



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS – *CAMPUS* ARAGUATINS
BACHARELADO EM AGRONOMIA

FABRÍCIO SARAIVA DA SILVA

**METODOLOGIA SIMPLIFICADA DE ADOÇÃO DE AGRICULTURA DE
PRECISÃO EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ARAGUATINS
2018



FABRÍCIO SARAIVA DA SILVA

**METODOLOGIA SIMPLIFICADA DE ADOÇÃO DE AGRICULTURA DE
PRECISÃO EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do
Curso de Bacharelado em Agronomia
do Instituto Federal do Tocantins –
Campus Araguatins como requisito
parcial para a obtenção do título de
Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Samuel de Deus
da Silva

ARAGUATINS
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, Fabrício Saraiva

Metodologia simplificada de adoção de agricultura de precisão em pequenas propriedades rurais / Fabrício Saraiva da Silva. – Araguatins, 2018
55 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação do Tocantins, Campus Araguatins, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Samuel de Deus da Silva

1. Softwares livres 2. Agricultura digital I. Título



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “METODOLOGIA SIMPLIFICADA DE ADOÇÃO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS”

AUTOR: Fabrício Saraiva da Silva

ORIENTADOR: Prof. Dr. Samuel de Deus da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins* como parte das exigências para conclusão do curso de Bacharelado em Agronomia.

Aprovado em 1 de fevereiro de 2018.

Prof. Dr. Samuel de Deus da Silva

Instituto Federal do Tocantins – IFTO, Campus Araguatins

Prof. Msc. Priscila Gonçalves Figueiredo de Sousa

Instituto Federal do Tocantins – IFTO, Campus Araguatins

Prof. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite

Instituto Federal do Tocantins – IFTO, Campus Araguatins

Dedico este trabalho à minha família, que
sempre me apoiaram nos momentos
mais difíceis nunca deixando desistir do
meu sonho

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, saúde e pelo entendimento para resolver questões do dia a dia e me dá forças na graduação.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Samuel de Deus da Silva, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória, pela grande amizade e pela paciência.

Ao Prof. Msc. Lineardo Ferreira Sampaio Melo pelas orientações nos mapas e ajuda no entendimento do funcionamento dos softwares.

Ao Dr. Otacílio Silveira Junior, pela ajuda correção do trabalho e pelas explicações a respeito da elaboração dos mapas.

Ao Prof. Dr. Arlindo Fabricio Corrêa pela ajuda no software Qgis, explicando como funcionava a interpolação e a formação dos dados uteis para a agricultura de precisão.

A minha esposa Vanessa Barbosa dos Santos, pela paciência, pela compreensão e pelo carinho.

Aos meus amigos José Renato Lopes Monteiro, o “Batoré” e Kevin Guimaraes Grangeiro, o “Grangeiro” pelos momentos de diversão, amizade e parceria, vou levar a amizade de vocês para sempre.

Aos meus amigos trilheiros Leandro e Rafael Rangel pelos momentos de diálogo, brincadeiras, pela parceria, amigos assim não se encontra em todo lugar.

Ao Brother, Eduardo Junior “Panka”, pela grande amizade, momentos de conversa e brincadeiras.

As “tias” Maria do Carmo, Vania Ramos, Rosália Carneiro e Joelma Ribeiro, Gorete Ferreira e tia Rosa da telefonia pela ajuda nos momentos de dificuldade, pelos conselhos e por sempre acreditarem que eu chegaria até aqui, muito obrigado.

A Layane “Lala” Bastos dos Santos por ser uma grande amiga em um momento difícil da graduação e por ser a primeira a me dá a chance de ser estagiário.

Ao Produtor Valter e sua família por disponibilizar a vossa propriedade para estudos, pela ajuda na aquisição dos dados da propriedade.

A minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio, em especial minha guerreira Maria do Carmo da Silva, que sempre me incentivou a estudar.

Aos meus colegas de sala, que me ajudaram nesta caminhada e que muitos foram luz na minha vida acadêmica.

A todos os professores que me deram aulas durante a graduação, pois cada um tem uma contribuição na minha formação acadêmica e como profissional.

Ao pessoal da empresa terceirizada Fênix que convive de 2012 a 2018, são muitos, pelos momentos de conversas, alguns conselhos e principalmente pela amizade, não vou esquecer de vocês jamais.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa, na vida acadêmica e em minha vida pessoal, meu gigantesco MUITO OBRIGADO.

*Os homens sempre precisam
estar pesquisando, sempre
aprendendo; contudo, há um
infinito além.*

Ellen G. White

RESUMO

A agricultura está evoluindo, englobando diferentes tecnologias com propósito de facilitar a vida do homem do campo. Dentre as tecnologias utilizadas no meio rural estão os mapas de recomendação de fertilizantes que diferem muito da região Norte para a região Sul do país. Ao Norte utiliza-se a recomendação pela média, ou seja, em uma área são retirada diversas amostras simples para formar uma amostra composta, essa amostra irá representar toda a fertilidade do local. Esta recomendação, no entanto, não leva em consideração a variabilidade dos atributos químicos do solo. Nesse interim, entra a Agricultura de Precisão, que leva em consideração a variabilidade espacial dos atributos do solo utilizando-se de retirada de amostras de solo georreferenciadas para a formação e mapas de recomendação que tratará cada área de acordo com as suas necessidades. Entretanto, a adição desta tecnologia na região Norte do país é dificultada devido a diversos fatores como o despreparo por parte dos técnicos na área, resistência do produtor à adoção da tecnologia em sua propriedade e, altos custos de aquisição de softwares específicos para agricultura. O objetivo do trabalho é a elaboração de uma metodologia simples para adição da agricultura de precisão, utilizando softwares gratuitos desde a coleta de pontos de coordenadas da área experimental a coleta de solo, realizar um comparativo entre a aquisição de fertilizantes entre a Agricultura de Precisão e a Agricultura Convencional e, comparativo de custos entre a aplicação de fertilizantes a taxa variável e pela média. No presente estudo, houve formação dos mapas de recomendação de adubação para Cálcio (Ca), Fósforo (P), Potássio (K) e Gesso. Para os itens Ca, P e Gesso houve economia nos custos de aquisição dos fertilizantes, para os custos de aquisição do Potássio não houve economia em comparação ao sistema convencional, entretanto sua aquisição é irrisória. Quanto a custos na aplicação a taxa variável e pela média, houve economia na aplicação variável levando em consideração intervalos de recomendação estipulados pela empresa contratada, entretanto, os custos apresentados neste trabalho não levaram em consideração diárias de serviço do técnico, deslocamento de equipe técnica da empresa e transporte de máquinas e implementos agrícolas necessitando de estudos mais aprofundados sobre o real custo de implantação desta tecnologia na região.

Palavras-chave: Softwares livres. Qgis. Agricultura Digital. Mapas de recomendação. Interpolação.

ABSTRACT

Agriculture is evolving, encompassing different technologies with the purpose of facilitating the life of rural man. Among the technologies used in the rural environment are the recommendation maps of fertilizers that differ greatly from the North to the South region of the country. To the north the recommendation is used by the media, that is, in an area several simple samples are taken to form a composite sample, this sample will represent all the fertility of the place. This recommendation, however, does not take into account the variability of soil chemical attributes. In that interim, enters Precision Agriculture, which takes into account the spatial variability of soil attributes using georeferenced soil samples for formation and recommendation maps that will treat each area according to their needs. However, the addition of this technology in the North region of the country is hampered due to several factors such as the lack of preparation by the technicians in the area, resistance of the producer to the adoption of the technology in his property and high costs of acquisition of specific software for agriculture. The objective of this work is the elaboration of a simple methodology for the addition of precision agriculture, using free softwares from the collection of points of coordinates of the experimental area to the collection of soil, to perform a comparison between the acquisition of fertilizers between Precision Agriculture and Conventional Agriculture, and comparative costs between the application of variable rate fertilizers and the average. In the present study, fertilization recommendation maps were prepared for Calcium (Ca), Phosphorus (P), Potassium (K) and Gypsum. For the Ca, P and Gypsum items there was an economy in the cost of purchasing the fertilizer, for the costs of the Potassium acquisition there was no saving in comparison to the conventional system, however its acquisition is negligible. As for costs in the application of the variable rate and the average, there was an economy in the variable application taking into account the recommendation intervals stipulated by the contracted company, however, the costs presented in this work did not take into account daily service of the technician, company and transport of agricultural machinery and implements, needing more in-depth studies on the real cost of implementing this technology in the region.

Keywords: Free software. Qgis. Digital Agriculture. Recommendation maps. Interpolation.

LISTA DE FIGURAS

Quadro 1 - Tipos de categorias e fatores na tomada de decisão de adoção da AP.....	18
Figura 1 - Ciclo da AP documentada em 1929 para correção de acidez do solo.....	16
Figura 2 - Ferramentas para tomada de decisão.....	20
Figura 3 - Exemplos de mapas para agricultura de precisão. Teor de argila e percentual de área (a esquerda), semeadura de soja (a direita).....	20
Figura 4 - Ciclo da AP em três etapas.....	21
Figura 4 - Mapa de localização da área experimental na zona rural do município de Eldorado dos Carajás – PA.....	22
Figura 5 - Mapa de pontos de coleta de coordenadas da área experimental e polígono formado.....	24
Figura 6 - Representação dos pontos amostrais de coleta de solo.....	24
Figura 7 - Sequência dos processos para início da interpolação pelo inverso do quadrado da distância (IDW).....	27
Figura 8 - Interface no programa Qgis para recorte de raster para área delimitada.....	28
Figura 9 – Visão da calculadora de campo para correção de área após uso da extensão dissolve.....	30
Figura 10 - Versão final do mapa após a transformação de raster para vetor.....	31
Figura 11 - Visão de mapa após mudança de coloração, os dados dissolvidos quando selecionados, apresentam coloração amarela, demonstrando que toda área possui o mesmo valor.....	31
Figura 12 - Mapa de fertilidade para Necessidade de Calagem.....	36
Figura 13 - Mapa de fertilidade pela média para a Necessidade de Calagem....	39
Figura 14 - Mapa de fertilidade para adubação com fosfato.....	41
Figura 15 - Mapa de fertilidade para o elemento Potássio.....	43
Figura 16 - Mapa de fertilidade pela média para o elemento Potássio.....	44
Figura 17 - Mapa de recomendação de gesso.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análises de solo com valores máximos e mínimos encontrados em análises laboratoriais com medias, medianas, desvio-padrão, coeficiente de simetria, coeficiente de curtose e coeficiente de variação.....	33
Tabela 2 - Necessidade de Calagem real por área calculada.....	37
Tabela 3 - Comparativo entre custos de recomendação de calcário entre agricultura convencional e AP.....	38
Tabela 4 - Quantidade necessária de fosfato por área.....	41
Tabela 5 - Comparativo entre custos de recomendação de fósforo entre agricultura convencional e AP.....	42
Tabela 6 - Recomendação de potássio por área.....	43
Tabela 7 - Comparativo entre custos de recomendação de calcário entre agricultura convencional e AP.....	44
Tabela 8 - Necessidade de gesso.....	46
Tabela 9 - Comparativo entre custos de aquisição de gesso pelo agricultura convencional e AP.....	47
Tabela 10 - Custos Totais da Agricultura de Precisão e Agricultura Convencional.....	48
Tabela 11 - Economia total na aquisição de fertilizantes.....	48
Tabela 12 – Custos totais com aplicação de fertilizantes na área de estudo.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS

AP	Agricultura de Precisão
Qgis	Quantun Gis
GPS	Global Positioning System
SIG	Sistema de Informação Geográfica
GIS	Geographic Information System
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
P	Fósforo
CV	Coeficiente de Variação (%)
NC	Necessidade de Calagem
Mg.ha ⁻¹	Megagrama por hectare
T	Capacidade de Troca de Cátions
PRNT	Poder Relativo de Neutralização Total
Ltda.	Limitada
PA	Para
mg kg ⁻¹	Miligramma por Quilograma
cmol _c .dm ⁻³	Centimol de carga por decímetro cúbico
D.G.	Dose de Gesso
Kg.ha ⁻¹	Quilograma por hectare
IDW	Inverse Distance Weighted

LISTA DE SIGLAS

INMET Instituto Nacional de Meteorologia

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	16
2.1	Agricultura de Precisão.....	16
2.2	Agricultura de Precisão no Brasil.....	17
2.3	Etapas da Agricultura de Precisão.....	19
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1	Área de Estudo.....	22
3.2	Materiais.....	22
3.3	Softwares.....	23
3.4	Amostragem e Coleta de Dados.....	23
3.5	Recomendações de Adubações.....	25
3.6	Confecção do Mapa de Fertilidade.....	26
3.7	Cálculo da área.....	29
3.8	Estatística descritiva.....	30
3.9	Cálculo de aplicação de fertilizantes.....	32
3.10	Tabela de atributos químicos.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
4.1	Necessidade de Calagem.....	35
4.2	Fosfatagem.....	39
4.3	Potássio.....	42
4.4	Gessagem.....	45
4.5	Relação de custos entre Agricultura de precisão x Agricultura Convencional.....	47
4.6	Custos de Serviço de Aplicação de Fertilizantes.....	48
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
	REFERÊNCIAS.....	52

INTRODUÇÃO

A tecnologia para o meio rural está cada vez mais presente, em especial nos grandes centros, onde a inovação chega mais rapidamente. Entretanto, esta tecnologia chega de forma desigual no Brasil, principalmente na região norte do país.

Nessa região do país, a forma de como é realizada as adubações ocorre de forma que o produtor não leva em consideração a variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos do solo, fator que influencia diretamente nos ganhos de produtividade das culturas.

Pela forma de adubação pela média, na maioria dos casos, há ocorrência de erros na quantidade real de fertilizante necessária para suprir a demanda pela planta, havendo áreas dentro do talhão que recebem quantidades significativas ou insignificativas de fertilizantes (BALASTREIRE, 2000).

Com isso, surgiu a Agricultura de Precisão (AP), que se baseia na premissa de trabalhar na área de acordo com a variabilidade dos atributos químicos e físicos do solo, utilizando de diferentes dados da área como mapas de fertilidade, recomendação de fertilizantes, imagens aéreas, mapas de produtividade e outros, a fim de obter decisões mais precisas na gestão da propriedade, objetivando economia de uso de insumos agrícolas e lucro para o produtor (SFREDO e OLIVEIRA, 2010; MOLIN, 2012; CONAB, 2013).

Entretanto, na região Norte do país, a difusão desta tecnologia encontra dificuldades devido a diversos fatores como desqualificação por parte dos técnicos agrícolas, idade dos produtores da região, resistência por parte do produtor na adição desta tecnologia em sua propriedade, dificuldade no uso de softwares para agricultura e alto custo com licenças dos softwares para agricultura (MOLIN, 2003).

Para solucionar as questões relacionadas ao custo de licença e aquisição de softwares, existem os Sistemas de Informação Geográficas (SIG) gratuitos, que podem ser utilizados pelo técnico, possuindo interface amigável com o usuário e complementos para diferentes finalidades sendo o principal ponto negativo é a dificuldade de tutoriais ou materiais para ensino do software para área de agricultura.

