

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**COORDENAÇÃO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO**

**CARLOS EDUARDO SALVALAIO FRITZEN**

**ESPAÇAMENTO DO GRID E NÚMERO DE SUBAMOSTRAS NA**  
**COLETA DE SOLO COM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**DOIS VIZINHOS**

**2016**

**CARLOS EDUARDO SALVALAIO FRITZEN**

**ESPAÇAMENTO DO GRID E NÚMERO DE SUBAMOSTRAS NA  
COLETA DE SOLO COM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Manejo da Fertilidade do Solo, com Ênfase em Agricultura de Precisão Aplicada ao Manejo da Fertilidade do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Casali

**DOIS VIZINHOS**

**2016**



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Dois Vizinhos  
Coordenação de Agronomia  
Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo



## TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia n° 12

**Espaçamento do grid e número de subamostras na coleta de solo com agricultura de precisão**

por

**Carlos Eduardo Salvalaio Fritzen**

Monografia apresentada às dezoito horas do dia dezenove de dezembro de dois mil e dezesseis, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Manejo da Fertilidade do Solo, com Ênfase em Agricultura de Precisão Aplicada ao Manejo da Fertilidade do Solo, Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_  
**Elisandra Pocojeski**

\_\_\_\_\_  
**Jairo Calderari de Oliveira Júnior**

\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr Carlos Alberto Casali**  
**Orientador**

\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr Carlos Alberto Casali**  
**Coordenador do Curso**

\*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo.

Dedico este trabalho a meus pais,  
meus irmãos, e as pessoas que  
sempre estiveram comigo nesta  
longa jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente à Deus, que me deu energia e benefícios para concluir todo esse trabalho,

Agradeço, aos meus pais Julio e Zenita, que acima de qualquer circunstância sempre estiveram ao meu lado, me apoiando, incentivando, aconselhando, e acima de tudo, me fortalecendo e me ensinando que todos os nossos objetivos são alcançados a partir do momento em que nos colocamos a disposição da sua realização, com fé e determinação,

Aos meus irmãos, que mesmo indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho,

Aos meus colegas, pela amizade e os anos compartilhando informações,

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva da minha vida.

## RESUMO

FRITZEN, Carlos Eduardo Salvalaio. **Espaçamento do grid e número de subamostras na coleta de solo com agricultura de precisão.** 2016. 28f. Monografia (Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo) – Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o espaçamento do grid de amostragem e número de subamostras na qualidade da coleta de solo em área sob agricultura de precisão. O trabalho foi realizado no município de Mangueirinha, Sudoeste do estado do Paraná, em um talhão de 21,83 ha de um agricultor assistido pela empresa Agriprecisão. A área foi dividida em glebas uniformes, respeitando o histórico de manejo, a variação de cor e textura do solo, drenagem do terreno, tipo de vegetação e cultura anterior. Em abril de 2016, após a colheita da soja safra 2015/16 foi realizado a amostragem de solo utilizando diferentes espaçamento de grid e número de subamostras, a) grid de amostragem de 1 ha e 6 subamostras; b) grid de amostragem de 2 ha e 6 subamostras por gleba; c) grid de amostragem de 2 ha e 12 subamostras. A coleta de solo foi feita na camada de 0-10 cm, pois se trata de culturas anuais sob sistema plantio direto, na entre linha da cultura. As amostras coletadas com agricultura de precisão foram com quadriciclo equipado com amostrador de solo do tipo trado de rosca. Após, as amostras de solo foram encaminhadas para o laboratório de solos da UTFPR-DV. Elas foram secadas ao ar, moídas e peneiradas em malha de 2,0 mm. As amostras de solo foram caracterizadas quando aos valores de pH em H<sub>2</sub>O, em CaCl<sub>2</sub> e em SMP, e teores de carbono total (C), Fósforo total (P), Potássio total (K), conforme metodologias descritas em Tedesco et al. (1995). Para o grid de amostragem de solo de 2,0 ha o número de subamostras pode diminuir de 12 para 6. A diminuição do tamanho do grid de amostragem de 2,0 para 1,0 ha, associado a diminuição do número de subamostras de 12 para 6 elevou a qualidade da avaliação da heterogeneidade do terreno, ao mesmo tempo que não elevou o trabalho para a execução do serviço. Para procurar alcançar melhores resultados, fica a sugestão de fazer uma amostragem com grid de 1 ha e 12 subamostras e comparar com os demais métodos.

**Palavras-chave:** Agricultura de precisão; fertilidade do solo; amostragem de solo.

## ABSTRACT

FRITZEN, Carlos Eduardo Salvalaio. **Grid spacing and number of subsamples in soil collection with precision agriculture.** 2016. 28f. Monography (Specialization in Soil Fertility Management) - Agronomy Course, Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

The objective of the present work was to evaluate the spacing of the sampling grid and number of subsamples in the quality of the soil collection in an area under precision agriculture. The work was carried out in the municipality of Mangueirinha, Southwest of Paraná State, in a field of 21.83 ha of a farmer assisted by the Agriprecisão company. The area was divided into uniform glebas, respecting the management history, soil color and texture variation, soil drainage, vegetation type and previous crop. In April 2016, after harvesting soybean crop 2015/16, soil sampling was performed using different grid spacing and number of subsamples, a) sampling grid of 1 ha and 6 subsamples; B) sampling grid of 2 ha and 6 sub-samples per gleba; C) sampling grid of 2 ha and 12 subsamples. The soil was collected in the 0-10 cm layer, since it is an annual crop under no-tillage system, in the line of the crop. The soil was sampled with quadricycle equipped with soil sampler of the threaded type. Afterwards, the soil samples were sent to the soil laboratory of UTFPR-DV. They were air dried, milled and sieved in a 2.0 mm mesh. Soil samples were characterized when the pH values in H<sub>2</sub>O, CaCl<sub>2</sub> and SMP, and total carbon (C), total phosphorus (P) and total potassium (K) were determined according to the methodologies described in Tedesco et al. (1995). For the soil sampling grid of 2.0 ha the number of subsamples may decrease from 12 to 6. The decrease in the size of the sampling grid from 2.0 to 1.0 ha, associated with a decrease in the number of subsamples of 12 To 6 raised the quality of the evaluation of the heterogeneity of the land, at the same time that it did not increase the work for the execution of the service. To try to achieve better results, it is suggested to sample with a grid of 1 ha and 12 subsamples and compare with the other methods.

