

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE AGRIMENSURA

DARLAN DA SILVA GOULART

LEVANTAMENTO DE ÁREAS DE CULTIVO DE ARROZ POR DIFERENTES
MÉTODOS

CRICIÚMA
2019

DARLAN DA SILVA GOULART

**LEVANTAMENTO DE ÁREAS DE CULTIVO DE ARROZ POR DIFERENTES
MÉTODOS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheiro Agrimensor no curso de Engenharia de Agrimensura da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro José Back.

**CRICIÚMA
2019**

DARLAN DA SILVA GOULART

**LEVANTAMENTO DE ÁREAS DE CULTIVO DE ARROZ POR DIFERENTES
MÉTODOS**

Trabalho de Conclusão de Curso, aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheiro Agrimensor, no curso de Engenharia de Agrimensura da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com linha de pesquisa em Geoprocessamento.

Criciúma, Novembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Álvaro José Back. Doutor, Universidade do Extremo Sul Catarinense/UNESC -
Orientador

Hugo Schwalm. Mestre, Universidade do Extremo Sul Catarinense/UNESC

Vanido Rodrigues. Mestre, Universidade do Extremo Sul Catarinense/UNESC

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, aos meus familiares e amigos, sem eles certamente esse objetivo não seria alcançado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por sempre iluminar meu caminho e me levar às escolhas certa, e que me dá forças para continuar. A minha família em especial a minha namorada Denise Sartor Rodrigues que sempre esteve ao meu lado me incentivando e me dando forças para nunca desistir. Aos professores da faculdade que continuamente abriram os caminhos para os estudos e aprendizado, em especial ao Professor Orientador Álvaro José Back, que com suas orientações foram sanadas as minhas dúvidas.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis. ”

José de Alencar

RESUMO

Como ferramenta de Gestão de Recursos Hídricos, para o usuário de água, onde através da outorga de uso da água, tem-se a necessidade de identificar as áreas de cultivo irrigado para o plantio de arroz, já que no sul do estado de Santa Catarina o cultivo do arroz irrigado, ocupa mais de 50.000 hectares de cultivo, entre as quais na maioria das vezes não existe medição das áreas, sendo essa estimativa realizada com base em informações dos agricultores e de suas respectivas Associações. Com o avanço tecnológico surgem outras formas de levantamento das áreas que podem ser aplicadas tendo vantagens de menor custo e maior rapidez. No entanto, é necessário conhecer o grau de precisão e os erros envolvidos. Nesse sentido este trabalho procura comparar avaliar diferentes métodos de medição que podem ser usados no levantamento dessas áreas. Foram realizadas análise das diferenças das coordenadas obtidas entre um Global Positioning System - GPS de Navegação e GPS de precisão Real Time Kinematic - RTK bem como o uso de Drones, nas áreas de plantio de arroz irrigado. Para os métodos utilizado para determinação da área, com objetivo de saber apenas a área de plantio de arroz, na qual o produtor não há necessidade de uma precisão milimétrica sendo assim, percebeu-se que todos os métodos atenderam a necessidade do produtor.

Palavras-chave: GPS Garmin. GPS/RTK. Drone. Arroz Irrigado.

ABSTRACT

As a Water Resource Management tool for the water user, where through the granting of water use, there is the need to identify the irrigated cultivation areas for rice planting, since in the south of Santa Catarina state Irrigated rice cultivation occupies more than 50,000 hectares of cultivation, among which most of the time there is no measurement of the areas, this estimate being based on information from farmers and their respective Associations. With technological advancement other forms of survey of areas that can be applied have emerged having advantages of lower cost and faster. However, it is necessary to know the degree of accuracy and the errors involved. In this sense this work seeks to compare evaluate different measurement methods that can be used in the survey of these areas. Coordinate differences were analyzed between a Global Positioning System - Garmim handheld GPS and Real Time Kinematic - RTK precision GPS as well as the use of drones in the irrigated rice fields. For the methods used to determine the area, with the objective of knowing only the rice planting area, in which the producer does not need millimeter precision, it was realized that all methods met the need of the producer.

