

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

Roger Bohn

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA RECOMENDAÇÃO DO USO
DE CALCÁRIO UTILIZANDO FERRAMENTAS DE AGRICULTURA
DE PRECISÃO COMPARADO AO MÉTODO TRADICIONAL**

Santa Maria, RS.

2019

Roger Bohn

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA RECOMENDAÇÃO DO USO DE
CALCÁRIO UTILIZANDO FERRAMENTAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO
COMPARADO AO MÉTODO TRADICIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, área de Manejo de Sitio Especifico de Solo e Planta, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão**.

Orientadora Prof^a Dr^a Claire Delfini Viana Cardoso

Santa Maria, RS.

2019

Bohn, Roger

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA RECOMENDAÇÃO DO USO DE CALCÁRIO
UTILIZANDO FERRAMENTAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO
COMPARADO AO MÉTODO TRADICIONAL / Roger Bohn.- 2019.

43 f.; 30 cm

Orientadora: Claire Delfini Viana Cardoso
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em
Agricultura de Precisão, RS, 2019

1. Precision agriculture 2. Traditional agriculture
3. Economic viability 4. Soil Fertility 5. Soil Liming
I. Cardoso, Claire Delfini Viana II. Título.

Roger Bohn

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA RECOMENDAÇÃO DO USO DE
CALCÁRIO UTILIZANDO FERRAMENTAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO
COMPARADO AO MÉTODO TRADICIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós -
Graduação em Agricultura de Precisão, área de
Manejo de Sítio Específico de Solo e Planta, da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS)
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agricultura de Precisão.

Aprovado em 30 de agosto de 2019:

Claire Delfini Viana Cardoso, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Mario Sergio Wolski, Dr. (UFFS)

Valmir Aita, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS.

2019

Dedico a conclusão do meu mestrado a todas as pessoas que participaram desse sonho comigo, não me deixaram desistir, me ajudando para que conseguisse concluir essa etapa. Nenhuma conquista é fácil, e graças a todos vocês consegui chegar até aqui. Agradeço por tudo, família, namorada, professores, amigos e colegas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, e pelas pessoas que Ele colocou em minha vida, as quais contribuíram e participaram de todas as conquistas e realizações.

Aos meus pais Aldino e Licete, os quais não mediram esforços para me ajudar desde os primeiros passos até agora, e a minha irmã Camila que sempre deu apoio necessário.

A minha namorada e companheira Lana, que sempre apoiou e entendeu as ausências quando me dediquei às aulas e trabalhos, além de sempre auxiliar nos trabalhos e estudos para que tudo saísse da maneira mais perfeita possível.

À empresa Drakkar Solos, onde os primeiros passos de Agricultura de Precisão começaram, pelos ensinamentos e suporte.

À Empresa Giovelli & Cia Ltda pela disponibilidade para a participação em aulas do mestrado.

À Universidade Federal de Santa Maria, professores do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, em especial a Professora Dr^a Claire Delfini Viana Cardoso, minha orientadora a qual desde o início não mediu esforços para auxiliar e dar todo apoio necessário para que chegasse até a defesa do mestrado.

Enfim, para todas as pessoas que direta ou indiretamente ajudaram para a realização desse trabalho.

RESUMO

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO USO DE CALCÁRIO UTILIZANDO FERRAMENTAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO COMPARANDO AO MÉTODO TRADICIONAL DE RECOMENDAÇÃO

AUTOR: Roger Bohn

ORIENTADORA: Claire Delfini Viana Cardoso

O objetivo desse trabalho foi realizar uma avaliação econômica da recomendação de calcário, sob o sistema tradicional do manejo do solo na agricultura, em taxa fixa, comparando com o sistema de Agricultura de Precisão em taxa variável. A área de coleta das amostras de solo localiza-se no município de São Luiz Gonzaga- RS. Sendo no ano de 2015, coletas amostras de solo com posicionamento por GNSS á taxa variável, com o auxílio do software CR Campeiro, na qual a área foi demarcada e indicado os 8 pontos georreferenciados a serem coletadas amostras e 5 sub-amostras de cada ponto. Já as coleta de amostra de solo de forma convencional, foram realizadas de forma de zigzague em toda a área, totalizando 15 pontos de coletas. Todas as amostras foram coletas com auxílio da ferramenta, cavadeira modificada e seguindo todas as recomendações técnicas de coletas de solo. Sendo todas as amostras encaminhadas ao laboratório de solos da UFSM. Para análise econômica utilizou-se os preços médios de insumos disponibilizados na região. Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que a aplicação de insumos em taxa variável possibilitou racionalizar a quantidade de insumos aplicada, intervindo na fertilidade do solo conforme as necessidades da cultura, bem como promovendo a redução nos custos de produção, caracterizando-se como uma ferramenta de agricultura de precisão economicamente viável para utilização em lavouras comerciais.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão; Agricultura Tradicional; Viabilidade econômica; Fertilidade do Solo; Calagem do Solo.

ABSTRACT

ECONOMIC EVALUATION OF THE USE OF LIMESTONE USING PRECISION AGRICULTURE TOOLS COMPARING THE TRADITIONAL RECOMMENDATION METHOD

AUTHOR: Roger Bohn

ADVISER: Claire Delfini Viana Cardoso

The objective of this work was to perform an economic evaluation of the limestone recommendation under the traditional fixed rate soil management system in agriculture, compared with the variable rate Precision Farming system. The soil sample collection area is located in the municipality of São Luiz Gonzaga-RS. Being in 2015, we collect soil samples with GNSS positioning at variable rate, with the aid of CR Campeiro software, in which the area was demarcated and indicated the 8 georeferenced points to be collected and 5 sub-samples from each point. As for the soil sample collection in a conventional way, they were zigzagged throughout the area, totaling 15 points of collection. All samples were collected with the aid of the tool, modified excavator and following all technical recommendations of soil collection. All samples are sent to the UFSM soil laboratory. For economic analysis we used the average prices of inputs available in the region. Based on the results obtained, it can be concluded that the application of variable rate inputs allowed to rationalize the amount of inputs applied, intervening in the soil fertility according to the crop needs, as well as promoting the reduction in production costs, characterized as an economically viable precision farming tool for use on commercial crops.

Keyword: Precision agriculture; Traditional agriculture; Economic viability; Soil Fertility; Soil Liming

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Situação do Município de São Luiz Gonzaga-RS.	29
Figura 2: Área de Estudo: A- Demarcação do perímetro.	30
Figura 3: Área de Estudo: B- Área com demarcação dos pontos de coletas de solo.....	31
Figura 4: Coleta sub amostras de solo no ponto georreferenciado.	31
Figura 5: Cavadeira Modificada para coleta de amostras de solo.....	32
Figura 6: Retirada do excesso de palha da superfície do Solo.	32
Figura 7: Coleta de Amostra de Solo a uma profundidade de 10 cm.	33
Figura 8: Homogeneização das amostras de solo.	33
Figura 9: Identificação das amostras de solo.	34
Figura 10: Coleta de amostras de solo em ziguezague.	35
Figura 11: Mapa de aplicação de calcário à taxa variável.	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Laudo da Amostra de solo coletada de forma convencional.	36
Quadro 2: Laudo de oito pontos de Amostras de solos coletadas com posicionamento GNSS e taxa variável.	37

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al	Alumínio
AP	Agricultura de Precisão
B	Boro
Ca	Calcio
CaCO ₃	Carbonato de cálcio
CaO	Óxido de Cálcio
Cl	Cloro
cm	centímetro
CTC	Capacidade de Troca de Cations
Cu	Cobre
Fe	Ferro
g	gramas
GNSS	Sistema de Navegação Global por Satélites
GPS	Global Positioning System
H	Hidrogênio
ha	hectare
K	Potássio
m	metro
mm	milímetro
Mg	Magnésio
MgCO ₃	Carbonato de magnésio
MgO	Óxido de Magnésio
Mn	Manganês
Mo	Molibdenio

