAUJO, A.V.; PEREIRA, G.T.; BERALDO, J.M.G. **Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-deaçúcar**. R. Bras. Ci. Solo, v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 2ª Edição, 412 p.

GIOTTO, E.; ROBAINA, A. D. A. **Agricultura de Precisão com o Sistema CR Campeiro 7**. Manual do usuário. Santa Maria: UFSM/ Centro de Ciências Rurais/Laboratório de Geomática/Departamento de Engenharia Rural, 2007. 319 p.

LARK, R.M.; BOLAN, H.C.; MAYR, T.; BRADLEY, R.I.; BURTON, R.G.O.; DAMPNEY, P.M.R. Analysis of yield maps in support of field investigation of soil variation. In: **European Conference on Precision Agriculture**, 2., Odense, Dinamarca, Proceedings, p.151-162, 1999.

LÜTTICKEN, R.E. Implementation of precision fertilizing concepts on practical farms in Western Germany. In: **International Conference on Precision Agriculture**, 4., St. Paul, Estados Unidos, Proceedings, part A, p.859-867, 1999.

MANTOVANI, E. C.; COELHO, A. M.; MATOSO, M. J.; Agricultura de Precisão. In **Revista Agroanalysis** – Abril 2005

MENEGATTI, L. A. A. **Metodologia para identificação, caracterização e remoção de erros em mapas de produtividade**. Piracicaba, 2002, 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba.

MILANI, L.; SOUZA, E.G.; OPAZO, M.A.U.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J.A.; PEREIRA, J.O. **Unidades de manejo a partir de dados de produtividade**. Acta Sci. Agron., Maringá, n.28, p.591-598, 2006.

MOORE, M. **An investigation into the accuracy of yield maps and their subsequent use in crop management**. 379p. 1998. Thesis (Doctorate) - Silsoe College, Cranfield University, Warwick, 1998.

MOLIN, J.P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, n.22 p.83-92, 2002.

MULLA, D. J. & J. S. SCHEPERS. 1997. Key processes and properties for site-specific soil and crop management. p. 1-18. In: (F. J. Pierce and E. J. Sadler, eds.), **The State of Site Specific Management for Agriculture**. ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 442 p.

PONTELLI, C.B. **Caracterização da variabilidade espacial das características químicas do solo e da produtividade das culturas utilizando as ferramentas da agricultura de precisão**. Santa Maria, 110p. 2006, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria.

ROSS, D. J. et al. Soil microbial biomass, C and N mineralization and enzyme activities in a hill pasture: Influence of season and slow-release P and sorption fertilizer. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 27, n. 11, p. 1431-1443, Nov. 1995.

SANTI, A. L. **Aprimoramento do manejo do solo utilizando as ferramentas da Agricultura de Precisão**. 2007. 210 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SEARCY, S.W. Engineering systems for site-specific management: opportunities and limitations. In: International Management for Agricultural Systems, 1., Madison, Estados Unidos, **Proceedings**, p.603-611, 1995.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. ver. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222p.

ANEXOS

Diagnóstico da fertilidade do solo no ano de 2011 – Coxilha /RS.

Ponto	Argila	pH	P	K	MO	Ca	Mg	CTC	SB	SA	S
	%	Água	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	%	Cmol dm ⁻³	Cmol dm ⁻³	pH 7,0	%	%	mg dm ⁻³
1	57	5,5	8,0	124	4,5	7,9	3,1	16,0	70,0	0,0	10,0
2	59	5,3	8,0	168	4,5	7,5	2,5	16,0	65,0	2,8	10,0
3	57	5,7	6,0	116	4,9	10,7	3,1	18,0	78,0	0,0	11,0
4	59	5,1	13,0	200	4,4	7,4	2,3	16,0	62,0	5,5	10,0
5	69	5,3	13,0	220	4,9	8,7	3,2	17,0	72,0	1,6	11,0
6	64	5,5	11,0	128	4,6	9,2	2,5	16,0	78,0	0,0	7,0
7	53	5,6	8,0	112	4,9	9,9	2,7	16,0	79,0	0,0	8,0
8	48	5,7	7,0	124	5,0	7,5	2,1	13,0	74,0	0,0	13,0
9	43	5,4	8,0	184	4,6	10,3	4,3	20,0	75,0	1,3	9,0
10	38	6,3	5,0	276	4,2	12,1	5,4	21,0	88,0	0,0	7,0
11	35	6,4	8,0	212	5,2	12,0	4,9	19,0	90,0	0,0	8,0
12	50	5,5	5,0	156	4,8	9,5	2,3	16,0	76,0	0,0	9,0
13	48	5,3	14,0	156	5,2	9,0	2,5	17,0	71,0	2,5	8,0
14	60	5,8	18,0	216	4,8	10,6	2,4	17,0	80,0	0,0	7,0
15	50	5,4	9,0	236	4,9	7,4	2,0	15,0	64,0	1,0	10,0
16	50	5,3	18,0	248	5,1	9,7	2,5	18,0	70,0	1,5	7,0
17	40	5,4	24,0	232	5,3	10,7	2,5	19,0	71,0	1,4	8,0
18	51	5,4	14,0	140	5,3	9,4	2,4	17,0	71,0	1,6	9,0
19	47	5,9	8,0	260	4,9	10,2	4,1	18,0	83,0	0,0	9,0
20	50	5,3	7,0	240	4,4	8,2	2,6	16,0	70,0	1,7	7,0
21	54	5,0	7,0	172	3,9	6,1	1,8	14,0	57,0	6,8	8,0
22	40	5,7	8,0	212	5,1	9,0	2,3	16,0	75,0	0,0	9,0
23	53	5,1	15,0	80	5,2	7,0	1,6	15,0	59,0	6,3	10,0
24	50	5,4	17,0	100	4,6	8,7	1,8	16,0	69,0	2,7	10,0
25	50	5,2	21,0	120	5,2	8,3	1,4	15,0	65,0	2,9	13,0
26	59	5,3	8,0	184	4,8	7,1	1,4	13,0	67,0	3,3	11,0
27	44	5,5	14,0	180	5,1	9,3	2,1	16,0	73,0	0,0	11,0
28	47	5,9	11,0	276	4,9	9,7	2,7	16,0	82,0	0,0	11,0
29	51	5,5	12,0	128	4,8	8,4	2,0	15,0	71,0	0,0	12,0
30	56	5,4	8,0	108	4,1	7,4	1,8	14,0	68,0	2,1	11,0
31	62	6,2	6,0	124	4,2	10,6	2,5	16,0	84,0	0,0	9,0
32	62	5,8	17,0	220	4,7	10,3	2,7	17,0	80,0	0,0	10,0
33	57	5,5	15,0	132	4,9	8,9	2,2	16,0	72,0	0,0	7,0
34	51	5,6	18,0	92	4,8	9,6	2,3	16,0	76,0	0,0	9,0
35	59	5,0	16,0	104	4,8	6,5	2,0	15,0	59,0	7,4	9,0