Keywords: Garmin GPS. GPS/RTK. Drone. Irrigated rice.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Representação das formas da terra.	24
Figura 2. Localização da área de estudo.....	32
Figura 3. Receptor acoplado rastreando o ponto de referência.	33
Figura 4. Receptor móvel rastreando o ponto de referência.	34
Figura 5. Layout do Software Topcon Tools.....	35
Figura 6. GPS de Navegação.....	36
Figura 7. Coleta dos pontos de controle.....	37
Figura 8. Drone DJi-Phantom 3.....	38
Figura 9. Relatório de ajustes com os erros das imagens - Agsoft.	38
Figura 10. Gráfico de relação entre o método e a área levantada e estimada.	42
Figura 11. Gráfico de relação entre o método e a área levantada pelo Garmin e RTK.....	44
Figura 12. Gráfico de relação entre o método e a área levantada pelo Drone local e RTK.	44
Figura 13. Gráfico de relação entre o método e a área levantada pelo Drone e RTK.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Topografia dividida em quatro grandes categorias.....	19
Quadro 2. Divisão da Geodésia em seus ramos.	20
Quadro 3. Elementos das coordenadas astronômicas. Erro! Indicador não definido.	
Quadro 4. Segmentos do sistema de Posicionamento Global.	25
Quadro 5. Principais etapas do histórico da ciência geográfica.	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela Características de receptores GPS.	30
Tabela 2. Tabela com os dados processados dos métodos em relação as áreas. ...	40
Tabela 3. Resumo estatístico.	42
Tabela 4. Desempenho dos métodos em relação ao GPS RTK.	43
Tabela 5. Gráfico de relação entre e os método e as áreas.	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADINGA Associação de Drenagem e Irrigação Núcleo Gava
ANOVA Análise de Variância
ARARA Aeronave de Reconhecimento Autônoma e Remotamente Assistida
CAR Cadastro Ambiental Rural
CREA Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
E Este
EMA Erro Médio Absoluto
EMAX Erro Máximo
GNSS *Global Navigation Satellite System*
GPS *Global Positioning System*
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
L Leste
MDS Modelo Digital de Superfície
MDT Modelo Digital do Terreno
N Norte
NBR Norma Brasileira
NE Nordeste
NO Noroeste
O Oeste
RBMC Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RTK *Real Time Kinematic*
S Sul
SE Sudeste
SIRGAS Sistema de Coordenadas Brasileiro
SO Sudoeste
UTM *Universal Transversa de Mercator*
UAV *Unmanned Aerial Vehicle*
VANT Veículo Aéreo Não Tripulado
VARP Veículo Aéreo Remotamente Pilotado
W *West*
WGr *West of the Greenwich*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVO GERAL	16
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1 RIZICULTURA.....	16
3.2 TOPOGRAFIA.....	17
3.2.1 Geodésia.....	20
3.3 FORMAS DA TERRA.....	21
3.3.1 Elementos Básicos no Estudo da Terra.....	22
3.4 GEÓIDE.....	23
3.6 GNSS.....	24
3.7 GPS.....	24
3.8 RTK.....	25
3.9 DRONE.....	25
3.10 GEOPROCESSAMENTO E BASES CARTOGRÁFICAS.....	27
3.10.1 Breve Evolução da Ciência Geodésica.....	27
3.10.2 Sistemas Geodésicos de Referência.....	28
3.10.3 Sistemas de Coordenadas Geográfica.....	28
3.11 COORDENADAS OBTIDAS EM TRABALHOS DE CAMPO.....	29
3.11.1 Levantamentos Topográficos.....	29
3.12 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL.....	30
3.12.1 Classificação Dos Receptores GPS.....	30
3.13 CONSTRUÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS.....	30
3.13.1 Elementos Constituintes de um Mapa Temático.....	31
4. METODOLOGIA	32
4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	32
4.2 LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO - RTK.....	33
4.2.1 Processamento dos Dados - RTK.....	34
4.3 LEVANTAMENTO GPS DE NAVEGAÇÃO.....	35
4.3.1 Processamento dos Dados Garmim.....	36
4.4 LEVANTAMENTO DRONE.....	37
4.5 ÍNDICE DE CONCORDÂNCIA.....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	46
REFERENCIAS	48
APÊNDICES	49

1. INTRODUÇÃO

Com a Política Nacional de Recursos Hídricos e a implementação dos instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos, dentre as quais a outorga de uso da água, há necessidade de identificar as áreas de cultivo irrigado.

