

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

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AMOSTRAGEM DE SOLO
CONVENCIONAL E AMOSTRAGEM DE SOLO PARA
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Marcel Borges Pötter

Santa Maria, RS, Brasil

2014

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AMOSTRAGEM DE SOLO CONVENCIONAL E AMOSTRAGEM DE SOLO PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Marcel Borges Pötter

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

Orientador: Prof. Dr. Enio Giotto

Santa Maria, RS, Brasil

2014

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

Pötter, Marcel Borges
Análise comparativa entre amostragem de solo convencional e amostragem de solo para agricultura de precisão. / Marcel Borges Pötter.-2014.
63 p.; 30cm

Orientador: Enio Giotto
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, RS, 2014

1. Agricultura de Precisão 2. Agricultura Convencional 3. Análise de solo I. Giotto , Enio II. Título.

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Marcel Borges Pötter. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: marcelborgespotter@hotmail.com

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

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

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AMOSTRAGEM DE SOLO
CONVENCIONAL E AMOSTRAGEM DE SOLO PARA
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

elaborada por
Marcel Borges Pötter

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

Enio Giotto (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Attus Pereira Moreira Dr. (URI)

Claire Delfini Viana Cardoso Dra. (UFSM)

Santa Maria, 30 de janeiro de 2014.

Dedico este trabalho a minha esposa, Aline Bordignon Pötter, pelo incentivo, dedicação e compreensão.
A meus pais, Ary e Maria Helena, que me deram condições para minha formação intelectual e profissional.
A minha irmã, pelo apoio em busca do meu objetivo.

AGRADECIMENTOS:

Agradeço a todos que me auxiliaram na elaboração desse trabalho.

...

Aos professores que se empenharam para tornar possível o primeiro Mestrado em
Agricultura de Precisão (UFSM).

...

Ao professor Dr. Elódio Sebem, pelo apoio, pela atenção e dedicação.

...

A Professora Dr.^a Claire Cardoso, pela ajuda no desenvolvimento da dissertação.

...

Ao Professor Dr. Enio Giotto, pelo empenho, pela disponibilidade, pelo apoio, por
dividir seus conhecimentos e pela orientação.

...

Enfim, a todos os professores e professoras do Mestrado em Agricultura de
Precisão, pela ajuda nessa caminhada.

...

Muito obrigado!

RESUMO

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

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AMOSTRAGEM DE SOLO CONVENCIONAL E AMOSTRAGEM DE SOLO PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO

AUTOR: MARCEL BORGES POTTER

ORIENTADOR: ENIO GIOTTO

Data e local da defesa: Santa Maria, 30 de Janeiro de 2014.

A análise de solo é um dos principais recursos para a obtenção de uma agricultura de qualidade e rendimento, sendo o primeiro passo no planejamento dessa atividade, a determinação da necessidade e a quantidade de fertilizantes de que cada gleba vai precisar, em consonância com os programas de recomendação de adubação e calagem. Em vista disso, esta pesquisa tem como objetivo principal avaliar a diferença entre análise de solo na agricultura convencional e análise de solo na agricultura de precisão. O trabalho realizou-se na cidade de Restinga Seca, RS, em duas propriedades distintas, cada qual com um tipo de sistema de agricultura: convencional e agricultura de precisão. Na agricultura convencional, a análise de solo foi executada em uma área de 20 hectares onde foram coletadas 15 pontos de amostras e enviadas ao laboratório. Na agricultura de precisão a análise de solo foi coletada uma amostra a cada dois hectares, mais nove subamostras em "V", ao redor de cada ponto georreferenciado, formando, assim uma amostra composta e enviada ao laboratório. As coletas de solo foram feitas com um quadríciclo. As vantagens da agricultura de precisão em relação à agricultura convencional são: redução econômica de insumos; aumento da produtividade; sustentabilidade da terra, pelo uso correto de fertilizantes, e economia em agrotóxicos. A desvantagem ainda é o alto custo em equipamentos para desenvolver a agricultura de precisão. Ao final, comprovam-se de forma eficiente os benefícios e o aumento crescente deste tipo de cultura que chamamos agricultura de precisão, em relação à agricultura convencional.

Palavras chaves: Agricultura de Precisão. Agricultura Convencional. Análise de solo.

ABSTRACT

Master's degree dissertation
Master Course in Precision Agriculture
Federal University of Santa Maria

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN CONVENTIONAL SOIL SAMPLING AND SAMPLING FOR SOIL PRECISION FARMING

AUTHOR: MARCEL BORGES PÖTTER

ADVISOR: ENIO GIOTTO

Santa Maria, January 30th, 2014.

Soil analysis is one of main resources for obtaining agriculture with quality and gains, being even the first way in planning this activity, to determine the necessity and quantity of fertilizer that each land needs, according recommendation of fertilization and setting. Therefore, this research is the main objective to evaluate the difference between soil analysis in conventional agriculture and soil analysis in precision agriculture. The research was developed in Restinga Seca, RS, at two distinct properties, was developed the system of conventional agriculture and, the precision agriculture. In conventional agriculture, soil analysis was put into action by this way: from an area of 20 hectares were collected from 15 dots, with a spade, mere samples that are put in a bucket, where formed a composed sample, to be send to laboratory. In precision agriculture the soil analysis was collected by geo-referencing method using GPS, establishing exact dots through the Coordinates "X" and "Y", and in this way forming the sample grate. It was collected one sample each two hectares, more nine samples in "V" around each geo-referent dot, for send to laboratory. Soil levies were done by a four-cycle. The advantages of precision agriculture with regard to conventional agriculture are economic reduction of fertilizer, productivity increasing, land sustentation, because the correct manure use and economy of agricultural agro-toxins. The disadvantage is the high cost of the equipments to develop the precision agriculture. After all, the benefits and the increasing of the new method use corroborate evidence to prove its superiority in relation to conventional agriculture.

Key words: Precision agriculture. Conventional agriculture. Soil analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Equipamentos usados para coleta de análise de solo.	23
Figura 2 – Amostragem simples de solo.	24
Figura 3 – Trado holandês.	25
Figura 4 – Amostragem de solo em áreas adubadas em linha.	26
Figura 5 – Constelação de satélite.	27
Figura 6 – Sistema de coordenadas cartesianas.	28
Figura 7 – GPS de navegação.	29
Figura 8 – GPS L1 de precisão.	30
Figura 9 – GPS L1/L2 de precisão.	30
Figura 10 – precisão e acurácia.	31
Figura 11 – Ciclo da agricultura de precisão.	34
Figura 12 – Quadriciclo equipado com coletor de solo.	35
Figura 13 – Quadriciclo Solodril para coleta de solo.	36
Figura 14 – Amostragem georreferenciada de pontos de solo para geração de mapa.	38
Figura 15 – Visualização de malha hexagonal.	39
Figura 16 – Visualização de malhas retangulares ou quadradas.	39
Figura 17 – GPS Taxa variável.	41
Figura 18 – Controlador eletrônico de aplicação de insumos a taxa variável.	41
Figura 19 – Aplicador da AMAZONE da STARA com distribuidor centrífugo.	42
Figura 20 – Distribuidor TWISTER 1500 - de sementes e fertilizantes.	42
Figura 21 – Colheita com mapa de produtividade.	42
Figura 22 – Plantadeira com GPS.	43
Figura 23 – Esquema de amostragem de solo convencional e amostragem de solo.	44
Figura 24 – Aplicação de Calcário na agricultura precisão e convencional.	45
Figura 25 – Localização de Restinga Seca, no Rio Grande do Sul.	47
Figura 26 – Localização da propriedade do Sr. Ary A. Potter.	48
Figura 27 – Localização da propriedade do Sr. Oneri S. Bordignon.	48
Figura 28 – Pontos de coleta solo em ziguezague.	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Interpretação dos resultados da determinação de fósforo extraível do solo para as principais culturas do RS e de SC.	21
Quadro 2 – Interpretação geral dos resultados de análise do solo para RS e SC.	22
Quadro 3 – Valores de precisão para as operações.	32
Quadro 4 – Laudo de análise de solo.	51
Quadro 5 – Estatística descritiva com os valores de Fósforo e Potássio dos atributos do solo, amostrados na área do Sr. Oneri Bordignon.....	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Evolução dos métodos de análise de solo	16
2.2 Fertilidade do solo	17
2.2.1 Avaliação da fertilidade do solo	17
2.2.2 Amostragem de solos	17
2.2.3 Épocas de coletas de amostragem	18
2.2.4 Profundidades de coletas de amostragem	18
2.2.5 Frequência de coletas de amostragem	18
2.2.6 Manuseio e armazenagem das amostras de solo	19
2.3 Metodologias de análise do solo	19
2.3.1 Análise química do solo	19
2.3.2 Interpretação geral dos resultados da análise do solo	21
2.4 Análise de solo no sistema convencional.....	22
2.4.1 Procedimentos para coleta de amostras de solo.....	22
2.4.2 Plano de amostragem	23
2.4.3 Equipamentos para a amostragem de solo	23
2.4.3.1 Amostragens de solo com pá-de-corte.....	24
2.4.3.2 Amostragens de solo com trado.....	24
2.4.4 Amostragens de solo em áreas adubadas em linha.....	25
2.4.5 Amostragens do solo no sistema de plantio direto	26
2.5 Sistema de Posicionamento Global - GPS	26
2.5.1 Satélites GPS	26
2.5.2 Sistema de referência do GPS	28
2.5.3 Tipos de Receptores GPS	28
2.5.4 Tipo de Sinal	29
2.5.5 Tipo de Levantamento.....	29
2.6 Precisão e Acurácia	31
2.6.1 Precisão	31
2.6.2 Acurácia	31
2.6.3 Precisão do GPS para aplicações na agricultura	31
2.7 Agricultura de precisão	32
2.7.1 Conceitos de agricultura de precisão	32
2.7.2 Modelo de aplicação a taxa variável	34
2.7.3 Amostragem de solo com GPS	35
2.7.3.1 Amostragem de solo com GPS a taxa variável	35
2.7.3.2 Malhas de Amostragem.....	37
2.7.3.3 Tipos de amostragens:	38
2.7.3.4 Modelos de Grade	39
2.7.3.5 Interpolação da amostragem:.....	40
2.8 Ferramentas auxiliares na agricultura de precisão.....	40
2.8.1 Ferramentas auxiliares na aplicação localizada de corretivos.....	40
2.8.2 Aplicação em taxa variável de corretivos na agricultura de precisão	43
2.9 Amostragem de solo convencional e agricultura de precisão.....	43

2.9.1 Comparativo de amostragem de solo convencional e amostragem de solo na agricultura de precisão	43
2.9.2 Vantagens e desvantagens da agricultura de precisão em relação à agricultura convencional	45
2.9.2.1 Vantagens	45
2.9.2.2 Desvantagens	46
3 MATERIAL E MÉTODOS	47
3.1 Área do trabalho	47
3.2 Características da área	48
3.3 Etapas de planejamento do trabalho	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1 Análise de solo convencional	50
4.2 Análises de solo na agricultura de precisão.....	51
5 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, em geral, de norte a sul, a análise de solo convencional é muito mais usada, se comparada à análise de solo para agricultura de precisão. Alguns fatores contribuem para que a análise de solo seja usada pela maioria dos agricultores: o custo de operação da agricultura de precisão é alto, apesar de mostrar resultado em um período de três anos; a aquisição dos maquinários da agricultura de precisão está distante da maioria dos agricultores, pois seus valores ainda estão altos; muitos agricultores desconhecem a agricultura de precisão ou não entendem essa tecnologia.

A agricultura de precisão difere da agricultura convencional, pela intensidade de amostragem de solo. Na agricultura convencional trabalha-se com médias, ou seja, as quantidades de fertilizantes usados são de acordo com a média da análise de solo da lavoura. Na agricultura de precisão trabalha-se com taxa variável, ou seja, a quantidade de fertilizantes que são usados no solo representa exatamente o que o solo necessita naquele ponto identificado.

Na análise convencional de solo, os pontos amostrais para a coleta são poucos, por este motivo a adubação é feita sobre a média da lavoura, ou seja, em um ponto que deveria ter mais adubo talvez tenha-se menos e vice-versa, desperdiçando o adubo, aumentando o custo e afetando o meio ambiente.

A análise de solo na agricultura de precisão utiliza o uso de GPS, onde são coletados vários pontos amostrais e em cada ponto são coletados aproximadamente 10 subamostras.