**Palavras-chave:** Precision agriculture; Soil fertility; Soil sampling.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. IMAGEM DA ÁREA AMOSTRADA EM MANGUEIRINHA, NO SUDOESTE DO PARANÁ, PARA ESTUDO DO PRESENTE TRABALHO.....	15
FIGURA 2 - MAPAS DE AMOSTRAGEM DE SOLO COM (A) GRID DE 1 HA E (B) GRID DE 2 HA. MANGUEIRINHA, PR, 2016.....	16
FIGURA 3. AMOSTRADOR DE SOLO ACOPLADO AO QUADRICICLO DA EMPRESA AGRIPRECISÃO.....	17
FIGURA 4. COMPARATIVO DO PARÂMETRO ANALISADO $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ NO MÉTODO DE AMOSTRAGEM GRID 01 HA E 06 SUBAMOSTRAS X GRID 02 HA E 06 SUBAMOSTRAS X GRID 02 HA E 12 SUBAMOSTRAS.....	18
FIGURA 5. COMPARATIVO DO PARÂMETRO ANALISADO $\text{PH}_{\text{H}_2\text{O}}$ NO MÉTODO DE AMOSTRAGEM GRID 01 HA E 06 SUBAMOSTRAS X GRID 02 HA E 06 SUBAMOSTRAS X GRID 02 HA E 12 SUBAMOSTRAS.....	19
FIGURA 6. COMPARATIVO DO PARÂMETRO ANALISADO $\text{PH}_{\text{SMP}}$ NO MÉTODO DE AMOSTRAGEM GRID 01 HA E 06 SUBAMOSTRAS X GRID 02 HA E 06 SUBAMOSTRAS X GRID 02 HA E 12 SUBAMOSTRAS.....	20
FIGURA 7. COMPARATIVO DO PARÂMETRO ANALISADO MATÉRIA ORGÂNICA (MO) NO MÉTODO DE AMOSTRAGEM GRID 01 HA E 06 SUBAMOSTRAS X GRID 02 HA E 06 SUBAMOSTRAS X GRID 02 HA E 12 SUBAMOSTRAS.....	21
FIGURA 8. COMPARATIVO DO PARÂMETRO ANALISADO FÓSFORO (P) NO MÉTODO DE AMOSTRAGEM GRID 01 HA E 06 SUBAMOSTRAS X GRID 02 HA E 06 SUBAMOSTRAS X GRID 02 HA E 12 SUBAMOSTRAS.....	22
FIGURA 9. COMPARATIVO DO PARÂMETRO ANALISADO POTÁSSIO ( $\text{K}^+$ ) NO MÉTODO DE AMOSTRAGEM GRID 01 HA E 06 SUBAMOSTRAS X GRID 02 HA E 06 SUBAMOSTRAS X GRID 02 HA E 12 SUBAMOSTRAS.....	23



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: ANÁLISE DE PARÂMETROS DE ACIDEZ DO SOLO COLETADO COM GRID DE AMOSTRAGEM DE 02 HA E 06 E 12 SUBAMOSTRAS. MANGUEIRINHA, PR, 2016.....	18
TABELA 2: ANÁLISE DE MOS, P E K <sup>+</sup> DISPONÍVEL DO SOLO AMOSTRADO COM GRID DE 02 HÁ HA E 06 E 12 SUBAMOSTRAS. MANGUEIRINHA, PR, 2016.....	20
TABELA 3: ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO AMOSTRADO COM GRID DE 01 HA E 06 SUBAMOSTRAS. MANGUEIRINHA, PR, 2016.....	24
TABELA 4. MÉDIA DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO CONFORME OS DIFERENTES MÉTODOS DE AMOSTRAGEM. MANGUEIRINHA, PR, 2016.....	24

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 AMOSTRAGEM DE SOLO.....	12
2.2 AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
5. CONCLUSÕES .....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	25

## 1. INTRODUÇÃO

Para avaliar a fertilidade do solo é essencial realizar a sua análise química, pois ela estima a quantidade de nutrientes e elementos tóxicos encontrados no solo, permitindo assim desenvolver um programa de correção e adubação, assim como monitorar e avaliar periodicamente o balanço dos nutrientes. Essa atividade é indispensável para o sucesso das atividades agrícolas, pecuárias e florestais, tendo em vista a elevada resposta que as plantas cultivadas apresentam frente à aplicação desses de fertilizantes e corretivos e os elevados custos que envolvem o uso desses insumos. Para uma análise de solo é necessária a realização de uma adequada amostragem de solo, já que ela vai representar a gleba que se deseja analisar (SQUIBA, 2002).

Sendo a amostragem a fase mais crítica em um programa de recomendações de adubação e calagem com base na análise do solo, alguns pontos devem ser observados. A frequência deve ser repetida em intervalos de um a quatro anos, variando conforme a intensidade da adubação e culturas anuais consecutivas, as amostras são retiradas no intervalo de 3 a 8 meses que antecede o plantio, assim proporcionando tempo de realizar as recomendações técnicas e aplicação dos insumos (CQFS-RS/SC, 2004; SERRAT e OLIVEIRA, 2006). Agora, deve ser dado destaque a dois aspectos, 1º o tamanho das glebas de amostragem, que deve respeitar a heterogeneidade dos solos, a topografia do terreno, o tipo de solo, o histórico da área, 2º o número de subamostras que comporá a amostra de solo. Para RAIJ (1991) a relação entre o número de pontos coletados para formar uma amostra composta e o erro diminui rapidamente e estabiliza gradativamente a medida que aumenta o número de amostras simples. Contudo, isso eleva o trabalho e tempo necessário para a amostragem de solo.