N	Nitrogênio
P	Fósforo
PH	Potencial Hidrogeniônico
PN	Poder de Neutralização
PRNT	Poder relativo de neutralização total
RE	Reatividade
RS	Rio Grande do Sul
S	Enxofre
SC	Santa Catarina
SMP	Método: Shoemaker, Mac lean e Pratt
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. PROBLEMA	16
1.2. OBJETIVOS	17
1.2.1. OBJETIVO GERAL	17
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.3. JUSTIFICATIVA	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1. AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	19
2.2. ACIDEZ DO SOLO.....	22
2.3. CALAGEM DO SOLO.....	24
2.4. CORRETIVOS DE SOLO.....	26
3. MATERIAIS E METODOS	29
3.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA	29
3.2. COLETA DE AMOSTRA DE SOLO COM GNSS A TAXA VARIÁVEL.....	29
3.3. COLETA DE AMOSTRA DE SOLO DE FORMA CONVENCIONAL	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. LAUDO DE AMOSTRA DE SOLO DE FORMA CONVENCIONAL.	35
4.2. LAUDO DE AMOSTRA DE SOLO COM GNSS A TAXA VARIÁVEL.....	37
4.3. ANÁLISE ECONÔMICA	38
5. CONCLUSÃO	40
6. REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade básica, imprescindível para a satisfação de inúmeras necessidades humanas, sendo a mais antiga atividade econômica (COELHO e DA SILVA, 2009).

No Brasil, essa atividade agrícola vem crescendo em ritmos cada vez maiores, atendendo a necessidade de um aumento da demanda por alimentos devido a fatores tais como a elevação da renda de determinadas camadas da população mundial principalmente em países em desenvolvimento, acarretando um aumento significativo na procura por estes (SHADECK, 2015).

Inúmeras foram as transformações ao longo dos anos, entre as quais, a implantação do sistema de Plantio Direto tem grande destaque na história, pois permitiu aos produtores, um aumento na produtividade agrícola, uma vez que foi possível realizar a semeadura em áreas antes não ocupadas, que eram consideradas áreas marginais pela agricultura. Neste contexto histórico, também surge a Agricultura de Precisão (AP).

A AP compõe um conjunto de ferramentas utilizadas para melhorar a eficiência na propriedade rural, através de práticas e manejos que diminuem a variabilidade espacial de uma determinada área, tornando-a homogênea. Isto nada mais é do que identificar dentro dessa área os locais que precisam de uma maior atenção e aplicar nestes locais um tratamento diferenciado para, posteriormente, tratar a área como um todo (MOLIN, 2004).

O objetivo principal da agricultura de precisão é manejar todo o conjunto de uma área particular cultivada de modo ótimo, de tal forma que os lucros agrícolas sejam maximizados e o impacto da agricultura no meio ambiente seja minimizado (RODRIGUES, 2002).

Entretanto, a agricultura tradicional ainda é o manejo mais utilizado pelos produtores, onde geralmente faz-se uso intenso de insumos agrícolas. Estes, além de aumentar os custos de produção, podem causar contaminação das águas superficiais e subterrâneas, comprometendo, assim, a utilização deste recurso natural, imprescindível à humanidade (MERCANTE et al. 2003).

Buscando otimizar o uso de insumos no setor agrícola, na AP são incrementadas ferramentas ao sistema de manejo de solo, como os mapas de fertilidade em conjunto de mapas de produtividade e o uso de taxas variáveis,

permitindo a melhor observação da variabilidade espacial e deixando em evidência ainda mais, áreas com limitações (MAINARDI, 2015).

Segundo Barbieri et al. (2008), a variabilidade espacial dos atributos químicos de solos possibilita a recomendação de doses de calcário com taxas variadas, proporcionando economia e maior eficiência na aplicação, onde os limites de áreas mais homogêneas podem ser definidos pelas características do relevo.

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.

1.1. PROBLEMA

As práticas agrícolas provocam modificações no ambiente, alterando seu equilíbrio natural, sendo o solo um desses fatores a sofrer transformação. Muitas vezes o manejo inadequado promove transformações no solo, alterando características químicas, físicas e biológicas, levando à perda de seu potencial produtivo, culminando com sua degradação (BELLÉ, 2009).

As aplicações convencionais de fertilizantes atualmente realizadas pelos agricultores implicam aplicações excessivas em determinadas áreas do campo e insuficientes em outras. O conhecimento detalhado da variabilidade espacial dos atributos da fertilidade pode otimizar as aplicações localizadas de corretivos e fertilizantes, melhorando, dessa maneira, o controle do sistema de produção das culturas, reduzindo os custos gerados pela alta aplicação de insumos e a degradação ambiental provocada pelo excesso desses nutrientes (ROCHA; LAMPARELLI, 1998).

Sulzbach (2003), demonstra a importância da conservação do solo onde ele cita como os principais problemas ambientais encontrados atualmente compreendem a água, o ar, a sanidade dos alimentos produzidos e a degradação dos solos.

Com base nisso, a agricultura de precisão surge para melhorar a eficiência do uso de insumos, tornando menor impacto ambiental e melhor a qualidade do solo ao longo do tempo, e evitando desperdícios de nutrientes.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Realizar uma avaliação econômica da recomendação de calcário, sob o sistema tradicional do manejo do solo na agricultura, em taxa fixa, comparando com o sistema de Agricultura de Precisão em taxa variável.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar e comparar os dados obtidos, através das análises químicas do solo.
- b) Recomendar calcário.
- c) Analisar economicamente as recomendações de calcário de acordo com as duas metodologias.
- d) Comprovar a eficiência do uso de agricultura de precisão para a recomendação de calcário.

1.3. JUSTIFICATIVA

A agricultura moderna tem tornado a atividade extremamente competitiva, exigindo dos agricultores um alto grau de especialização buscando aprimorar a capacidade gerencial das propriedades. Ser eficiente na aplicação dos recursos disponíveis é essencial para o agricultor garantir sucesso em sua atividade (MACHADO, 2015).

Segundo Dodermann & Ping (2004), a agricultura de precisão, surgiu como uma nova ferramenta para auxiliar uma correta utilização do Sistema de Plantio Direto, tendo um maior controle das variáveis do solo. Tem como principal conceito aplicar 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.

A fertilidade do solo tem se modificado ao longo dos anos devido a práticas de manejo que priorizavam a aplicação uniforme de insumos, visando a correções e ao suprimento de nutrientes para culturas de grãos, entre outras (BELLE, 2009).

A obtenção de informações a respeito da variabilidade espacial das propriedades do solo e das plantas é de grande importância para a avaliação da fertilidade; levantamento, mapeamento e classificação de solos; desenvolvimento de esquemas mais adequados de amostragens, entre outros, visando à melhoria das condições de manejo e o incremento de produtividade das culturas (SOUZA, 1992).

Com o desenvolvimento da agricultura de precisão, o conhecimento da distribuição espacial de variáveis de solo e planta tornou-se indispensável para o planejamento e otimização de adubações, tratos culturais e colheita. Portanto, o estudo da variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas dos solos é importante em áreas com diferentes manejos, pois pode indicar alternativas de manejo de solo para reduzir os efeitos da variabilidade horizontal e vertical do solo (SILVA et al., 2003).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. AGRICULTURA DE PRECISÃO

A Agricultura de Precisão (AP) é um termo que identifica o manejo preciso de pequenas unidades de terra em contradição ao manejo tradicional, onde toda a área é considerada homogênea, recebendo o mesmo manejo. Nada mais é que, identificar a variabilidade existente na lavoura e eliminá-la com a aplicação de técnicas que diminuam ou eliminam essa variabilidade, causado por fatores químicos, físicos ou biológicos. A utilização de mapas de produtividade completa o ciclo da AP, onde esses dados podem ser comparados tanto com mapas de fertilidade química, como de fertilidade física, caracterizando as zonas de manejo (HAUSCHILD, 2013).