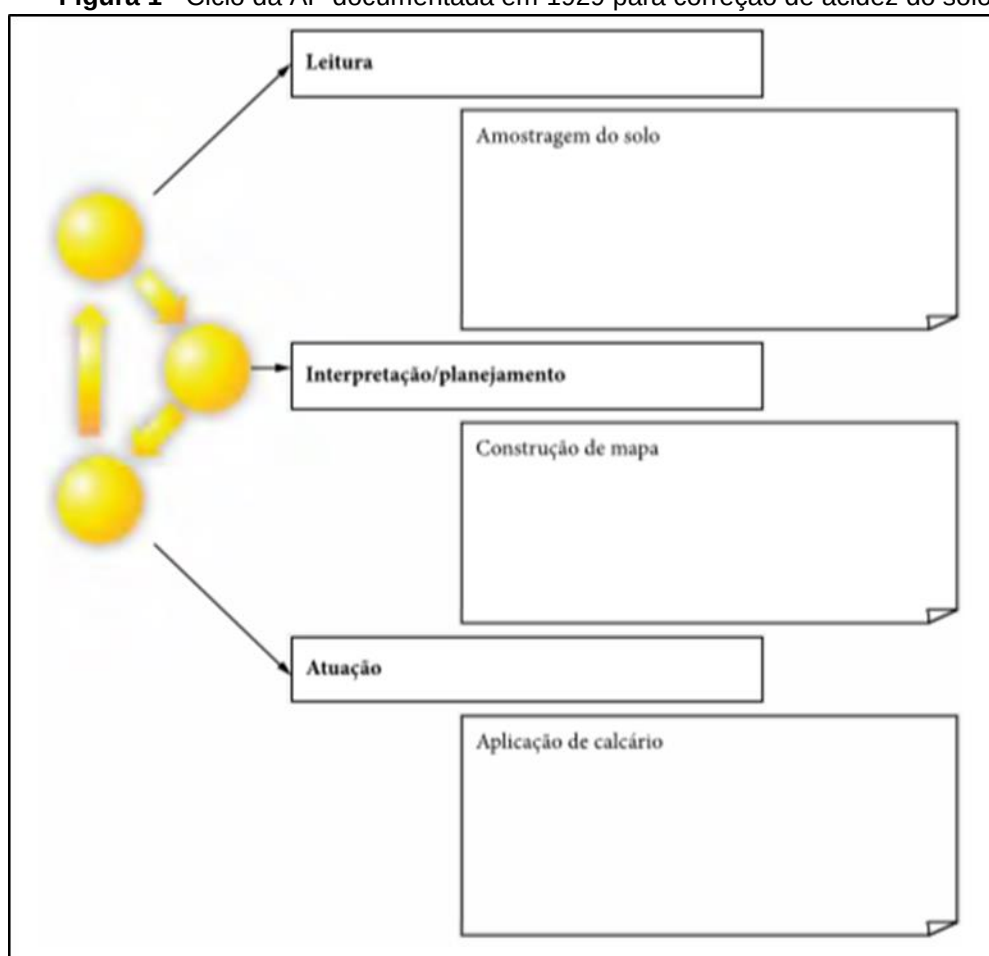
Portanto, o objetivo do presente estudo é a formulação de uma metodologia simples de adoção da agricultura de precisão em pequenas áreas, utilizando softwares livres e exibindo as diferenças na aquisição de fertilizantes entre a agricultura convencional e a agricultura de precisão.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 Agricultura de Precisão

A agricultura convencional tal como se verifica está em constantes modificações. Essas mudanças são mais observadas nos grandes centros produtores, sendo que a inovação tecnológica existente para o meio rural chega mais rapidamente. Este novo jeito de ver a agricultura é denominado de Agricultura de Precisão.

Figura 1 - Ciclo da AP documentada em 1929 para correção de acidez do solo.



Fonte: INAMASU e BERNARDI, 2014.

A variabilidade espacial de um atributo químico tem sua primeira atribuição científica do final da década de 20, quando Linsley e Bauer (1929), recomendavam quadrantes (ou *grid*) de 100 x 100 m para realização de análises de solo para acidez do solo. Como pode ser observado na figura 1, de forma descrita o ciclo da Agricultura de precisão.

A tecnologia de Agricultura de Precisão se baseia no gerenciamento das variáveis do solo (químico, físico, compactação, água e outros) e fisiológicos das plantas localizadas na lavoura, com uso racional de insumos, visando retorno econômico ao produtor e proteção ao meio ambiente (SFREDO e OLIVEIRA, 2010; MOLIN, 2012).

Para a Conab (2013), a Agricultura de Precisão é a união de um conjunto de técnicas e processos metodológicos que tem por objetivo o manejo das culturas em geral de maneira otimizada e com aplicação calculada de insumos agrícolas de modo a proporcionar retorno econômico ao produtor rural.

Diferente da Agricultura Convencional que se baseia no uso de dados pela média da área, levando em consideração apenas características visuais como a topografia, tipo de solo, vegetação e tipo de cultura (SOUSA e LOBATO, 2004). A Agricultura de Precisão trabalha com aplicação localizada de cada nutriente de acordo com sua necessidade (BALASTREIRE, 2000). Dessa forma, evita-se locais que possam receber quantidades acima ou abaixo da recomendada pelo técnico.

A forma como é tratada os dados faz com que a tecnologia se torne mais assertiva quanto aos resultados obtidos, devido a quantidade de dados coletados em campo ou por meio do sensoriamento remoto (PIERCE e NOWAK, 1999). Outra característica é a velocidade de detecção de problemas dentro da lavoura, tornando a resposta de solução para o problema encontrada ser superior ao sistema convencional de cultivo (PIERCE e NOWAK, 1999).

O uso desta tecnologia já é presente desde os anos 90 nos Estados Unidos e Japão onde não há mais possibilidade de expansão de fronteira agrícola, sendo destaque na gestão agrícola nacional. Nessa mesma época, países da Europa já demonstravam aumento na produtividade e economia de insumos com uso da tecnologia da Agricultura de Precisão (BLACKMORE, 1994).

2.2 Agricultura de Precisão no Brasil

O desenvolvimento da tecnologia foi fator fundamental na inserção da mesma no âmbito rural. Tal fato teve seus primeiros passos com o desenvolvimento do Sistemas de Posicionamento Global (GPS) na década de

70. Com a melhoria da tecnologia no decorrer dos anos, sua primeira inserção no meio rural foi por meio das máquinas agrícolas.

Na década de 90, a tecnologia de sensores começou a ser embarcada em tratores agrícolas, que na época receberam o que tinha de mais avançado em tecnologia (BALASTREIRE, 2000). Os centros de pesquisa e escolas da região sudeste iniciaram parcerias com empresas a fim de estudar os benefícios da tecnologia e baratear custos dos equipamentos (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2004).

Tey e Brindal (2012) em seu trabalho sobre as questões ligadas à adoção da Agricultura de Precisão no Brasil, encontraram 34 fatores que foram separados em 7 categorias listadas no quadro 1:

Quadro 1 – Tipos de categorias e fatores na tomada de decisão de adoção da AP.

Categoria	Fator de Decisão
1. Socioeconômicos	Idade do produtor, educação formal, tempo de experiência em agricultura
2. Agroambientais	Propriedade e arrendamento da terra, parceiros, especialização, tamanho da propriedade, qualidade do solo, área da cultura principal da propriedade, produtividade, dívidas, renda, oportunidades de emprego, diversificação da produção, pecuária
3. Institucionais	Distância do fornecedor de fertilizantes, contratos futuros, região, pressão para desenvolvimento
4. Informativos	consultores e serviços de extensão
5. Percepção do produtor	rentabilidade
6. Comportamentais	desejo do produtor
7. Tecnológicos	mapas de produtividade, irrigação, uso do computador, geração de mapas de recomendação

Fonte: Tey e Brindal (2012)

No país, a agricultura de precisão tem maior desenvolvimento na região sul e sudeste, locais onde se encontram as maiores áreas de cultivo, em especial grãos como milho, soja e trigo (MOLIN, 2012).

Griffin e Lowenberg-Deboer (2005), demonstraram que o desenvolvimento da AP no Brasil está ocorrendo de forma desigual. Esta desigualdade no desenvolvimento da agricultura com maior uso da tecnologia se dá por diferentes fatores como “preços relativamente baixos da terra, baixo custo da mão-de-obra, pouco uso de informática nas propriedades rurais e o custo elevado dos equipamentos importados de alta tecnologia” explica os autores.

O desenvolvimento da agricultura voltado com maior uso da tecnologia tem por característica de possuir uma média de idade menor ao da agricultura convencional (MOLIN, 2003). Esta característica poder ser percebida em especial na região sul, onde em geral, os filhos ou netos dos proprietários são os que tomam as decisões acerca do planejamento e condução das atividades dentro da propriedade.

A diferença de idade entre os gestores influencia diretamente na entrada ou não das tecnologias dentro da propriedade, devido aos jovens agricultores possuírem maior contato com tecnologia, fato que contrasta com a realidade do norte do país, onde as médias de idade entre os proprietários de imóveis rurais são maiores (MOLIN, 2004).

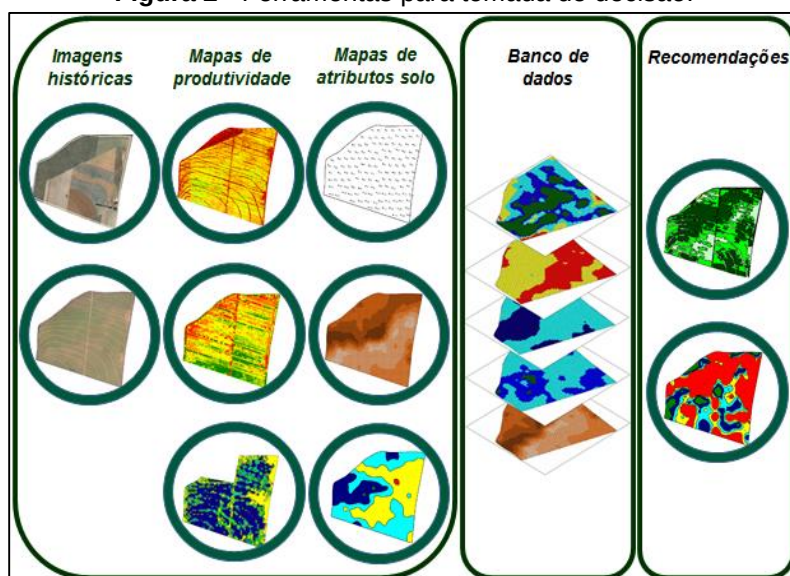
2.3 Etapas da Agricultura de Precisão

A Agricultura de Precisão se baseia no uso eficiente de insumos, conhecimento da variabilidade temporal e espacial dos atributos do solo e das respostas fisiológicas das plantas, utilizando se sensores embarcados, mapas de produtividade, condutividade, fertilidade, dentre outros (Figura 2), para melhor assertividade nas tomadas de decisão (MOLIN, 2012).

Devido a quantidade de dados utilizados, a tecnologia tem papel fundamental para a gestão dos dados de campo. Diferente da agricultura convencional, que se utiliza de métodos baseados somente na média, sem levar em consideração a variabilidade do solo, a informática está sempre presente na AP (PIERCE e NOWAK, 1999).

Por ser uma tecnologia recente no meio rural brasileiro, a mesma possui uma quantidade abrangente de metodologias para aquisição de dados. O que torna a princípio, seu uso dificultado pela dificuldade de entendimento no uso dos softwares que geram produtos de Geoestatística (SCHRAMMEL, 2011).

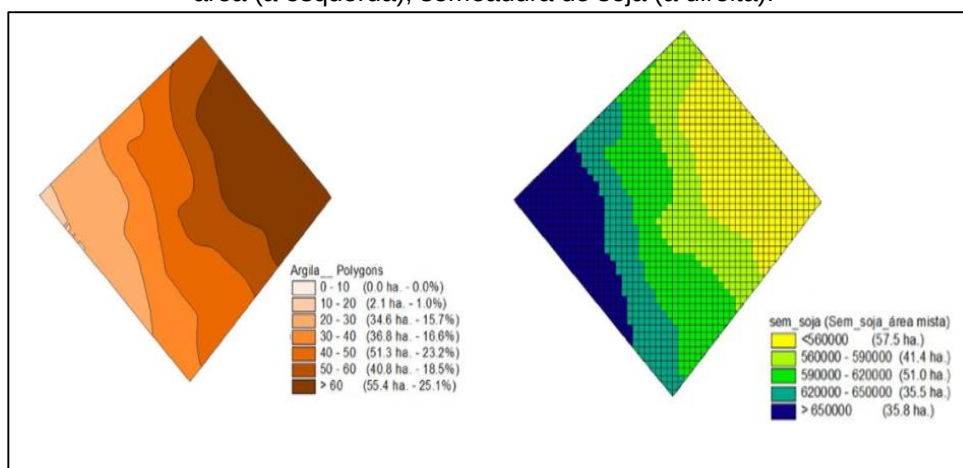
Figura 2 - Ferramentas para tomada de decisão.



Fonte: SLC Agrícola (2015).

De maneira geral, as etapas da AP são resumidas em três: leitura, interpretação/planejamento e atuação. Cada etapa deve ser feita cuidadosamente para que não comprometa o produto final (INAMASU e BERNARDI, 2014). Os processos existentes em cada etapa estão descritos na figura 4.

Figura 3 - Exemplos de mapas para agricultura de precisão. Teor de argila e percentual de área (a esquerda), semeadura de soja (a direita).

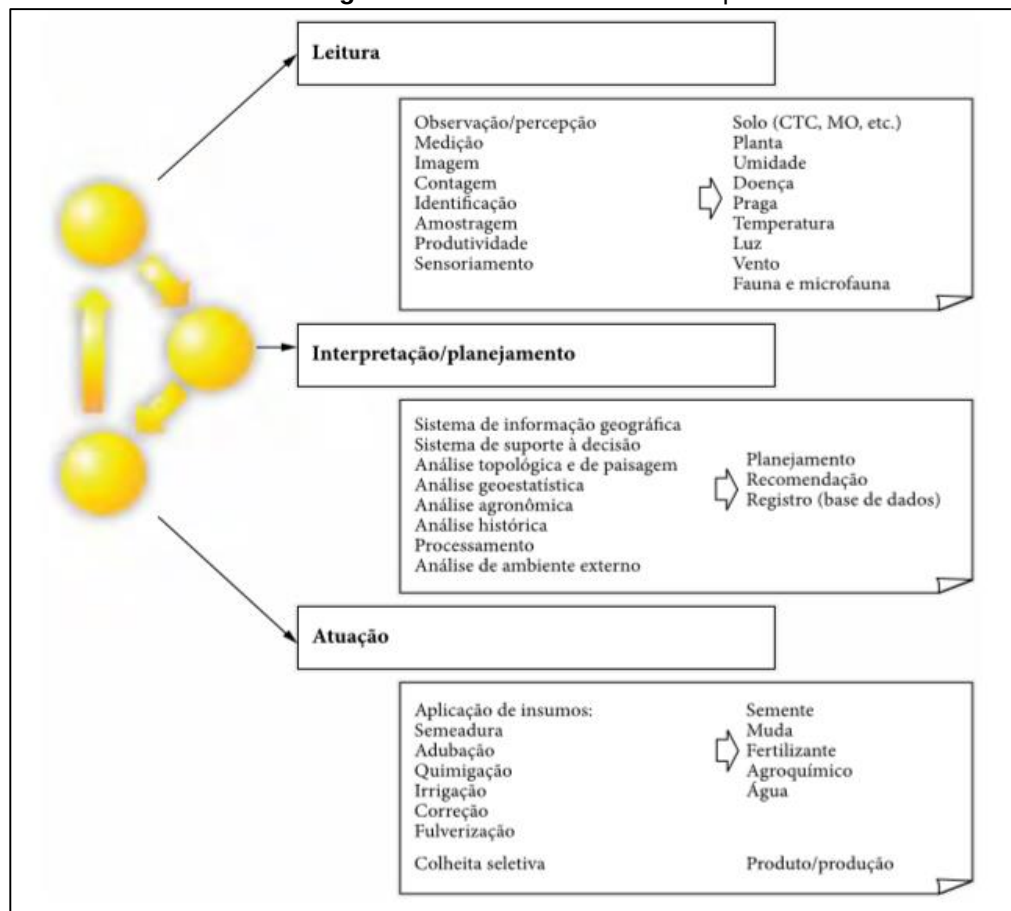


Fonte: SLC Agrícola (2015).