Com o advento da Agricultura de Precisão (AP), com o auxílio de GPS e Softwares, a área é georreferenciada e gera-se grid's de amostragem de diferentes espaçamentos, que podem variar de 0,5 a vários hectares, e com número variado de subamostras, geralmente realizado com auxílio de sistemas automatizados. Na AP falta uma padronização sobre qual o espaçamento mais adequado do grid de amostragem e também o número de subamostras a serem feitas, o que é fundamental para o aumento da confiabilidade na tecnologia e também para a sua expansão. Em função desses problemas, é necessária a realização de trabalhos que

busquem avaliar as melhores condições para amostragem de solo na AP. O Objetivo do presente trabalho foi avaliar o espaçamento do grid de amostragem e número de subamostras na qualidade da coleta de solo em área sob agricultura de precisão.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 AMOSTRAGEM DE SOLO**

Os atributos químicos de um solo variam em função de alterações no material de origem e relevo e em áreas de cultivo podem ser alterados com o uso de corretivos e fertilizantes, principalmente sob sistema plantio direto (SPD), pela ação residual das linhas de adubação, que se mantém ano após ano, junto com a redistribuição dos nutrientes reciclados dos resíduos (COUTO, 1997; ANGHINONI; SALET, 1998). No SPD consolidado a mais de cinco anos vai apresentar uma variabilidade menor do que no início da implantação, e mais próximo da variabilidade do sistema convencional de preparo do solo (ANGHINONI; SALET, 1998).

Para avaliar os atributos químicos do solo é necessária sua amostragem, a qual deve seguir critérios técnicos para obter resultados confiáveis. A precisão e exatidão dos resultados de uma análise dependem totalmente da coleta de amostra de solo (VELOSO et al, 2004). Os procedimentos de amostragem devem ser rigorosos, pois falhas cometidas na coleta não são corrigidas por análises laboratoriais (IAPAR, 1996; CQFS-RS/SC, 2004). Assim, uma amostragem de solo inadequada produzirá um laudo de análise equivocado que pode comprometer as recomendações de adubação e calagem.

Para minimizar a variabilidade da amostragem de solo torna-se necessário elevar o número de subamostras que compõem a amostra principal. Geralmente, a matéria orgânica do solo e os atributos de acidez do solo, devido a distribuição mais uniforme da palhada e do calcário, vão determinar um pequeno número de subamostras para a coleta de solo, que representa a área amostrada (SALET et al., 1996; COUTO, 1997; SCHLINDWEIN et al., 1998). No entanto os fertilizantes distribuídos desuniformes tanto na linha de semeadura como a lanço eleva a variabilidade horizontal dos nutrientes, principalmente os que ficam disponíveis por mais de uma cultura, como fósforo e potássio, necessitando um número maior de subamostras para coleta de solo (KLEPKER & ANGHINONI, 1993, 1995; KRAY et al., 1997).

Além do número de subamostras, o tamanho da área a ser representada pela amostra é fundamental, sendo que a probabilidade de erro diminui com o espaçamento do grid de amostragem e quanto maior for a área, maior vai ser a margem de erro da amostragem (CHERUBIN et al., 2014).

Da mesma forma, a ferramenta que se utiliza na amostragem de solo também pode causar variabilidade, levando em conta o tamanho da amostra, volume retirado e prováveis perdas de solo, que pode ser o caso do trado rosca, ainda mais nas camadas superficiais, onde a concentração de alguns atributos químicos do solo é maior (SCHLINDWEIN et al., 1998). Analisando esses elementos possíveis de variabilidade, se observa a necessidade de determinar procedimentos de amostragem representativos quanto ao espaço de coleta e número de subamostras que são necessários para considerar tal variabilidade dentro dos parâmetros que deem credibilidade estatística.

Conforme o manual de adubação e calagem para os Estados do RS e SC (CQFS, 2004), o qual é utilizado no Sudoeste do Paraná para orientar a adubação e calagem das lavouras, a amostragem de solo para o SPD, o número correspondente de subamostras a serem coletadas para formar a amostra representativa de uma gleba (amostra composta) varia conforme a natureza e a magnitude da variabilidade e os limites requeridos de inferência estatística, limites definidos pela probabilidade de erro e erro da média.

Contudo, o Sudoeste do PR apresenta um relevo ondulado a fortemente ondulado, o que produz uma elevada variabilidade de solo nas lavouras que exige a diminuição do espaçamento do grid de amostragem para qualificar a amostragem de solo. Essa diminuição do espaçamento obriga a uma maior mão de obra para sua execução, o que não é contemplado com o método convencional de amostragem.

## **2.2 AGRICULTURA DE PRECISÃO**

A agricultura de precisão (AP) é uma técnica agrícola que visa à prescrição exata da aplicação de insumos agrícolas em quantidades e localidades. Este conceito ganhou novas definições em função da evolução tecnológica de instrumentos/maquinários, pesquisa e também da forma de manejo dos campos agrícolas (ANCHIETA, 2012). As técnicas baseadas na AP buscam um manejo sustentável das lavouras, pois preconiza o uso racional dos insumos, o que diminui

os impactos às reservas naturais, do mesmo modo que ao ambiente. Sendo que um manejo sustentável é acarretado por algo a mais da manutenção dos valores de produtividade (MANTOVANI et al., 1998).

As pesquisas e as primeiras iniciativas em AP no Brasil aconteceram próximo a segunda metade da década de 1990, com a propagação dos equipamentos GPS (Global Positioning System) e a criação de vários equipamentos, dispositivos e softwares direcionados a obtenção e processamento de dados georeferenciados, que são empregados cada vez mais na agricultura.

A variabilidade espacial nos solos existe há muito tempo, e foram criados métodos e critérios fundamentais para uma amostragem tradicional, tendendo subdividir as áreas de amostragem em zonas mais uniformes e aprimorar a representatividade das amostras que são enviadas a um laboratório para análise (CORÁ & BERALDO, 2006).

O principal fator relacionado a uma ótima precisão agrícola está na amostragem e na interpretação dos resultados laboratoriais. Com isto, estudos vêm sendo realizados para definir e padronizar os corretos procedimentos para amostragem de solo relacionados, por exemplo, com as quantidades ideais de pontos por área para realização de uma amostragem. As quantidades de amostras dispostas em campo influenciam o custo/benefício da técnica. Para o aumento da precisão é necessário um aumento das amostras dispostas em campo, o que, conseqüentemente, aumenta o custo da aplicação (ANCHIETA, 2012).

A dificuldade de tornar o manejo agrônômico mais simples é comprovada com os trabalhos utilizando geoestatística, onde se tem dificuldade e possibilidade de espacializar a variabilidade do solo. Assim houve-se a necessidade de grades amostrais um pouco mais densas, com coleta e análise de grande número de amostras, onde se possa apurar a variabilidade do terreno nos talhões (RESENDE et al., 2006). Geralmente, o número de amostras que seria suficiente geoestatisticamente, para lavouras comerciais é inviável (MONTANARI et al., 2008).