Segundo Inamasu (2013), a agricultura de precisão não se restringe ao uso de máquinas, computadores e tecnologia GPS para o monitoramento da propriedade agrícola. Na propriedade como um todo, deve-se identificar as diferenças de locais, para que não haja desperdício para o agricultor e prejuízo para o meio ambiente.

Na agricultura de precisão o gerenciamento detalhado das atividades agrícolas é muito importante, levando em consideração a chamada variabilidade espacial e climática que considera a propriedade homogênea, para identificar as características específicas de cada parte da terra e atuar sobre elas de maneiras distintas.

No Brasil, a agricultura de precisão é uma prática nova, tendo surgido em meados dos anos 1990.

Segundo Raij (2011), no Brasil, a existência da fertilidade natural para os solos produtivos não é mais uma necessidade, pois a tecnologia moderna, com o uso de fertilizantes e corretivos, tornou produtivos solos antes considerados impróprios para a agricultura. A produção agrícola em busca de produtividade crescente, como na agricultura praticada atualmente no Brasil, exige o uso de corretivos e fertilizantes em quantidades adequadas, que permitam conciliar o resultado econômico positivo com a preservação dos recursos naturais do solo e do meio ambiente e o alto desenvolvimento da produtividade das culturas. No campo da fertilidade do solo, busca-se constante conhecimento, chegando às melhores soluções. A nutrição da planta, do ponto de vista da fisiologia vegetal, é uma interação entre fertilidade do solo e adubação da planta.

Para Fiorin (2007), o manejo racional do solo pode ser considerado a base de sustentação dos sistemas agrícolas. A adoção do sistema de culturas com base no plantio direto associado à rotação de culturas e ao uso de plantas de cobertura do solo tem demonstrado eficiência na qualidade do solo, na produtividade e na redução de custos de produção.

Segundo Watanabe et al. (2002), para o agricultor obter uma boa produção, a análise de solo é uma ferramenta fundamental, pois os dados obtidos somente através da observação visual não são suficientes para se determinar possíveis problemas relacionados à nutrição das plantas.

Por outro lado, Squiba et. al. (2002) afirma que somente se obterão resultados quando a amostra for retirada do terreno de maneira correta. Segundo Dobermann & Ping (2004), as práticas da agricultura de precisão é uma forma moderna de gerenciamento da atividade agrícola que tem por finalidade aplicar os insumos no lugar certo e na quantidade exata de fertilizante.

Para Giotto et al. (2013), a agricultura de precisão é uma das mais frequentes preocupações e também motivação da pesquisa agrônômica moderna, aumentando a produtividade por área e diminuindo o custo da lavoura. Seu objetivo é maximizar os resultados econômicos e também o aumento da produtividade pela correção do solo. Desta forma o meio ambiente estará sendo preservado, pois não haverá desperdício de fertilizante no solo e as culturas receberão um tratamento variável

com aplicação localizada de correção de fertilidade e pulverização, o que significa um novo conceito de administração e gerenciamento na agricultura moderna.

Segundo Machado et al. (2004), o conceito de AP teve início através de experimentos de uniformidade (uniformity trials), instalado em Rothamsted, Grã-Bretanha em 1925 e também em 1929, em Illinois, nos EUA, com os estudos de acidez do solo. O crescimento da AP tem ocorrido, nos últimos anos, com o aparecimento de tecnologias variadas, como microcomputadores para processamento de dados, GPS, monitoramento de produtividade de grãos, geoestatística e bancos de dados georreferenciado.

Segundo Pierce & Novak (1999), a AP consiste em aplicação de tecnologias no manejo da variabilidade espaço-temporal associada à produção agrícola e tendo como principal fator aumento da produção e melhoria na qualidade ambiental, com o propósito de aumentar o rendimento das culturas e, paralelamente, a qualidade ambiental.

Para Savaiva (2000), as áreas agrícolas por possuírem características próprias e por serem determinantes quanto à produtividade, passam a ser analisadas individualmente, no que diz respeito ao tipo e a quantidade de fertilizante que deve ser usado.

A definição de técnicas para a determinação de zonas de manejo é ainda bastante recente no Brasil. A principal preocupação é interpretar a grande quantidade de dados gerados e transformá-los em informações úteis para a definitiva tomada de decisões, possibilitando a correção da variabilidade espacial existente nas lavouras. Além disso, a variabilidade está relacionada a mais de um fator, o que torna ainda mais difícil a definição de zonas de manejo (HAUSCHILD, 2013, p. 17).

Mundogeo (2000), o termo Agricultura de Precisão engloba o uso de tecnologias atuais para o manejo de solo, insumos e culturas, de modo adequado às variações espaciais e temporais em fatores que afetam a produtividade das mesmas. Esta nova filosofia de fazer agricultura tem levado ao uso de três tecnologias, que são o sensoriamento remoto, o sistema de informações geográficas (GIS) e o sistema de posicionamento global (GPS). Nos países desenvolvidos, produtores dispõem de serviços que envolvem a aquisição de dados via satélite e a análise detalhada de campos de produção, que podem ser utilizados para

verificação de variações espaciais em fatores de solo e produção, balizando o processo de tomada de decisão em harmonia com o ambiente.

Um produtor que trabalha com todas as fases da agricultura de precisão, estará beneficiando o meio ambiente, já que todas as aplicações serão feitas com total exatidão proporcionando uma maior margem de lucro; e, conseqüentemente, a diminuição de seu custo.

Buscando um maior aporte de conhecimento e considerando a expansão das modernas tecnologias, determinou-se como objetivo dessa dissertação, a avaliação da análise de solo na agricultura convencional em comparação à análise de solo na agricultura de precisão, determinando suas possíveis vantagens e desvantagens.

Como objetivos específicos, apresentar a variabilidade das condições físicas do solo e da produtividade da área avaliada, considerando-se os dois tipos de manejo.

Buscar identificar zonas diferenciadas de manejo de alta, média e baixa produtividade podendo, assim, adotar medidas de intervenção para cada zona de produção, a partir de mapas de resultados – mapas de produtividade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Raij (2011), a análise de solo no Brasil teve início em meados da década de 1960, por um programa de então Instituto de Química Agrícola do Ministério da Agricultura (atualmente parte da Embrapa Solos), em conjunto com a Universidade da Carolina do Norte, dos Estados Unidos, com a participação das mais expressivas instituições de pesquisa do Brasil. O projeto teve como objetivo a ampliação do uso de análise de solo na agricultura, por laboratórios automáticos que permitissem a análise de grandes quantidades de amostras, uniformizando os métodos de análise de solo e desenvolvendo critérios de interpretação.

2.1 Evolução dos métodos de análise de solo

Ainda segundo Raij (2011), na análise de solo, no Brasil, poucas alterações foram introduzidas desde a década de 1960. Foram observados alguns pontos que mereciam mais atenção dos pesquisadores, dentre eles a avaliação da disponibilidade de fósforo e a determinação de necessidade de calagem.

Atualmente, dois procedimentos para a recomendação de calagem:

- 1) A solução tampão, conhecida como índice de SMP, utilizado nos estados de Rio grande do Sul e Santa Catarina, com metas variáveis de elevação do pH do solo estabelecida por cultura;
- 2) O da elevação da saturação de bases, utilizados nos estados do Paraná e São Paulo, com metas variáveis de saturação por bases estabelecidas por cultura. As outras regiões do país mantêm as recomendações originais de neutralizar o alumínio e aumentar cálcio e magnésio, sendo que alguns laboratórios oferecem a opção de elevar a saturação de bases.

2.2 Fertilidade do solo

2.2.1 Avaliação da fertilidade do solo

Segundo Raij (2011), a avaliação da fertilidade do solo é bastante complexa, devendo levar em consideração as condições do solo e também outros fatores que afetam a produtividade e a necessidade de nutrientes, como: potencial genético, manejo da cultura, condições climáticas, disponibilidade de água, ataque de pragas e doenças, competição com plantas invasoras. Vários recursos são usados para a avaliação da fertilidade do solo. Para fertilizantes e corretivos somente a análise de solo pode definir a quantidade a ser aplicada.

2.2.2 Amostragem de solos

Segundo Raij (2011), os solos são materiais heterogêneos, que apresentam variação em suas propriedades. A amostragem de solos, é uma etapa crítica de todo o processo de análise. Uma amostra mal coletada, apresenta erros difíceis de corrigir.

Segundo Fiorin (2007), dois princípios devem ser observados para uma amostragem perfeita:

- a) A área a ser amostrada deve ser homogênea;
- b) Em uma amostra composta, deve-se coletar várias amostras simples.

Uma amostra coletada de forma errada pode mascarar o processo de recomendação de corretivos e fertilizantes, pois o laboratório de análise de solo não tem como diagnosticar nem corrigir possíveis erros de amostragem. A heterogeneidade do solo tende a melhorar pela adubação e calagem. A capacidade de uma amostra de solo vai depender do número de subamostras coletadas, para que o resultado analítico expresse a fertilidade média da área amostrada, na composição de uma amostra.

Para a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1994), a amostra de solo deve ser coletada antes da semeadura, pois os laboratórios necessitam de tempo para analisar as amostras. A época ideal para coleta de amostra de solo varia de acordo com o tempo de cultivo a que a área está submetida e a necessidade de

calagem ou não, pois o corretivo da calagem (calcário), depois de aplicado no solo, leva seis meses para começar a fazer efeito.

2.2.3 Épocas de coletas de amostragem

Para a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1994), as amostras de solo podem ser coletadas em qualquer época do ano; aconselha-se, no entanto, retirar as amostras seis meses antes, no caso de calagem, e dois meses antes, no caso de adubação com fertilizantes químicos. Para pastagens, a coleta deve ser de dois a três meses antes do máximo crescimento vegetativo. Em culturas perenes, recomenda-se fazer amostragem após a colheita.

Segundo Fiorin (2007), no sistema plantio direto, deve-se coletar a amostra de solo posteriormente à cultura plantada (arroz, aveia, soja e trigo).

2.2.4 Profundidades de coletas de amostragem

Para a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1994), a profundidade ideal deve ser de acordo com a cultura a ser plantada, ou seja, culturas anuais, como arroz, irrigado, milho, pastagem, soja e trigo, recomendam-se amostra de até 20 cm. Em culturas já estabelecidas, coleta-se amostras de até 10 cm de profundidade. Para culturas perenes, como frutíferas e florestas, coletar amostras de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade, antes da implantação da cultura. Após o plantio coletar amostras de 0 a 20 cm de profundidade, para reavaliação do solo.

Segundo Fiorin (2007), a profundidade ideal, para lavouras adubadas em linha, na implantação do sistema de plantio direto, em lavouras anteriormente cultivadas por sistemas convencionais e de campo natural com revolvimento do solo, é de 0-20 cm de profundidade na fase de implantação e, no caso de campo natural sem revolver o solo a profundidade é de 0-10 cm. A quantidade de solo retirada por talhão deve ser de 500 gramas.

2.2.5 Frequência de coletas de amostragem

Segundo Tomé Jr. (1997), o efeito residual do calcário se prolonga por vários anos, dependendo de alguns fatores, como tipo de solo, cultura, incorporação bem

feita, entre outros. A necessidade de novas aplicações somente será necessária em intervalos de 4 a 5 anos. Para as culturas anuais, em que são feitas aplicações de fertilizantes, as amostragens devem ocorrer de 3 a 4 anos.

A retirada de amostras de análise de solo deve ser feita vários meses antes do plantio, pois a necessidade de adubação e calagem dependem dela para boa interpretação. A análise de solo deve ser repetida a intervalos que podem variar de 1 a 4 anos. Ao coletar a amostra de solo, deve-se evitar a retirada nos sulcos de plantio, para não mascarar a análise de solo (RAIJ, 2011).

2.2.6 Manuseio e armazenagem das amostras de solo

Para a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1994), após a coleta, é preciso preservar a qualidade do material. Contaminações do solo podem ocorrer no manuseio e na coleta das amostras. Ferramentas enferrujadas, embalagens sujas com adubos podem mascarar o resultado da análise, especialmente no caso de determinações de micronutrientes.

Fiorin (2007) sugere ainda, que as amostras de terra devem ser enviadas ao laboratório sem umidade. Espalham-se as amostras sobre uma lona plástica, secando-as à sombra, em local ventilado. Assim, a amostra estará em condições de ser enviada ao laboratório, mesmo em períodos mais longos. Entretanto, se a amostra necessitar ser enviada imediatamente ao laboratório, pode-se suspender a secagem.