A leitura possui várias variáveis que serão tabuladas para análise de dados posterior em SIGs. É importante ter um cuidado adicional nesta etapa, pois a mesma reflete na leitura do SIG, ocasionando produtos que não condizem

com a realidade da área de estudo, o que faz com que ocorram erros significativos na tomada de decisão do produtor (Figura 3).

Figura 4 - Ciclo da AP em três etapas.



Fonte: INAMASU e BERNARDI, (2014).

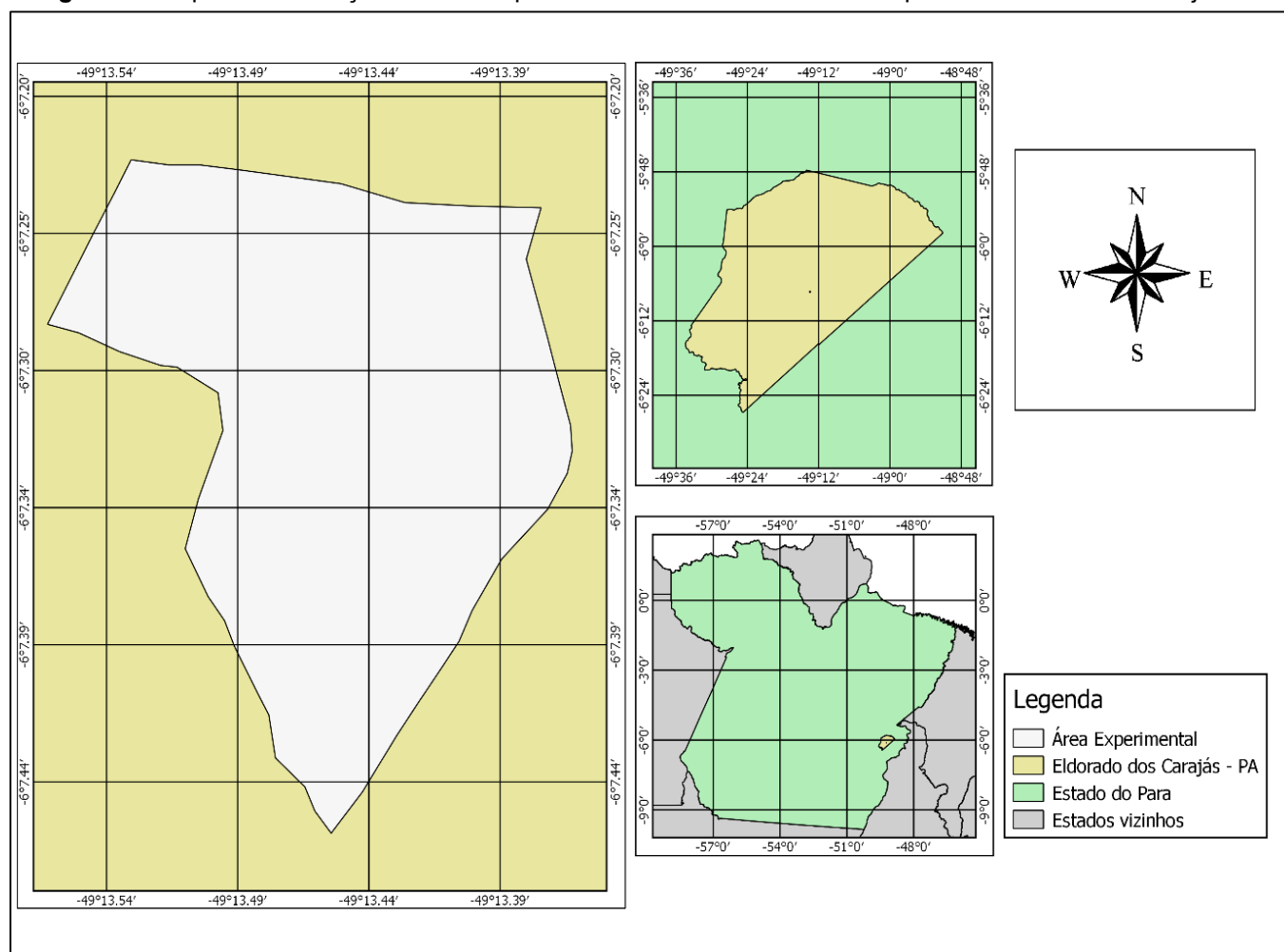
Para escolha de um SIG ideal, a comunidade acadêmica de maneira geral não possui uma metodologia, pois, cada software possui suas particularidades e funcionalidades distintas dos demais softwares da categoria. No geral, os pesquisadores têm preferência por softwares que façam as análises desejadas e que possuam interface amigável, nesses quesitos citados, o software mais utilizado para a elaboração de mapas e análises Geoestatística é o Qgis (VIEIRA, 2000; OLIVER, 2010, SCHRAMEL, 2011).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O presente estudo foi conduzido em uma propriedade rural particular localizada nas coordenadas geográficas 6°7'18.64" S, -49°13'26.85" O, no povoado Castanheira, zona rural do município de Eldorado dos Carajás (Figura 5). O clima do local é caracterizado como Aw' pela classificação de Köppen que se caracteriza por ter grande precipitação anual, chuvas de outono-inverno e seca definida, com pluviosidade anual de 1.600 mm (INMET, 2016). O solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (IBGE, 2008).

Figura 5 - Mapa de localização da área experimental na zona rural do município de Eldorado dos Carajás – PA.



Fonte: próprio autor (2017)

3.2 Materiais

- Trado Tipo Holandês;
- Balde Plástico;
- Sacos Plásticos;
- Etiquetas.

3.3 Softwares utilizados

- Qgis 2.18.3 *Las Palmas de C.G.* (Complementos: *points2one*; *Slicer*, Interpolação, poligonizar, dissolver);
- *Google Earth Pro*;
- *Gps Information* v1.6. (Microsoft Lumia 640).

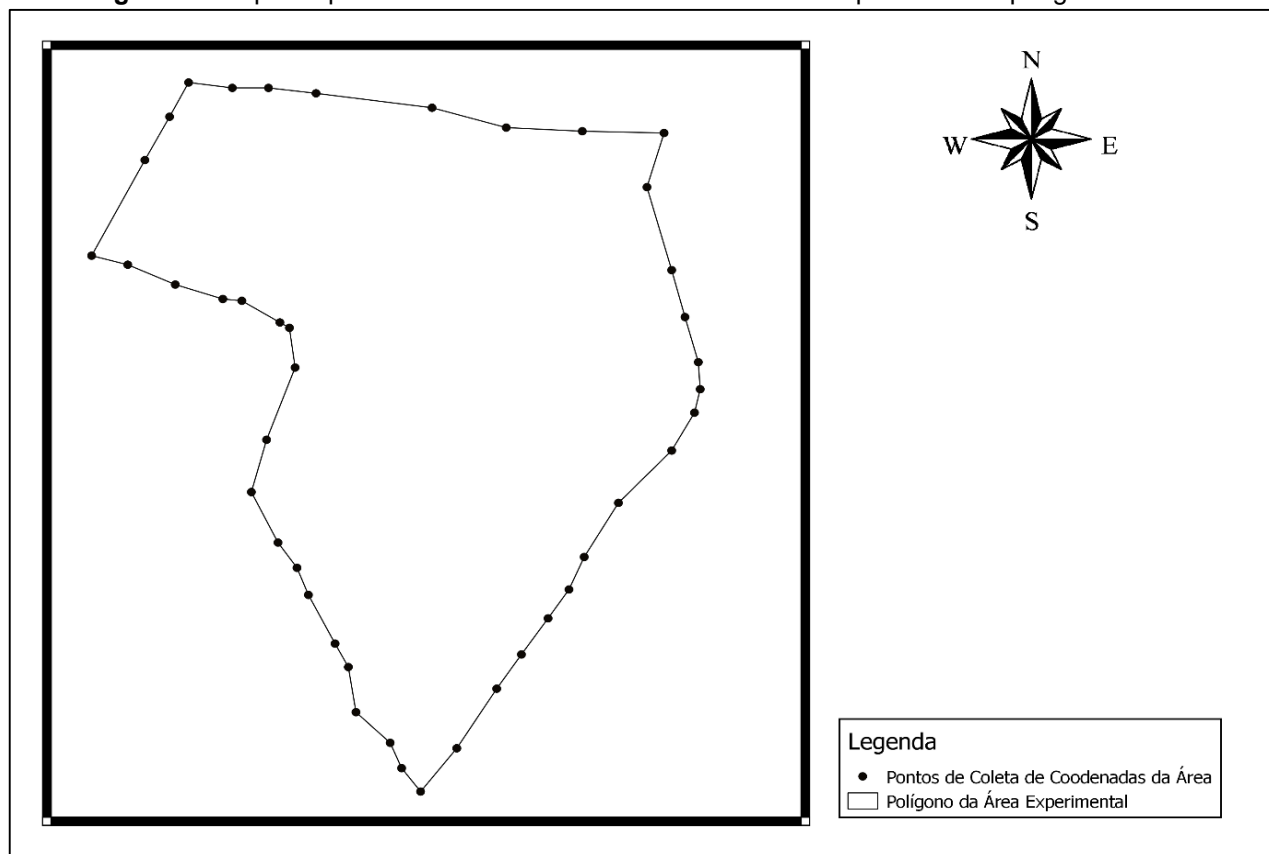
3.4 Amostragem e coleta de dados

Retirou-se as amostras de terra, em uma área recém aberta e em seu perímetro, obtendo-se ainda as coordenadas com uso do *software* GPS *Information* v1.6., com precisão de localização de 3,0 m e variância da precisão de 3,0 m. Após a coleta das coordenadas, em um *desktop* utilizando o *software* Qgis 2.18.11. *Las Palmas de G. C.*, houve a formação do polígono da área para a colocação dos pontos amostrais utilizando o complemento *points2one* (Figura 6).

O *grid* amostral foi composto por pontos equidistantes de 50 metros, exceto por três pontos no lado direito do mapa (Figura 7), que foram modificados a fim de cobrir melhor a área de estudo. As coordenadas dos centroides de cada polígono foram obtidas no *software* Qgis e salvas em formato compatível com *software excel*, da empresa *Microsoft*.

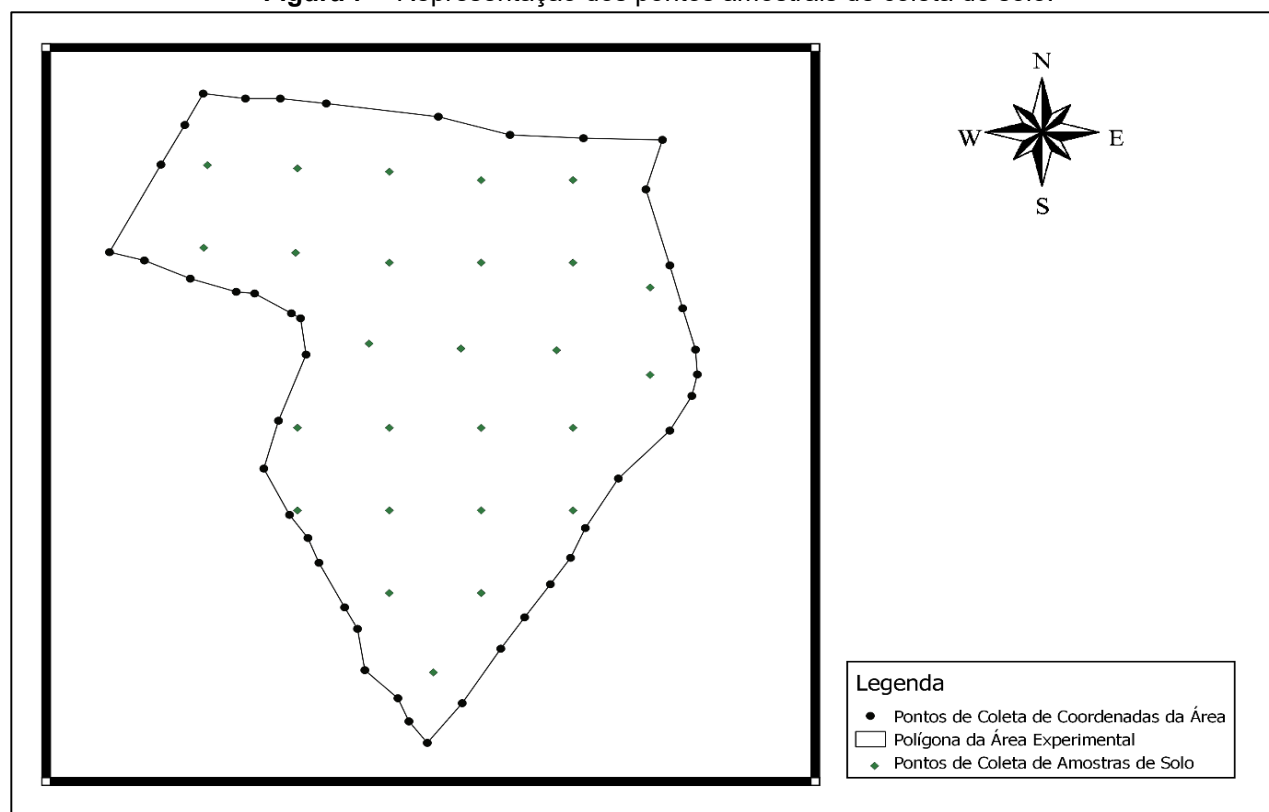
Na coleta de solo, foram utilizadas o trado tipo holandês, sacos plásticos para separar cada amostra, etiquetada com sua malha e número do ponto coletado. Para efeito comparativo, houve a coleta de amostras de solo para análise convencional como proposto por Sousa e Lobato (2004). A coleta ocorreu nos dias 4 e 5 de julho de 2017, em seguida, as amostras foram destorroadas, secadas a sombra, peneiradas, ensacadas, identificadas e levada ao laboratório de solos do Instituto Federal do Tocantins – *Campus Araguatins* para análises físicas e químicas.

Figura 6 - Mapa de pontos de coleta de coordenadas da área experimental e polígono formado.



Fonte: próprio autor (2017).

Figura 7 – Representação dos pontos amostrais de coleta de solo.



Fonte: próprio autor (2017).

3.5 Recomendações de Adubações

As análises de solo são parte fundamental na prescrição da quantidade ideal de fertilizantes no solo, baseada em diversos estudos realizados ao longo dos anos no Brasil. Há formulas de recomendação para diferentes situações e diferentes culturas, de modo a atender as necessidades nutricionais das plantas e para que o solo tenha aporte nutricional para outros cultivos.

As recomendações de adubação podem ser de formação, para quando as áreas a serem manejadas pela agricultura são recém-formadas e, a adubação de cobertura, utilizada para culturas que necessitam de nutrientes em épocas específicas de desenvolvimento produtivo e/ou vegetativo da planta de interesse.

De posse do resultado das amostras, calculou-se a necessidade de calagem utilizando a fórmula descrita por Sousa e Lobato (2004):

$$NC \text{ (Mg.ha}^{-1}\text{)} = ((V_2 - V_1) \times T \times f) / 100 \quad (1)$$

Onde:

V_2 = valor que se pretende elevar;

V_1 = valor V % da análise de solo;

$T = \text{CTC a pH a } 7,0 \rightarrow T = \text{SB} + (\text{H} + \text{Al}^{+3}) \rightarrow \text{SB} = \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na}$;

f = fator de correção da quantidade de corretivo. No caso, o valor de correção foi baseado no PRNT do calcário da empresa Globo Verde Ltda., no município de Palestina – PA, que é de 72 %.