Diagnóstico da fertilidade do solo no ano de 2012 – Coxilha /RS.

Ponto	Argila	pH	P	K	MO	Ca	Mg	CTC	SB	SA	S
	%	Água	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	%	Cmol dm ⁻³	Cmol dm ⁻³	pH 7,0	%	%	mg dm ⁻³
1	54	5,1	15,0	166,0	3,9	7,3	2,4	15,0	67,0	3,8	11,6
2	60	5,1	12,0	157,0	4,0	5,4	1,6	12,9	57,0	5,1	11,8
3	50	5,4	11,0	123,0	4,0	6,2	2,2	13,1	67,0	1,1	15,0
4	57	5,2	12,0	257,0	4,1	6,4	2,5	14,4	66,0	3,0	17,0
5	70	5,0	11,0	246,0	4,0	6,4	2,6	14,5	66,0	3,0	14,0
6	60	5,5	12,0	180,0	3,9	7,7	2,7	14,3	76,0	0,0	13,0
7	47	5,4	19,0	136,0	3,8	8,7	2,9	16,3	73,0	1,6	14,0
8	42	6,0	8,5	122,0	3,7	10,3	3,1	16,5	83,0	0,0	17,0
9	42	5,1	10,0	121,0	3,9	7,4	3,7	17,6	65,0	1,7	18,0
10	32	6,0	8,4	251,0	4,0	12,0	4,8	19,9	88,0	0,0	14,0
11	42	6,1	7,7	161,0	3,8	12,8	4,2	19,9	87,0	0,0	13,0
12	48	5,5	21,0	188,0	3,9	8,2	2,7	16,2	70,0	0,0	14,0
13	46	5,4	17,0	118,0	3,9	9,8	3,2	18,8	71,0	1,5	11,9
14	48	5,8	12,0	188,0	4,2	11,5	2,6	17,6	83,0	0,0	13,0
15	33	5,4	7,7	242,0	4,0	7,3	2,4	15,2	68,0	1,0	16,0
16	56	5,1	23,0	176,0	3,7	7,6	2,6	16,1	66,0	3,6	16,0
17	54	5,4	22,0	200,0	4,0	9,0	3,0	17,4	72,0	1,6	15,0
18	48	5,3	19,0	117,0	4,7	8,3	2,5	16,5	67,0	3,5	14,0
19	54	5,8	16,0	334,0	4,3	11,4	4,6	20,3	83,0	0,0	16,0
20	34	5,5	12,0	231,0	4,1	8,1	3,2	16,7	71,0	0,0	15,0
21	54	5,1	11,0	166,0	4,7	5,4	2,4	14,4	57,0	4,6	17,0
22	56	5,3	10,0	219,0	4,1	6,7	2,5	14,1	69,0	2,0	16,0
23	48	5,2	24,0	101,0	4,3	7,4	3,0	16,1	66,0	2,7	11,0
24	59	5,2	24,0	99,0	4,7	6,9	2,7	16,7	59,0	3,0	14,0
25	60	5,4	21,0	135,0	4,1	10,1	2,4	17,2	75,0	1,5	12,0
26	43	5,2	17,0	172,0	4,3	8,2	2,6	16,7	67,0	2,6	18,0
27	50	5,2	9,3	104,0	3,6	7,6	2,0	14,7	67,0	3,0	18,0
28	48	5,7	8,8	169,0	4,7	9,0	2,9	15,8	78,0	0,0	13,0
29	57	5,4	16,0	163,0	4,3	8,8	2,7	16,8	71,0	1,7	14,0
30	60	5,3	10,0	77,0	4,0	6,0	2,3	13,9	61,0	2,3	14,0
31	56	5,5	11,0	153,0	3,7	7,8	2,3	14,3	73,0	0,0	14,0
32	64	5,9	21,0	258,0	3,9	11,7	3,0	18,1	85,0	0,0	11,6
33	62	5,2	14,0	103,0	3,8	7,2	2,2	14,0	69,0	4,0	20,0
34	46	5,3	14,0	120,0	3,9	8,7	2,5	16,4	70,0	1,7	13,0
35	54	5,2	10,0	121,0	4,1	7,3	2,7	15,2	68,0	2,8	16,0