2.3 Metodologias de análise do solo

2.3.1 Análise química do solo

Para a manutenção de qualquer cultivo agrícola é importantíssimo a análise química do solo, pois permite avaliar o grau de deficiência de nutrientes e orientar na determinação da quantidade necessária a ser aplicada nas práticas de adubações e correção, esses responsáveis por grande parte do aumento da produtividade. (SILVA, 2009).

A finalidade da análise química do solo é determinar qual a quantidade de nutrientes que o solo será capaz de fornecer às plantas e qual a quantidade de

adubo que deverá ser aplicado para se ter um bom rendimento da cultura. A análise do solo serve ainda para se verificar se há acidez potencial do solo, a qual dificulta ou impede o crescimento das raízes, fazendo com que a cultura não aproveite o adubo aplicado ou os elementos do próprio solo (CARNIERI et al., 2002).

Para Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1994) a análise química é o principal instrumento para corrigir a acidez e a fertilidade do solo. As análises de rotina realizadas em laboratórios integrantes da Rolas são:

- PH do solo: realizado através de potenciômetro, na suspensão solo-água, na proporção 1:1;
- Necessidade de calagem: determinado pelo índice de SMP. O método baseia-se no uso de uma solução tamponada em pH 7,5. A redução do pH, dada pelo índice SMP, corresponde a certa quantidade de calcário que neutraliza as principais fontes de acidez do solo. O índice SMP foi calibrado com a necessidade de calcário para elevar o pH do solo a 5,5 a 6,0 ou a 6,5, conforme as exigências das culturas;
- Fósforo Extraível: fração composta pelo Fósforo da solução do solo e pelo absorvido à superfície das partículas e compostos de Fe e de Al do solo. Através do extrator de Mehlich-I, mistura-se ácido sulfúrico 0,0125 M e ácido clorídrico 0,05 M. Na análise, desenvolve-se a cor azul que é proporcional ao fósforo extraído. A intensidade da cor é medida por um aparelho chamado colorímetro;
- Potássio extraível: fração composta pelo Potássio da solução do solo e pelo adsorvido aos sítios de troca do solo. O potássio no extrato é determinado através de fotômetro de chama;
- Matéria Orgânica: determinada por combustão úmida do solo com bicromato de sódio e ácido sulfúrico. Ocorre uma modificação na solução, pois a matéria orgânica oxida e o bicromato é reduzido. A medição da intensidade da cor da solução é feita através de colorímetro. Com base no teor de matéria orgânica, avalia-se, indiretamente, a disponibilidade de Nitrogênio no solo;
- Cálcio e Magnésio: extraídos por espectrofotometria de absorção atômica;
- Alumínio trocável: extraído por cloreto de potássio 1M, titulando-se o alumínio com hidróxido de sódio, na presença de azul de bromotimol ou fenolftaleína;

- Enxofre: extraído por uma solução de Fosfato de Cálcio com 500 mg de P/L, determinando-se o teor de enxofre por turbidimetria com cloreto de Bário;
 - Cobre e Zinco: extraídos por ácido clorídrico a 0,1 M e determinados por espectrofotometria de absorção atômica;
 - Boro: extraído por água quente e determinado por calorimetria.
- (Sociedade Brasileira de Fertilidade do Solo, 1994).

2.3.2 Interpretação geral dos resultados da análise do solo.

Segundo a Sociedade Brasileira de Fertilidade do Solo (1994), a interpretação do resultado da análise de solo, adotada pela ROLAS (Quadros 1 e 2).

Faixa de teor de P no solo	Classe de solo					
	1	2	3	4	5	6
	mg/L					
Limitante	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 4,0	-
Muito baixo	1,1-2,0	1,6-3,0	2,1-4,0	3,1-6,0	4,1-8,0	-
Baixo	2,1-4,0	3,1-6,0	4,1-9,0	6,1 - 12,0	8,1-16,0	≤ 3,0
Médio	4,1-6,0	6,1-9,0	9,1-14,0	12,1-18,0	16,1-24,0	3,1 - 6,0
Suficiente	> 6,0	> 9,0	> 14,0	> 18,0	> 24,0	> 6,0
Alto	> 8,0	> 12,0	> 18,0	> 24,0	> 30,0	-
<p><u>Classe 1</u>: 55% de argila e/ou solos > Erexim, Durox, Vacaria, Santo Ângelo, Aceguá, Pouso Redondo, Boa Vista, etc.</p> <p><u>Classe 2</u>: 41 a 55% de argila e/ou solos > Passo Fundo, Estação, Oásis, Ciríaco - Associação Ciríaco-Charrua, São Borja, Vela, Farroupilha, Rancho Grande, Içara, etc.</p> <p><u>Classe 3</u>: 26 a 40% argila e ou solos > Passo Fundo, Júlio de Castilhos, Lages, São Gabriel, Alto das Canas, São Jerônimo, Canoinhas, Jacinto Machado, etc.</p> <p><u>Classe 4</u>: 11 a 25% de argila ou solos > Cruz Alta, Tupanciretã, Rio Pardo, Bagé, Camaquã, Bexigo, Pelotas, São Pedro, Santa Maria, Pinheiro Machado, etc.</p> <p><u>Classe 5</u>: 10% de argila e/ou solos > Bom Retiro, Tuia, Vacacaí, etc.</p> <p><u>Classe 6</u>: solos alagados (arroz irrigado por inundação).</p>						

Quadro 1 – Interpretação dos resultados da determinação de fósforo extraível do solo para as principais culturas do RS e de SC.

Fonte: Sociedade Brasileira de Fertilidade do Solo (1994).

Teor No Solo	Determinações					
	pH Água	Matéria orgânica	Cátions trocáveis			
			ca	Mg	Ca+Mg	k
% (m/v)	cmolc/L.....			mg/L	
Limitante	-	-	-	-	-	≤ 20
Muito Baixo	≤ 5,0	-	-	-	-	21 - 40
Baixo	5,1 - 5,5	≤ 2,5	≤ 2,0	≤ 0,5	≤ 2,5	41 - 60
Médio	5,6 - 6,0	2,5 - 5,0	2,1 - 4,0	0,6 - 1,0	2,6 - 5,0	61 - 80
Suficiente	-	-	-	-	-	81 - 120
Alto	> 6,0	> 5,0	> 4,0	> 1,0	> 5,0	> 120

Quadro 2 – Interpretação geral dos resultados de análise do solo para RS e SC.

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1994)

Unidades: %(m/v) = relação massa/volume; cmolc/L (centimol de carga por litro de solo) me/100mL ou me/dL; mg/L (miligrama por litro de solo) = ppm (massa/volume).

2.4 Análise de solo no sistema convencional

2.4.1 Procedimentos para coleta de amostras de solo

De acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1994), a coleta de amostras é essencial para avaliar as necessidades de fertilizantes e de corretivos necessários para a espécie que será plantada. As formações dos solos variam de local para local de região para região. Para obter uma amostra homogênea, são coletadas aleatoriamente várias subamostras, misturando-as. A quantidade de solo enviada da lavoura para o laboratório é de aproximadamente 500 gramas. No laboratório os profissionais usam cerca de 20 gramas. Uma amostra de solo composta não deve ultrapassar 10 a 20 hectares

Fiorin (2007) comenta que quanto maior for o número de amostras simples coletadas para fazer uma amostra composta, mais confiável será a amostra. Nota-se, também, que um número maior que vinte amostras simples, por menor que seja a área, torna inviável uma coleta amostral. Alguns fatores devem ser considerados para fazer a coleta de solo em uma propriedade, tais como vegetação (culturas anuais ou perenes, cultivares, plantas com diferentes idades); textura do solo (argiloso ou arenoso); cor do solo; topografia da propriedade (coxilha, solos de várzea); produtividade e histórico de aplicações de corretivos e fertilizantes entre outros.

2.4.2 Plano de amostragem

A retirada de amostra de solo deve ser dividida em glebas homogêneas, de acordo com a topografia, a vegetação e o histórico da lavoura. Os solos diferenciam-se pela cor, topografia do solo, textura, profundidade do perfil. Outro fator importante é percorrer a área retirando as amostras em ziguezague. As amostras simples deveram ser colocadas em um recipiente limpo (baldes ou sacos plásticos) e, no final da coleta, as amostras simples devem ser homogeneizadas, devendo ser anotado cada talhão para encaminhar ao laboratório. A coleta de solo é composta por 20 amostras simples para uma composta, independente do tamanho da propriedade, ou seja, de 10 m² ou vários hectares. Esse critério fundamenta-se no fato de que até em áreas pequenas as propriedades químicas do solo podem variar. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO (1994).

2.4.3 Equipamentos para a amostragem de solo

Segundo Raij (2011), a amostragem de solo pode ser feita com várias ferramentas: enxada, pá, tubo para amostragem de sonda, trado, e outros. As ferramentas mais usadas são trados e sondas. O trado holandês torna a operação mais fácil e rápida, como visto na Figura 1.

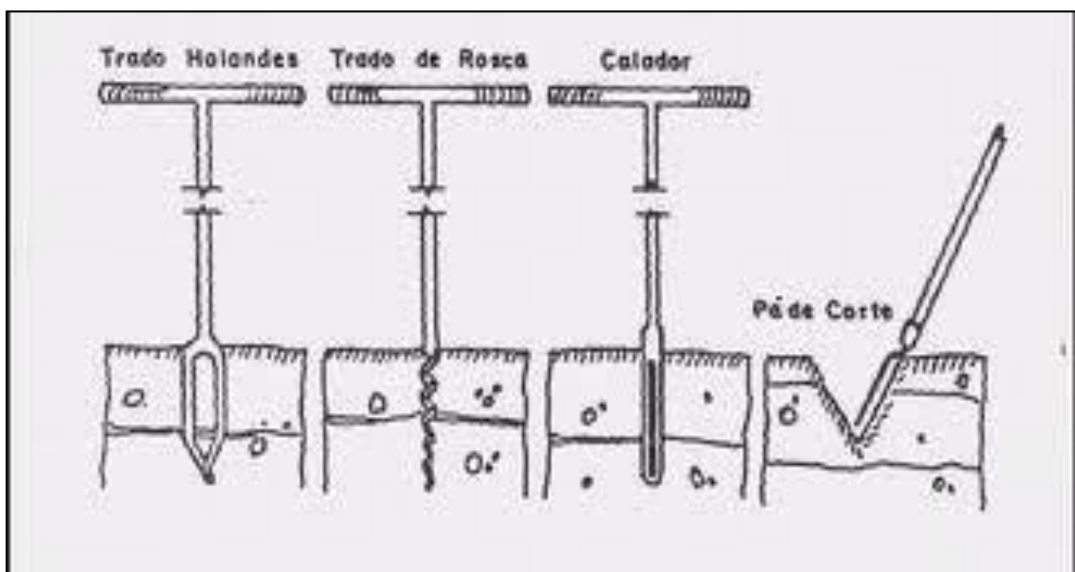


Figura 1 – Equipamentos usados para coleta de análise de solo.

Fonte: Sistemas de produção.cnptia.embrapa.br

2.4.3.1 Amostragens de solo com pá-de-corte

Conforme a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1994), em uma área homogênea, escolhe-se 20 pontos ao acaso; raspa-se superficialmente o solo onde será feita a coleta eliminando a vegetação (pastagens, folhas ou pedras); faz-se uma cova em formato de cunha, até 17 a 20 cm de profundidade; cortando com a pá três fatias de 2 a 5 cm de espessura, aproveitando a do meio; sendo que a amostra deverá ter no máximo 500gr; coloca-se o solo num saco de plástico limpo, etiquetado; após preenche-se o formulário e envia a amostra para o laboratório, sempre tomando o cuidado de não misturá-las. A Figura 2 apresenta uma coleta simples de solo.



Figura 2 – Amostragem simples de solo.

Fonte: www.plantiodireto.com.br

2.4.3.2 Amostragens de solo com trado

O principal método de coleta de solo, feito manualmente através de uma cavadeira adaptada, espátula e balde, como mostra a Figura 3. Ainda, a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1994), orienta a fazer 20 subamostras ao acaso, com uma profundidade de 17 a 20 cm, dentro de uma área homogênea, para culturas anuais como arroz irrigado, pastagens, soja e trigo.



Figura 3 – Trado holandês.

Fonte: www.micellium.com.br

2.4.4 Amostragens de solo em áreas adubadas em linha

Segundo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1994), na área da coleta do solo, deve-se localizar as linhas de adubação; raspar o solo removendo a vegetação, folhas ou ramos; fazer uma cova de 17 a 20 cm de profundidade, e comprimento correspondente ao espaçamento entre linhas, cuidando para que a linha de adubo esteja localizada na parte mediana dessa cova; com uma pá, cortar uma fatia de 2 a 5 cm de espessura em toda a cova; retirar aproximadamente 6 a 8 subamostras homogêneas; cada amostra não deve pesar mais de 500 gramas, conforme mostra a Figura 4.