Para a definição da dose fósforo (P) foi utilizada a seguinte fórmula que leva em consideração o teor de argila e sistema de plantio em sequeiro:

$$P \text{ (mg.dm}^{-3}\text{)} = 4 \times \text{teor de argila (\%)} \quad (2)$$

O valor 4 é tabelado e corresponde a valores com baixo teor de P no solo (SOUSA e LOBATO, 2004).

Para as doses de potássio (K) foi utilizada a recomendação de Sousa e Lobato (2004), que leva em consideração o teor de K (mg.kg⁻¹) e a CTC

(Capacidade de Troca de Cátions) menor ou maior do que $4 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$.

Para a recomendação de gessagem, foi utilizada a fórmula proposta por Sousa e Lobato (2004), que leva em consideração o teor de argila e, sistema de plantio para culturas anuais, que era o interesse econômico do proprietário do imóvel rural. A fórmula está descrita abaixo:

$$\text{D.G. (kg.ha}^{-1}\text{)} = 50 \times \text{argila (\%)} \quad (3)$$

3.6 Confecção do mapa de Fertilidade

Para a confecção dos mapas de fertilidade do solo da área, os dados das análises físico-químicas foram tabelados com suas respectivas coordenadas que foram obtidas anteriormente no *software* Qgis 2.18.11 *Las Palmas de G.C.* Os dados foram adicionados ao *software* Qgis em formato .csv (separados por vírgulas) e após a sua adição, o mesmo foi transformado em arquivo de formato *Shapefile* (.shp), que é um modelo de arquivo editável dentro do *software*, sendo o mesmo alterado de acordo com a necessidade e utilização pelo usuário.

Para a interpolação, o interpolador utilizado foi o Inverso do Quadrado da Distância (IDW), devido a sua facilidade de uso no *software*, por ser muito utilizado no meio acadêmico e juntamente com a Krigagem Ordinária, ser um dos interpoladores mais utilizados na agricultura.

Após a transformação do arquivo em formato *shapefile*, abre-se a aba raster, análise, grade (interpolação) (Figura 8). Abrirá uma nova janela na qual será adicionado os dados de interpolação, nesta janela, é escolhido a forma de interpolação dos dados, na sequência a seguir:

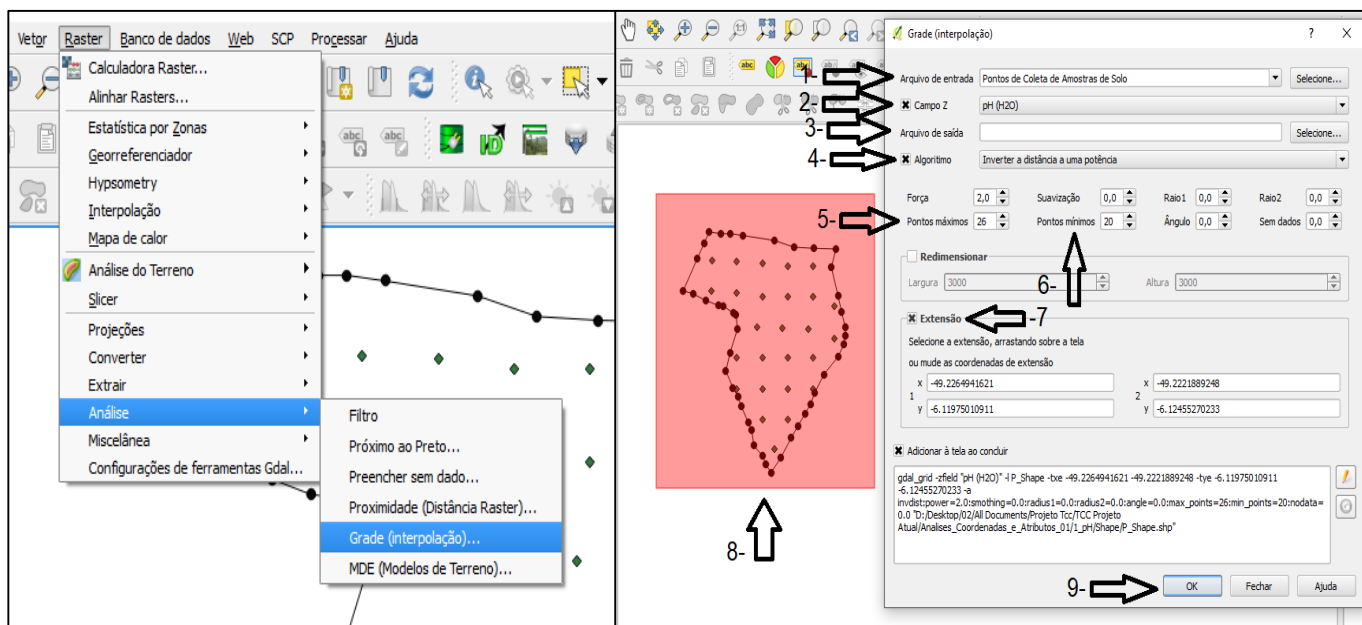
- I. Arquivo de entrada: o *shapefile* que possui as coordenadas dos pontos de amostras de solo com o valor de seus respectivos atributos;
- II. Campo Z: atributo a ser interpolado;
- III. Arquivo de Saída: local onde será salvo o arquivo *raster* gerado após a interpolação;
- IV. Algoritmo: modelo matemático utilizado para a interpolação, no trabalho o utilizado foi o Inverso da Distância (IDW), devido a sua simplicidade de uso se comparado a Krigagem Ordinária no

software Saga Gis;

- V. Pontos máximos: quantidade máxima de pontos na área amostral, no experimento, 26 pontos amostrais;
- VI. Pontos mínimos: quantidade mínima de pontos a serem interpolados a fim de que não haja interferência no produto final, no experimento, foram utilizados no mínimo 20 pontos amostrais;
- VII. Extensão: limites onde o algoritmo utilizado irá fazer os cálculos de extrapolação da área, é selecionado de forma manual conforme item VIII;
- VIII. Área selecionada para a extrapolação de cálculos dos dados da interpolação;
- IX. Botão de inicialização do algoritmo de interpolação.

Ao final deste processo será formado na área de extensão o local da interpolação com os valores de cada área em escala de cinza. Após essa etapa faz o recorte do *raster* para o tamanho da área de interesse: menu, *raster*, extrair, recorte (Figura 9).

Figura 8 - Sequência dos processos para início da interpolação pelo inverso do quadrado da distância (IDW).

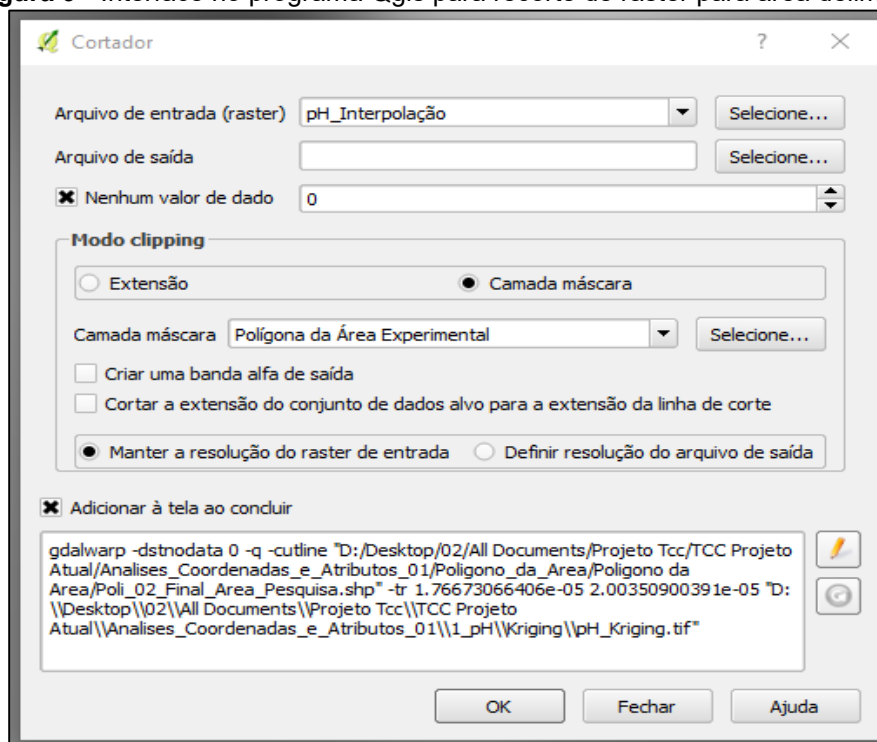


Fonte: próprio autor.

O *raster* interpolado aparece de forma automática, seleciona o local

onde será salvo o *raster* recortado, seleciona nenhum valor de dado, para que no local removido não apareça *pixels* negros sem valor (prejudicando a qualidade visual da imagem). No modo *clipping*, encolha a camada máscara e o polígono da área aparecerá automaticamente, em seguida, clica em OK e o raster será recortado.

Figura 9 - Interface no programa Qgis para recorte de raster para área delimitada.



Fonte: próprio autor (2017).

Após este processo, o *raster* continua com escala de cinza, para mudá-la, clica no item recortado, botão direito do *mouse*, propriedades, dentro de propriedades, estilo, tipo de renderização, banda simples falsa-cor, classificar, aplicar e Ok.

Para melhor visualização do *raster* quanto as suas classes, utiliza-se um processo que uni *pixels* dentro de uma classificação feita pelo usuário, ou seja, *pixels* com valores dentro do intervalo estipulado pelo usuário ficarão em uma mesma classe de dados, esse processo é executado pela extensão *Slicer* (fatiador): Menu, *raster*, *slicer* (CORRÊIA 2016a, 2017b)

Ao abrir o complemento, adiciona o raster que foi recortado, em seguida, o local e nome do arquivo de saída (o *software* já mostra os valores mínimos e máximos do arquivo anexado), seleciona o intervalo para fazer o

agrupamento, em seguida, fatiar e por último *ok*. O arquivo formado é em escala de cinza e repete-se o processo de renderização descrito acima.

3.7 Cálculo de área

Com todos os processos acima citados, o arquivo final é um *raster* e o mesmo não possui nenhuma edição de dados, apenas de forma visual (cores). Com isso, é necessária uma transformação dos dados *raster* (imagem) em dados vetoriais (vetor). Para isso, no menu *raster*, converter, *raster* para vetor (poligonizar). Abre uma nova janela onde adiciona o *raster* fatiado ou com *pixels* agrupados, seleciona a pasta de destino e converte. Os arquivos gerados ficam em uma pasta onde localizam o *shapefile* com os dados do local, uma planilha com valores da área e mais dois arquivos não utilizados no passo seguinte, apenas o arquivo *shapefile* (CORRÊIA, 2017).

O mapa formado pela conversão é em formato de vetor, sendo editável os atributos da tabela, sendo formado por uma única coloração (Figura 11). As linhas formadas possuem a área correspondente, sendo necessário um cálculo na calculadora de campo do *software* para encontrar o valor.

Os valores estão de forma individual, ou seja, se uma área com a mesmo valor de classificação de *pixel* possuir 10 partes, as mesmas estarão na tabela de atributos separadamente. Para resolver esta questão, utilizou-se no menu, vetor, geoprocessamento, dissolve. Este item, serve para unir áreas com identificação semelhante (número de classe). Após sua utilização, as classes são definidas com suas respectivas áreas sendo que, quando selecionadas no mapa, toda classe que é unida, fica de cor com tonalidade amarelada (Figura 12).

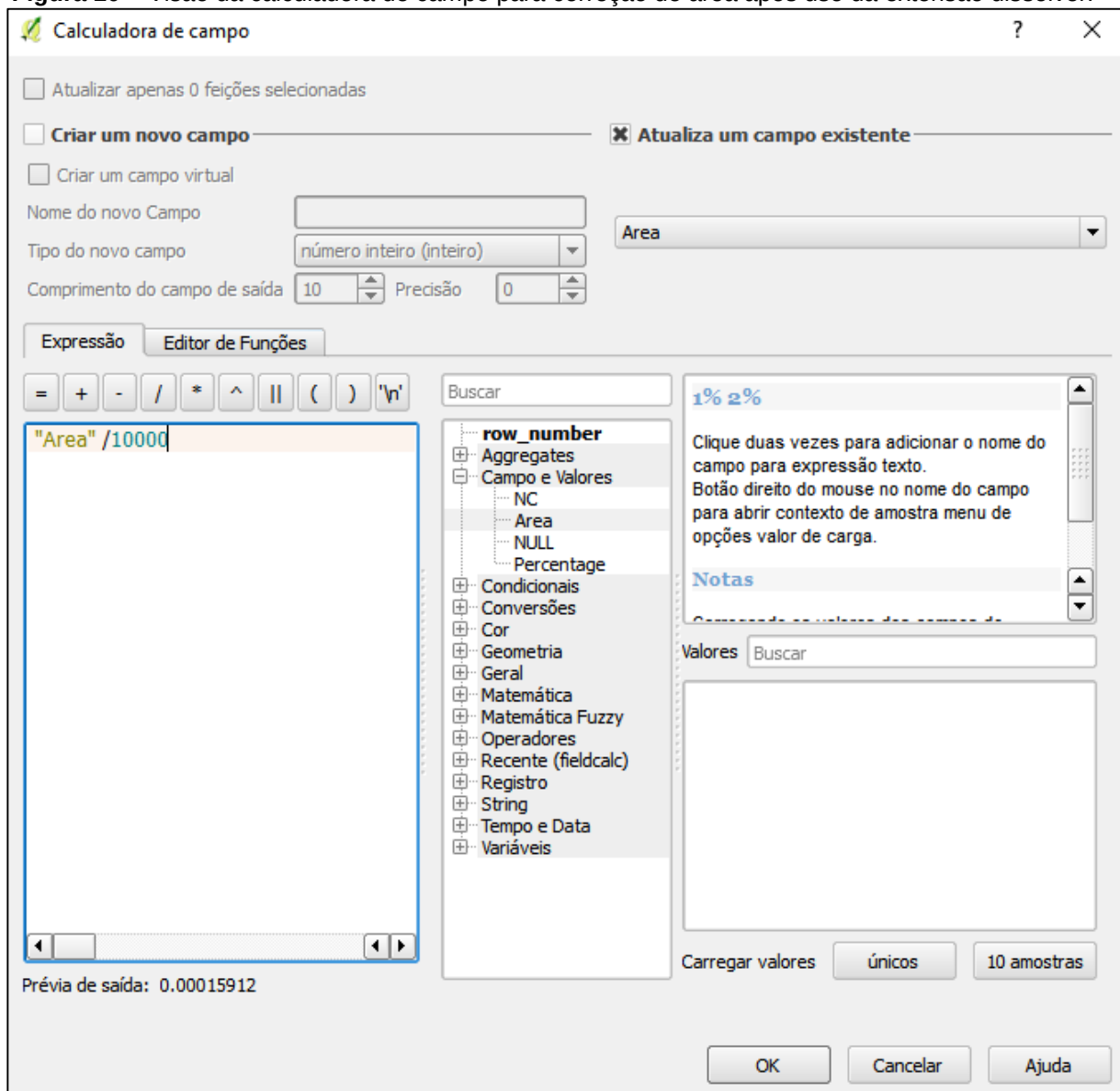
Nota-se que o valor final expresso na tabela não corresponde ao valor real no campo, então, no menu, na opção calculadora de campo. Ao clicá-la, abre-se uma nova janela, pressione o lápis no canto superior esquerdo para abrir a edição dos dados, depois pressione atualizar campo existente, selecione área, e na caixa de ferramentas, selecione campos e valores, clique duplo, é adicionado ao lado e para terminar, adiciona dividido por 10.000 (área do hectare) (Figura 10) (CORRÊIA, 2017). No final a formula escrita fica da seguinte maneira:

“área”/10000

(4)

Clica em *OK* e na tabela de atributos ficará o valor real em hectares correspondente a cada classe de dosagem.