No sul do estado de Santa Catarina destaca-se o cultivo *do arroz* irrigado, com mais de 50.000 hectares de cultivo. Na maioria das propriedades não existe medição das áreas, sendo essa estimativa realizada com base em informações dos agricultores ou de suas respectivas Associações. Dessa forma, o levantamento das áreas de cultivo por propriedade é importante para a gestão de recursos hídricos e também como instrumento para gestão e controle das próprias Associações de irrigantes.

Com o avanço tecnológico surgem outras formas de levantamento das áreas que podem ser aplicadas tendo vantagens de menor custo e maior rapidez. No entanto, é necessário conhecer o grau de precisão e os erros envolvidos. Nesse sentido este trabalho procura comparar avaliar diferentes métodos de medição que podem ser usados no levantamento dessas áreas.

Foram realizadas análises das diferenças das coordenadas obtidas entre um GPS de Navegação e GPS de precisão RTK bem como o uso de Drones, nas áreas de plantio de arroz irrigado.

Para os métodos utilizados para determinação da área, com objetivo de saber apenas a área de plantio de arroz, na qual o produtor não precisa de uma precisão milimétrica percebeu-se que todos os métodos atenderam a necessidade do produtor.

Conforme as técnicas da engenharia de agrimensura, para identificar quais necessidades do produtor seja para identificação das divisas do terreno, retificação de área, inserção de medidas perimetrais, desmembramento, unificação, CAR (Cadastro Ambiental Rural) entre outras finalidades, em todos os casos se requer alta precisão, recomenda-se fazer o levantamento com o GPS/RTK pois com essa técnica é possível coletar todas essas informações com uma precisão milimétrica.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar a precisão na estimativa de áreas de cultivo do arroz irrigado obtidas por diferentes métodos de levantamento.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a análise das diferenças das coordenadas obtidas entre GPS de Navegação e GPS de precisão RTK;
- Determinar a área de plantio obtida com base no levantamento com o uso de Drones;
- Análise dos dados e definição das precisões entre cada método sobre a área de plantio de arroz irrigado.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 RIZICULTURA

O arroz irrigado ocupa na bacia do rio Araranguá, uma área maior que a soma de todos os outros cultivos. Os dados do IBGE mostram que a área explorada com rizicultura expandiu de 25.000ha em 1980 para 58.193ha em 2010, sobressaindo-se nos municípios de Turvo (9.550ha), Meleiro (9.300ha), Forquilha (9.200ha) e Nova Veneza (7.350ha). No período, a produtividade passou de 2,8ton/ha para 8,7 ton/ha. Desde a década de 1960, a rizicultura se desenvolve atrelada às políticas agrícolas, mas o maior impulso a sua expansão ocorreu a partir da PROVÁRZEAS, no início da década de 80. Com este programa difundiu-se um cultivo que requer sistematização do terreno (aplainamento e divisão em canchas ou quadras), elevadas quantidades de água, proveniente de inúmeros canais de irrigação, e um conjunto de inovações tecnológicas – maquinários e grande quantidade de produtos químicos -, mantendo fortes relações com o mercado urbano-industrial.

A mecanização intensiva permite que apenas três pessoas trabalhem áreas de ordem de 100ha, o que favorece a concentração de capitais e implica na exclusão dos produtores que não são proprietários da terra, como os parceiros e os ocupantes.

Segundo (SCHEIBE, 2010), embora poucos proprietários vendam terras propícias ao cultivo de arroz irrigado, constatou-se já nos anos 90 e 2000, um substancial crescimento de terras arrendadas, provavelmente por aqueles que não dispõem de recursos para acompanhar a modernização do setor.

Para (SCHEIBE, 2010), a paisagem da rizicultura, além das extensas áreas planas de arroz irrigado, é marcada também pela presença de estruturas relacionadas, como silos, cooperativas para armazenamento e beneficiamento, cooperativas de irrigação e de crédito. Fundamentais também neste processo, foram os serviços de extensão rural e de pesquisa agropecuária – dando suporte técnico aos proprietários para adaptação dos terrenos e assistência na elaboração dos projetos e na condução das lavouras – e dos projetos de financiamento.