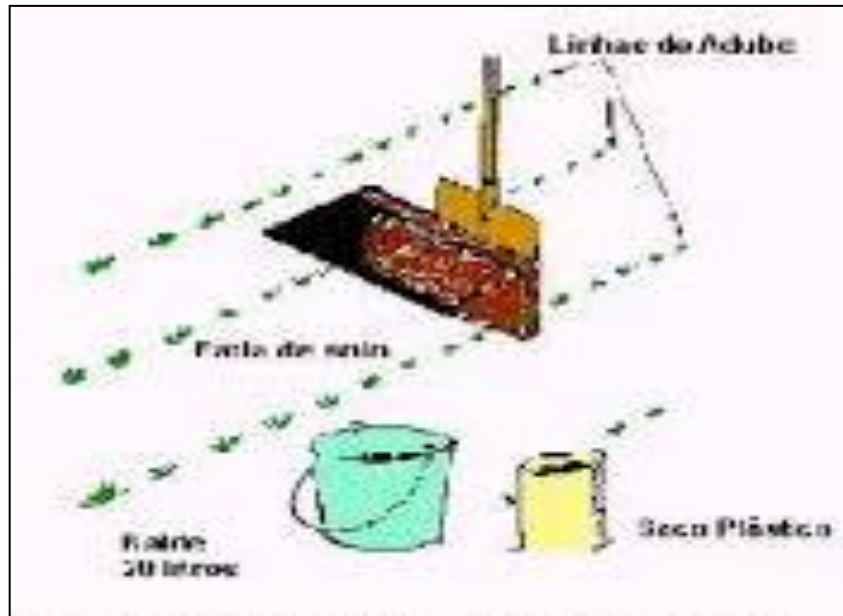


Figura 4 – Amostragem de solo em áreas adubadas em linha.

Fonte: CFS RS/SC, 1989.

2.4.5 Amostragens do solo no sistema de plantio direto

Segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1994), no sistema plantio direto, ocorre a acidificação na camada superficial do solo (0 a 5cm) e o acúmulo de nutrientes como o fósforo e o potássio. Para uma melhor avaliação do solo, deve-se retirar amostras de 0 a 5cm, de 6 a 10cm e de 6 a 20cm de profundidade.

2.5 Sistema de Posicionamento Global - GPS

2.5.1 Satélites GPS

GPS (Global Positioning System) o Sistema de Posicionamento Global, foi desenvolvido pelos EUA, com a finalidade de localizar suas tropas no globo terrestre. MORGAN (1997).

Para Giotto et al. (2013), o GPS foi criado pelo Departamento de Defesa dos EUA, sendo constituído por 27 satélites espaciais, sendo 24 em uso e três de reserva, com transmissores de sinais acoplados a estes. O sinal fornece a latitude e a longitude de um ponto sobre a superfície terrestre em um referencial tridimensional. Figura 5.

Segundo Balastreire (2001), é necessário que o GPS produza dados confiáveis e consistentes em um mesmo talhão na propriedade.



Figura 5 – Constelação de satélite.

Fonte: www.geografiasocial.com

Conforme Baio et al. (1998), as principais fontes de erros que podem ocasionar estão no relógio do receptor GPS, a interferência da ionosfera e erro orbital do satélite, o multicaminhamento, a disposição geométrica dos satélites.

Hanet al. (1994), comentam que para aumentar a acurácia do sistema, instala-se um receptor, chamado de base, em um ponto fixo de coordenadas conhecidas, o qual fará a leitura da correção enviada pela base, e o valor da posição a ser armazenado pode ser corrigido.

O uso de GPS permite associar a informação de coordenadas geográficas aos dados obtidos de uma localização específica no campo. Também é usado para guiar a navegação pelo campo, permitindo que o produtor revisite um determinado local que foi medido com o GPS anteriormente, comprovando a eficácia desta ferramenta. Com isso o GPS se torna um componente essencial para a maioria das aplicações de agricultura de precisão.

2.5.2 Sistema de referência do GPS

Segundo Sebem et al. (2010), a localização de um ponto "P" na Terra é determinada por coordenadas cartesianas retangulares X, Y e Z em relação ao centro de massa da terra (0,0,0), convertendo as coordenadas elipsoidais em latitude, longitude e altura elipsoidal h, como mostra a Figura 6.

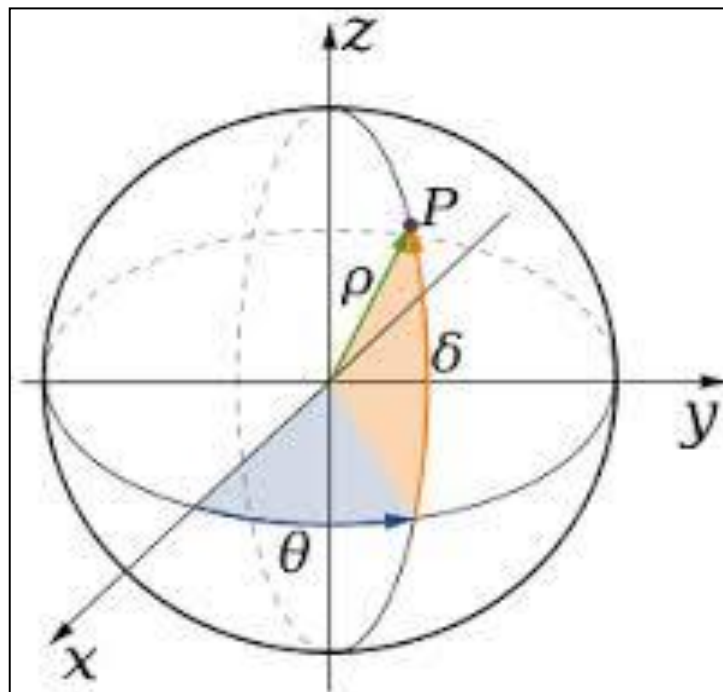


Figura 6 – Sistema de coordenadas cartesianas.

Fonte: www.pt.wikipedia.org

2.5.3 Tipos de Receptores GPS

De acordo com Sebem et al. (2010), os receptores quanto ao número de frequência são:

1. Frequência Simples: a antena do receptor recebe somente a frequência L1 e o acesso para o código C/A é dado pela correlação entre o sinal do satélite com o receptor.
2. Frequência Dupla: a antena recebe duas frequências L1 e L2 e tem acesso ao código C/A e ao código P.

2.5.4 Tipo de Sinal

Ainda Sebem et al. (2010), os tipos de sinais são: código C/A; Código C/A e as portadoras L1; Código C/A e as portadoras L1 e L2; Código C/A e P e as portadoras L1 e L2; Somente a portadora L1 e portadoras L1 e L2 (receptores sem códigos).

No sistema de GPS, existem dois tipos de serviços: O SPS (serviço de posicionamento padrão), tem acesso aos dados do GPS como são transmitidos, com todo o tipo de degradação e criptografia do código P e código C/A. O uso civil é caracterizado pela não obtenção de coordenadas precisas em tempo real, por um único receptor. O PPS (serviço de posicionamento preciso) tem acesso aos dados do GPS, como os dados do relógio do satélite não adulterados e ao código P sem criptografia, sendo usado pelo serviço militar e pessoas autorizadas.

2.5.5 Tipo de Levantamento

Sebem et al. (2010) apontam os tipos de levantamento que são os seguintes:

1. Navegação: o posicionamento é baseado no código C/A ou P. A precisão do GPS de navegação no SPS é de 3 a 10 m. Ver Figura 7.



Figura 7 – GPS de navegação.

Fonte: www.gpseletronicos.com.br

2. Topográficos: o posicionamento é baseado na portadora L1, com material de apoio (tripés e bastões) com pós-processamento dos dados em software. A precisão para esse GPS é de 1cm, conforme Figura 8.



Figura 8 – GPS L1 de precisão.

Fonte: www.allcomp.com.br

3. Geodésico: o posicionamento é baseado em receptores de dupla frequência (L1 e L2) que rastreiam código C/A e P, utilizado para coordenadas em tempo real. Sua precisão em pós-processamento é de $5\text{mm} + 1\text{ppm}$, conforme mostra a Figura 9.



Figura 9 – GPS L1/L2 de precisão.

Fonte: www.mundogeo.com

2.6 Precisão e Acurácia

Segundo Sebem et al. (2010), precisão e acurácia para muitas pessoas significam a mesma coisa. Quando se fala em medições estes dois termos têm significados bem diferentes. Medições por sua natureza são inexatas, a dimensão desta falta de exatidão é o erro. Isto é diferente do erro sistemático, pois este pode ser rastreado até a sua fonte, podendo ser detectado, quantificado e corrigido. A Figura 10 mostra a diferença entre precisão e acurácia.

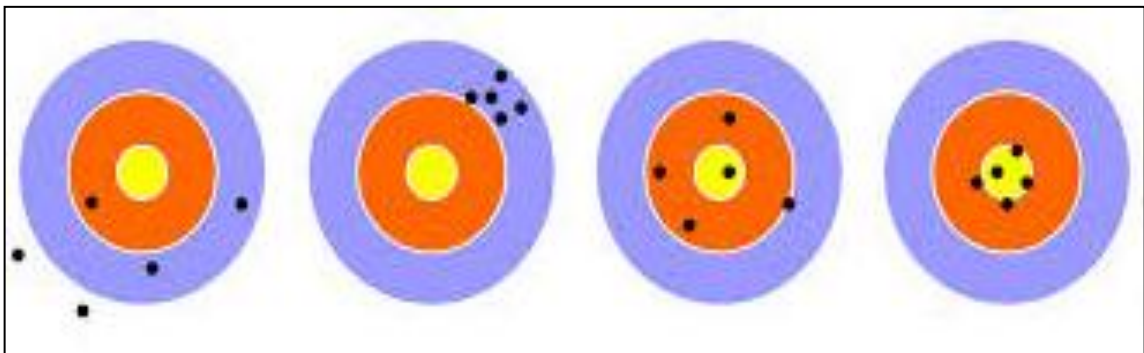


Figura 10 – precisão e acurácia.

Fonte: www.calibraend.blogspot.com

2.6.1 Precisão

Segundo os autores, a precisão está relacionada com a qualidade de uma operação na qual um resultado é obtido. É o grau de perfeição dos instrumentos e métodos para obter os resultados. SEBEM et al. (2010).

2.6.2 Acurácia

Sebem et al. (2010), a acurácia está relacionada com a qualidade dos resultados, é o grau de conformidade com uma verdade padrão.

2.6.3 Precisão do GPS para aplicações na agricultura

O GPS foi desenvolvido para localização de um ponto qualquer. Como citado por Knob (2006), são requeridas precisões diferenciadas para posicionamento do

GPS, de acordo com o tipo de operação e característica da máquina ou do serviço. O Quadro 3 mostra os valores de referência para precisão requerida nos GPS.

OPERAÇÃO	PRECISÃO
Aplicação variável de fertilizantes	30m
Amostragem de solo	10m
Mapeamento de produção	10m
Aplicação variável de herbicida	1m
Aplicação com pulverização sem sobreposição	10cm
Semeadura em linha	10cm
Georreferenciamento imóvel rural	10cm

Quadro 3 – Valores de precisão para as operações.

Fonte: Konb (2006)

2.7 Agricultura de precisão

2.7.1 Conceitos de agricultura de precisão

Segundo Tecnologia Arvus, a agricultura de precisão é composta por várias etapas: como a preparação do solo, plantio, acompanhamento da lavoura e colheita. Este trabalho engloba o ciclo do preparo do solo: análise do solo para busca das causas da variação de produtividade e aplicação de fertilizantes e corretivos a taxas variáveis.

Para Molin (2006), na AP, as técnicas diferenciam pelo seu nível de gerenciamento e conhecimento. O conhecimento adquirido com as informações fornecidas pela agricultura de precisão permite melhor suporte na tomada de decisão, tendo como resultado final o aumento da produção e economia de insumos por hectare.

Segundo Manzatto et al. (1999), o principal conceito é aplicar os insumos no local correto, no momento adequado, as quantidades de insumos necessários à produção agrícola, para áreas cada vez menores e mais homogêneas, tanto quanto a tecnologia e os custos envolvidos o permitam.