Figura 10 – Visão da calculadora de campo para correção de área após uso da extensão dissolve.

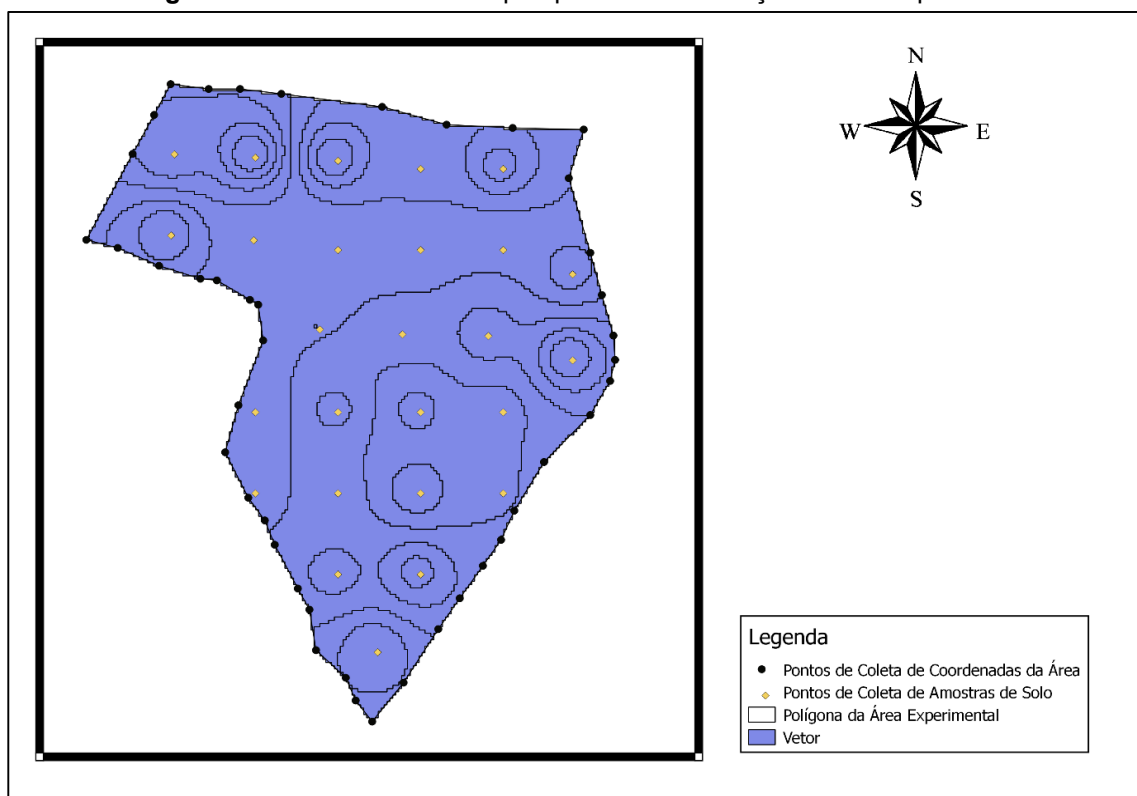


Fonte: o próprio autor (2017).

3.8 Estatística Descritiva

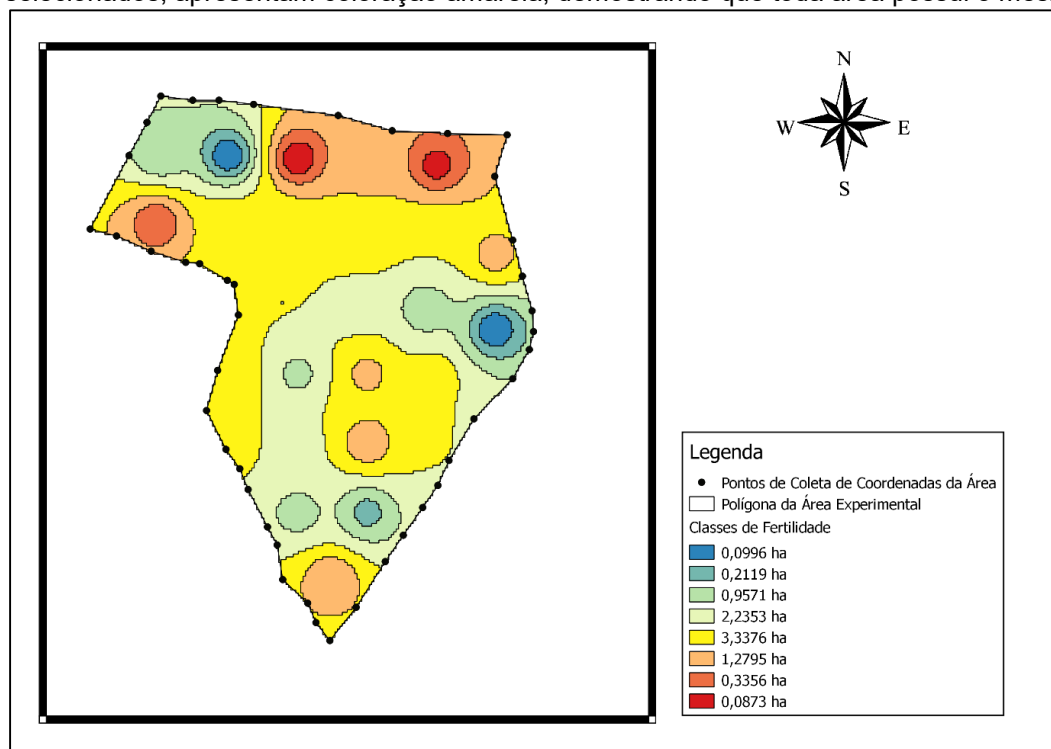
Para encontrar os valores de média, mediana, variância, desvio-padrão, coeficiente de simetria, curtose e variação foram obtidos pela análise de estimativas do software Sisvar v5.6.

Figura 11 - Versão final do mapa após a transformação de raster para vetor.



Fonte: o próprio autor (2017).

Figura 12 - Visão de mapa após mudança de coloração, os dados dissolvidos quando selecionados, apresentam coloração amarela, demonstrando que toda área possui o mesmo valor.



Fonte: próprio autor (2017).

3.9 Cálculo de aplicação de fertilizantes

Os cálculos de custos dentro de uma propriedade rural devem agrupar uma série de fatores que irão influenciar na escolha de determinados produtos e serviços que serão utilizados dentro da propriedade.

A contabilidade rural não é tão praticada no Norte do país devido aos produtores não entenderem a funcionalidade das planilhas destinadas a controle de custos e também a falta de uma visão sistêmica da sua propriedade.

Para a análise de custos de aplicação de fertilizantes a taxa variável, utilizou-se dados cedidos pela Petramaq Ltda, empresa localizada na cidade de Três Corações – MG e que faz prestação de serviços de aplicação de fertilizantes a taxa variada, comércio de peças e manutenção de máquinas agrícolas.

Cabe ressaltar que nos cálculos feitos neste estudo não foram considerados o pagamento do transporte das máquinas até a propriedade devido a variação de preços em função da distância da empresa.

Para aplicações de 0 a 3 Mg.ha⁻¹, o preço praticado pela empresa é de R\$ 40,00 (quarenta reais). Para aplicações de 3,1 a 6 Mg.ha⁻¹, o preço praticado é de R\$ 60,00 (sessenta reais) e, para aplicações acima de 6 Mg.ha⁻¹, o preço cobrado é de R\$ 92,00 (noventa e dois reais).

A forma de pagamento total do serviço de aplicação poder ser feito de duas maneiras:

- a) Soma de classes de recomendações: será cobrado pelo somatório de áreas de cada aplicação de acordo com o intervalo de recomendação acima citado;
- b) Preço único por hectare: utiliza-se o valor médio de R\$ 60,00 por ha.

3.10 Atributos químicos

A primeira diferença constatada entre a agricultura convencional e a Agricultura de Precisão é a quantidade de amostras por uma determinada área. Segundo Sousa e Lobato (2004) as análises consistem em amostras e subamostras sendo primeiramente, a área foi dividida em glebas de tamanho

máximo de 10 ha, percorrendo a mesma em ziguezague e coletando as subamostras a fim de compor uma amostra composta. Deve-se ressaltar que, cada gleba deve possuir características distintas como textura do solo, cor, topografia, dentre outros (SOUSA e LOBATO, 2004).

Na área experimental de 8,5434 ha, foram coletadas 26 amostras de modo a cobrir toda a área. Após a análise laboratorial, os dados foram computados e dispostos na tabela 1, com valores mínimos, máximos, mediana, média, desvio-padrão e Coeficiente de Variação dos elementos:

Tabela 1 – Análises de solo com valores máximos e mínimos encontrados em análises laboratoriais com medias, medianas, desvio-padrão, coeficiente de simetria, coeficiente de curtose e coeficiente de variação.

	Unidades	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	Variância	Desvio-Padrão	Simetria	Curtose	CV
pH	-	4,8	6,3	5,65	5,63	0,17	0,41	-0,24	2,68	7
P	mg.dm ⁻³	2,2	8,36	3,08	3,76	3,02	1,74	1,26	3,73	46
K	mg.dm ⁻³	16	197	86,5	81,73	2348,68	48,46	0,5	2,52	59
Ca	cmolc.dm ⁻³	0,5	4,1	1,7	2,09	2,03	1,42	1,63	5,17	68
Mg	cmolc.dm ⁻³	0,1	2,3	0,5	0,71	0,29	0,54	1,27	4,07	76
Al	cmolc.dm ⁻³	0	1,4	0	0,28	0,24	0,49	2,23	7,54	177
H+Al	cmolc.dm ⁻³	0,99	7,26	1,74	2,33	2,19	1,48	1,75	5,91	63
S	cmolc.dm ⁻³	0,89	7,53	2,6	3,01	3,58	1,89	1,26	3,71	62
T	cmolc.dm ⁻³	3,2	10,33	4,26	5,33	5,74	2,40	0,93	2,52	44
V	%	27,74	86,71	55,16	55,01	327,65	18,10	-0,04	1,94	32
MO	%	0,34	3,45	1,59	1,54	0,79	0,89	0,36	2,29	57
Areia	%	43,21	84,87	68,19	64,92	179,19	13,39	-0,25	1,75	20
Argila	%	8,12	36,42	18,12	20,54	81,34	9,02	0,35	1,74	43
Silte	%	5,35	23,69	13,73	14,54	27,21	5,22	0,03	1,75	35

Fonte: próprio autor (2017).

O coeficiente de variação é importante pois demonstra a confiabilidade e precisão na condução do estudo, evidenciando a diferença entre as mesmas e se é necessária uma nova análise de solo do local. Somente o pH e a areia apresentaram valores de CV aceitáveis, sendo o alumínio o que obteve o valor de coeficiente de variação mais elevado, ou seja, das 26 análises de solo realizadas, 16 apresentaram valor igual a 0 cmolc.dm⁻³ e, a análise de maior valor igual a 2 cmolc.dm⁻³. Como os valores da Al não estão comportados próximo da média ocorre o valor de coeficiente de variação elevada.

Segundo Fiorin et al. (2007), a forma como as amostras são coletadas influencia na qualidade e quantidade de elementos encontrados na análise de

solo, por isso, é de suma importância a qualidade de retirada das amostras de solo da propriedade a fim de obter dados mais precisos e representativos da área.

Estudos conduzidos por Schlindwein e Anghinoni (2002), comparando a eficiência dos dados amostrais de coleta de solo, concluíram que, a coleta utilizando pá de corte apresenta um menor coeficiente de variação e, a quantidade de subamostras necessárias para se compor uma amostra composta era menor do que a utilizada por outros métodos de coleta de amostras de solo.

Os valores de coeficiente de variação encontrados foram elevados, contudo, os valores encontrados de simetria indicam que as amostras possuem valores normalizados, ou seja, os valores das análises de solo estão próximos (VIEIRA, 2000).

A curtose indica a discrepância dos dados amostrais sendo que valores altos indicam que as amostras apresentam valores muito altos ou muito baixos em relação ao restante das amostras (GOMES, 1984). O item com maior valor de curtose é o Al, pois possui a maioria das análises igual a 0 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e uma única análise de valor igual a 2 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, com poucas análises entre esses dois valores. Em seguida tem-se curtose do H+Al, influenciada pelo elemento Al, Ca, que é causada por ações antrópicas devido a cultivos anteriores na área e o Mg pelo mesmo princípio citado anteriormente para o Ca.

Nota-se que há grande variação entre os valores mínimos e máximos obtidos das análises de solo do local, evidenciando a heterogeneidade do local nas suas características físicas e químicas. Nota-se que a variação ocorre principalmente nos elementos P e K, para CTC do solo e matéria orgânica. Estas variações ocorrem devido a ações antrópicas e devido ao próprio material de formação do solo. Na geração do mapa, formaram-se pontos com manchas que diferem do valor dos demais pontos o que pode ocasionar uma certa dificuldade prática para a adubação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Necessidade de Calagem

A calagem é uma técnica que permite a melhoria da disponibilidade de macro e micronutrientes para as plantas, proporcionando melhor desenvolvimento das mesmas com qualidade e de forma econômica (Boletim Técnico Nº 1, Acidez do solo e calagem, 1991). A técnica é muito utilizada em grandes lavouras para obtenção de boas produtividades e é um fator indispensável para o começo de uma lavoura.

Na área de estudo, após a tabulação dos dados e adição no software Qgis, foi gerado um mapa de recomendação de calagem (Figura 13). O mapa é formado por 10 classes que variam de 0 a 5,86 Mg.ha⁻¹, cada classe possui a sua respectiva área de abrangência, tamanho da mesma em hectare e sua percentagem total na área. Todos estes dados são de modo a facilitar o entendimento dos mapas por parte do produtor e ter uma melhor comunicação entre o mesmo e o técnico que o acompanha.

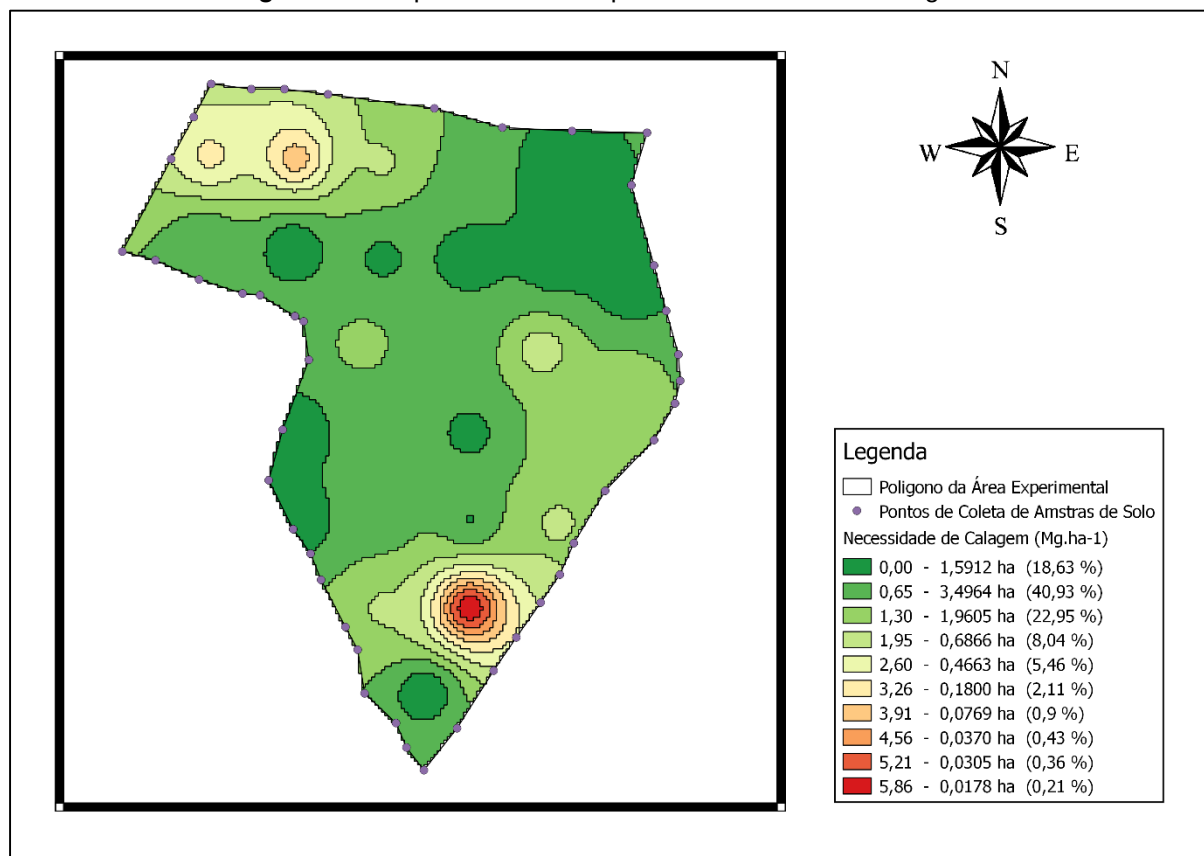
Os valores de necessidade de calagem calculados para cada variável variaram de 0 a 5,86 Mg.ha⁻¹, com isso, nota-se a intensa variação da área, o que pode ser explicado devido ao material de formação do solo, o efeito tamponante da matéria orgânica do solo, com valor igual a 3,14 % e, a principal variável vista no local, a topografia. A topografia influencia diretamente no fluxo de água, que é o principal carreador de nutrientes do solo (MARQUES JÚNIOR e LEPSCH, 2000; KRAVCHENKO e BULLOCK, 2000).