Segundo Molin (2012), Agricultura de Precisão é gerenciar o sistema de produção considerando a variabilidade espacial (e temporal) das lavouras e buscar tirar proveito dessas desuniformidades sempre que elas forem relevantes. O mesmo ainda é descrito por Amado e Santi (2007), que resalta que esse gerenciamento parte do registro georreferenciado de informações de solo e das culturas se completam com intervenções de manejo localizado.

Ainda Corá et al (2004), AP é um sistema de manejo agrícola que reconhece a existência da variabilidade no campo, onde a aplicação de fertilizantes e pesticidas é diferenciada em zonas de manejo, áreas consideradas homogêneas que recebem o mesmo tratamento em toda sua extensão.

Desde os meados da década de 1980, um grande número de termos tem sido usado para descrever o conceito da agricultura de precisão: (i) agricultura por metro quadrado (Reichenberg & Russnogle, 1989); (ii) agricultura com base em tipos de solos (Carr et al., 1991; Larson & Robert, 1991); (iii) aplicação de insumos a taxas variáveis – VRT (Sawyer, 1994); (iv) variável espacial, precisão, prescrição, ou manejo específico de culturas Agricultura de Precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e 9 culturas (Schueller, 1991); (v) manejo por zonas uniformes (Pierce & Sadler, 1997). Assim, o manejo de solos e culturas por zonas uniformes tem por definição a propriedade de identificar e analisar características de solo,

histórico de cultivo, clima e outras variáveis do sistema de produção, em diferentes locais dentro do campo.

Agricultura de precisão ou manejo por zonas uniformes tem por princípio básico o manejo da variabilidade dos solos e culturas no espaço e no tempo. Sem essa variabilidade, o conceito de agricultura de precisão tem pouco significado e nunca teria evoluído (MULLA & SCHEPERS, 1997).

Pierce & Nowak (1999) utilizam a seguinte definição: “Agricultura de Precisão é a aplicação de princípios e tecnologias para manejar a variabilidade espacial e temporal, associada com todos os aspectos da produção agrícola, com o objetivo de aumentar a produtividade na agricultura e a qualidade ambiental”. O advento da agricultura de precisão, com a incorporação de tecnologias avançadas no campo, vem provocando uma nova revolução nos processos, sistemas e métodos do manejo agrícola, trazendo principalmente novas soluções para as questões do aumento da produtividade em conjunto com a redução do impacto ambiental.

Segundo Lemainski (2007), a AP consiste em ferramentas de gerenciamento agrícola, cujo objetivo é aumentar a eficiência, com base no manejo diferenciado de áreas e subáreas agrícolas.

A AP é composta por três componentes primários: o Sistema de Navegação Global por Satélites (GNSS), o qual fornece a posição onde o equipamento está localizado; mecanismos para controle da taxa de aplicação de nutrientes, defensivos agrícolas, água ou outros insumos em tempo real; e um banco de dados que fornece a informação necessária para desenvolver as relações causa e efeito e as respostas à aplicação de insumos a influencia, por exemplo, da fertilidade, relevo dentre outros fatores (CAMBARDELLA; KARLEN, 1999).

Áreas consideradas pedologicamente similares podem apresentar variabilidade distinta em atributos quando submetidas às diferentes práticas de manejo ao longo tempo. A distribuição localizada de fertilizantes preconiza apresentar produtividades mais homogêneas e superiores a distribuição uniforme. Tal aplicação, no entanto, requer acompanhamento e análise de mapas de produtividade, considerando um histórico de várias safras e de diferentes culturas para que seja contemplada a variabilidade espacial (MILANI et al., 2006).

Amado et al., (2005), também relata essa heterogeneidade na lavoura, sendo possível encontrar subáreas com diferentes níveis de qualidade e, portanto, com diferentes potenciais produtivos, embora as práticas de manejo adotadas tenham sido aplicadas uniformemente. O desafio de aumentar a produtividade de grãos ainda se torna mais ambicioso com a necessidade de fazê-lo em aliança a sustentabilidade. A utilização de uma forma racional e sustentável dos recursos naturais nos obriga a tomar medidas mais criativas e do modo como isso tem sido realizado foi através de novas tecnologias.

Molin (2009) destaca ainda que a Agricultura de Precisão é uma tecnologia de “ponta” tanto para a otimização de produção quanto para a tomada de decisões no manejo agrícola. A falta de uniformidade espacial nessas áreas de manejo sugere tratamento localizado, visando à economia pela minimização de insumos e/ou aumento de níveis de produtividade. O interesse é obter uma prática agrícola mais eficiente com respeito à otimização de seus recursos e que cause menor dano ao meio ambiente.

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

Segundo Kaminski (2014), AP não tem nada a ver com a quantidade de equipamentos que se tem e sim, com o aproveitamento da informação que estamos coletando.

Suas ferramentas foram associadas ao conceito de sustentabilidade desde a primeira vez em que o sistema GPS (Global Positioning System) foi utilizado em equipamentos agrícolas onde se vislumbrou os potenciais benéficos a serem gerados a partir da gestão sitio-especificados dos campos (Bongiovanni; Lowenberg-Deboer, 2004). Deste modo, tecnologias que permitem otimizar o uso dos recursos ambientais e o incrementar no lucro vêm sendo adotadas nas propriedades visando à sustentabilidade da atividade agrícola (Hart; Milstein,1999;)

Conforme citado por Gentil & Ferreira (1999), a agricultura de precisão assegura grandes benefícios para os usuários deste sistema, a maior delas e a redução nos custos da produção e o aumento da produtividade nas lavouras,

com o acesso e uso das informações, tem-se assim o controle da situação acarretando em uma eficaz tomada de decisão rápida e certa.

Mais importante que altas produtividades é a utilização racional e econômica dos recursos e técnicas da produção agrícola. Diversos fatores devem ser levados em consideração na interferência da produção tais como fertilidade, umidade, temperatura, dentre outras variáveis. Sendo essas avaliadas com um maior nível de detalhamento para obter um próspero resultado final, que é a racionalização e otimização nas áreas agrícolas (POTTER, 2014).

Sabe-se que a heterogeneidade existente pode ocasionar regiões de lavoura onde a exigência nutricional do cultivo não é atendida e regiões onde ocorre excesso de adubação, aumentando o risco de lixiviação de nutrientes aplicados em excesso e, assim, ocasionando o desperdício de recursos (TSCHIEDEL & FERREIRA, 2002).

Corá et al (2004) apontaram que áreas que possuem diferentes potenciais de produtividade devido a heterogeneidade do solo, podem sinalizar a aplicação dos custos de forma variável, na tentativa de homogeneizar a produtividade e/ou reduzir custos, para conseqüentemente aumentar a rentabilidade da atividade.

Em estudo realizado por Lemainski (2007), observou-se que a realocação de fertilizantes em áreas sob pivô central pode incrementar os índices de produtividade, já que as áreas de baixa fertilidade do solo coincidiram com as regiões de menor produtividade.

2.2. ACIDEZ DO SOLO

A acidez do solo é um limitante a produção agrícola, decorrente da toxidez causada por Alumínio (Al), que limita o crescimento das raízes das plantas em solos naturalmente ácidos (Coleman & Thomas, 1967). Principalmente, pelo intenso intemperismo ocorrido ao longo do tempo, fenômeno este que ocasiona a lixiviação e remoção de cátions básicos da Capacidade de Troca de Cátions (CTC) do solo, principalmente, Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio, os quais dão lugar na CTC para o alumínio trocável e hidrogênio não dissociado (VAN RAIJ, 2011).