Muitas dessas áreas cultivadas são irrigadas por sistemas coletivos, em que os Associados contribuem com um valor anual proporcional à área de plantio. Dessa forma, na gestão das Associações é importante o levantamento das áreas de plantio. Da mesma forma, para a Gestão e Outoroga dos Recursos Hídricos é importante conhecer a área de plantio de cada propriedade.

3.2 TOPOGRAFIA

Para Casaca, Matos e Baio (2015), etimologicamente, a palavra topografia deriva do grego *topos* (lugar) e *graphen* (descrever), significando a “descrição exata e minuciosa de um lugar”.

O homem sempre necessitou conhecer o meio em que vive, por questões de sobrevivência, orientação, segurança, guerras, navegação, construção, etc. No princípio a representação do espaço baseava-se na observação e descrição do meio. Cabe salientar que alguns historiadores dizem que o homem já fazia mapas antes mesmo de desenvolver a escrita. Com o tempo surgiram técnicas e equipamentos de medição que facilitaram a obtenção de dados para posterior representação. A Topografia foi uma das ferramentas utilizadas para realizar as medições deste trabalho.

“A Topografia tem por objetivo o estudo dos instrumentos e métodos utilizados para obter a representação gráfica de uma porção do terreno sobre uma superfície plana” DOUBEK (1989).

De acordo com a NBR 13133 (ABNT, 1991, p. 3), Norma Brasileira o levantamento topográfico é definido por: “Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhe visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré-determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também pré-determinada e/ou pontos cotados”.

Topografia é o conjunto dos princípios, métodos, aparelhos e convenções utilizados para a determinação do contorno, das dimensões e da posição relativa de uma porção limitada da superfície da terra, do fundo dos mares ou do interior das minas. Conforme ressalta Casaca, Matos e Baio (2015), compete ainda à topografia a locação no terreno de projetos elaborados. Qualquer trabalho de engenharia civil, arquitetura ou urbanismo se desenvolve em função do terreno sobre o qual se assenta como, por exemplo, obras viárias, núcleos habitacionais, edifícios, aeroportos, hidrografia, usinas hidrelétricas, tele-comunicação, sistemas de água e esgoto, planejamento, urbanismo, paisagismo, etc. Aí reside a importância da topografia: ela é a base inicial de qualquer projeto e de qualquer obra realizada por engenheiros civis ou arquitetos bem como os diversos estudos ambientais.

Segundo Casaca, Matos e Baio (2015), para descrever o terreno, com precisão requerida por determinados tipos de projeto, é um trabalho cuja complexidade pode ser avaliada pela simples observação da grande quantidade de objetos que constituem a paisagem e que devem ser identificados, medidos e desenhados nas suas posições relativas, determinando-se também as altitudes e as formas de terreno.

Atualmente, graças ao avanço tecnológico, a aparelhagem moderna (bastante sofisticada) permite obter essa descrição com a precisão exigida para projetos de grande complexidade, bem como a locação final desse projeto no terreno, CASACA, MATOS E BAIO (*op.cit*).

Como a superfície do terreno não é matematicamente definível, por maior que seja o número de pontos escolhidos, nunca se poderá representa-la exatamente, mesmo porque ela varia com a época das chuvas e das secas e sofre modificações constantes devido a agentes químicos e mecânicos, internos e externos. De acordo

com CASACA, MATOS E BAIO (*op.cit*), o bom senso, o conhecimento da morfologia geológica do terreno e a boa observação permitem que se consiga, com poucos pontos levantados, representar, com a fidelidade necessária, o terreno observado com uma forma próxima, o máximo possível, de sua forma real.

As operações executadas no terreno, com o objetivo de colher dados para a representação de sua superfície, são denominados "levantamentos topográficos". O trabalho topográfico se apoia em pontos fixos isolados e distantes entre si, marcados pelos geodestas, que determinam suas latitudes, altitudes e rumos norte, através de observações astronômicas. CASACA, MATOS E BAIO (*op.cit*). ressaltam que a partir destes pontos eles executam uma triangulação, chamada de "primeira ordem", cobrindo o território com vasta rede de figuras, medindo suas bases e seus ângulos; cada figura é, por sua vez, subdividida em outras figuras e assim por diante, até obter-se uma densidade suficiente de pontos para a medida de detalhes, o que será executado pelo topógrafo.