Larson et al. (1997) avaliaram o potencial dos benefícios ambientais da agricultura de precisão na prática da adubação. Observaram que havia poucas informações de campo disponíveis e demonstraram que, em uma área com variação

na textura do solo, submetida a técnicas de agricultura de precisão, houve perdas médias de 29 kg/ha de N lixiviador, enquanto nessa mesma área, a utilização da técnica convencional de aplicação resultou na perda de 60 kg/ha e N lixiviador.

Antunes (2006), comenta que a agricultura de precisão é um processo minucioso, cujo o alicerce é o conhecimento espacial e preciso da agricultura, baseado em dados obtidos com o uso de satélites.

Batchelor et al., citado por Tschiedel (2002), constata que a agricultura de precisão pode: melhorar os rendimentos da colheita e aumentar lucros; fornecer informações para a tomada de decisão; promover registros da área cultivada mais detalhados e úteis; reduzir custos de fertilizantes e diminuir a poluição.

Dallmeyer & Schlosser (1999) relatam que a agricultura de precisão engloba o uso de tecnologias atuais para o manejo do solo, insumos e culturas de modo adequado para as variações espaciais e temporais nos fatores que afetam a produtividade das mesmas. O que tem levado a esta nova filosofia de prática agrícola é o uso de três novas tecnologias: sensoriamento remoto, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o sistema de posicionamento global (GPS). A agricultura de precisão é um conceito de sistema de produção agrícola que envolve o desenvolvimento e a adoção de técnicas de gestão, baseado no conhecimento com o objetivo principal de otimizar a rentabilidade. Este sistema permite práticas de gerenciamento com computador pessoal, que é a possibilidade de administrar cada local do campo adequadamente, sendo econômico e tecnicamente vantajoso administrá-lo a este nível. Figura 11.



Figura 11 – Ciclo da agricultura de precisão.

Fonte: www.plantiodireto.com.br

2.7.2 Modelo de aplicação a taxa variável

Segundo Giotto (2013), ao aplicar as rotinas do Sistema CR Campeiro, existem três tipos de modelos essenciais para a agricultura de precisão:

1. Mapas de Fertilidade: amostras georreferenciadas, atributos do solo, modelos digitais de variabilidade espacial;
2. Mapas de Produtividade: dados de colheitadeiras equipadas com GPS e sensores de colheita;
3. Mapas de Aplicação: que consiste em uma aplicação diferenciada.

Para Amado (2013) Projeto Aquarius, comenta o programa GIS - Sistema de Informações Geográficas da Soilte, software desenvolvido especificamente para as necessidades agrícolas. Ele transforma informações agrícolas em mapas georreferenciados e cria mapas de recomendações para aplicação variável.

O mapeamento da área é feito através de um software instalado no computador com apoio de um Sistema de Informações Geográficas (GIS – Geographical Information System), ou seja, um sistema de hardware, software, informação espacial e procedimentos computacionais, que permite e facilita a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem (Wikipédia).

2.7.3 Amostragem de solo com GPS

2.7.3.1 Amostragem de solo com GPS a taxa variável

Wollenhaupt et al. (1994), Franzen & Peck (1995), Mallarino & Wittry (1997) relatam que, nas condições americanas, vários autores sugerem que, para representar adequadamente a variabilidade de fósforo e potássio, o tamanho ideal da malha de amostragem teria que ser inferior a um (1,0) hectare.

Segundo Fiorin (2007), quando existir limitação na expressão do potencial produtivo de uma lavoura, faz-se necessária a caracterização da área a ser trabalhada, a qual deve ser executado com precisão, pois erros de interpretação podem conduzir a erros na coleta de solo. Uma das variáveis que deve ser analisada são os diferentes tipos de solo dentro de um mesmo talhão

Ainda Fiorin (2007), a amostragem de solo pode ser manual ou mecânica com quadriciclo ou em veículo como jipe ou caminhonete. A coleta de amostra de análise de solo também pode ser através do uso de colheitadeiras com GPS, com base na variabilidade espacial da produtividade. Figuras 12 e 13.



Figura 12 – Quadriciclo equipado com coletor de solo.

Fonte: Bunge Fertilizantes.



Figura 13 – Quadriciclo Solodrill para coleta de solo.

Fonte: www.falker.com.br

Segundo Giotto et al. (2013), a amostragem de solo é a fase mais crítica para a confecção do mapa de fertilidade, pois auxilia na interpretação do mapa definindo a quantidade de fertilizante necessária no local. Após, fazer o levantamento planimétrico, na área onde se pretende gerar os mapas de fertilidade, estrutura-se uma grade de amostragem de solo de malha de tamanho regular, identificando os pontos amostrais a campo.

Para a coleta de análise de solo, o profissional poderá dispor de tecnologias como carrinho de amostragem, equipado com GPS e um extrator hidráulico de amostragem, com regulagem de profundidade, ou um GPS de navegação, e coletar com um trado ou pá de corte. Em cada coleta de amostras de solo georreferenciado, deve-se ter várias subamostras de solo de pontos próximos a estes, para compor a amostra representativa do ponto. O número mínimo de pontos deve ser de cinco – embora alguns pesquisadores recomendem até 15 pontos, com uma distância de três a dez metros, dependendo da precisão do GPS. Os GPSs de navegação podem apresentar erros de até cinco metros; já nos GPSs de precisão o erro é de centímetros: estes aparelhos têm um custo alto e não são necessários para compor os mapas de fertilidade.

No Brasil o espaçamento ideal para a amostragem de solo ainda está em fase de pesquisa, pois as malhas variam de um a cinco hectares e supõe que espaçamentos menores possam aumentar mais ainda a eficiência da coleta.

Existem alguns tipos de amostragem do solo, com o uso de GPS, que dependem das características da região. O tipo de amostragem deve considerar alguns fatores como perfil da região, rios, relevo entre outros.

2.7.3.2 Malhas de Amostragem

Na agricultura de precisão, as amostragens são georreferenciadas e espaçadas nas áreas, diferindo do conceito tradicional, e comumente utilizado, no qual subamostras de áreas igualmente espaçadas comporão uma única amostra representativa de uma grande gleba. Por exemplo, ao redor de cada coleta são feitas de nove a dez sub-coletas.

Para tanto, Roloff & Fochi (2002) propõem utilizar a metodologia denominada de "malha de amostragem". Depois disso é realizada a análise de solo, e esta tem seus resultados inseridos em um software específico. O software interpreta os dados georreferenciados de granulométrica, macro e micronutrientes, corretivos da acidez do solo, teor de matéria orgânica e poder tampão. Relacionaram também as variáveis para originar os mapas georreferenciados da área. Os mapas são combinados com a topografia, clima da região, cultura dos anos anteriores, etc.

Segundo boletim técnico do MAPA (2013), a coleta de amostras de solo tem o objetivo de determinar as necessidades do solo com maior detalhamento quando comparado à prática da amostragem convencional, dividindo o talhão em quadrículas imaginárias, regulares ou não, e em cada quadrícula retirando-se amostras de solo para o laboratório.

Para localizar cada ponto usa-se o GPS e retiram-se várias subamostras em torno do ponto, em seguida deve-se misturá-las para compor a amostra que será enviada ao laboratório e representará aquele ponto. É muito importante a composição da amostra, pois diminui ou elimina a interferência de ocorrências locais, naturais ou não, como mancha de alta fertilidade (acúmulo de adubo). O número de subamostras variam de 3 a 12. Como visto na Figura 14.

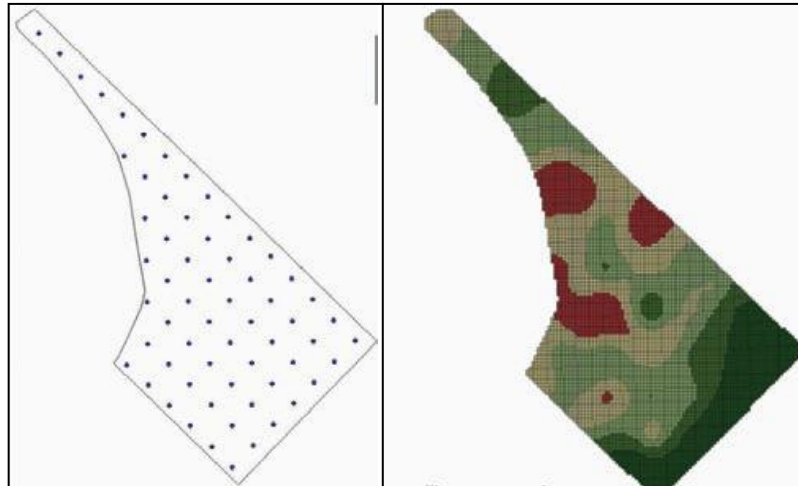


Figura 14 – Amostragem georreferenciada de pontos de solo para geração de mapa.

Fonte: MAPA, 2013.

2.7.3.3 Tipos de amostragens:

1. Amostragem Regular

Segundo, Giotto et al.(2013), são coletados os pontos igualmente espaçados ou homoganeamente distribuídos por toda a região considerada. Esse tipo de amostragem é bastante usado, pois uma vez que se localiza o primeiro ponto dentro da amostra fica fácil a localização dos outros.

2. Amostragem Aleatória

Ainda, para Giotto et al. (2013), são coletados os pontos aleatoriamente, o que dificulta a localização dos pontos a serem amostrados mesmo utilizando o GPS.

3. Amostragem Estratificada

Segundo os autores, são colocados aleatoriamente dentro de uma célula de grade. Determina-se uma subdivisão de cada célula (sub-grade). Considerando-se esses dois níveis de grade, escolhe-se aleatoriamente uma sub-célula (x,y) na primeira célula e depois, na mesma linha da grade, sorteia-se aleatoriamente um novo y', obtendo-se (x,y') e assim sucessivamente. Para cada coluna, segue o

mesmo fundamento, mantendo-se agora o y e escrevendo um novo x', obtendo-se (x',y). GIOTTO et al. (2013).

2.7.3.4 Modelos de Grade

Segundo Giotto (2013), há dois modelos distintos de malha. Um modelo que apresenta células retangulares ou quadradas e outro modelo com células hexagonais, como visualizado nas Figuras 15 e 16.

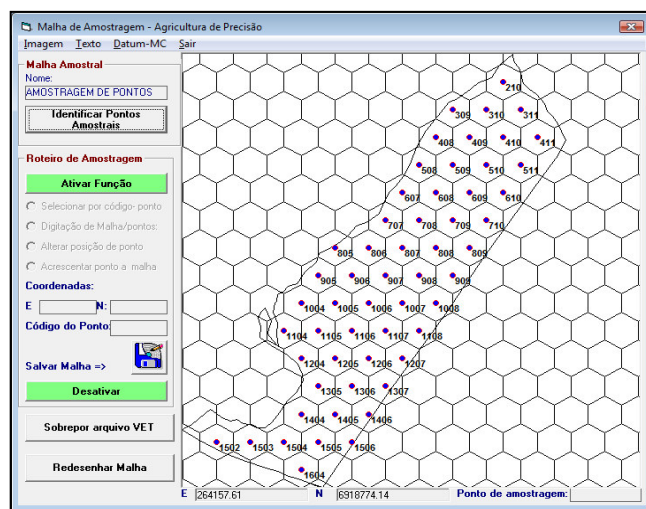


Figura 15 – Visualização de malha hexagonal.

Fonte: Agricultura de Precisão com Sistema CR Campeiro 7

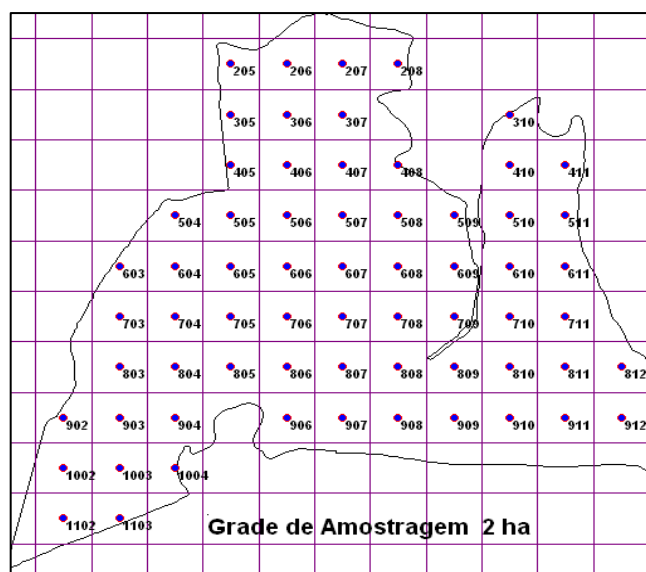


Figura 16 – Visualização de malhas retangulares ou quadradas.