Referindo-se a fertilidade do solo, a AP ainda tem muito a ser desenvolvida, mas ainda está presa com os custos altos de análise de solo. Assim sendo necessário que se busque técnicas de amostragem otimizadas, que tolere diminuir a quantidade de amostras a serem analisadas e não perder a confiabilidade para recomendação de manejo de modo diferente dentro do talhão.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no município de Mangueirinha, Sudoeste do estado do Paraná, em uma propriedade rural (Figura 1) com as coordenadas Latitude 26°00'11"S e Longitude 52°20'20"O e altitude média de 984m acima do nível do mar. A região apresenta relevo suave ondulado, o clima é classificado como Cfb segundo KÖPPEN e GEIGER (2016), a temperatura média é de 16.8 °C. A pluviosidade média anual é de 1897mm. Na área encontra-se manchas de Latossolo Bruno e Cambissolo húmico (EMBRAPA, 2013). O talhão selecionado de 21,83 ha é de um agricultor assistido pela empresa Agriprecisão.



Figura 1 - Imagem da área amostrada em Mangueirinha, no sudoeste do Paraná, para estudo do presente trabalho.

**FONTE: IMAGENS GOOGLE EARTH, (2016).**

A área foi dividida em glebas uniformes, respeitando o histórico de manejo, a variação de cor e textura do solo, drenagem do terreno, tipo de vegetação e cultura anterior. Após a colheita da soja safra 2015/16, foram marcados os pontos de coleta através de um software da Farm Works instalado a um GPS, realizado a amostragem de solo 0-10 cm, no mês de abril do ano de 2016, utilizando diferentes espaçamento de grid e números de subamostras, a) grid de amostragem de 1 ha e 6

subamostras; b) grid de amostragem de 2 ha e 6 subamostras por gleba; c) grid de amostragem de 2 ha e 12 subamostras (Figura 2). As amostragens foram realizadas conforme o grid e o número de subamostras, para o grid de 1 ha e 06 subamostras, foram amostrados pontos a cada 35m, dentro do grid de amostragem, totalizando 06 subamostras divididas com o mesmo espaço de modo a cobrir todo o grid de amostragem, para o grid de 2 ha e 06 subamostras, foram amostrados pontos de coleta a cada 50m dentro do grid de amostragem, totalizando 06 subamostras divididas com o mesmo espaço de modo a cobrir todo o grid de amostragem e para o gride de 2 ha e 12 subamostras, foram amostrados pontos a cada 35m, dentro do grid de amostragem, totalizando 12 subamostras divididas com o mesmo espaço de modo a cobrir todo o grid de amostragem.

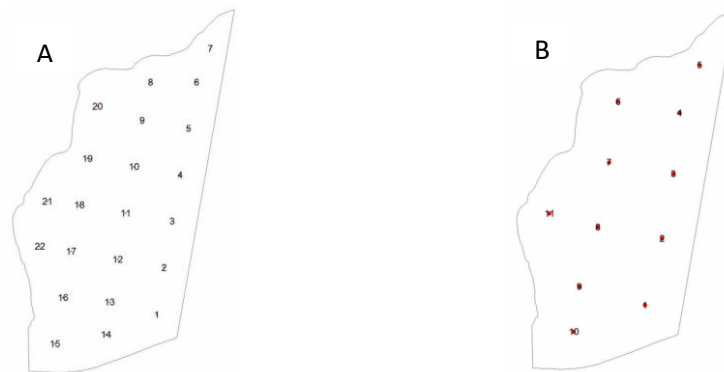


Figura 2 - Mapas de amostragem de solo com (A) Grid de 1 ha e (B) grid de 2 ha. Mangueirinha-PR, 2016.

**FONTE: AGRIPRECISÃO, (2016).**

A coleta de solo foi feita na camada de 0-10 cm, pois se trata de culturas anuais sob SPD, na entre linha da cultura. Isso é importante, pois não havia sido realizada aplicação de fertilizantes e as análises apresentariam o efeito residual das adubações anteriores. As amostras coletadas com agricultura de precisão foram com quadriciclo equipado com amostrador de solo do tipo trado de rosca (Figura 3). Antes da introdução do trado no solo foram retirados resíduos orgânicos, como folhas e galhos. Após as coletas, as subamostras foram misturadas para formar uma amostra composta, gerando aproximadamente 300 g de solo.





Figura 3 - Amostrador de solo acoplado ao quadriciclo da empresa AGRIPRECISÃO.

Fonte: AGRIPRECISÃO, (2016).

Após, as amostras de solo foram encaminhadas para o laboratório de solos da UTFPR-DV. Elas foram secadas ao ar, moídas e peneiradas em malha de 2,0 mm. As amostras de solo foram caracterizadas quando aos valores de pH em H<sub>2</sub>O, em CaCl<sub>2</sub> e em SMP, teor de Fósforo (P) e Potássio (K) disponível, conforme metodologias descritas em Tedesco et al. (1995) e Carbono do solo conforme Walkley-Black, modificado por Yeomans; Bremner (1988).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os atributos de acidez ativa (pH-H<sub>2</sub>O e pH-CaCl<sub>2</sub>), houve diferença entre os números de subamostras de solo, mas não suficiente para mudar faixas de interpretação que é de pH-H<sub>2</sub>O acima de 5,5 (CQFS-RS/SC, 2004) e pH-CaCl<sub>2</sub> acima de 5,2 (Tabela 1). Isso indica que para um grid de amostragem de 2,0 ha a diminuição do número de subamostras não interferiu na interpretação dos resultados da acidez ativa do solo. Isso fica explicitado nos mapas de fertilidade desses atributos (Figura 04 e Figura 05), onde verifica-se a semelhança entre os mesmos. No entanto, ao analisar os parâmetros de acidez ativa do solo coletado com grid de 01 ha e 6 subamostras, percebe-se um aumento nos valores de acidez ativa bem como maior amplitude entre os dados analisados (Tabela 01). Isso refletiu na elaboração de um mapa com diferenciação de distribuição de valores (Figura 04 e figura 05).

Tabela 1: Análise de parâmetros de acidez do solo coletado com grid de amostragem de de 02 ha e 06 e 12 subamostras. Mangueirinha, PR, 2016.