Para as recomendações de calagem, a maior área ficou com a recomendação de 0,65 Mg.ha⁻¹, o que corresponde a uma área de 3,4964 ha, ou seja, 40,93 % da área total será coberta com esta recomendação. Na mesma área apresenta áreas que se deve recomendar 1,30 Mg.ha⁻¹ e 0 Mg.ha⁻¹, o que equivale a 22,95 e 18,63% da área, respectivamente (Figura 13)

É importante salientar que a isso não corresponde a quantidade real de calcário necessária para a área sendo necessária uma atualização dos

valores correspondentes a área onde serão aplicados no solo. Na tabela 2 está listado os valores de adubação calculado, a área de abrangência, a porcentagem ocupada no talhão e quantidade real de calcário necessária para esta situação.

Figura 13 - Mapa de fertilidade para Necessidade de Calagem.



Fonte: próprio autor (2017).

No local onde se encontra os maiores valores de necessidade de calagem, são os mesmos nos quais apresentam maiores altitudes observadas, devido as características intrínsecas do local, formam-se pontos com valores discrepantes da restante do local (Figura 13).

A área experimental devido as suas ondulações, favorece o carreamento de nutrientes e colóides do solo para áreas mais baixas, ocasionando perdas de nutrientes e matéria orgânica do solo nessas regiões, o que fica evidenciado no mapa de recomendação. Devido a este fator, deve-se ter estudo mais detalhado do relevo, onde pode ter melhoria no mapeamento de áreas sujeitas a maior perda de nutrientes e melhor conhecimento do tráfego de informações entre os diferentes pontos de amostragem (FRANZEN et al., 2006).

Tabela 2 – Necessidade de Calagem real por área calculada.

Classes	NC Calculada	Área	Porcentagem	NC.Área ⁻¹
1	0	1,5912	18,625	0
2	0,65	3,4964	40,925	2,273
3	1,3	1,9605	22,948	2,549
4	1,95	0,6866	8,037	1,339
5	2,6	0,4663	5,458	1,212
6	3,26	0,18	2,107	0,587
7	3,91	0,0769	0,900	0,301
8	4,56	0,037	0,433	0,169
9	5,21	0,0305	0,357	0,159
10	5,86	0,0178	0,208	0,104
Total	-	8,5432	100	8,692

Fonte: próprio autor (2017).

Um outro fator de influência na quantidade de cálcio nos locais onde não há necessidade da mesma, são as adubações manuais de calcário, feita pelo próprio produtor e seus familiares na época de plantio, a lanço utilizando de pás, sendo que as adubações ocorriam na mesma época do plantio e os locais selecionados pelo produtor, onde o mesmo, por conhecimento prático do dia-a-dia no campo subentendia ser mais fértil.

Os valores reais de calcário variam de acordo com a porcentagem de recomendação calculada existindo uma relação inversa entre quantidade de calcário necessária e área a ser corrigida, ou seja, aumentando a quantidade de calcário a ser aplicado, diminui-se o tamanho da área. Isso ocasiona um decréscimo na quantidade de calcário necessária para suprir a necessidade de cálcio.

Os pontos do mapa com maior valor de necessidade de calagem também podem ser explicados devido à alta variação dos teores de cálcio, magnésio e potássio ao longo da área de estudo. Isso mostra o quanto as características químicas do solo são heterogêneas, necessitando também uma correção do solo que siga o mesmo critério, o que não pode ser alcançado com aplicação homogênea em toda a área. Além disso, a heterogeneidade dos

valores necessários de calcário no solo podem ser vistos pelo alto valor de curtose apresentado na análise de solo (Tabela 1).

Como pode ser observado (Figura 13 e Tabela 2), os valores de necessidade de calagem variam de 0 a 5,86 Mg.ha⁻¹, o que mostra um total utilizado de 8,692 Mg.ha⁻¹ de calcário total em uma área de 8,5434 ha, o que resulta em aproximadamente 1,0 Mg.ha⁻¹ de calcário por hectare.

Quando se seguem as recomendações com base nos sistemas convencionais, por exemplo, proposto por Sousa e Lobato (2004), que pressupõe área de tamanho máximo igual a 10 ha, sendo a mesma retirada amostras simples em ziguezague a fim de formar uma amostra composta da área, sendo a área definida de acordo com as características do local como topografia, tipo de solo, umidade, vegetação, dentre outros, os teores de calcário necessário para corrigir o solo, será diferente dos valores realizados seguindo o critério de agricultura de precisão, como pode ser visto na Tabela 3 e Figura 13.

Tabela 3 – Comparativo entre custos de recomendação de calcário entre agricultura convencional e AP.

Recomendação de Calcário	Com AP	Sem AP
Custo da Tonelada	60	60
Área a ser aplicada em há	8,5434	8,5434
Quantidade de calcário por há	Conforme análises	4,27
Total em Toneladas	8,692	36,48
Custo Total da Aplicação	521,52	2188,8
Custo por hectare	61,04	256,20

Fonte: próprio autor (2017).

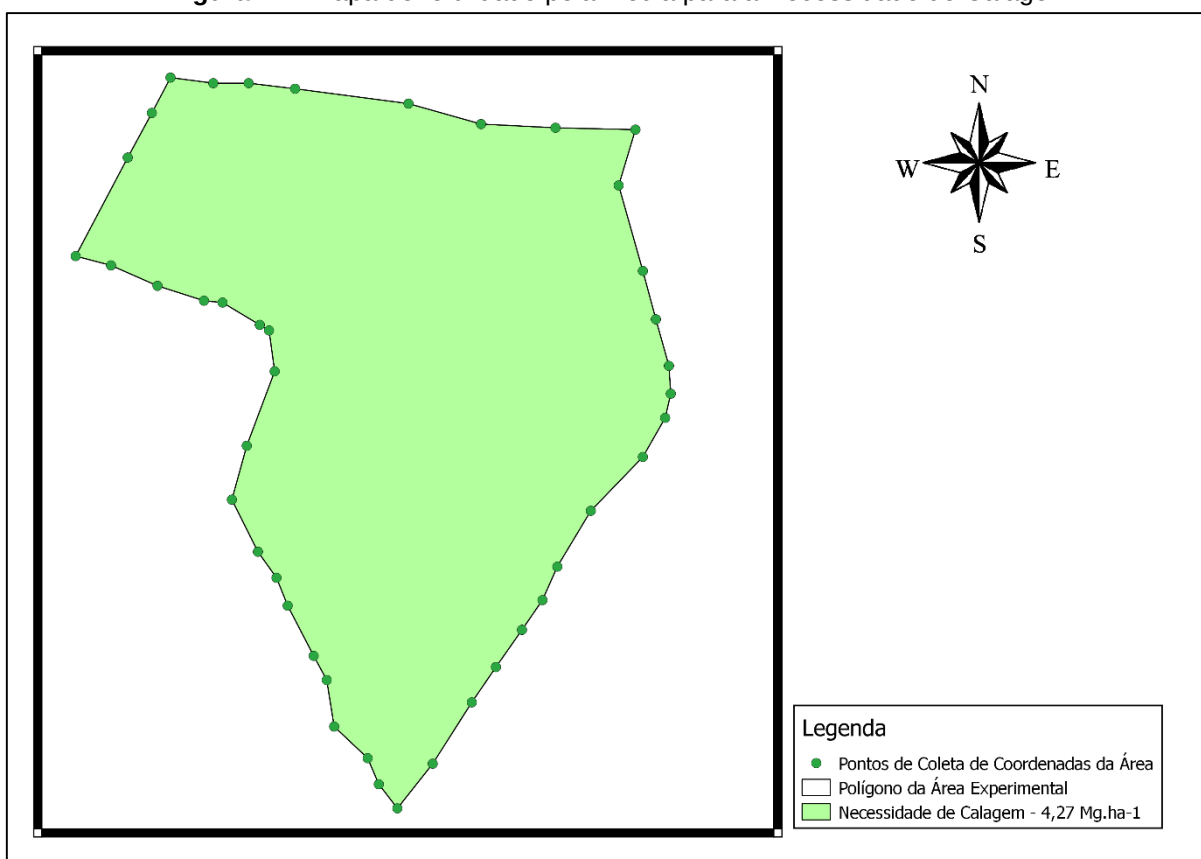
Na recomendação convencional, foi determinado o valor de 4,27 Mg.ha⁻¹ de calcário (Figura 14). Como a área corresponde a 8,5434 ha, resulta em um total de 36,48 Mg.ha⁻¹, o que é quatro vezes superior ao resultado obtido pelo mapa de necessidade de calagem seguindo os princípios da agricultura de precisão.

Para o valor de aquisição de calcário, houve uma redução de 76,18 % da quantidade de calcário necessário no Sistema de Agricultura de Precisão. Esta redução pode ser convertida em outros serviços como transporte do

calcário a propriedade, pagamento de serviços de calagem, diárias de serviços, dentre outros.

Fernandes (2013) em seu estudo da eficiência de pulverização no sistema convencional e sistema de AP obteve uma economia de R\$ 17,61/ha (dezessete reais e sessenta e um centavos) na área experimental de 20 ha. Após cálculos de extrapolação para a área total da propriedade – 1300 ha, a economia de aplicação chegou a R\$ 22.893,00 (Vinte e dois mil e oitocentos e noventa e três reais).

Figura 14 - Mapa de fertilidade pela média para a Necessidade de Calagem.



Fonte: próprio autor (2017).

Gabbi (2013), em seu trabalho sobre os custos de aquisição de adubos demonstrou economia de R\$ 130.214,70 na aquisição de calcário na região Sul do país com a adoção da agricultura de precisão. Para o autor, a adoção da AP serve como medida estratégica na gestão da empresa agropecuária, tornando-a mais competitiva e com menores custos.

4.2 Fosfatagem

O fósforo (P), segundo Malavolta (2006), é um elemento pouco móvel no solo e faz parte da constituição estrutural e como condicionante de diversas reações metabólicas das plantas. Alguns autores o consideram como principal fator limitante de produção agrícola (CONCEIÇÃO, 2010).

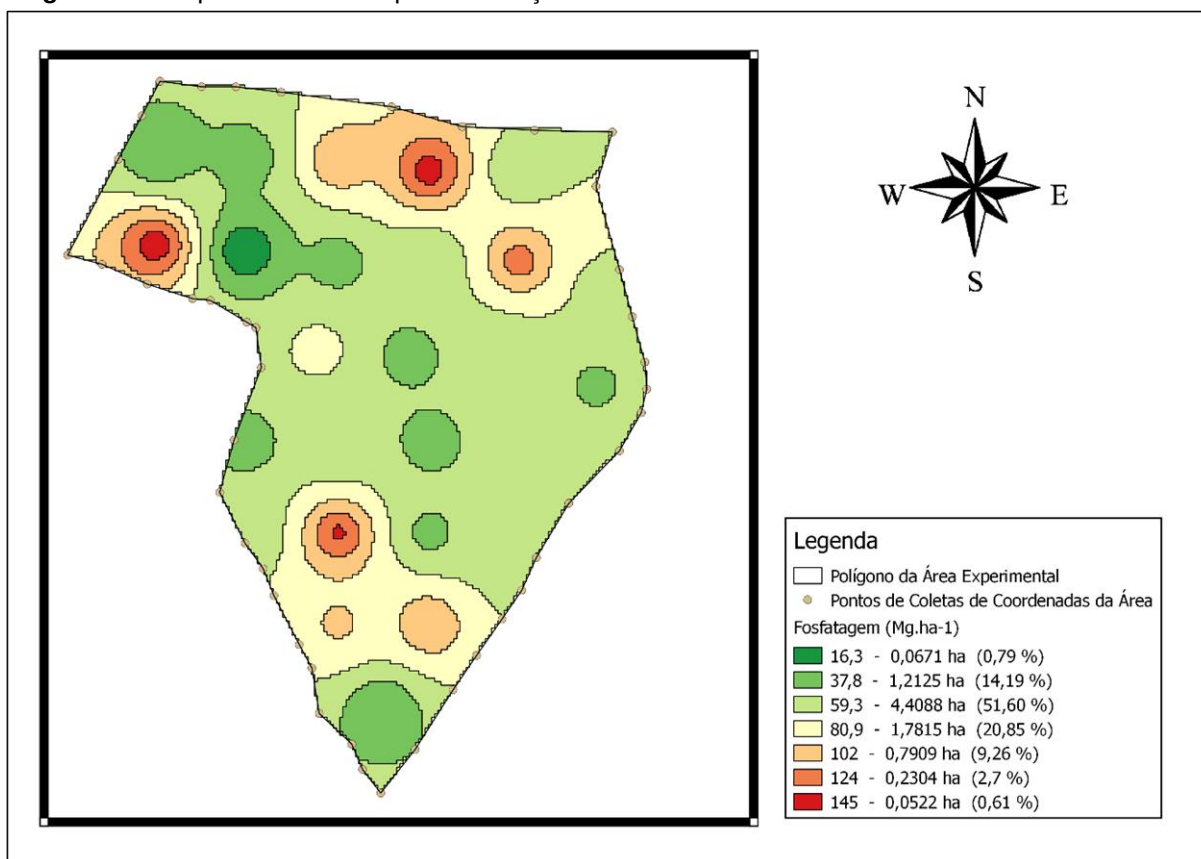
Os solos tropicais em sua grande maioria possuem níveis inadequados desse elemento, fato consolidado devido ao seu material formador que é escasso desse elemento (MALAVOLTA, 2006).

O mapa de fertilidade do elemento P mostra várias manchas de alta e baixa fertilidade em pontos distintos da área experimental. Essa variação é demonstrada pela curtose do elemento, que evidencia que existe valores muito altos e/ou baixos embora o elemento apresente um coeficiente de simetria dentro do padrão estabelecido. Pontos em tonalidade vermelho escuro ao norte, leste e sudoeste do mapa, evidenciam pontos discrepantes do restante das análises, o que influencia no resultado final do mapa de fertilidade (Figura 15).