Em um estudo realizado com mais de 60.000 amostras de solo do RS, observou-se que 70% delas apresentaram pH em água abaixo de 5,5 (Drescher, 1995), demonstrando assim, que a maioria desses solos apresentam acidez indesejada para o bom desenvolvimento da maioria das culturas anuais e perenes cultivadas no estado (Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, 2016).

O alumínio trocável constitui parte importante da acidez dos solos mais intemperizados, onde que em altas concentrações, causa limitações ao desenvolvimento das plantas, principalmente, em solos com predomínio de caulinita e óxidos de ferro e alumínio constituindo a fração argila (GOMES DE SOUSA et al., 2007).

A atividade do alumínio na solução do solo é dependente do tipo de mineral que compõe a fração mineral e do pH do solo, sendo que valores de pH em água acima de 5,5 são buscados para a correção de solos, pois nessas condições a solubilidade e atividade do alumínio é mínima (GOMES DE SOUSA et al. 2007).

O efeito tóxico do alumínio nas plantas, pode ser observado nas condições de solos ácidos por sintomas no sistema radicular evidenciados com o encurtamento, engrossamento e deformação das raízes, predisposição da planta ao ataque de doenças e pragas e paralisação do crescimento radicular causada pela inibição da divisão celular (GOMES DE SOUSA et al. 2007).

A acidez do solo pode ser dividida em ativa e potencial. A primeira remete a atividade ou concentração do íon H^+ na solução do solo sendo determinada pelo valor do pH em água. O poder tampão da acidez do solo, é a resistência a variação do pH quando se adiciona certa quantidade de base ao meio, o qual é determinado pela CTC do solo que pode variar dependendo do teor de matéria orgânica do solo e do teor e da atividade da fração argila resultando em 12 diferentes doses de carbonato de cálcio necessária para neutralizar a acidez potencial de cada solo (VAN RAIJ, 2011).

A acidez potencial do solo é composta pela soma do hidrogênio com o alumínio que estão na solução do solo e mostra a proporção de quanto estes elementos estão ocupando a CTC do solo onde observa-se que conforme a profundidade do solo aumenta, o alumínio se torna mais prejudicial as raízes

pois é menos complexado pela matéria orgânica devido ao seu menor teor e pela menor ocupação da CTC pelos cátions básicos sendo que usualmente é estimada essa acidez potencial no RS e SC pelo índice SMP (ESCOSTEGUY & BISSANI,1999).

Em decorrência da acidez do solo, os coloides inorgânicos como a caulinita e os óxidos de ferro, passam a ter uma alta capacidade de adsorção de fosfato, indisponibilizando o fósforo e diminuindo sua absorção pelas plantas, causando a diminuição na produtividade das culturas (CQFS-RS/SC, 2016).

A maioria dos nutrientes tem sua disponibilidade prejudicada em condições de pH baixo, em consequência da acidez do solo, por isso deve-se diminuir ou neutralizar a acidez do solo para que seja possível aumentar a disponibilidade dos nutrientes e, assim, dar condições para que as plantas possam nutrir-se de forma adequada e aumentar a eficiência dos fertilizantes aplicados, melhorando a fertilidade do solo e aumentando a produtividade das culturas (CQFSRS/SC, 2016).

2.3. CALAGEM DO SOLO

A calagem é uma prática que consiste na aplicação de corretivos de solo para neutralizar a acidez buscando melhorar as condições químicas do solo para a maioria das culturas permanentes e anuais cultivadas, as quais apresentam uma faixa de pH considerada ideal de desenvolvimento que pode variar entre 5,5 e 6,5 (CQFS-RS/SC, 2016).

A tomada de decisão para realização da calagem e como ela deve ser executada é baseada, geralmente, na sensibilidade da cultura, na condição de acidez do solo ou pelo sistema de produção que será implantado na gleba de interesse (CQFS-RS/SC, 2016).

Algumas culturas apresentam mecanismos de tolerância a acidez e ao alumínio tóxico, desenvolvendo-se bem indiferente da condição de acidez do solo, não apresentando, assim, resposta a prática da calagem (MA; RYAN; DELHAIZE, 2001).

A elevação do pH do solo com a calagem para próximo de 6,0 e 6,5, favorece a disponibilidade de muitos nutrientes no solo, principalmente, pela

dissociação do H e do Al da CTC do solo e ocupação da mesma por cátions básicos, como cálcio e magnésio, que estão na composição dos corretivos. Devido a maior concentração de íons hidroxilas na solução do solo, em decorrência da calagem, faz com que se diminua a acidez dos óxidos presentes nas argilas pela adsorção de fosfato, aumentando assim a disponibilidade de fósforo no solo (GOMES DE SOUSA et al. 2007).

Com o aumento do pH do solo entre 5,7 e 6,5, ocorre uma diminuição na disponibilidade de Fe, Cu, Mn e Zn. Porém, a disponibilidade de N, S, B, Mo, Cl, K, Ca, Mg e P são favorecidos com o aumento do pH do solo, em decorrência da calagem na maioria dos solos (GOMES DE SOUSA et al. 2007).

Após a aplicação do calcário, a neutralização da acidez do solo inicia a partir da dissolução do carbonato de cálcio, desencadeada pela presença de gás carbônico em cálcio e bicarbonato. As hidroxilas geradas na reação reagem com o H da solução resultando em água e, o bicarbonato reage com o H, porém resulta em gás carbônico. Sendo, o pH da solução em equilíbrio com a acidez total, esse fato permite que a neutralização ocorra, de forma gradual, inclusive o que acontece com o alumínio trivalente trocável, que é precipitado na forma de hidróxido de alumínio permitindo, dessa forma, o aumento do pH do solo e diminuindo a atividade do alumínio (VAN RAIJ, 2011).

Como requisito para implementação do Sistema Plantio Direto em solos ácidos, a calagem inicial incorporando o calcário na camada 0-20 cm, é fundamental, pois elimina estratificações químicas e também problemas físicos do solo oriundos de manejos anteriores, homogeneizando e corrigindo a acidez e fertilidade na camada arável dando maiores condições de desenvolvimento e exploração radicular de nutrientes e água pelas plantas, que através da liberação de exsudatos e ácidos orgânicos e outras interações na rizosfera com bactérias e fungos promovem maior agregação e estabilização das partículas de solo e dos agregados reestruturando, fisicamente, o solo. Após a decomposição das raízes, criam-se bioporos que propiciam maior aeração e maior infiltração de água no perfil melhorando, assim, a fertilidade do solo, parâmetro a se buscar no sistema de plantio direto (KOCHHANN & DENARDIN, 2000).

Com a calagem, a biologia do solo apresenta crescimento expressivo, principalmente, pela maior oferta de substratos na biomassa residual das

plantas, que favorece o desenvolvimento da macrofauna e mesofauna do solo e pelas condições de pH favorável em torno de 6,0 e saturação por alumínio baixa, favorece o desenvolvimento da microfauna 14 principalmente bactérias, dentre estas as fixadoras de nitrogênio que atuam em simbiose com as plantas cultivadas, como observado no feijoeiro (FRANCO E MUNNS, 1982).

2.4. CORRETIVOS DE SOLO

A eficácia de um corretivo está ligada diretamente à sua qualidade e, seu potencial agrônômico deve ser conhecido, para ser possível desenvolver as recomendações de aplicação, da melhor forma possível, buscando a máxima eficiência e manejo do corretivo. O corretivo mais utilizado no Brasil é o calcário, que é obtido pela moagem de rocha calcária, seja de origem sedimentar ou metamórfica. Os principais constituintes neutralizantes dos calcários são o carbonato de cálcio (CaCO_3) e o carbonato de magnésio (MgCO_3) de acordo com (PRIMAVESI & PRIMAVESI, 2004).