Ponto de Amostragem	pH CaCl <sub>2</sub>		pH H <sub>2</sub> O		pH SMP	
	06 sub	12 sub	06 sub	12 sub	06 sub	12 sub
1	5,7	5,7	6,2	6,2	6,3	6,1
2	5,4	5,5	5,7	6,0	6,0	6,0
3	5,5	5,5	5,8	5,9	6,1	6,0
4	5,5	5,7	5,9	6,0	5,8	6,1
5	5,2	5,3	5,5	5,6	5,7	5,8
6	5,6	5,4	6,2	5,8	5,7	5,6
7	5,7	5,5	6,2	6,0	5,9	5,9
8	5,2	5,3	5,7	5,8	5,6	5,7
9	5,6	5,4	6,1	6,0	5,8	5,9
10	5,4	5,4	5,7	5,8	5,6	5,8
11	5,4	5,6	5,9	6,1	5,7	6,0

Nesse sentido, como não houve diferença entre os valores de acidez ativa obtidos com 6 e 12 subamostras e considerando que o tamanho do grid de amostragem menor contribui para melhor caracterização da heterogeneidade do terreno, considera-se maior acurácia dos resultados com grid de 1 ha e 06 subamostras.

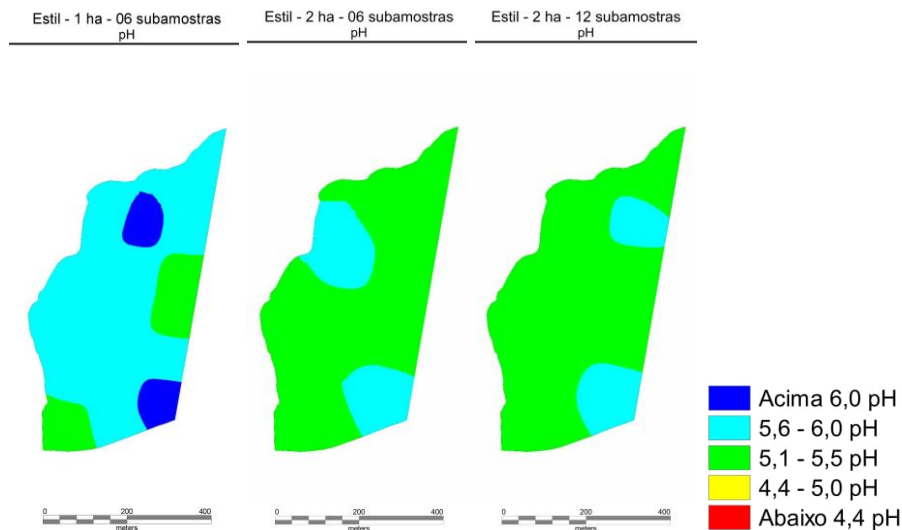


Figura 4. Comparativo do parâmetro analisado pH-CaCl<sub>2</sub> no método de amostragem Grid 01 ha e 06 subamostras X Grid 02 ha e 06 subamostras X Grid 02 ha e 12 subamostras.

**FONTE: AGRIPRECISÃO, (2016).**

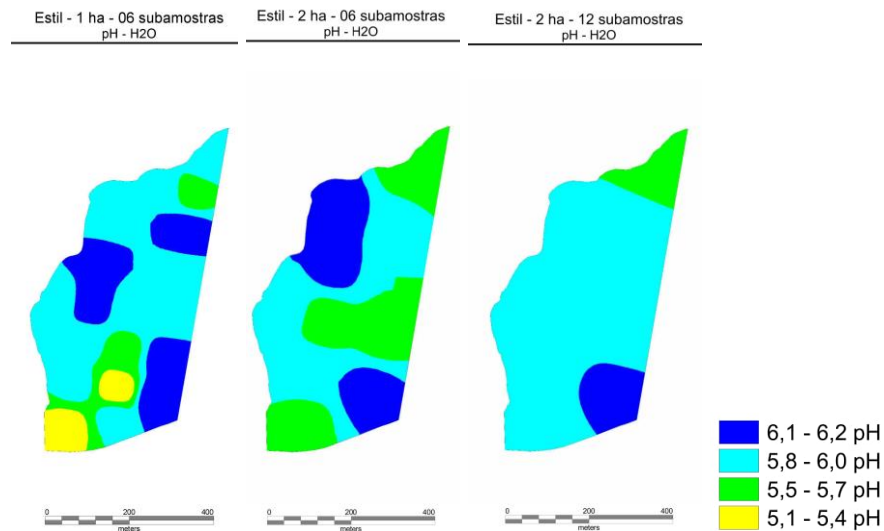


Figura 5. Comparativo do parâmetro analisado pH H<sub>2</sub>O no método de amostragem Grid 01 ha e 06 subamostras X Grid 02 ha e 06 subamostras X Grid 02 ha e 12 subamostras.

**FONTE: AGRIPRECISÃO, (2016).**

Para o índice SMP, dos 11 pontos avaliados, apenas em dois pontos houve diferença maior que 0,2 unidades de pH entre os métodos de amostragem de 06 e 12 subamostras para o grid de 2 ha (Tabela 2), resultado semelhante encontrado por SCHLINDWEIN E ANGHINONI (2000). Para o índice SMP a variação de 0,1 unidade já acarreta variação na dose de calcário, contudo, variações até 0,2 unidades são aceitáveis para um método baseado em leitura pontual de pH. Nesse sentido, para esses dois métodos de amostragem os mapas do índice SMP foram semelhantes. Contudo, para o grid de amostragem de 01 ha e 6 subamostras, verifica-se que ocorreu maior amplitude entre os valores, os quais variaram de 5,7 a 6,4, bem representado no mapa de variabilidade (Figura 06), o que acarretou em maior diferenciação dos outros métodos de amostragem.

Esses dados indicam que para a avaliação de acidez ativa e potencial do solo, a amostragem de solo em grid's de dois hectares pode não ser suficiente para representar a variabilidade natural e artificial dos solos do Sudoeste do PR, muito em função das diferenças no relevo e no tipo de solo.