Quadro 1. Topografia dividida em quatro grandes categorias.

Categoria	Descrição
Topografia de precisão	A topografia de precisão executa o levantamento de pontos de terreno compreendidos numa região extensa, limitada ao campo de topografia, utilizando-se de métodos denominados triangulação topográfica de 4ª ordem ou trilaterações topográficas de 4ª ordem. Ela é indicada para apoio e controle dos levantamentos aerofotogramétricos e outros levantamentos de menor precisão.
Topografia normal, corrente ou regular	A topografia normal executa o levantamento de pontos do terreno compreendidos numa região mais restrita e onde a precisão requerida é inferior à fornecida pela triangulação (ou trilateração) topográfica, utilizando-se em geral, do método da poligonação ou levantamento por caminhamento.
Topografia expedita	A topografia expedita executa o levantamento de pontos do terreno em regiões pouco ou nada conhecidas, para reconhecimento e posterior levantamento mais preciso, utilizando-se de aparelhagem de baixo custo, pequeno porte e baixa precisão. Para regiões extensas, recorre-se ao reconhecimento aéreo.
Fotogrametria terrestre e aérea	A fotogrametria executa o levantamento de pontos do terreno, dentro do campo fotográfico, por meio de fotografias tomadas de pontos elevados da superfície terrestre (fotogrametria terrestre) ou tomadas em determinados tipos de avião equipados com câmaras fotográficas apropriadas. Os quatro grandes ramos da topografia podem empregar três tipos de levantamento: Levantamento planimétrico, levantamento altimétrico ou levantamento planialtimétrico, conforme se pretenda, respectivamente, determinar somente a forma do terreno, somente o relevo do terreno (cotas e altitudes dos seus pontos) ou a forma e o relevo do terreno.

Fonte: CASACA, MATOS E BAIO (2015).

Os levantamentos geodésicos referem-se a áreas extensas, sendo necessário levar em conta a curvatura da terra, enquanto que os topográficos atuam dentro de certos limites (25 a 30 km) dentro dos quais se pode considerar, sem grande erro, a terra como supostamente plana. E para a representação gráfica das formas, dimensões e relevo de um terreno, utilizamos a planta topográfica, CASACA, MATOS E BAIO (*op.cit*).

3.2.1 Geodésia

“É a ciência que estuda a superfície da Terra com a finalidade de conhecer sua forma quanto ao contorno e ao relevo, como também sua orientação, levando em consideração a sua curvatura”, (CASACA, MATOS E BAIO, 2015, p.31).

No Quadro 2 tem-se a descrição da divisão da Geodésia em três ramos:

Quadro 2. Divisão da Geodésia em seus ramos.

Categoria	Descrição
Geométrica	Se refere ao tamanho e forma da terra, a determinação das coordenadas de pontos, comprimentos e azimutes de linhas da superfície terrestre.
Física	Estuda o campo gravitacional da terra ou direção e magnitude das forças que mantem os corpos na superfície e amostras terrestres.
Por Satélite	Estuda a determinação de posições de pontos na superfície da terra ou em volta desta, através da observação de satélites artificiais.

Fonte: Casaca, Matos e Baio (2015).

Face às irregularidades da superfície terrestre, tal determinação exige o levantamento de pontos escolhidos sobre a mesma em número e distribuição geográfica compatíveis com a precisão desejada e com as restrições em ordem prática e econômica, os demais pontos são obtidos por interpolação, CASACA, MATOS E BAIO (*op.cit*).

Para atingir o seu objetivo, CASACA, MATOS E BAIO (*op.cit*) indicam que a Geodésia pode valer-se de operações geométricas realizadas sobre a superfície terrestre (medições angulares e de distância) associadas a esparsas determinações astronômicas, ou valer-se de medições gravimétricas que conduzem ao conhecimento detalhado do campo de gravidade; ou, mais modernamente, efetuar rastreamento de satélites artificiais.

O tradicional objeto da Geodésia, tal como foi mencionado, está sendo ampliado; hoje abrange também a determinação dos parâmetros definidores do

campo da gravidade. E como a superfície terrestre continental se prolonga naturalmente no leito dos oceanos, fica subentendido que cabe também à Geodésia a descrição da “topografia submarina”.