Os calcários são classificados quanto ao seu teor de MgO em: calcítico, com menos de 5% de MgO; magnesiano, com 5% a 12% de MgO; e dolomítico, com mais de 12% de MgO. Os calcários calcíticos apresentam de 1% a 5% de MgO e de 45% a 55% de CaO; os magnesianos, de 5% a 12% de MgO e de 40% a 42% de CaO; e os dolomíticos, de 13% a 21% de MgO e de 25% a 35% de CaO (PRIMAVESI & PRIMAVESI, 2004).

Os parâmetros usualmente utilizados para determinar a qualidade dos corretivos de acidez do solo, são os teores de neutralizantes e sua forma química, tamanho das partículas e conteúdo de nutrientes. O poder de neutralização (PN) compreende a capacidade e potencialidade do corretivo em neutralizar a acidez do solo, esse fator é dependente da natureza química e do teor de neutralizante que é expresso em equivalente de CaCO_3 (ALCARDE, 1992).

A determinação dos teores de cálcio e magnésio no corretivo é uma informação importante, quanto a composição e concentração desses elementos presentes no corretivo, que é expressa por convenção como CaO e MgO nos corretivos. A solubilidade das espécies neutralizantes presentes nos corretivos de solo em água é, geralmente, baixa e a quantidade de impurezas

ou materiais estranhos interferem nesse processo, deixando-o ainda mais lento, por isso, deve-se buscar corretivos de fontes com maior grau de pureza dos componentes para assegurar boa eficiência do corretivo (ALCARDE,1992).

A reatividade do calcário é dependente da granulometria do material, pois, normalmente os calcários contêm várias porções de granulometrias diferentes. Devido à baixa solubilidade dos calcários, quanto mais finamente moídos maior será a área de contato do corretivo com o solo e maior será sua eficiência de correção.

Segundo Pandolfo & Tedesco (1996), em pesquisa a campo, verificaram que as partículas de calcário de tamanho menor que 0,053 mm (fração passante na peneira ABNT nº 270) tem reação completa até 30 dias após a aplicação e partículas de tamanho entre 2 e 0,84 mm (fração retida na peneira ABNT nº 20 e passante na peneira ABNT nº10) precisam de um período superior a 60 meses para ter reação completa no solo. O efeito do tamanho da partícula reflete na eficiência do corretivo expresso pela reatividade (RE) para, posteriormente, compor a eficiência relativa de cada fração do corretivo.

Segundo a legislação atual inerente, adotada para cálculo da RE, considera os valores de reatividade de 1 para partículas de diâmetro menor de 0,3 mm; 0,6 para partículas 0,3 e 0,84 mm; 0,2 para partículas entre 0,84 e 2,00 mm e 0 para partículas maiores de 2 mm (BRASIL, 2006).

O poder relativo de neutralização total (PRNT) é o parâmetro que indica a relação em percentagem expressas pelo PN relativo as características químicas multiplicado pela RE, relacionada as características físicas do corretivo dividindo esse valor por 100 resultando no valor final do PRNT, que é considerado para calcular as doses de calcário a serem aplicadas. Esse valor de PRNT considera a proporção de corretivo que neutraliza efetivamente a acidez após 3 meses (BRASIL, 2006).

Ao adquirir um corretivo de solo deve-se levar em consideração o custo e a finalidade da aplicação do calcário, considerando que granulometrias maiores de calcário tem maior efeito residual no solo e partículas menores tem efeito mais rápido, porém o efeito residual é baixo e isso impacta na escolha do corretivo com PRNT que melhor se adequa a situação e finalidade de cada calagem. Além disso, como, geralmente, os solos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, encontram-se com teores baixos de Mg, devem-se buscar

calcários com teores mais elevados desse nutriente em sua composição (CQFS-RS/SC, 2016).

Para serem comercializados como corretivos de solo, os calcários devem apresentar no mínimo 67% de PN, 45% de PRNT e 38% de CaO + MgO (BRASIL, 2006).

Em relação ao PRNT dos corretivos, Mello et al. (2003), observou que os efeitos de corretivos com granulometrias mais grosseiras apresentavam efeito residual mais longo, assim, como maiores doses proporcionavam suporte a este efeito de neutralização da acidez de forma gradual. Observou também que granulometrias mais finas (PRNT 90%) e grosseiras (PRNT 56%) continuavam a reagir após três meses da aplicação incorporada e superficial mesmo com chuvas totais de 300 mm ocorridas nesse período.

3. MATERIAIS E METODOS

3.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA

A área na qual foi realizado o projeto de avaliação encontra-se na localidade de Capela São Paulo, município de São Luiz Gonzaga, Rio Grande do Sul, Brasil (Latitude 28°21'56.73"S, Longitude 54°47'5.87"O, altitude de 293m) (Figura 1), tendo 41,73 ha. O clima regional é do tipo Cfa de acordo com a classificação de Köppen. Esse tipo de clima é caracterizado como subtropical úmido, ocorrendo verões quentes e não possuindo estação seca definida (MORENO, 1961). O solo da área é classificado como latossolo vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2006).



Figura 1: Situação do Município de São Luiz Gonzaga-RS.

Fonte: www.pt.wikipedia.org

3.2. COLETA DE AMOSTRA DE SOLO COM GNSS A TAXA VARIÁVEL

A coleta de amostra de solo com GPS a Taxa Variável foi realizada pela Equipe de Campo da Empresa Drakkar Solos em maio de 2015, na qual se dirigiu a área dando início à primeira etapa do trabalho, a demarcação pontos

georreferenciados ao longo do perímetro da lavoura. Tal procedimento realizado conforme o sentido horário, da esquerda para direita, assim evitando transtornos na geração do arquivo, sendo marcados a cada 5 m um ponto, para fazer a representação da área, que é um círculo.

Após a demarcação do perímetro, os dados foram baixados no software de gerenciamento rural, CR Campeiro, desenvolvido por Giotto (2013). Com o arquivo da vetorização da área salvo no software, foi selecionado um grid amostral de 5 ha, e assim gerada a malha amostral para os pontos de coletas das amostras de solo, num total de oito pontos (Figura 2).



Figura 2: Área de Estudo: A- Demarcação do perímetro.
Fonte: Google Earth Pro.



Figura 3: Área de Estudo: B- Área com demarcação dos pontos de coletas de solo.
Fonte: Google Earth Pro.

Após a verificação e ajustes nos pontos de coleta de amostra de solo gerados para uma melhor qualidade de resultados, estes foram carregados em um equipamento GPS (Global Positioning System) para que a equipe de Coleta de Campo da empresa realizasse as coletas das amostras de solo georreferenciadas. Depois de encontrado o ponto georreferenciado exibido no aparelho GPS, foi coletada uma sub-amostra no centro do ponto e mais quatro sub-amostras ao redor do ponto, em formato de “X”, distantes a 10 metros do ponto central, conforme a Figura 3.