Fonte: Agricultura de Precisão com Sistema CR Campeiro 7

2.7.3.5 Interpolação da amostragem:

Segundo Giotto (2013), após a definição dos parâmetros da grade, deverá ser selecionado o procedimento estatístico de interpolação.

2.8 Ferramentas auxiliares na agricultura de precisão

2.8.1 Ferramentas auxiliares na aplicação localizada de corretivos

Segundo Fiorin (2007), existem no mercado alguns equipamentos motorizados para a aplicação da taxa variável, cujo custo, no entanto, não condiz com a realidade de muitos agricultores. Tais equipamentos exigem altos gastos, dificultando esse tipo de investimento. Para oferecer essa tecnologia, empresas especializadas terceirizam serviço. Algumas máquinas de aplicação para taxa variável como o aplicador AMAZONE da STARA, possui distribuidor centrífugo e distribuidor a lanço de sementes e fertilizantes.

Schlosser et al. (2004) descreve o implemento virtual, que consiste em um trator que traz acoplado um distribuidor de taxa variável, onde os coeficientes para a variação longitudinal variam de 8,78% a 12,48%, nas escalas de dosagem. As taxas de adubação variam de 104 a 461 kg/ha.

Segundo a empresa ARVUS, o GPS possui compatibilidade com vários equipamentos como:

- Distribuidores de adubo e corretivo a lanço;
- Distribuidores de adubo e corretivo por gravidade;
- Plantadoras e semeadoras de grãos;
- Cultivadores e plantadeiras de cana-de-açúcar.

O funcionamento do equipamento é instalado no implemento de aplicação do insumo (calcareadeiras, plantadeiras-adubadeiras, cultivadores, etc.) e após, conecta-se o motor a um computador de bordo que fica na cabine do trator. Durante a operação, o computador de bordo recebe sinais de GPS/DGPS constantemente. A cada sinal, o sistema consulta o mapa de aplicação de corretivos que foi transferido ao computador por pendrive. Sabendo a dosagem no local específico do solo, o sistema aciona o motor para a aplicação correta de insumos. Após a aplicação, o mapa pode ser enviado ao computador para visualização das áreas e dos registros

gerados. O computador de bordo registra todos os dados de operação a cada segundo. Ver Figuras 17 e 18.

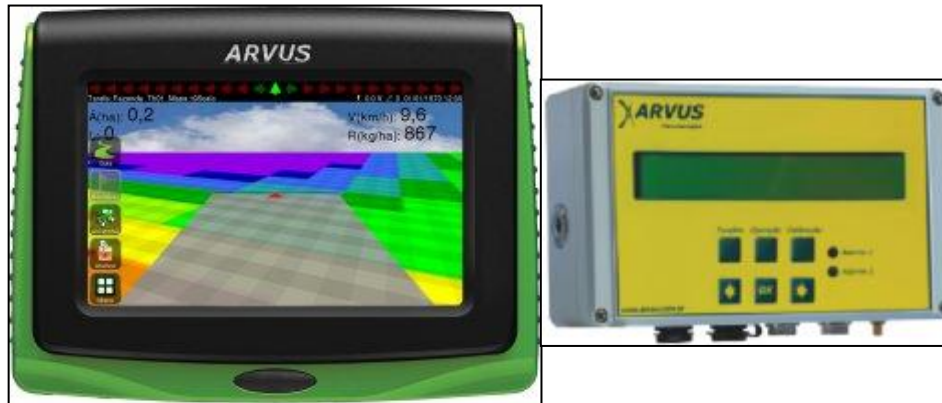


Figura 17 – GPS Taxa variável.

Fonte: www.arvus.com.br



Figura 18 – Controlador eletrônico de aplicação de insumos a taxa variável.

Fonte: www.arvus.com.br

Outros exemplos de máquinas para agricultura de precisão, que podem ser usados são:

- Aplicador da AMAZONE da STARA com distribuidor centrífugo;
- Distribuidor TWISTER 1500 - de sementes e fertilizantes;
- Colheita com mapa de produtividade.

As Figuras 19, 20, 21 e 22 mostram esses equipamentos.



Figura 19 – Aplicador da AMAZONE da STARA com distribuidor centrífugo.

Fonte: www.Stara.com.br



Figura 20 – Distribuidor TWISTER 1500 - de sementes e fertilizantes.

Fonte: www.Stara.com.br



Figura 21 – Colheita com mapa de produtividade.

Fonte: www.deere.com.br



Figura 22 – Plantadeira com GPS.

Fonte: portalmaquinasagricolas.com.br

2.8.2 Aplicação em taxa variável de corretivos na agricultura de precisão

Segundo Fiorin (2007), a aplicação de fertilizantes em taxa variada baseia-se no uso de mapas eletrônicos que relacionam a posição latitudinal e longitudinal e a quantidade exata de insumos a serem aplicados no local desejado. Constatada a presença de variabilidade na produtividade e associando-a a atributos químicos do solo, faz-se necessário racionalizar a aplicação dos fertilizantes e corretivos valendo-se da taxa variada.

Queiroz et al. (2000) acrescentam que a quantidade de insumos também pode ser ajustada em tempo real, com o uso de sensores remotos.

Segundo Coelho (2003), o manejo por zona de aplicação é uma alternativa simples e de menor valor inicial para os produtores terem uma noção do potencial das tecnologias da agricultura de precisão, podendo, assim, ter informações importantes para ajustes dos sistemas de produção.

2.9 Amostragem de solo convencional e agricultura de precisão

2.9.1 Comparativo de amostragem de solo convencional e amostragem de solo na agricultura de precisão

Para a Embrapa (2002), a amostragem do solo no sistema de agricultura convencional, deve ser dividida em glebas ou talhões de até 10 hectares,

numerando-se cada uma delas. As glebas devem ser homogêneas, quanto ao uso anterior, tipo de solo e aspecto geral da vegetação. As glebas são percorridas em ziguezague, retirando-se 20 amostras simples, que devem ser misturadas, separando-se uma amostra composta de 0,50 kg para ser enviada ao laboratório.

Agrolink (2010) lembra que, na AP, diferentemente da amostragem de solo convencional em que uma amostra de solo representa uma gleba ou talhão inteiro, tem-se um nível de detalhamento maior por que o número de amostras coletadas é maior e representa pequenas glebas, que variam de um a três hectares. A amostragem requer cuidados nas subamostras, na profundidade de amostragem, na forma de amostragem e tamanho do “grid” amostral. A Figura 23, mostra a diferença de pontos coletados na amostragem de solo convencional e na amostragem de solo com agricultura de precisão. A Figura 24, a agricultura de precisão aplica o calcário a taxa variável, enquanto que na agricultura convencional aplica em taxa fixa.

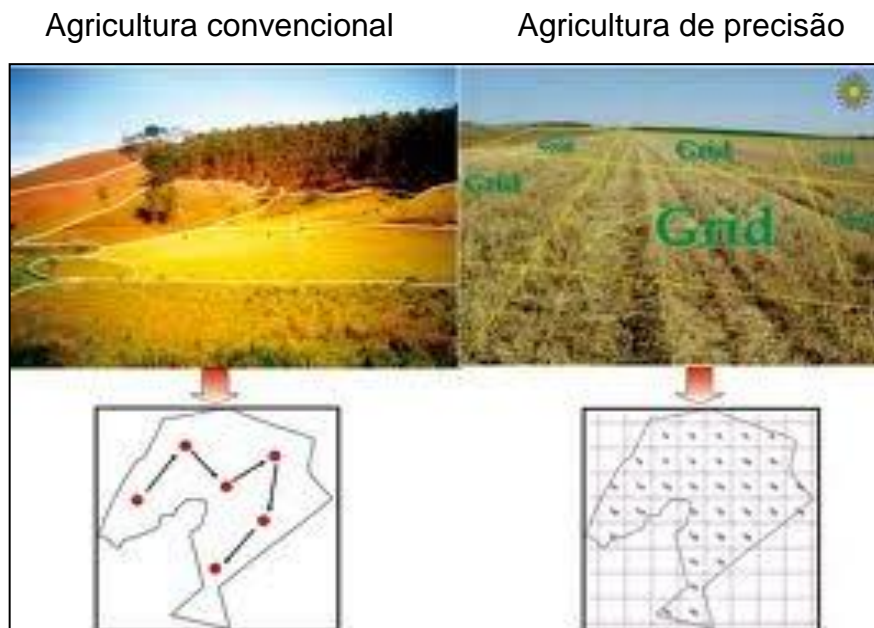


Figura 23 – Esquema de amostragem de solo convencional e amostragem de solo.

Fonte: www.plantiodireto.com.br

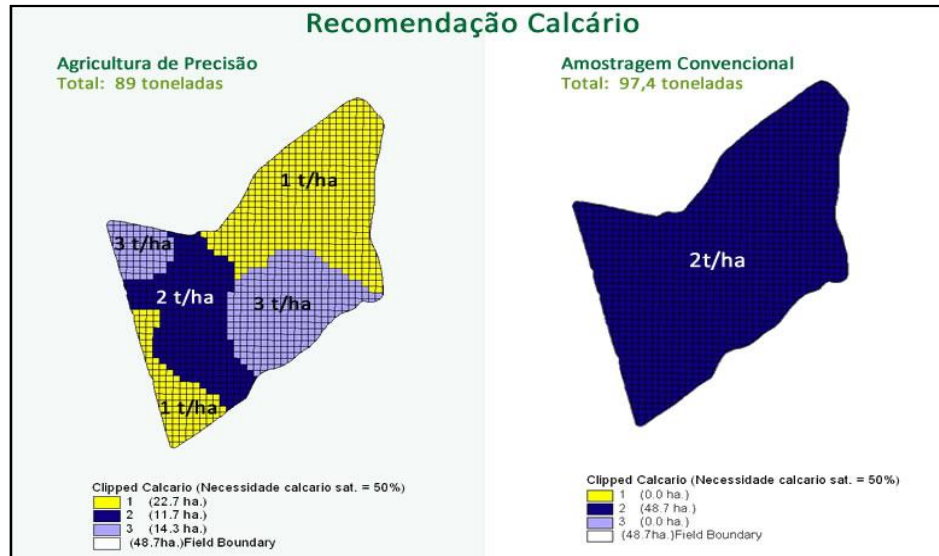


Figura 24 – Aplicação de Calcário na agricultura precisão e convencional.

Fonte: www.solidaag.com.br

2.9.2 Vantagens e desvantagens da agricultura de precisão em relação à agricultura convencional

2.9.2.1 Vantagens

Segundo Morgan, Centro de Produção Técnica (CPT 2010), as vantagens de aplicação da agricultura de precisão são várias:

- Redução e economia de insumos agrícolas;
- Aumento da produtividade devido à otimização dos recursos do solo – alguns experimentos já comprovam aumento na produtividade em quase 30%;
- Sustentabilidade da terra em longo prazo, explorando a forma favorável e não depredadora;
- Economia de até 25% em agrotóxicos, fertilizantes e corretivos agrícolas.

Segundo Dawson (2013), 90% das propriedades adotaram a agricultura de precisão. O resultado foi que, em cerca de quatro anos, algumas propriedades aumentaram a produção entre 16 e 20%, pois onde eram colhidos 50 sacas/ha passaram a ser colhidos de 8 a 10 sacas/ha.

Ainda, a implantação da agricultura de precisão em uma propriedade diminui o custo, o corretivo é colocado no lugar exato, não se desperdiça o produto, aumenta-se a produtividade, pois o produtor passa a aproveitar aqueles espaços que estavam com baixa produtividade.

2.9.2.2 Desvantagens

Algumas desvantagens podem ser observadas no processo de análise de uma lavoura com implementação da AP:

- Alto custo com maquinários para aplicação localizada de insumos;
- Impossibilidades de controlar variáveis externas, como o clima, preços de insumos, ataque de pragas, etc;
- Alto custo para o levantamento do mapa de aplicação de insumos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área do trabalho

O trabalho foi desenvolvido no município de Restinga Seca (Figura 25), região central do RS, distante 60 km de Santa Maria. Na propriedade de Ary Afonso Pötter, localidade de Rincão das Palmas (Figura 26), em uma área de 22 hectares, com coordenadas geográficas de latitude 29°50'46,25" S e longitude 53°15'13,99" W, foram desenvolvidos os trabalhos de coleta de solo para agricultura convencional. Na propriedade de Oneri Santo Bordignon, localidade denominada Fazenda São Pedro (Figura 27), em uma área de 24,07 hectares, com coordenadas geográficas de latitude 29°43'57,22" S e longitude 53°15'13,99" W, foram desenvolvidos os trabalhos de coleta de solo para agricultura de precisão.