Por outro lado, o avanço tecnológico conduzindo a equipamentos altamente aperfeiçoados, que permitem medições cada vez mais precisas, torna obrigatório a consideração da não rigidez do planeta; as deformações decorrentes da atuação de forças externas nos levam a encarar as coordenadas de um ponto como variáveis com o tempo. Tais implicações e outras mais que serão apresentadas no decorrer deste trabalho robustecem, de maneira significativa, as “ciências geodésicas”, cuja importância cresce dia-a-dia, seja pelo seu desempenho como ramo científico independente, seja pelos subsídios que proporciona a outras ciências.

3.3 FORMAS DA TERRA

Ao longo da humanidade a terra foi imaginada de diversas formas geométricas:

- Homero concebeu que a terra tinha uma forma de disco achatado;
- Pitágoras de Samos, no VI a.C., e Aristóteles, no Século IV a.C., descreveram a terra como possuindo a forma esférica;
- Anaximenes concebia a terra como uma forma geométrica retangular;
- Erastóstenes pensava a terra na forma esférica e realizou medidas objetivas para a determinação de suas dimensões;
- Isaac Newton, no Século XVII, considerou-a elipsoidal;
- Gauss, no século XVIII, concluiu que o Geóide seria a melhor definição geométrica da terra.

A adoção de uma forma geométrica para o planeta depende dos fins prático a que se propõe, para a Topografia adota-se a geometria plana, para cálculos astronômicos recorre-se a forma esférica, para cálculos mais rigorosos, firma-se o modelo geométrico-matemático tipo elipsoidal de revolução.

Embora muito irregular, a superfície da terra é constituída por elevações e depressões relativamente pequenas, se comparadas com as dimensões do planeta, pois alcançam um máximo de um milésimo do raio da “esfera terrestre”*.

A superfície da terra pode ser, portanto, considerada como uma superfície regular que acompanha o nível médio dos mares, estendendo-se pelos continentes por baixo de montanhas. A maior elevação em Glasker, no Everest, é de aproximadamente 8838 m; a maior depressão oceânica é de aproximadamente 9425m; o raio da "esfera terrestre" é de aproximadamente 6 371 220 m.

Numa segunda aproximação, a forma mais semelhante à da figura da terra é a de um elipsoide de revolução, girando em torno de seu eixo menor (coincidente com a linha dos pólos). Em qualquer ponto da superfície terrestre, pode-se verificar a diferença entre a superfície geoidal e a do elipsoide, pelo ângulo entre as respectivas normais naquele ponto, sendo que esse ângulo é máximo nos pontos onde as duas superfícies se interceptam. Deve-se salientar que a normal à superfície do geóide (vertical do lugar) pode ser determinada com bastante precisão por observações astronômicas ou gravimétricas, através dos pêndulos ou balanças de eotwos.

O plano topográfico é, pois, um plano horizontal tangente à superfície da esfera terrestre e de dimensões limitadas ao campo topográfico.

3.3.1 Elementos Básicos no Estudo da Terra

De acordo com Fitz (2008) a reta em torno da qual a terra gira recebe o nome de eixo da terra ou linha dos pólos, que fura a superfície terrestre no pólo norte (pn) e no pólo sul (ps).

Equador é o círculo máximo da terra, cujo plano é normal à linha dos pólos; os círculos da esfera terrestre cujos planos são paralelos ao equador, chama-se paralelos terrestres (FITZ, 2008).

Os círculos máximos que contêm a linha dos pólos recebem o nome de meridianos terrestres. Segundo Fitz (2008), em particular, o plano meridiano que passa pela posição do observador, recebe o nome de plano meridiano do observador (p.m.o). Latitude \varnothing de um ponto O da superfície da terra é o ângulo formado pela vertical do lugar com o plano do equador; sua contagem é feita com origem no equador e medida 0° a 90° para o norte e para o sul.

Longitude L de um ponto O da superfície da terra é o ângulo diedro entre o meridiano de Greenwich (na Inglaterra), tomado como origem e o meridiano do lugar; sua contagem é feita de 0° a 180° positivamente para oeste e negativamente para leste, (FITZ, 2008).