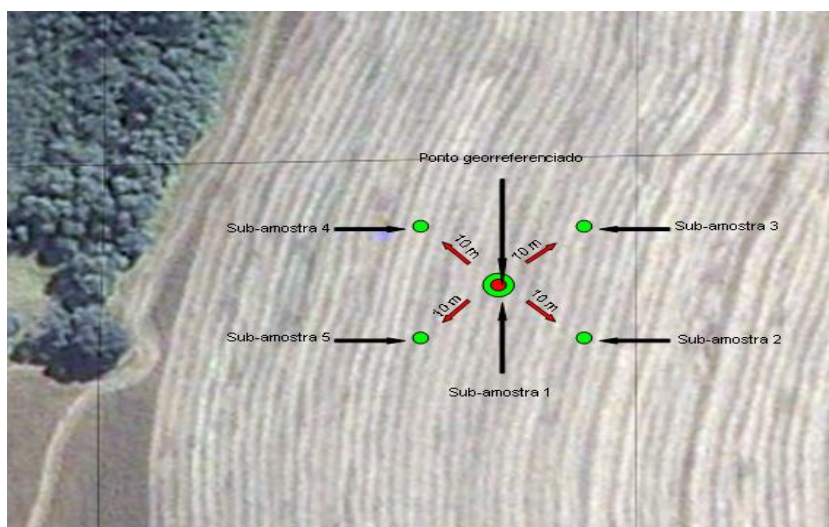


Figura 4: Coleta sub amostras de solo no ponto georreferenciado.
Fonte: Drakkar Solos.

A ferramenta utilizada para a coleta das amostras foi a cavadeira modificada (Figura 4), esta utilizada pela Drakkar Solos desde o início de seus trabalhos. Semelhante a uma pá de corte, ela mantém maior fidelidade condições que realmente o solo apresenta.



Figura 5: Cavadeira Modificada para coleta de amostras de solo.
Fonte: Drakkar Solos.

As amostras de solo foram coletadas nas entre-linhas de semeadura da última cultura, que era soja, evitando assim concentrações excessivas de nutrientes e sendo um local representante da área ao seu redor. Após, encontrado o local adequado para a coleta, com a cavadeira modificada foi retirado o excesso de palha superficial deixando somente o solo, evitando qualquer remoção de solo (Figura 5).



Figura 6: Retirada do excesso de palha da superfície do Solo.
Fonte: Drakkar Solos.

Foi introduzida a cavadeira modificada até o indicador de 10 cm e removida esta primeira porção de solo. Em seguida, foi retirada uma fatia de solo com aproximadamente 1,5 cm de espessura, tomando cuidado para que não perdesse partes desta fatia, e também para que não houvesse insetos, formigas, cores ou fissuras no solo destes animais, para não ter alteração dos níveis de nutrientes, matéria orgânica e pH (Figura 6).



Figura 7: Coleta de Amostra de Solo a uma profundidade de 10 cm.
Fonte: Drakkar Solos.

Após, realizado as coletas, o solo foi colocado em um balde limpo, e assim feito nos outros quatro pontos amostrais. Finalizado as coletas, as amostras do balde foram homogeneizadas com uma espátula, retirado os maiores torrões e pedras (Figura 7).



Figura 8: Homogeneização das amostras de solo.
Fonte: Drakkar Solos.

Desta forma, foi realizada a coleta de amostras de solo dos outros sete pontos georreferenciados. Com as amostras prontas de cada ponto, cada amostra foi acondicionada e devidamente identificada e lacrada. Sendo identificada em cada amostra o produtor, a área amostrada, o número do ponto amostral (Figura 8).



Figura 9: Identificação das amostras de solo.

Fonte Drakkar Solos.

Trabalho de coleta concluído, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Solos da Universidade de Santa Maria para análise e geração de laudos.

3.3. COLETA DE AMOSTRA DE SOLO DE FORMA CONVENCIONAL

A coleta de amostras de solo de forma convencional foi realizada em maio de 2015, em ziguezague de forma aleatória, totalizando 15 pontos amostrais, conforme a Figura 9.

A ferramenta utilizada para a coleta foi a mesma na coleta de amostra de solo com GPS a taxa variável, a cavadeira modificada. Em cada coleta de sub-amostra, foi retirado o excesso de palha superficial do solo deixando somente o solo, coletando uma fatia de 10 cm de profundidade e removendo a primeira porção de solo e com uma espessura de aproximadamente 1,5 cm.

Após a coleta das quinze sub-amostras, foi realizado a homogeneização de cada amostra em um balde limpo com auxílio de uma espátula, retirado os maiores torrões e pedras. Depois de formada a amostra composta separou-se a quantidade de 500 g foi acondicionada e identificada em um saco plástico com pincel, de maneira que não se perdesse a visualização e lacrado com o grampeador. Trabalho de coleta concluído, a amostra foi encaminhada para o Laboratório de Rotina de Solos da Universidade de Santa Maria para análise e geração de laudo.



Figura 10: Coleta de amostras de solo em ziguezague.

Fonte: Google Earth Plus.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 LAUDO DE AMOSTRA DE SOLO DE FORMA CONVENCIONAL.

O quadro 1 representa o laudo da coleta de análise de solo de forma convencional.

Quadro 1: Laudo da Amostra de solo coletada de forma convencional.

LAUDO DE ANÁLISE DE SOLO																						
Município: São Luiz Gonzaga						Nome: Azir Costa Beber																
Argila	pH	Índice	P	K	M.	Al	Ca	Mg														
%	Água	SMP	mg/dm ³	mg/dm ³	%	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³														
65	5,4	6	16	145	4,2	0,1	5,9	2,6														
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">H + Al cmolc/dm³</th> <th colspan="2">CTC (cmolc/dm³)</th> <th colspan="2">Saturação (%)</th> </tr> <tr> <th>Efetiva</th> <th>PH 7,0</th> <th>Al</th> <th>Bases</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4,6</td> <td>13,5</td> <td>13</td> <td>0,9</td> <td>67</td> </tr> </tbody> </table>									H + Al cmolc/dm ³	CTC (cmolc/dm ³)		Saturação (%)		Efetiva	PH 7,0	Al	Bases	4,6	13,5	13	0,9	67
H + Al cmolc/dm ³	CTC (cmolc/dm ³)		Saturação (%)																			
	Efetiva	PH 7,0	Al	Bases																		
4,6	13,5	13	0,9	67																		

Fonte: Autor

De acordo com esses resultados para o cálculo de recomendação da quantidade de calcário a ser utilizada na área amostrada, baseou-se na saturação da capacidade de troca de cátions ($CTC_{pH\ 7,0}$) por bases, seguindo o Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016), que foi o valor de 67%, utilizando-se então a seguinte fórmula:

$$NC\ (t/ha) = (V2-V1) \times T \times f / 100$$

onde:

NC: Necessidade de calcário em toneladas por hectare;

V2: é o valor que queremos elevar a saturação de bases;

V1: é valor de saturação de bases encontrado na análise;

T : capacidade de troca de cátions a pH 7,0;

f : fator de correção do PRNT do calcário a ser utilizado.

f : 100 / PRNT do calcário usado.

Conforme a aplicação dos valores na fórmula, ajustando ao Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) do calcário de 70%, e colocando como meta 80% de Saturação de bases, foi recomendada a quantidade de 2,7 toneladas de calcário por hectare. E assim multiplicado pela área total amostrada, que era de 41,73 hectares, totalizando assim a quantidade de calcário de 112,67 toneladas.

4.2. LAUDO DE AMOSTRA DE SOLO COM GNSS A TAXA VARIÁVEL

O quadro 2 abaixo apresenta os laudos das oito amostras de solo coletadas com GPS a taxa variável, na qual podemos observar a variabilidade dos valores na saturação da capacidade de troca de cátions ($CTC_{pH\ 7,0}$) por bases.

Quadro 2: Laudo de oito pontos de Amostras de solos coletadas com posicionamento GNSS e taxa variável.