Figura 25 – Localização de Restinga Seca, no Rio Grande do Sul.

Fonte: www.pt.wikipedia.org



Figura 26 – Localização da propriedade do Sr. Ary A. Potter.

Fonte: Google Earth Plus



Figura 27 – Localização da propriedade do Sr. Oneri S. Bordignon.

Fonte: Google Earth Plus

3.2 Características da área

O solo ondulado, do tipo 2, apresenta-se com características de coxilha, com declividade moderada, cuja classe e média de argila está entre 15 e 35% e mais de 70% de areia, com profundidade igual ou superior a 50 cm. (Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio grande do Sul e em Santa Catarina 2007).

3.3 Etapas de planejamento do trabalho

Os trabalhos de coleta de amostra de solo em agricultura convencional e agricultura de precisão foram realizados em período que antecederesse a cultura da soja. As etapas realizadas são as seguintes:

- Coleta de análise de solo na agricultura convencional;
- Encaminhado ao laboratório o solo para análise;
- Avaliação do laudo de análise de solo;
- Coleta de análise de solo na agricultura de precisão com GPS;
- Encaminhado ao laboratório o solo para análise;
- Avaliação do mapa de solo com taxa variável.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de solo convencional

Na análise de solo convencional foram utilizados os seguintes equipamentos: pá de corte, facão e balde de plástico. Na propriedade do sr. Ary Afonso Pötter, foram coletados aleatoriamente, em ziguezague, 15 amostras, onde cada ponto seria uma amostra simples de solo. Então, foi raspada a superfície do solo (para evitar matéria orgânica, restos vegetais, etc.) e, com a pá de corte, foram feitas covas em forma de cunha, com profundidade de 20 cm; o solo foi cortado em 3 fatias, com o facão, descartando as fatias laterais, ficando-se com a fatia do meio. Todas as amostras simples de solo foram uniformemente misturadas e colocadas no balde, formando a amostra composta. Depois de formada a amostra composta separou-se a quantidade de 500 gramas que foi colocada em saco, etiquetada e enviada ao laboratório para análise. Figura 28.



Figura 28 – Pontos de coleta solo em ziguezague.

Fonte: Google Earth Plus

LAUDO DE ANÁLISE DE SOLO								
Município: Restinga Seca						Nome: Ary Afonso Pötter		
Argila %	pH Água	Índice SMP	P mg/dm ³	K mg/dm ³	M.O %	Al cmolc/dm ³	Ca cmolc/dm ³	Mg cmolc/dm ³
14	4,7	5,9	6,6	56	1,3	0,6	1,3	1,2
H + Al cmolc/dm ³	CTC (cmoc/dm ³)		Saturação (%)			Relações		
	Efetiva	PH 7,0	Al	Bases	K	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
4,9	3,2	7,4	19,0	34,3	1,9	1,1	8,8	8,1

Quadro 4 – Laudo de análise de solo.

Fonte: Irga - Instituto Riograndense do Arroz
Análise Básica - ROLAS - NRS - SBCS

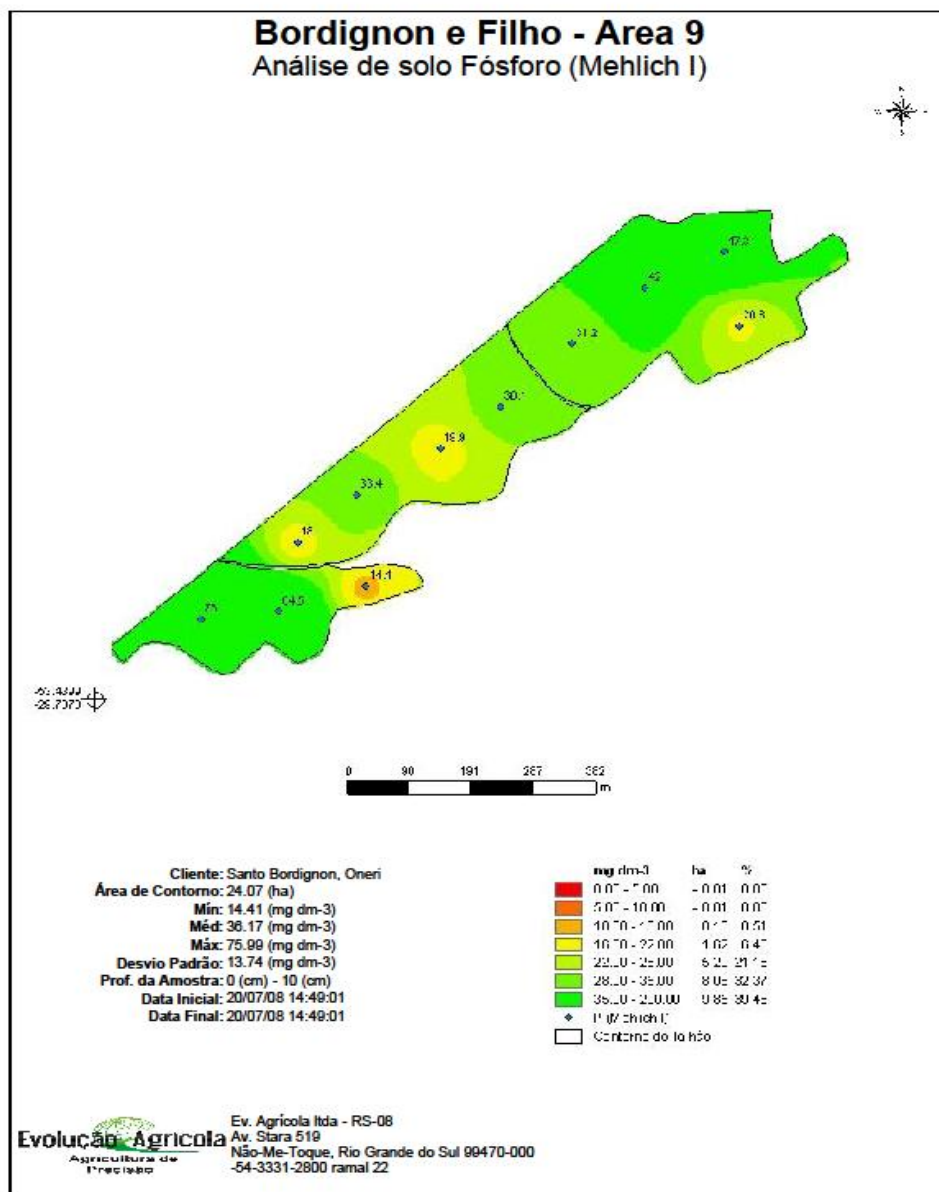
Segundo Fiorin (2007), o critério de elevação rápida e manutenção da fertilidade consistem em aplicar doses suficientes de fertilizantes (fósforo e potássio) para elevar os teores no solo já no 1º cultivo, seguindo-se com aplicações anuais nas quantidades mais ou menos equivalentes à extração pelas culturas cultivadas.

O quadro 4 mostra o laudo de análise de solo, como teor de fósforo (P) de 6,6 mg/dm³ considerado de faixa "baixo", cuja a interpretação dos resultados, encontra-se no quadro 1, que mostra a determinação de fósforo extraível de classe de solo 4 para a região de Restinga Seca. O teor de fósforo (P) no solo indica a faixa entre 6,1 - 12,0 mg/L. O quadro 3 mostra também que o teor de potássio (K) de 56 mg/dm³ é considerado faixa "baixo". A interpretação dos resultados encontra-se no quadro 2, onde o índice varia de 41 - 60 cmolc/L.

4.2 Análises de solo na agricultura de precisão

O trabalho de coleta de análise de solo com agricultura de precisão foram realizados na propriedade do Sr. Oneri Santo Bordignon, com área de contorno de 24,07 ha. Para fazer a coleta de solo, com agricultura de precisão, foram utilizados um quadriciclo, GPS e equipamentos com motor elétrico para fazer a coleta do solo. Foi definido um plano de amostragem para determinar quantas amostras seriam coletadas por grade amostral. As coletas foram feitas pela empresa Evolução Agrícola, sediada na cidade de Não-Me-Toque. O processo de coleta de análise de solo, na agricultura de precisão, foi iniciado pelo levantamento do perímetro da área,

através do GPS, definindo seus limites, onde foram feitas as coletas de solo. Foi estruturada a "grade" (retangular), identificando os pontos na área da propriedade. Através do software instalado no computador, o operador localizou os pontos amostrais, nos quais foram feitas as coletas de solo para a análise. Foi coletada uma amostra, a cada dois hectares, com nove subamostras em "V", coletadas ao redor de cada ponto, formando a amostra composta, referente à coleta de amostra em solo de agricultura de precisão, como indicam os dois mapas explicativos abaixo, Figuras 29 e 30 e o quadro 5.



SGIS Report 55

20/07/08

Figura 29 – Mapa de aplicação de fósforo.

Fonte: www.evolucaoagricola.com.br.

Parâmetro	Fósforo (P)	Potássio (K)
	mg/dm ³	mg/dm ³
Mínimo	14,41	76
Médio	36,17	104,33
Máximo	75,99	139,99
Desvio Padrão	13,74	14,05
Prof. Da Amostra	10 (cm)	10 (cm)

Quadro 5 – Estatística descritiva com os valores de Fósforo e Potássio dos atributos do solo, amostrados na área do Sr. Oneri Bordignon.

Fonte: www.evoluçãograciosa.com.br

Na figura 29 foi analisado o mapa da variabilidade espacial do teor de fósforo (P), onde pode-se observar que em 0,13 ha (0,51%) da área o fósforo (P) apresentou-se em nível "médio"; em 1,62 ha (6,48%) da área o (P) apresentou-se em nível "suficiente" e no restante da área 22,32 ha (93,01%) o teor de fósforo (P) apresentou-se em nível "alto".

Na figura 30 foi analisado o mapa da variabilidade espacial do teor de potássio (K). Observou-se que a faixa de teor de potássio (K) é "suficiente" em 24,07 ha, ou seja, em 100% da área.

No quadro 6 observamos os níveis de teor de fósforo (P) e de potássio (K), onde o (P) indica mínimo de 14,4 mg/dm³, máximo de 75,99 mg/dm³ e médio de 36,17 mg/dm³, o desvio padrão é de 13,74 mg/dm³. Os níveis de teor de potássio (K), indicam mínimo de 76 mg/dm³, máximo de 139,99 mg/dm³ e médio de 104,33 mg/dm³, o desvio padrão é de 14,05 mg/dm³. As coletas de solo foram realizadas à uma profundidade de 0 - 10 cm.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que as plantas, em geral, obtêm os nutrientes de que precisam no solo. A avaliação da disponibilidade de nutrientes de que a planta necessita é feita através da análise foliar e análise química. Neste caso, foram feitas análises químicas, no sistema convencional e no sistema de agricultura de precisão. Mas a análise de solo no sistema convencional, com taxa fixa, ainda continuará sendo usada, pois a maioria dos produtores ainda não dispõe de condições para fazer amostragem para o sistema de agricultura de precisão, devido ao elevado custo: sua utilização parece mais adequada aos prestadores de serviço na aplicação localizada de insumos.

No entanto, a tendência da agricultura de precisão é de uma rápida evolução tecnológica e uma redução gradual de custos, o que irá garantir a viabilidade técnica e econômica da utilização destas tecnologias, num curto espaço de tempo, pois observa-se que, a cada safra, fica mais próximo de o agricultor usar essa ferramenta de serviço, já que cada vez existem mais profissionais no campo atuando com o sistema de agricultura de precisão. Sobre o aspecto econômico, em geral há a expectativa de aumento de lucro, na adoção dessa tecnologia.

Segundo levantamento realizado por pesquisadores, em relação à agricultura convencional e agricultura de precisão, nota-se que, com a agricultura de precisão, o produtor terá vantagens, como diminuição no custo de produção em torno de 25%, tendo em vista que o solo será corrigido, com aplicação de fertilizantes a taxa variável (o que não ocorre na agricultura convencional, pois a aplicação de fertilizantes é feita com taxa fixa) tornando-se as colheitas mais produtivas, podendo chegar a ter um aumento de 30%, devido à adubação exata, além de diminuir o impacto ambiental, em decorrência da menor quantidade de insumos aplicada.