O mapa para o elemento P apresenta 7 classes de fertilidade que variam das doses de 16,3 kg.ha⁻¹ a 145 kg.ha⁻¹. A maior área de aplicação apresentada foi na dose de 59,3 kg.ha⁻¹, que corresponde a 4,4088 ha da área total do experimento ou 51,60%. Esta recomendação é seguida das doses de 80,9 kg.ha⁻¹ e 37,8 kg.ha⁻¹ que correspondem a uma área de 1,7815 ha (20,85 %) e 1,2125 ha (14,19 %), respectivamente.

As áreas com menores adubações são as de 16,3 kg.ha⁻¹ e 145 kg.ha⁻¹, ambas correspondem a menos de 2 % da área total do experimento, que podem ser caracterizadas como os valores discrepantes encontrados na tabela de análise de solo. Embora o coeficiente de simetria indique a normalidade dos dados, o coeficiente de curtose mostra que existem dados muito altos ou baixos nos resultados das análises. No mapa, fica evidente nas áreas em tonalidade vermelho escuro e verde escuro, valores altos e baixos, respectivamente.

Figura 15 - Mapa de fertilidade para adubação com fosfato.



Fonte: próprio autor (2017).

Deve-se ressaltar, que estes valores não são a quantidade final de fertilizante necessária para cobertura total da área, estes dados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Quantidade necessária de fosfato por área.

Classes	Fosfatagem	Área	Percentagem	Fosfatagem.area ⁻¹
1	16,3	0,0671	0,79	1,09
2	37,8	1,2125	14,19	45,83
3	59,3	4,4088	51,6	261,44
4	80,9	1,7815	20,85	144,12
5	102	0,7909	9,26	80,67
6	124	0,2304	2,7	28,57
7	145	0,0522	0,61	7,57
Total	-	8,5434	100	569,30

Fonte: próprio autor (2017).

Para a recomendação de adubação com P necessária para as áreas mapeadas chegou a um total de 569,3 kg de P, após a conversão da quantidade de fertilizante necessária para adquirir, chegou ao total de 2.586 kg de superfosfato simples com 22 % de P_2O_5 .

A quantidade de fertilizante necessária para suprir a necessidade de P no solo pela média chegou a 4.350 kg de fosfato, com as mesmas características do exemplo anterior, tendo uma redução de 40,55 % na aquisição deste fertilizante. Os custos totais com a AP e convencional estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 5 - Comparativo entre custos de recomendação de fósforo entre agricultura convencional e AP.

Recomendação de P	Com AP	Sem AP
Custo da Tonelada	650	650
Área a ser aplicada em ha	8,5434	8,5434
Quantidade de fosfato por ha	Conforme análises	0,112
Total em Toneladas	2,586	4,350
Custo Total da Aplicação	1680,9	2827,5
Custo por hectare	196,75	330,96

Fonte: próprio autor (2017).

A redução dos custos de aquisição de fertilizante fosfatado chega a um total de 40,38 %, lembrando que os gastos não estão sendo computados despesas com transporte, devido a variabilidade existente no valor do mesmo em função da distância do mercado fornecedor.

4.3 Potássio

O potássio (K), é um importante elemento responsável por processos metabólicos nas plantas, sendo sua falta vista nas plantas com sintomas de amarelecimento de folhas novas, falta de assimilação dos carboidratos (MALAVOLTA, 2006).

Na elaboração do mapa de fertilidade deste elemento, apenas foram criadas 4 classes de fertilidade de 0 a 100 kg.ha⁻¹ de K, sendo as classes de 25, 50 e 100 Kg.ha⁻¹ distribuídos na região nordeste do mapa, correspondendo a um total de 0,7790 hectares, ou seja, 9,12 % da área total do experimento, a maior parte da área – 90,88 %, não necessita de adubação com potássio.

Para a geração dos custos totais para aquisição de fertilizantes potássicos foram baseados nos mercados produtores do estado do Goiás. Ao final dos cálculos foram necessários 45,93 kg de K, para cobrir toda a área de estudos das classes de 50, 75 e 100 kg.ha⁻¹, os dados estão dispostos na tabela 6:

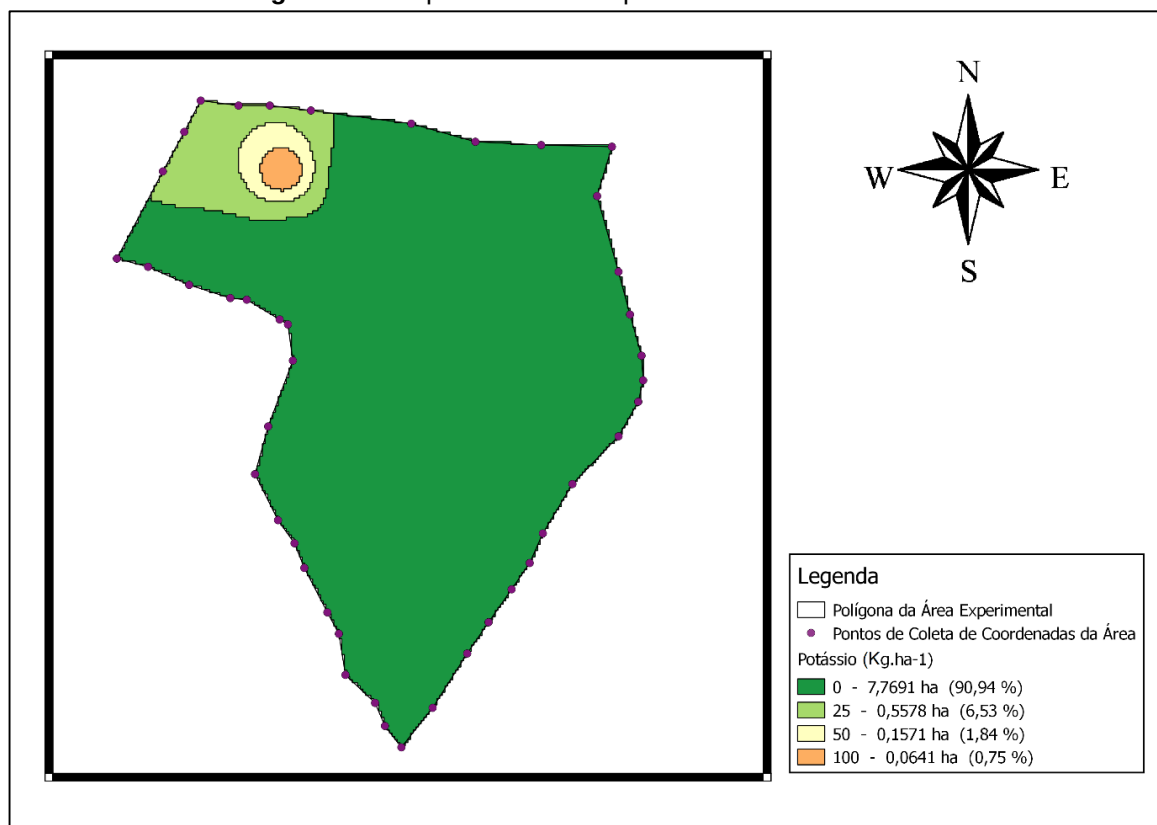
Tabela 6 – Recomendação de potássio por área.

Classes	Potássio	Área	Porcentagem	Potassio.área ⁻¹
1	0	7,7674	90,94	0,00
2	50	0,5548	6,53	27,74
3	75	0,1571	1,84	11,78
4	100	0,0641	0,75	6,41
Total	-	8,5434	100	45,93

Fonte: próprio autor (2017).

O mapa de fertilidade de fertilidade do elemento K (figura 16) pouco difere do mapa de fertilidade pela média, exceto pelas classes na região nordeste do mapa (Figura 17).

Figura 16 - Mapa de fertilidade para o elemento Potássio.



Fonte: próprio autor (2017).

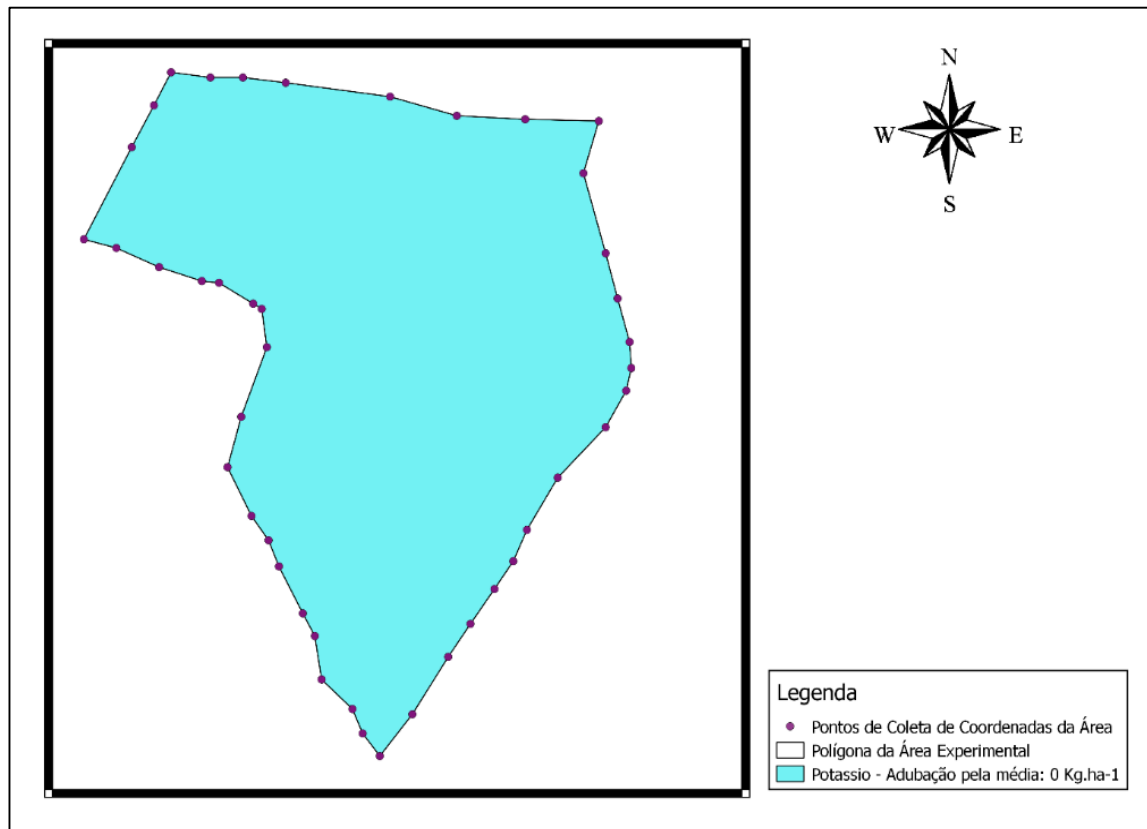
A recomendação pela média chegou ao valor 0, ou seja, não há necessidade de adubação com potássio nesse primeiro caso, segundo a recomendação de Sousa e Lobato (2004) que leva em consideração o teor de argila do solo e a CTC. Entretanto, para a próxima safra, a recomendação poderá sofrer alteração influenciada por fatores de uso do solo, uso de plantas forrageiras, frutíferas, grãos e outros. A tabela comparativa de custos desse elemento é a única que possui valores positivos a agricultura convencional.

Tabela 7 - Comparativo entre custos de recomendação de calcário entre agricultura convencional e AP.

Recomendação de Potássio	Com AP	Sem AP
Custo da Tonelada	1200	1200
Área a ser aplicada em há	8,5434	8,5434
Quantidade de potássio por ha	Conforme análises	0,000
Total em Toneladas	0,071	0,000
Custo Total da Aplicação	85,2	0
Custo por hectare	9,97	0,00

Fonte: próprio autor (2017).

Figura 17 - Mapa de fertilidade pela média para o elemento Potássio.



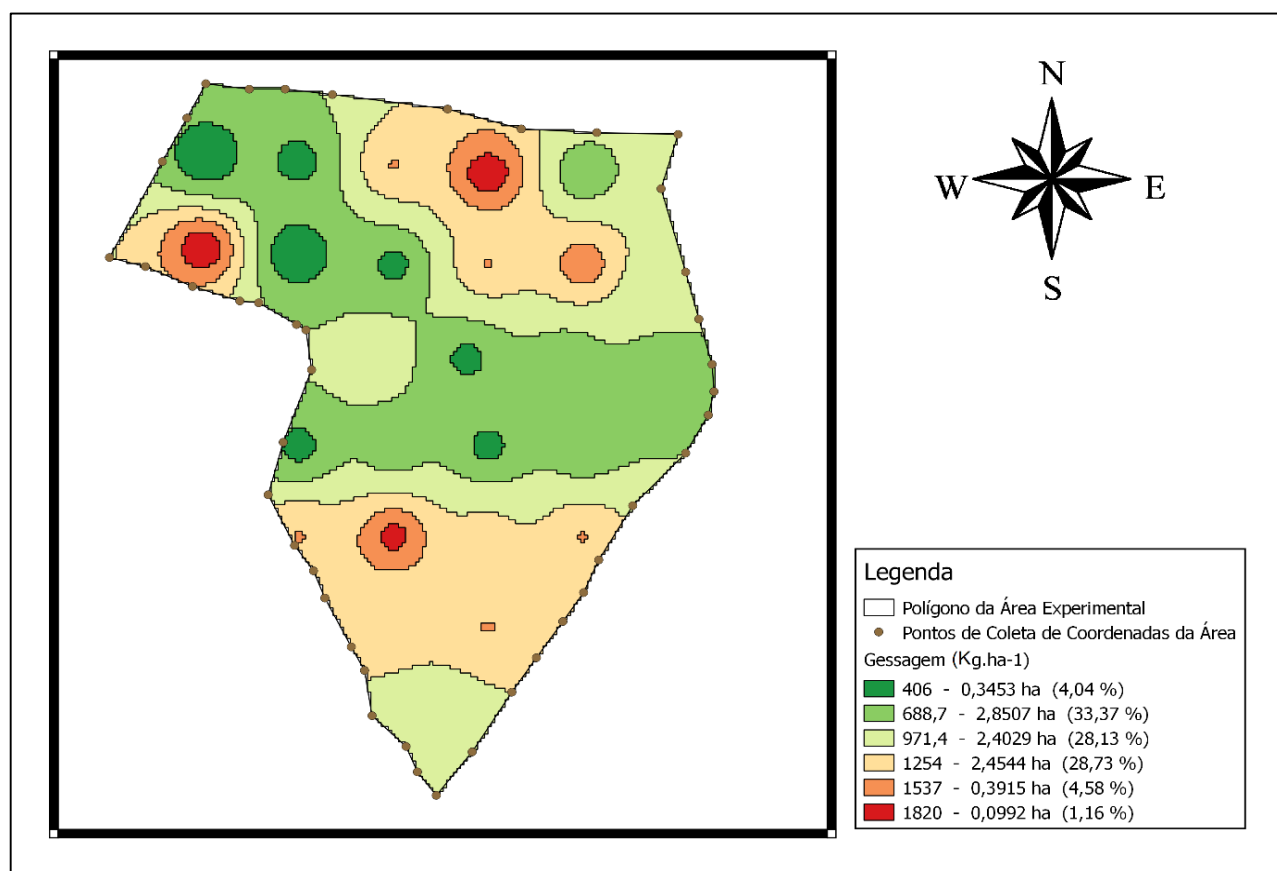
Fonte: próprio autor (2017).

Os custos de aquisição são mínimos sendo que o valor por hectare fica por R\$ 9,97 (nove reais e noventa e sete centavos), este valor adicional pode ser compensado já pela economia de aquisição de calcário e fósforo, e a sua adubação pode ser feita pelo produtor pela metodologia que o mesmo já utilizava em plantios anteriores, com uso de pás, aplicadas em superfície.