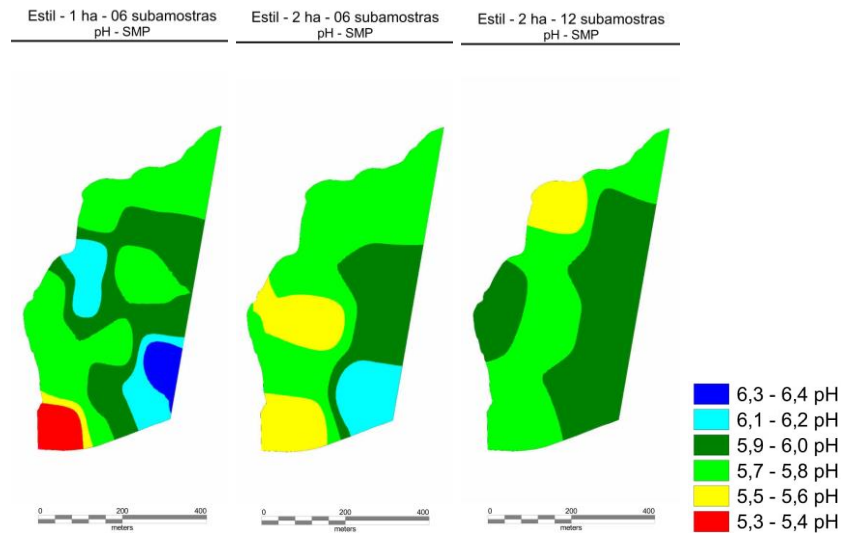


Figura 6. Comparativo do parâmetro analisado pH SMP no método de amostragem Grid 01 ha e 06 subamostras X Grid 02 ha e 06 subamostras X Grid 02 ha e 12 subamostras.

**FONTE: AGRIPRECISÃO, (2016).**

No parâmetro MOS, verifica-se que para ambos os métodos de amostragem (06 e 12 subamostras) todas amostras foram classificadas como alto teor de MOS (CQFS-RS/SC, 2004) (Tabela 02), contudo, a amostragem com 12 subamostras obteve valores maiores de MOS em 06 dos 11 pontos amostrados, indicando que esse atributo sofre influência do número de subamostras que a compõe.

Tabela 2: Análise de MOS, P e K<sup>+</sup> disponível do solo amostrado com Grid de 02 ha e 06 e 12 subamostras. Mangueirinha, 2016.

Ponto de Amostragem	M.O. (g.dm <sup>3</sup> )		K (mg.dm <sup>3</sup> )		P (mg.dm <sup>3</sup> )	
	06 sub	12 sub	06 sub	12 sub	06 sub	12 sub
1	79	78	104	113	25,9	20,8
2	79	81	84	122	19,9	25,3
3	74	81	110	111	21,8	23,7
4	78	82	82	103	28,3	26,7
5	84	99	53	48	27,2	27,0
6	91	116	64	78	32,9	25,6
7	89	84	128	101	22,4	22,9
8	82	82	102	98	24,8	26,1
9	77	77	74	58	19,7	19,4
10	81	88	99	97	25,6	21,3
11	83	81	73	97	21,8	22,9

O motivo do acréscimo de MO procede do fato de a taxa de decomposição da palha mantida na superfície do solo ser menor do que se fosse incorporada (DALCHIAVON, 2012).

Comparando o tamanho do grid de 01 e 02 ha, verifica-se uma maior variabilidade nos valores de MOS para o grid de 1 ha, que foi de 75 a 124 g.kg<sup>-1</sup>, representado pelo maior número de cores no mapa (Figura 07). Assim como para os atributos de acidez, para a MOS a diminuição do grid de amostragem elevou a indicação de maior variabilidade do solo. Isso mostra que a diminuição do grid de amostragem pode ser uma estratégia importante para identificar pontos com solo de maior heterogeneidade química.

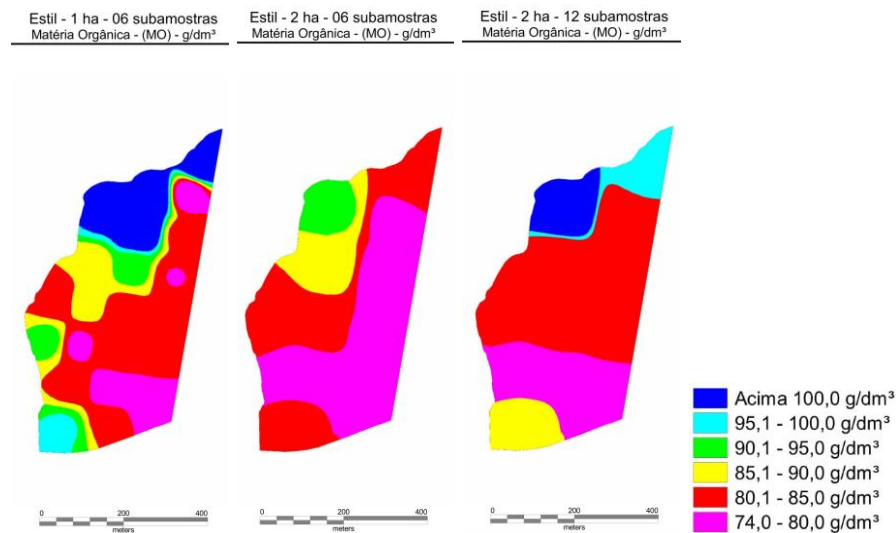


Figura 7. Comparativo do parâmetro analisado Matéria Orgânica (MO) no método de amostragem Grid 01 ha e 06 subamostras X Grid 02 ha e 06 subamostras X Grid 02 ha e 12 subamostras.

**FONTE: AGRIPRECISÃO, (2016).**

Para o P, novamente o número de subamostras não interferiu na mudança da faixa de interpretação “muito alto”, preconizada pela CQFS-RS/SC (2004) (Tabela 02), representado pela grande semelhança nas cores dos mapas (Figura 08). O P possui baixa mobilidade no solo (KLEPKER & ANGHINONI, 1995), portanto, esperava-se que o aumento do número de subamostras para um mesmo grid de amostragem pudesse alterar os teores de P das análises, contudo, isso não foi verificado.

No entanto, a diminuição do grid de 02 para 01 ha acarretou uma elevação nos valores de P, além de indicar uma maior variabilidade na área (Tabela 03 e

Figura 07). O menor número de subamostras pode ser compensado pela diminuição do grid de amostragem.