Segundo ainda Fitz (2008), o Azimute verdadeiro de uma direção $0m$ é o ângulo diedro de aresta vertical, entre o plano meridiano do lugar e o plano que contém as direções em questão. Sua contagem é feita de 0° a 360° no sentido NESO, para os problemas de topografia; o azimute pode também ser medido em quadrantes (variando de 0° a 90°) com origem no norte nos sentidos NO e NE e com origem no sul nos sentidos SO e SE; nesses casos, recebe o nome particular de RUMO. Altitude de um ponto O da superfície da terra é a distância vertical entre um ponto e a superfície média dos mares.

3.4 GEÓIDE

Para Gemael (2002), o geóide é a forma da Terra comumente utilizada nos meios acadêmicos, pois é a figura que mais se aproxima da verdadeira forma terrestre. O geóide seria uma figura na qual, em todos os pontos da superfície terrestre, a direção da gravidade é exatamente perpendicular à superfície determinada pelo nível médio e inalterado dos mares.

a) O geodesta acha-se rotineiramente envolvido com três superfícies (Gemael, 2002, p.19):

- I – a superfície física da Terra, palco das operações geodésicas;
- II – a superfície do modelo geométrico adotado, por vezes denominada superfície de referência, sobre a qual são efetuados os cálculos geodésicos; esse modelo, na maioria das vezes, é um elipsoide de revolução;
- III – o geóide, que é uma superfície equipotencial do campo da gravidade: aquela que mais se aproxima do “nível médio dos mares”; nos continentes e ilhas (25% da superfície terrestre) acha-se no interior da crosta;
- IV - Altitude ortométrica (h) de um ponto é a distância desse ponto ao geóide, contada ao longo da vertical; pode ser obtida com o nivelamento geométrico associado à Gravimetria.

3.5 ELIPSOIDE

Para Veiga, Zanetti e Faggion (2012), uma figura geométrica (elipsoide) criada através de um modelo matemático com semieixos menor e maior, justamente para conservar o achatamento terrestre nos polos. O elipsoide de revolução foi pensado para facilitar os cálculos das coordenadas planimétricas e também a altitude elipsoidal, visto ser um modelo que desconsidera o relevo da superfície.

Figura 1. Representação das formas da terra.



Fonte: Veiga, Zanetti e Faggion (2012).

3.6 GNSS

De acordo com Veiga, Zanetti e Faggion (2012), o GNSS (Global Navigation Satellite Systems) é desenvolvido como método de localização que, atualmente, representa uma ferramenta com inúmeras contribuições na indústria e na agricultura, como no emprego de sistemas de direção automática em máquinas agrícolas e nas aplicações de insumos em taxas variáveis.

3.7 GPS

O GPS (Global Positioning System) tem sido o mais utilizado em razão de sua disponibilidade, sendo empregado em atividades que demandam posicionamento com diferentes níveis de acurácia associada aos parâmetros georreferenciados (MACHADO e MOLIN, 2011). O termo precisão relaciona-se com a variação do valor, medido repetidamente sob as mesmas condições experimentais, em torno do valor médio observado (dispersão dos pontos). Enquanto que, o termo acurácia refere-se à exatidão da medida, ou seja, a distância entre a coordenada conhecida e a indicada pelo receptor (CAPPELLI et al., 2006).

De acordo com Fontana (2002), por meio do receptor GPS pode-se determinar uma posição geográfica exata sobre a superfície terrestre (latitude e longitude). Com os 6 planos de órbita e ângulos de 60 graus, cada satélite percorre duas voltas ao redor de nosso planeta em 24 horas e promove uma ampla e excelente cobertura. Sua finalidade é informar a real posição do receptor (latitude e longitude)

e, a partir disso, calcular e determinar a velocidade real e o tempo estimado para pontos marcados (waypoints).

Pode-se dividir o Sistema de Posicionamento Global em três grupos conforme Quadro 4:

Quadro 3. Segmentos do sistema de Posicionamento Global.