Ponto	% Argila	pH	SMP	P	K	MO	Al	Ca	Mg	H+Al	CTC cmolc/L		% Saturação		S	Zn	Cu	B	Mn
	m/v	(1:1)		mg dm-3	mg dm-3	%	cmolc/L				Efetiva	pH 7	Bases	Al	mg/L				
1	53	5,5	6,1	14,9	154	4,2	0	8,7	3,4	3,9	12,5	16,4	76,3	0,0	9,7	11,2	6,6	0,2	4
2	56	5,4	6,3	13,5	137	4,7	0,1	9,2	3,1	3,1	12,8	15,7	80,4	0,8	8,1	11,8	10,2	0,3	11
3	56	5,5	6,3	20,5	200	4,8	0	10,9	4,5	3,1	15,9	19,0	83,7	0,0	4,3	13,4	7,1	0,2	6
4	53	5,4	6,2	4,8	101	2,8	0,1	4,8	1,7	3,5	6,9	10,2	66,1	1,5	36,1	5,5	17,7	0,3	6
5	60	5,4	5,9	14	136	4,6	0,1	6,1	2,7	4,9	9,2	14,0	65,2	1,1	13	8,8	7,3	0,2	8
6	56	5,7	6,3	18	157	4,6	0	6,2	2,4	3,1	9,0	12,1	74,4	0,0	4,5	11,9	7,7	0,3	5
7	50	5,5	6,1	17,8	135	4,4	0	7,8	3	3,9	11,1	15,0	74,1	0,0	14,2	12,3	7,3	0,2	13

8	50	5,2	6	28,3	226	5,2	0,1	9,5	4	4,4	14,2	18,4	76,4	0,7	9,8	12,1	8,3	0,3	22
---	----	-----	---	------	-----	-----	-----	-----	---	-----	------	------	------	-----	-----	------	-----	-----	----

Fonte: Autor.

Um arquivo em formato Excel, com os dados do quadro 2, foram inseridos no software CR Campeiro para a geração do mapa de diagnóstico de calcário (Figura 10). No qual podemos observar as diferentes taxas de aplicação, em kg/ha, 0,25 ha com taxa de aplicação de 3.600 kg/ha, 2,87 ha com taxa de aplicação de 3.000 kg/ha, 7,03 ha com taxa de aplicação de 2.400 kg/ha, 7,55 ha com taxa de aplicação de 1.800 kg/ha, 12,57 ha com taxa de aplicação de 1.200 kg/ha, 5,04 ha com taxa de aplicação de 600 kg/ha e 6,44 ha sem a necessidade de aplicação, totalizando 58,05 toneladas de calcário.

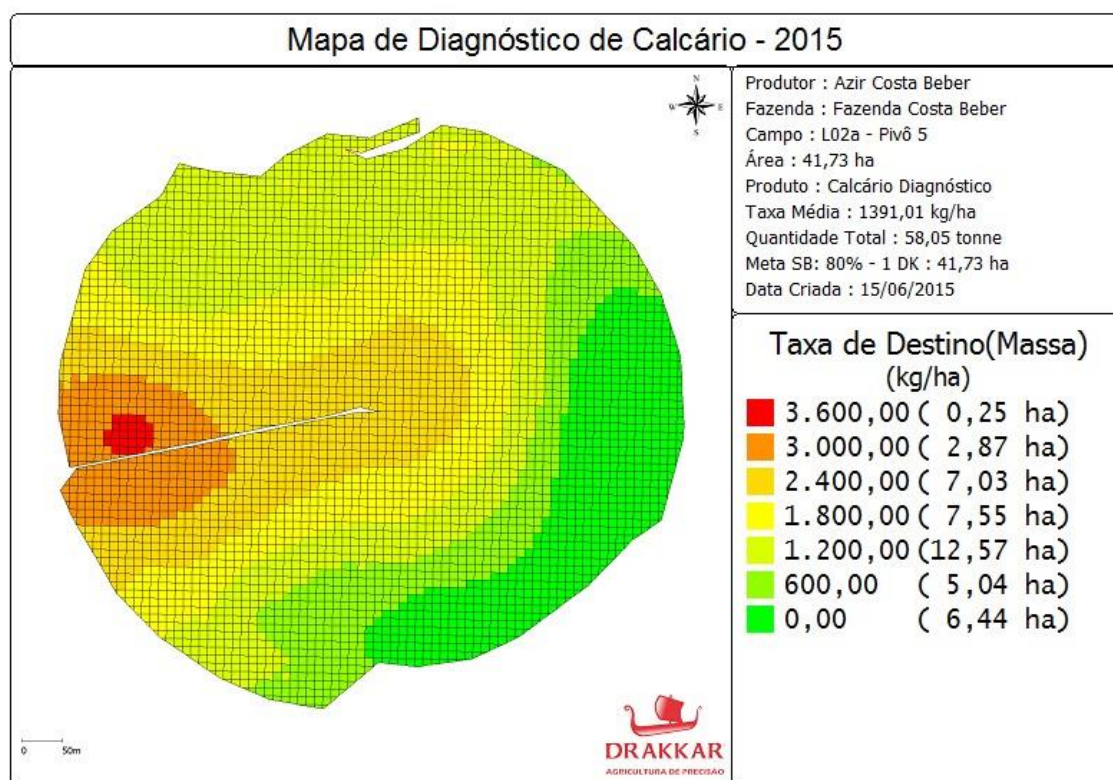


Figura 11: Mapa de aplicação de calcário à taxa variável.

Fonte: Drakkar Solos.

4.3. ANÁLISE ECONÔMICA

Quanto a análise econômica, considerando a utilização da AP com taxas variáveis e o modo tradicional utilizando coletas de solo de forma convencional, juntamente com o custo do calcário R\$120/ton, com PRNT de 70% , estima-se que em relação ao calcário, o custo em taxa variável será de R\$ 9.052,50, já incluindo o valor de R\$2086,50 dos serviços de coleta e análise de solo, e os custos com amostragem tradicional de solo em R\$13.550,40, já incluído o valor da amostra de solo de R\$30,00, contabilizando uma diferença de R\$ 4.497,90, em toda área sendo o uso das técnicas de AP com taxa variável mais 33% mais econômico do que pelo modo tradicional.

Esse resultado encontrado condiz com os resultados obtidos por diversos autores, onde estes afirmam que a aplicação em taxa variável possibilita a racionalização da utilização de fertilizantes e corretivos, de modo a minimizar os efeitos da sub e super aplicações dos insumos em determinadas sub-regiões da lavoura, e assim, conseqüentemente aumentando o rendimento das culturas, qualidade da água e o lucro líquido da propriedade (AMADO et al., 2006; DURIGON, 2007; WERNER, 2007; BELLÉ, 2009; CHERUBIN et al ,2011).

5. CONCLUSÃO

Com a aplicação de calcário a taxa variável, observou-se a racionalização na quantidade aplicada de insumos, com isso ocorre maior eficiência no uso dos mesmos, assim equilibrando a fertilidade do solo de acordo com as necessidades das culturas. A aplicação de calcário a taxa variável reduziu os custos de produção e ainda aumentou a produtividade devido a otimização dos insumos. Outro fato a ser observado foi quanto a sustentabilidade da terra ao longo dos anos, explorando a mesma de forma favorável e não depredadora.

A aplicação de calcário em taxa variável possibilitou racionalizar a quantidade de calcário a ser aplicada, intervindo na fertilidade do solo conforme as necessidades da cultura. A aplicação de insumos em taxa variável promoveu a redução nos custos de produção, caracterizando-se como uma ferramenta de agricultura de precisão economicamente viável para utilização em lavouras comerciais.

Levantamentos realizados comparando a aplicação de calcário no sistema tradicional e em taxa variável, apontam que com a agricultura de precisão, o produtor terá como vantagem uma redução de 30%, tendo em vista um solo mais equilibrado e aumentando a produtividade das áreas, além disso, o mais importante, o uso racional dos insumos ocasionando menores impactos ambientais.

6. REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA, 1992.

AMADO, T.J.C.; NICOLOSO, R.; LANZANOVA, M.; SANTI, A.L.; LOVATO, T. . A. Compactação pode comprometer os rendimentos de áreas sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, n.89, p.34-42, 2005.