4.4 Gessagem

A gessagem é uma importante prática de condicionamento e fornecimento de nutrientes, proporcionando a adição de nutrientes em subsuperfície, profundidade 0,20 a 0,40 m. Suas principais funções são do aporte de Magnésio (Mg), Cálcio (Ca) e Enxofre para o solo e retirada do Alumínio livre, o transformando em Sulfato de Alumínio ($AlSO_4$), que é transportado as camadas mais profundas do solo (QUAGGIO et al., 1993).

Figura 18 - Mapa de recomendação de gesso.



Fonte: próprio autor (2017).

O mapa de fertilidade para a Gessagem (Figura 18) apresenta seis classes de fertilidade onde a dose mínima é de 406 kg.ha⁻¹ e a maior dose encontrada é de 1820 kg.ha⁻¹. A dose com maior área é a de 688,7 kg.ha⁻¹, cobrindo um total de 2,8507 ha (33,37 % da área total), seguida das doses de 1254 kg.ha⁻¹ e 971,4 Kg.ha⁻¹ que correspondem a respectivamente, 2,4544 ha (28,73 % da área total) e 2,4029 ha (28,13 % da área total).

Neste mapa, notamos a presença de vários pontos isolados com a dosagem de 406 kg.ha⁻¹, isso tem duas explicações possíveis:

- I. Discrepância nos valores das análises de solo: os resultados encontrados dos pontos amostrais foram menores em relação aos pontos vizinhos, ocasionando os pontos isolados no mapa;
- II. Agrupamento de pixels: após a interpolação utilizando o inverso da distância (IDW), fez-se um agrupamento de dados semelhantes a fim de obter melhor visualização e delimitação das diferentes classes amostrais. Devido a separação ser de forma manual e, as classes de fertilidade serem pequenas, ocasionou ao final do processo os pontos isolados no mapa.

A separação das classes é feita de forma manual o que pode ser alterada de acordo com os critérios do pesquisador, todavia aumentar o valor de classes a fim de agrupar maior número de pixels pode ocasionar mapas que não condizem com a realidade e com o valor das amostras analisadas em laboratório.

Tabela 8 – Necessidade de gesso

Classes	Gessagem	Área	Porcentagem	Gesso.área ⁻¹
1	406	0,3453	4,04	140,192
2	688,7	2,8501	33,37	1962,864
3	971,4	2,4029	28,13	2334,177
4	1254	2,4544	28,73	3077,818
5	1537	0,3915	4,58	601,736
6	1820	0,0992	1,16	180,544
Total	-	8,5434	100	8297,330

Fonte: próprio autor (2017).

Para a quantidade real de gesso necessária, serão gastos 8297,33 kg para a área de 8,5434 há (Tabela 8). A área com maior necessidade de gessagem 1820 kg.ha⁻¹ ficou com apenas 180,544 kg de gesso para sua respectiva área, o que contribui para uma redução significativa no somatório geral de quantidade de gesso necessária (Tabela 9)

A quantidade de gesso recomendada pela média foi de 1406 kg.ha⁻¹, o que corresponde a um total de 11.885 kg de fertilizante para cobrir toda a área de 8,5434 ha. Entre as diferenças nos custos totais de aquisição de fertilizantes, houve uma redução de 30,2 % no total de custos por hectare, com o gasto de R\$ 90,42 (noventa reais e quarenta e dois centavos) no sistema convencional e, R\$ 63,13 (sessenta e três reais e treze centavos) no sistema de Agricultura de precisão.

Tabela 9 – Comparativo entre custos de aquisição de gesso pelo agricultura convencional e AP.

Recomendação de Gesso	Com AP	Sem AP
Custo da Tonelada	65	65
Área a ser aplicada em ha	8,5434	8,5434
Quantidade de Gesso por ha	Conforme análises	1,406
Total em Toneladas	8,297	11,885
Custo Total da Aplicação	539,305	772,525
Custo por hectare	63,13	90,42

Fonte: próprio autor (2017).

4.5 Relação de custos entre Agricultura de precisão x Agricultura Convencional

A relação de custos entre dois sistemas de produção é um passo importante para a escolha do produtor para a sua adoção dentro da propriedade. Gabbi (2013), em seu estudo com custos de aquisição de fertilizantes demonstrou uma economia de 4,8 % nos custos por hectare de aquisição de enxofre, 15,26 % para o potássio, 6,7 % para o P e 44,3% para o calcário. O autor mostra que a implantação da tecnologia para seu experimento praticamente se paga no primeiro ano devido a economia na aquisição dos fertilizantes.

No presente estudo houve redução total na aquisição de fertilizantes de 51,17 %, ou seja, R\$ 2961,90 (dois mil, novecentos e sessenta e um reais e

noventa centavos). Os dados da redução de custos estão na tabela 10:

Tabela 10 - Custos Totais da Agricultura de Precisão e Agricultura Convencional

Nutriente	Agricultura de Precisão	Convencional	Diferença Orçamento
Calcário	521,52	2188,8	1667,28
Fósforo	1680,9	2827,5	1146,6
Potássio	85,2	0	0
Gesso	539,31	772,53	233,22
Total	2826,93	5788,83	2961,9

Fonte: próprio autor (2017).

A economia de fertilizantes foi maior no insumo calcário, que no resultado geral de todos os fertilizantes o mesmo correspondeu a 54,72 %, seguida do fosfato com 37,63 % e por último o gesso com 7,65 %. Já o K apresenta valor igual a 0 devido o mesmo ser o único fertilizante no estudo com gasto mais elevado na AP do que no método convencional de recomendação (Tabela 11).

Tabela 11 - Economia total na aquisição de fertilizantes

Descrição	Valor	%
Calcário	1667,28	54,72
Fósforo	1146,6	37,63
Potássio	0	0,00
Gesso	233,22	7,65
Total	3047,1	100,00

Fonte: próprio autor (2017).

4.6 Custos de Serviço de Aplicação de Fertilizantes

Os custos finais de serviço com adubação, são uma importante parte no que diz respeito a despesas na propriedade rural. Este fator entra como processo decisivo na adição de fertilizantes no solo que posteriormente irão suprir as necessidades da planta.

Deve-se atentar que para início de uma agricultura com maior nível de tecnologia, a quantificação dos gastos com máquinas agrícolas é indispensável, pois as mesmas promovem serviços que cobrem áreas

relativamente extensas em poucas horas, o que facilita a aplicação de agentes químicos e fertilizantes.

Na tabela 12 onde se encontra os cálculos de custos aplicação de fertilizantes são apresentados valores referentes a três modalidades de aplicação, sendo o Valor A referente a aplicação de acordo com o intervalo de recomendações estipulado pela empresa de prestação de serviços de aplicação de fertilizantes. O Valor B corresponde a um valor fixo de R\$ 60,00 / ha e o terceiro (Valor C) de acordo com o valor de aplicação pela média.

Tabela 12 – Custos totais com aplicação de fertilizantes na área de estudo.

Item	Valor A (R\$)	Valor B (R\$)	Valor C (R\$)
Calcário	348,58	512,6	512,6
Fosforo	341,74	512,6	512,6
Potássio	40	60	0
Gesso	341,74	512,6	512,6
Total	1072,06	1597,8	1537,8

Fonte: próprio autor (2017)

Para o presente estudo, a aplicação a taxa variável os menores valores encontrados são os que correspondem ao intervalo de recomendação praticado pela empresa. Entretanto, deve-se atentar que estes valores não estão somados valores de transporte de máquinas e implementos próprios de aplicação de fertilizantes a taxa variável.

Devido a temática proposta no estudo, não foram computados valores de diária de serviços, gastos com combustível e outros itens pertinentes a operação com máquinas agrícolas, atentando-se somente a recomendação e aos custos com a aplicação, sendo que para o somatório desses dados deve-se ter um trabalho mais aprofundado acerca do tema.

Para o presente estudo em comparação a preços praticados de acordo com o intervalo de recomendação estipulado pela empresa e o valor médio de R\$ 60,00. ha⁻¹ foi observada uma economia de 32,9 %. A escolha do método de precificação do serviço varia de acordo com o técnico e levando em consideração os valores de margem de lucro da empresa.

Para um comparativo de preços entre a aplicação com base no intervalo estipulado pela empresa e a adubação pela média, houve uma

economia de 30,29 %. A diferença existente entre os dois tipos de aplicação se dá somente pela inexistência de aplicação do K na recomendação pela média, entretanto, o preço praticado é igual para ambas as situações pois o valor de aplicação pela média não ultrapassou o valor de 6,0 Mg.ha⁻¹, ficando na mesma faixa de preço por hectare.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Agricultura de Precisão ainda tem muito a desenvolver na região norte, trazendo benefícios ao meio ambiente, trazendo maior retorno econômico ao produtor de forma gradual, salvo em alguns casos onde a mesma se paga praticamente no mesmo ano.

A adoção da agricultura de precisão tem grande impacto na diminuição de aplicação de insumos, causando diminuição do impacto ambiental com a lixiviação de nutrientes para o lençol freático do solo e eutrofização dos corpos hídricos.

Deve-se atentar que o retorno econômico em investimento na AP ocorre de forma gradual, sendo sua velocidade de acordo com tamanho da área e nível de tecnologia empregado no local.

No presente estudo, o resultado final foi positivo quanto a coleta de coordenadas com boa precisão para a geração do polígono da área de estudo, na elaboração de mapas de recomendação de fertilizantes e, principalmente, no êxito da metodologia de elaboração dos mesmos.

A metodologia utilizada para a elaboração dos mapas de forma simplificada, auxilia no entendimento do software e na forma de interpolação dos atributos por diferentes interpoladores.

O uso da interpolação pelo Inverso do Quadrado da Distância se mostrou ser o interpolador mais simples nos testes e por também ser um dos métodos muito utilizado na agricultura, por isso levou ao seu uso.

Para aprofundamento nos custos gerais pertinentes a aplicação de fertilizantes é necessário um estudo detalhado de todos fatores desde os custos de transporte até os custos com mão de obra.

REFERÊNCIAS

BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V.; INAMASU, R. Y.; BASSOI, L. H. **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. Embrapa Instrumentação. 2014.

BLACKMORE, S. **Precision farming: An overview**. Agricultural Engineering, St. Joseph, p.86-88, 1994.

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

CONCEIÇÃO, M.Z. – **Proteção de Plantas: Legislação, Normas e Produtos Fitossanitários**. UFV. Viçosa, 2010.

CORRÊIA, A.F. **Qgis na elaboração de mapas interpolados – vídeo 1**. PUC-PR. Vídeo. 2016. Disponível em <
<https://www.youtube.com/watch?v=pAXdNrOEdUk&t=305s>> Acesso em: 10 de outubro de 2017.

CORRÊIA, A.F. **Qgis na elaboração de mapas interpolados – vídeo 2**. PUC-PR. Vídeo. 2016. Disponível em <
<https://www.youtube.com/watch?v=aOhDqcGA18s&t=2s>> Acesso em: 10 de outubro de 2017.

CORRÊIA, A.F. **Qgis na elaboração de mapas interpolados – vídeo 3**. PUC-PR. Vídeo. 2017. Disponível em <
<https://www.youtube.com/watch?v=oJrYOOmXDiE&t=1s>> Acesso em: 5 de novembro de 2017.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. EMBRAPA. Rio de Janeiro: 2006, 412 p.

FERNANDES, Fabio. **Análise comparativa de sistemas de direcionamento na operação de pulverização terrestre**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2013.

FIORIN et al. (2007) – **Avaliação de métodos de amostragem de solo em agricultura de precisão** (Comunicação Pessoal – Dados não publicados).

FIORIN, J.E. **Manejo e fertilidade do solo no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Berthier, 2007. 184p.

FIORIN, J. E., BERTOLLO, G.M., WYZYKOWSKI, T. **Adubação fosfatada e potássica para alta produtividade: proposta de nova recomendação** In: XVII Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, XV Mostra

de Iniciação Científica e X Mostra de Extensão, 2012, Cruz Alta – RS. Anais ... Cruz Alta – RS: UNICRUZ, 2012.

FRANZEN, D.W.; NANNA, T.; NORVELL, W.A. **A survey of soil attributes in North Dakota by landscape position**. Agronomy Journal, Madison, v.98, p.1.015-22, 2006.

GABBI, Ronie Elton. **Agricultura de precisão como apoio a gestão dos custos de aquisição de fertilizantes**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2013.

GOMES, F. A. P. **Estatística Moderna na Pesquisa Agropecuária**. Piracicaba, POTAFOS, 1984, 160p.

GRIFFIN, T.W., J.P., and J. LOWENBERG-DEBOER. **Yield Monitor Data Analysis**. SSMC September 2005. Disponível em: <www.purdue.edu/ssmc> Acesso em: 20 de dezembro de 2017.

KRAVCHENKO, A.N.; BULLOCK, D.G. **Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties**. Agronomy Journal, Madison, v.92, p.75-83, 2000.

LINSLEY, C. M.; BAUER, F. C. **Test Your Soil for Acidity**. College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, University of Illinois, 1929. 16 p. (Circular n. 346).

MALAVOLTA, EURIPEDES. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ed Agronômica Ceres. 2006. 638p.

MARQUES JÚNIOR, J.; LEPSCH, I.F. **Depósitos superficiais neocenoicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto - SP**. Geociência, São Paulo, v.19, n.1, p.90-106, 2000.

MINISTÉRIO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, **Publicações Projeções do Agronegócio 2012/13 a 2022/23** visto em: <http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/publicacoes>

MOLIN, J.P. **Agricultura de Precisão: situação atual e perspectivas**. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. (Org). Milho: Estratégias de Manejo para Alta Produtividade. Piracicaba. 2003, p. 89-98.

MOLIN, J. P. **Desafios da agricultura brasileira a partir da agricultura de precisão**. In: SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 3., 2002, Campinas. Anais... Campinas, 2002. 9 p.

MOLIN, J. P. **Fatores restritivos à adoção da agricultura de precisão**. In: II Congresso Brasileiro de Soja e Mercosoja. Anais... Foz do Iguaçu, PR, jun., 2002.

- MOLIN, J. P. **Tendências da agricultura de precisão no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ/ USP, 2004. p. 1-10.
- OLIVER, M. A. (Org.). **Geostatistical Applications for Precision Agriculture**. Springer, 2010. 300 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-9133-8>
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; GALLO, P.B. & MASCARENHAS, H.A.A. **Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso elixiviação de íons no perfil do solo**. Pesq. Agrop. Bras., 28:375-383, 1993
- SCHOSSLER, D. S., AMADO, T.J.C., SANTI, A. L., TEIXEIRA, T. G., GEIB, L. R. N.; **Fertilização potássica analisada economicamente com ferramentas de agricultura de precisão**. Enciclopédia Biosfera. Centro Científico Conhecer – Goiânia. v. 7, n. 13, 2011.
- SCHLINDWEIN, J. A. and ANGHINONI, I. **Tamanho da subamostra e representatividade da fertilidade do solo no sistema plantio direto**. Cienc. Rural [online]. 2002, vol.32, n.6, pp.963-968. ISSN 1678-4596. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782002000600008>.
- SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. **Tamanho da subamostra e representatividade da fertilidade do solo no sistema plantio direto e coleta de amostras representativas**. Ciência Rural, v.32, p.963-968, 2003.
- SCHRAMMEL, Bruna M. **Utilização de ferramentas de SIG para Agricultura de Precisão no planejamento ambiental de uma pequena propriedade rural produtora de maçãs**. In: _____. Agricultura de precisão: um novo olhar. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. p.222-226.
- SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. **Soja: molibdênio e cobalto**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. Documentos nº 322
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. Eliane Romanato Santarém et al. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- TEY, Y. S.; BRINDAL, M. **Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications**. Precision Agriculture, v.13, p.713-730, 2012.
- VIEIRA, S.R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVARES, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.1-54.
- VIEIRA, S. R. **Uso de geoestatística em estudos de variabilidade espacial de propriedades do solo**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Org.). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.