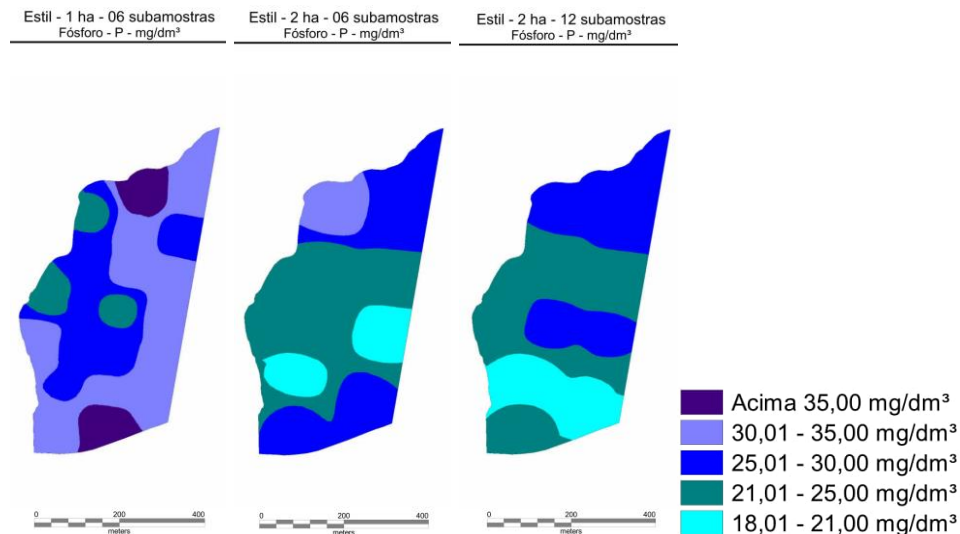


Figura 8. Comparativo do parâmetro analisado Fósforo (P) no método de amostragem Grid 01 ha e 06 subamostras X Grid 02 ha e 06 subamostras X Grid 02 ha e 12 subamostras.

**FONTE: AGRIPRECISÃO, (2016).**

Para o K, o número de subamostras interferiu em 3 dos 11 pontos de amostragem na mudança da faixa de interpretação preconizada pela CQFS-RS/SC (2004) (Tabela 02), sendo que essa pequena diferença está bem representada nas cores dos mapas (Figura 09). Como a amostragem de solo se deu na entrelinha, a amostragem com 06 subamostras foi suficiente para caracterizar adequadamente o teor de K do solo para um grid de amostragem de 02 ha. A expectativa era de que o aumento do número de subamostras para um mesmo grid de amostragem pudesse alterar os teores do nutriente, contudo, isso não foi verificado.

Contudo, a variabilidade maior ficou nítida no mapa com grid de 01 ha e 06 subamostras, evidenciando que o menor grid conseguiu identificar mais adequadamente a variabilidade dos teores de K do solo, tornando os resultados mais confiáveis, resultado semelhante obtido por CHERUBIN (2014).

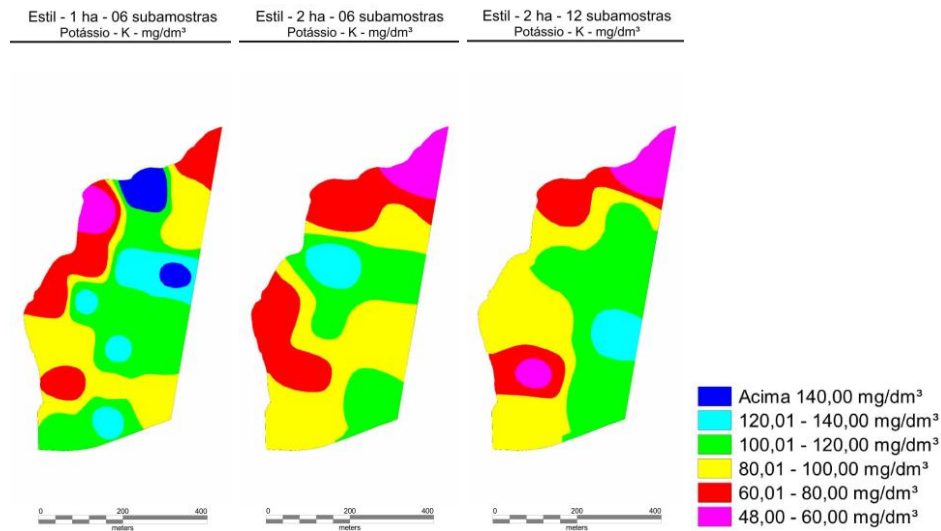


Figura 9. Comparativo do parâmetro analisado Potássio (K<sup>+</sup>) no método de amostragem Grid 01 ha e 06 subamostras X Grid 02 ha e 06 subamostras X Grid 02 ha e 12 subamostras.

**FONTE: AGRIPRECISÃO, (2016).**

Conforme Anchieta (2012), A particularidade de cada área evidencia que o tratamento dado a AP por pesquisadores, consultores e produtores deve levar em consideração uma estratégia diferenciada na introdução de grades amostrais em áreas agrícolas. Para esse mesmo autor, é preciso introduzir em cada contexto ações que se adaptam às características da paisagem, histórico do manejo agrícola, tipo de solo, etc. fugindo do tratamento uniforme da grande variabilidade espacial que os atributos químicos do solo possuem. Como no Sudoeste do Paraná existe uma elevada heterogeneidade de solo, principalmente no aspecto de profundidade do perfil, pedregosidade e textura, é fundamental que sejam implementadas grades de amostragem menores a fim de detectar eficientemente essa variabilidade do solo.

Tabela 3: Análise química do solo amostrado com grid de 01 ha e 06 subamostras. Mangueirinha, PR, 2016.