AMADO, T. J. C.; BELLÉ, G.L; DELLAMEA, R. B. C.; PES, L. Z.; FULBER, R.; PIZZUTI, L.; SCHENATO, R. B.; LEMAINSKI, C. L. **Projeto Aquarius-Cotrijal: pólo de agricultura de precisão**. Revista Plantio Direto, Passo Fundo, v. 91, n. 1, p. 39- 47, jan./fev. 2006.

AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L. **Agricultura de precisão aplicada ao aprimoramento do manejo do solo**. In: FIORIN, J. E., ed. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. Passo Fundo, Berthier, p.99-144, 2007.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 35, de 04 de julho de 2006. Aprova as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados a agricultura. D.O.U., 12/07/2006 – Seção 1. 2006.

BARBIERI, D. M.; JÚNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T. **Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 645-653, out./dez. 2008.

BELLE, G. L. **Agricultura de precisão: manejo da fertilidade com aplicação a taxa variada de fertilizantes e sua relação com a produtividade de culturas**. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2015.

BONGIOVANNI,R.;LOWENBERG-DEBOER,J. Precision agriculture and sustainability. **Precision Agriculture**, Berlin, v.5. n.4, p.359-387,2004.

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

CARVALHO, J.R.; VIEIRA, S.R.; MARINHO, P.R.; DECHEN, S.C.F.; MARIA, I.C.; POTT, C.A.; DUFRANC, G. **Avaliação da variabilidade espacial de parâmetros físicos do solo sob semeadura direta em São Paulo – Brasil**. Campinas: EMBRAPA, 2001, p.1- 4. (Comunicado Técnico), in Ker, J. C.; Novais, R. F. de - Fundamentos para desenvolvimento da pedologia e da fertilidade do solo. Disponibilizado no site: <http://jararaca.ufsm.br/websites/dalmolin/download/textospl/fundame.pdf>.

COELHO, J.P.C.Ç DA SILVA, J.R.M. **Agricultura de Precisão. Associação dos jovens agricultores de Portugal**. 1º edição, Lisboa, 2009.

COLEMAN, N.T. & G.W. THOMAS, 1967. The Basic Chemistry of Soil Acidity. Em: Soil Acidity and Liming. Editado por R.W. Pearson & F. Adams. American Soc. of Agronomy Inc. Publishers. Madison. Wisconsin. USA. pp. 1-41.

CORÁ, J.E. et al. **Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, n.6, p.1013-1021, 2004.

CQFS-RS/SC, Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11ª ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. 376 p., 2016.

DURIGON, R. Aplicação de técnicas de manejo localizado na cultura de arroz irrigado (*Oryza sativa*). 2007. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS, 2007.

EMBRAPA, Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa - SPI; Rio de Janeiro: Embrapa - Solos, 2006. 306 p.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; BISSANI, C. A. Estimativa de H⁺ Al pelo pH SMP em solos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, n. 1, 1999.

FIORIN, J.. (Coord.) **Manejo e Fertilidade do Solo no Sistema Plantio Direto**. Pa Ed. Berthier, Passo Fundo, 2007. 184 p.

FRANCO, A. A.; MUNNS, D. N. Acidity and Aluminum Restraints on Nodulation, Nitrogen Fixation, and Growth of *Phaseolus vulgaris* in Solution Culture 1. Soil Science Society of America Journal, v. 46, n. 2, p. 296-301, 1982.

GENTIL, L.V.; FERREIRA, S.M. **Agricultura de precisão: Prepare-se para o futuro, mas com os pés no chão**. Revista A Granja, Porto Alegre, n 610, 1999. p12-17.

GIOTTO, E.; CARDOSO; C. D. V.; SEBEM, E.; PIRES, F. S. **Agricultura de Precisão com o Sistema CR Campeiro**. Santa Maria: Laboratório de Geomática, DER – CCR – UFSM – 2013.

HART, S. L.; MILSTEIN, M. B. Global sustainability and the creative destruction of industries. **Solan Management Review**, Cambridge, v.41, n.1, p.23-33,1999

HAUSCHILD, F. E. G. Técnicas de Agricultura de Precisão para definição de zonas de manejo de solo. 2013. 85f. Dissertação(Mestrado em Agricultura de Precisão) – Universidade Federal de Santa Maria – RS. Santa Maria, 2013.

KAMINSKI, P. Utilizando as ferramentas de agricultura de precisão para auxílio no processo de melhoria da produtividade. Publicado em Informativo Pioneer, Edição 38-2014, p.10-13.

KOCHHANN, Rainoldo Alberto; DENARDIN, José Eloir. Implantação e manejo do sistema plantio direto. Embrapa Trigo, 2000.

LEMAINSKI, C.L.; **Agricultura de Precisão em Áreas Irrigadas com Pivô Central no Rio Grande do Sul**, Dissertação de Mestrado, PPGEA, UFSM, 2007, p. 01-133.

MA, J.F.; RYAN, P. R.; DELHAIZE, E. Aluminium tolerance in plants and the complexing role of organic acids. Trends in plant science, v. 6, n. 6, p. 273-278, 2001.

MAINARDI, L. C. **Viabilidade de utilização de técnicas de agricultura de precisão na lavoura orizícola**. 2015. 74f. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2015.

Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Comissão de Química e Fertilidade do Solo**. - 10. ed. – Porto Alegre, 2016.

MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M. A.; SOUZA, E. G. **Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem 71 manejo químico localizado**. UNIOESTE, PR. Revista Brasileira Ciência do Solo. n. 27, p. 1149-1159, 2003.

MILANI, L.; SOUZA, E.G. de; URIBE-OPAZO, M.A.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J.A.; PEREIRA, J.O. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.28, p.591-598, 2006.

MOLIN, J. P. **Tendências da agricultura de precisão no Brasil**. Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ESALQ/USP, Piracicaba – SP, 2004.

MOLIN, J.P. Agricultura de precisão. Parte II: Diagnósticos, aplicação localizada e considerações agronômicas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.2, p.108-121, 1997. in Filho, O. G. Variabilidade espacial e temporal de mapas de colheita e atributos de solo em um sistema de semeadura direta, Campinas – SP , 2009.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia. 1961, 61 p.

PANDOLFO, C. M.; TEDESCO, M. J. Eficiência relativa de frações granulométricas de calcário na correção da acidez do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 31, n. 10, p. 753-758, 1996.

POTTER, M. B. Análise Comparativa entre amostragem de solo convencional e amostragem de solo para agricultura de Precisão. 2014, 64f. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) – Universidade Federal de Santa Maria – RS. Santa Maria, 2014.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O. Características de corretivos agrícolas. Embrapa Pecuária Sudeste, 2004.

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

RODRIGUES, J. B. T. **Variabilidade espacial e correlações entre atributos de solo e profundidade na Agricultura de Precisão**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas. Botucatu, 2002.

SCHADECK, F. A. **Fertilidade de solo e viabilidade técnica – econômica da agricultura de precisão na região das missões – rs**. 2015. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2015.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJÓ, S. **Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico**. Revista Brasileira Ciência do Solo. v. 27, n.6, Viçosa Nov./Dec. 2003.

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.

SOUZA, L. S. **Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo**. 1992. 162 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

REICHENBERG, I.; RUSSNOGLE, J. Farming by foot. Farmer's Journal, v. 113, p.11-15, 1989.

TSCHIEDEL, M. ; FERREIRA, M.F. **Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens**. Ci. Rural, v32, n, p159-163, 2002.

VAN RAIJ, B. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

WERNER, V. Análise econômica e experiência comparativa entre agricultura de precisão e tradicional. 2007, 133f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria – RS. Santa Maria, 2007.