Os teores de fósforo e de potássio, apresentaram uma diferença significativa comparando a análise de solo convencional e a análise de solo para agricultura de precisão. Segundo a sociedade brasileira de ciência do solo (1994), a análise de solo convencional mostrou o fósforo com 6,6 mg/dm³, o potássio com 56 mg/dm³, determinando os níveis de fósforo e potássio "baixo". A análise de solo para agricultura de precisão mostrou o fósforo com média de 36,17 mg/dm³ e o potássio com média de 104,33 mg/dm³, determinando os níveis de fósforo "alto" e potássio

"suficiente". As tecnologias hoje existentes já permitem que se tenha um grande conhecimento das variabilidades encontradas entre as diferentes áreas da propriedade, o que já proporciona a tomada de decisões com base em dados mais precisos.

REFERÊNCIAS

AMADO, Telmo Jorge Carneiro; SANTI, A. L. **Agricultura de precisão aplicada ao aprimoramento do manejo do solo**. In: Fiorin, J.E. (Coord). **Manejo e Fertilidade do solo no sistema de plantio direto**. Passo Fundo: Berthier, 2007. 184p. p 99 - 144.

AMADO, Telmo Jorge Carneiro (coordenador). Agricultura de Precisão. **Projeto Aquarius**. Desde 2004. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2013.

ANTUNES, Maria Ubaldina Ferreira. **Análise da Evolução espaço-temporal da Produtividade de uma Lavoura de Soja**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geomática. Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2006.

BALASTREIRE, L. A. Avaliação do Desempenho de um Sistema de Georreferenciamento portátil de baixo custo para Agricultura de Precisão. In: Avanços na Agricultura de Precisão Brasil no Período de 1999-2001, 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: 2001. p. 282-4.

BAIO, F.H.R. et al: Estudo da exatidão de um GPS operando em duas taxas de aquisição de dados. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Poços de Caldas, 1998. **Anais**. Lavras. Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.347-9.

BARBOSA FILHO, Morel Pereira. **Nutrição e Adubação – Arroz (Sequeiro e Irrigado)**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987.

CARNIERI, I. M. R. S. A.; MONTE SERRAT, B.; LIMA, M. R. **Análise de solo ou planta que os laboratórios podem fazer para o produtor rural**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Projeto de Extensão Universitária Solo Planta, 2002. (Folder).

COELHO, A. M. **Agricultura de Precisão: Manejo da Variabilidade Espacial e Temporal dos Solos e das Culturas**. In: Tópicos em Ciência do Solo, volume 3. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. 2003. p. 249 - 290.

DALLMEYER, A. U.; SCHLOSSER, J. F. Mecanización para la Agricultura de Precisión. In BLU, R. O.; MOLINA, L. F. **Agricultura de Precisión - Introducción al Manejo sitio-específico**. Chillán-Chile - INIA, 1999. Cap.3, p. 75-104.

DAWSSON, **Safra & Mercado** (site: www.sojabrasil.ruralbr.com.br, 2013).

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.

EMBRAPA. **Recomendações Técnicas Para a Cultura da Soja no Paraná**. 2000/01. Midiograf, Londrina, PR. 2000.

FIORIN, Jackson E. (Coord.) **Manejo e Fertilidade do Solo no Sistema Plantio Direto**. PaEd. Berthier, Passo Fundo, 2007. 184 p.

FONSECA, Frederico -. Site: www.mundogeo.com Acesso em 02/02/2000.

FRAZEN, W. D.; PECK, T. R. Field Soil Sampling Density for Variable Rate Fertilization. *Journal of Production Agriculture*, v. 8, p. 568-574, 1995.

GIOTTO, ENIO; CARDOSO; Claire Delfini Viana; SEBEM, Elódio; PIRES, Fábio Soares. **Agricultura de Precisão com o Sistema CR Campeiro**. Santa Maria: Laboratório de Geomática, DER – CCR – UFSM – 2013.

HAN, S. et al. **Cell size for site-specific crop management**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.37, n.1, p. 19-26, jan./fev. 1994.

HAUSCHILD, F. G. **Técnicas de agricultura de precisão para definição de Zonas de manejo de solo**. Dissertação de Mestrado Programa de Pós – Graduação em Agricultura de Precisão. UFSM, Santa Maria, 2013.

INAMASU, Ricardo. **Desmistificando a Agricultura de Precisão**. Embrapa. Disponível em www.embrapa.com.br. Acesso em 02/10/2013.

IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, XXVI REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria, RS, 2005.

KNOB, Marcelino João. **Aplicação de Técnicas de agricultura de precisão em pequenas propriedades**. Dissertação de Mestrado – UFSM, Santa Maria, 2006.

LARSON, W.; LAMB, J.; KHAKURAL, B.; FERGUSON, R.; REHM, G. **Potencial of site-specific management for non point environmental protection**. In: PIERCE, F.; SADLER, E. The state of site specific management for agriculture. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1997. p. 337-367.

LAMPARELLI, Rubens A. C.; ROCHA, Jansle Vieira; BORGHI, Elaine. **Geoprocessamento e Agricultura de Precisão: Fundamentos e Aplicações**, Ed. Agropecuária, Guaíba, RS 2001.

MACHADO, P. L. O. de A. et al. Estudo de caso em agricultura de precisão: manejo de lavoura de soja na região de campos gerais, PR. In: Bernardi, A. C. de C; et al, **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema de plantio direto**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2004. p. 93-113.

MALLARIANO, A. P.; WITTRY, D. J. Use of DGPS, yield monitors, soil testing and variable rate technology to improve phosphorus and potassium management. In: Proceedings of The Integrated Crop Management Conference (Iowa State University Extension, Ames, Iowa, USA), p. 267 - 275, 1997. Apud FIORIN Jackson E. (Coord.) **Manejo e Fertilidade do Solo no Sistema Plantio Direto**. Passo Fundo: Berthier, 2007. 184 p.

MANZATTO, C. V.; BHERING, S. B.; SIMÕES, M. **Agricultura de Precisão: Propostas e Ações da Embrapa Solos**. EMBRAPA Solos, 1999. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/proj01/proj01.html> em 05 Nov. 2013.

MENEGHELLO, Olney Machado. **Análise da reflectância espectral de amostragem de solo e sua relação com modelos digitais de fertilidade: estudo de caso em agricultura de precisão**. Dissertação de mestrado. Santa Maria - 2008.

MIRANDA, E. E. **Informática brasileira em Análise. Quem precisa de agricultura de precisão?** EMBRAPA Monitoramento por satélite. Disponível em: <http://www.cesar.org.br/analise/n-20/artigo_20.html> Acesso em: 13 de nov. 2003.

MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; SCHMDHALTER, U.; HAMMER, J. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com fatores de produção. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p.420-426, 2005.

MOLIN J. P. et al. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. **Eng. Agríc.**, Jabaticabal, v. 26, n. 3, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>> Acesso em 07 de Nov 2007.

MORGAN, M. **The precision-farming guide for agriculturists**. Moline: Deere & Company, 1997. 116 p.

MUNDOGEO. <http://mundogeo.com/blog/2000/02/02/wwwgeo-4/>

PIERCE, F. J.; NOWAK, P. **Aspects of precision agriculture**. Adv. Agronomy, v. 67, p. 1-85, 1999. XVIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

QUAGGIO, J. A. **Acidez e Calagem em Solos Tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 2000. 111p.

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.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. L. In: Agricultura de Precisão. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2000. p. 2-42.

RAIJ, B. VAN.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. & ABREU, C. A. **Os Métodos de Análise Química do Sistema IAC de Análise de Solo no Contexto Nacional**. In: RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H., eds. Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais. Campinas, Instituto Agrônômico de Campinas, 2001. p. 5-39.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes**. International Plant Nutrition Institute. Piracicaba, 2011.

RESENDE, Álvaro V. et al. **Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil. Agricultura de Precisão no Brasil: Avanços, Dificuldades e Impactos no Manejo e Conservação do Solo, Segurança Alimentar e Sustentabilidade**. Disponível em www.alice.cnptia.embrapa.br. Acesso em 22 julho de 2013.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Bento Gonçalves, RS, 2010.

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.

SARAIVA, A. M.; CUGNASCA, C. E.; HIRAKAWA, A. R. Aplicação em Taxa Variável de Fertilizantes e Sementes. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI; E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. L. R. **Agricultura de Precisão**. Viçosa: UFV, 2000. p. 109-145.

SCHLOSSER, J. F.; WERNER, V.; ROZIN, D.; PINHEIRO, E. D.; DORNELES, M. E. **Aplicação de Fertilizantes à Taxa Variável em Agricultura de Precisão, variando a velocidade de deslocamento**. Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão. Piracicaba, SP, ESALQ/USP, 2004. CD-ROM.

SEBEM, Elódio; CATEN, Alexandre; ROBAINA, Adroaldo; DIAS, Antão; MOREIRA, Leonir Langendolff. **Fundamentos de cartografia e o sistema de posicionamento global GPS**. UFSM / Colégio Politécnico / Departamento de Engenharia Rural, 2010. 205 p.

SERRAT, Beatriz Monte (Coord.). **Amostragem do solo: perguntas e respostas**. Universidade Federal do Paraná. Depto de Solos e Engenharia Agrícola. Projeto de Extensão Universitária Solo Planta. Curitiba, PR, 2002.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Recomendação de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Passo Fundo, 3. ed., Passo Fundo Soja, 1994.

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. Projeto Solo Planta, 2002. (Folder).

SILVA, F.C da.; **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2. ed. rev. e amp. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF, 2009. P. 25. Acessado em: 01/12/2013.
Disponível em: <http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00083136.pdf>

TECNOLOGIA, ARVUS. Disponível em: <www.arvus.com.br>. Acesso em 21 de outubro de 2012.

TOMÉ, Jr. J. B. **Manual para interpretação de análise de solo.** Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à Agricultura de Precisão: Conceitos e Vantagens. **Ciência Rural**, Santa Maria 2002.

WATANABE, A. M., BESSA, L. P. D, MARTINS, T. G. M., et al. **Porque fazer análise de solo?** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Projeto Solo Planta, 2002. (Folder).

WOLLENHAUPT, N. C.; WOLKOWSKI, R. P.; KLAYTON, M. K. Mapping soli test phosphorus for variable-rate fertilizer application. **Journal of Production Agriculture.** v. 07, 1994. p. 441-448.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AGROPECUÁRIOS, Evolução Produtos. Disponível em:
<www.evolucaoagricola.com>. Acesso em 17 de outubro de 2012.

BENTES, Roberto (Orientador). Universidade Federal do Paraná - Curitiba 2006
Alunos - Yannick Plumhans; Thaisa W. Ramos; André Campos; Márcio F. Souza;
Luiz Carlos Junior. Site: ebah.com.br.

Biblioteca Nacional de Agricultura – BINAGRI Brasil.

Comunicado Técnico, 42. Embrapa Milho e Sorgo
Caixa Postal 151 CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Site: www.ainfo.cnptia.embrapa.br.

http://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/artigo/agricultura-de-precisao-amostragem-do-solo_68234.htm.
Data: 28/05/2010.

[http://pt.wikipedia.org/wiki/sistema de informa](http://pt.wikipedia.org/wiki/sistema_de_informa)

<http://sojabrasil.ruralbr.com.br/noticia/2013/11/mato-grosso-aposta-em-agricultura-de-precisao-e-deve-alcancar-maior-indice-de-productividade-4347401.html>.
Data: 27/11/2013.

Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio grande do Sul e em Santa Catarina. Reunião de Pesquisa da Soja da Região Sul, em 27 de junho de 2007. Santa Maria. Orium. 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO.
Agricultura de precisão / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília – DF
Mapa/ACS, 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO.
Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo.
Departamento de Propriedade Intelectual e Tecnologia da Agropecuária.
Coordenação de Acompanhamento e Promoção da Tecnologia Agropecuária.
Esplanada dos Ministérios, Bloco D, 2º andar, Anexo A sala 248.
Brasília – DF www.agricultura.gov.br.

REVISTA ÁRVORE, Universidade Federal de Viçosa, 2004, OBS. Pg. 87-89.

REVISTA GLEBA, Ano 42, nº 137 (março 1997).

Samira Elias Simões CRB 9/755. Agricultura de precisão - amostragem de solo.
Disponível em: <<http://www.agrolink/georreferenciamento> - Site: agrolink.com.br.
Pesquisa: 28/05/2013.