Ponto de Amostragem	Parâmetros Analisados					
	pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O	pH SMP	M.O. (g.kg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (g.kg <sup>-1</sup> )	P (g.kg <sup>-1</sup> )
1	6,3	6,5	6,3	75	90	34,2
2	5,9	6,3	6,4	82	102	31,0
3	5,4	5,9	5,9	85	113	32,9
4	5,4	5,8	5,9	80	142	32,1
5	5,7	6,3	6,0	83	92	26,4
6	5,9	5,7	5,7	76	85	33,4
7	6,0	5,9	5,9	112	60	33,2
8	6,1	6,1	5,8	124	154	40,2
9	6,3	6,1	6,0	117	103	34,5
10	5,9	6,1	5,8	92	132	32,6
11	5,9	5,9	5,9	83	108	23,7
12	5,9	5,7	5,8	85	122	28,0
13	5,7	5,3	6,1	75	96	30,2
14	5,8	5,9	5,9	83	123	39,1
15	5,3	5,4	5,3	96	101	33,7
16	5,7	5,9	5,8	83	74	29,6
17	5,7	5,9	5,9	79	91	27,8
18	6,1	6,4	6,2	87	123	25,3
19	6,0	6,2	6,2	87	68	25,9
20	5,8	5,9	5,8	102	51	24,3
21	5,7	5,9	5,8	81	64	23,5
22	5,7	5,9	5,8	92	90	34,8

Tabela 4. Média dos resultados das análises químicas do solo conforme os diferentes métodos de amostragem. Mangueirinha, PR, 2016.

Tratamento	Parâmetros Analisados					
	pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O	pH SMP	M.O. (g.dm <sup>-3</sup> )	K <sup>+</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )	P (mg.dm <sup>-3</sup> )
Grid 1 ha e 06 subamostras	5,8	6,0	5,9	89	99,3	30,8
Grid 2 ha e 06 subamostras	5,5	5,9	5,8	81	88,5	24,6
Grid 2 ha e 12 subamostras	5,5	5,5	5,9	86	93,3	23,8

## 5. CONCLUSÕES

Para o grid de amostragem de solo de 2,0 ha o número de subamostras pode diminuir de 12 para 6.

A diminuição do tamanho do grid de amostragem de 2,0 para 1,0 ha, associado a diminuição do número de subamostras de 12 para 6 elevou a qualidade



da avaliação da heterogeneidade do terreno, ao mesmo tempo que não elevou o trabalho para a execução do serviço. Para procurar alcançar melhores resultados, fica a sugestão de fazer uma amostragem com grid de 1 ha e 12 subamostras e comparar com os demais métodos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANCHIETA, L. **Amostragem de solo em Agricultura de Precisão: particularidades e recomendações**. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2012. 106 p.

ANGHINONI, I. & SALET, R.L. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: **NUERNBERG, N.J., ed. Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.27-52.

CHERUBIN, M.R.; SANTI, A. L.; EITELWEIN, M. T.; MENEGOL, D. R.; ROS, C. O. D.; PIAS, O. H. de C.; BERGHETTI, J. Eficiência de malhas amostrais utilizadas na caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio. **Ciência Rural**, v.44, n.3, p. 425-432, março, 2014. e

CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Classifica%C3%A7%C3%A3o\\_clim%C3%A1tica\\_de\\_K%C3%B6ppen-Geiger&oldid=47239202](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Classifica%C3%A7%C3%A3o_clim%C3%A1tica_de_K%C3%B6ppen-Geiger&oldid=47239202)>. Acesso em: 17 nov. 2016.

CORÁ, J.E.; BERALDO, J.M.G. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. **Engenharia agrícola**, v.26, n.2, p.374-387, 2006.

COUTO, E.G. **Variabilidade espacial de propriedades do solo influenciadas pela agricultura em escala regional e local no sul do estado do Mato Grosso**. Porto

Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 183p. (Tese de Doutorado).

Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. – Porto Alegre, 2004. 400 p.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico sob Sistema de Plantio Direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 453-461, jul-set, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Amostragem de solo para análise química: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras**. Londrina, 1996. (IAPAR. Circular, 90).

KLEPKER, D. e ANGHINONI, I. Phosphate uptake and corn root distribution as affected by fertilizer placement and soil tillage. **Agronomy-Trends in Agril. Sci.**, 1:111-115, 1993.

KLEPKER, D. & ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo, afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19:395-401, 1995.

KRAY, C.H.; SALET, R.L. e ANGHINONI, I. **Variabilidade horizontal e amostragem dirigida do solo no sistema plantio direto**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 6p. (Relatório de Pesquisa).

MONTANARI, R.; PEREIRA, G.T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z.M.; PAZETO, R.J.; CAMARGO, L.A. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo e Argissolos. **Ciência Rural**, v.38, n.5, p.1266-1272, 2008.

MANTOVANI, E.C.; QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P. Máquinas e operações utilizadas na agricultura de precisão. In: SILVA, F. M. da.(Coord.). **Mecanização e agricultura de precisão**. Poços de Caldas : UFLA/SBEA, 1998. p.109-157.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, POTAFOS, 1991.

RESENDE, A.V.; SHIRATSUCHI, L.S.; SENA, M.C.; KRAHL, L.L.; OLIVEIRA, J.V.F.; CORRÊA, R.F.; ORO, T. Grades amostrais para fins de mapeamento da fertilidade do solo em área de cerrado. In: **Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão**. 2. São Pedro – SP, 2006. Anais... Piracicaba: ESALQ, 2006.

SALET, L.R.; KRAY, C.H.; FORNARI, T.G.; CONTE, E.; KOCHHANN, R.A.; ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal e amostragem de solo no sistema de plantio direto. In: **Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo**, 1., Lages, 1996. Resumos Expandidos. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 1996. p.74-76.

SCHLINDWEIN, J.A.; SALET, L.R.; ANGHINONI, I. Variabilidade dos índices de fertilidade do solo no sistema plantio direto e coleta de amostras representativas de solo. In: **Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 23.; Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, 7.; Simpósio Brasileiro Sobre Microbiologia do Solo, 5.; Reunião Brasileira de Biologia do Solo**, Caxambú, 1998. Resumos. Caxambú, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.265.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade espacial de atributos de fertilidade e amostragem de solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n.1, p. 85-91, 2000.

SERRAT, B. M.; OLIVEIRA, A. C. de. Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: Aspectos teóricos e metodológicos. **CAPÍTULO IV - Amostragem de solo para fins de manejo da fertilidade**. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. 2006.

SQUIBA, L.M.; PREVEDELLO, B.M.S.; LIMA, M.R. **Como coletar amostras de solo para análise química e física** (culturas temporárias). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Projeto Solo Planta, 2002. (Folder).

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5)

VELOSO, C. A. C.; BOTELHO, S. M.; OLIVEIRA, R. F. de. **Amostragem de Solo para Análise Química**. Comunicado técnico número 131. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Belém, PA. Dezembro de 2004.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Commun. Soil Sci. Plant. Anal.**, 19:1467-1476, 1988.