Tipo	Descrição
Segmento Espacial	Formado pelos satélites. O primeiro satélite do programa foi lançado ao espaço em fevereiro de 1978 e pesava um pouco menos de uma tonelada. Atualmente são bem mais leves e dissipam uma potência de 50W.
Segmento Controle	Formado pelas estações de solo, cujo objetivo é supervisionar e controlar os satélites e seus planos de órbitas.
Segmento Usuários	Neste grupo estão inclusos todos os receptores, tanto civis como militares. Os receptores podem ser divididos em campos de atuação e tipos de canais de recepção. Esses detalhes serão vistos mais adiante.

Fonte: Fontana, 2002.

3.8 RTK

O sistema RTK (Real Time Kinematic) é um tipo de correção diferencial que apresenta precisão de 2,5 cm com repetibilidade da posição obtida através de um par de receptores. A base permanece estacionada sobre um ponto de coordenadas conhecidas e o erro entre a posição fornecida pelos satélites e a posição real é calculado, conforme Veiga, Zanetti e Faggion (2012), ainda segundo os autores este erro é usado para obtenção do sinal de correção que é enviado pela conexão de rádio para outro receptor (rover) que está na máquina e, assim, corrige instantaneamente a posição deste.

3.9 DRONE

Drone, traduzindo-se para a Língua Portuguesa, significa zangão. Porém, o seu significado mais conhecido hoje em dia é para aeronave que não é tripulada, ainda que ela seja comandada à distância por uma pessoa.

Os drones também são conhecidos como UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Em Português há duas traduções para esta sigla: VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) ou VARP (Veículo Aéreo Remotamente Pilotado). Os drones são feitos com materiais resistentes e possuem tecnologia semelhante aos veículos de controle remoto. O comando é feito à distância via rádio ou por meio de sinais de satélite.

A ideia dos drones foi concebida exclusivamente para uso militar em seu princípio. O objetivo era levar os drones a atuar em regiões de extremo perigo humano, casos de combates aéreos, reconhecimento de território inimigo ou mesmo ser utilizado para buscas e resgates em locais contaminados por produtos tóxicos.

Hoje há muitos drones com câmera, que, em exercício militar, mapeiam toda a região inimiga e podem até mesmo atacar áreas com bombas. Além de evitar o contato humano em áreas perigosas, há a questão do custo. Um drone é mais barato que um veículo aéreo tripulado.

Os drones, aplicados à aerofotogrametria, possuem câmeras imbutidas com a finalidade de obter imagens aéreas que, juntamente com outras variáveis, são capazes de gerar dados topográficos com mais detalhes e rapidez comparados aos levantamentos realizados de forma convencional como por exemplo, Estação Total ou GNSS RTK, além da utilidade da própria imagem gerada. Em poucos minutos o drone realiza um trabalho que demoraria dias com equipamentos topográficos convencionais.

As imagens obtidas pelo drone podem ser úteis, em levantamentos executados periodicamente, para elaboração de registro para análise temporal de obras e estruturas como Minerações, Supressões Vegetais, Estradas, Ferrovias, etc. Com o Drone as medições são muito mais rápidas e dinâmicas, pois são obtidas imagens georreferenciadas e ortoretificadas que permitem o tratamento do MDS (Modelo Digital de Superfície) para obtenção de MDT (Modelo Digital do Terreno). Dessa forma é possível entregar resultados mais rápidos e com melhor qualidade, gerando dados com mais níveis de detalhes com um maior ritmo de produtividade.

O Brasil teve seu primeiro drone criado em 1983 e que ficou conhecido como BQM1BR. Tratou-se de um propósito de VANT que funcionava com propulsão a jato.

Os investimentos na tecnologia drone cresceram no país a partir dos anos 2000. Nesse processo foi criado o Projeto Arara (Aeronave de Reconhecimento Autônoma e Remotamente Assistida), que tinha o objetivo de desenvolver drones para levar ao mercado civil. Hoje a Polícia Federal possui drones que fazem a vigilância das fronteiras do Brasil.

3.10 GEOPROCESSAMENTO E BASES CARTOGRÁFICAS

3.10.1 Breve Evolução da Ciência Geodésica

Como todas as demais áreas do conhecimento, Veiga, Zanetti e Faggion (2012), descrevem que a Geografia experimentou diversos caminhos para se constituir como ciência. Um dos direcionamentos percebidos teve por base a necessidade de transformação das técnicas de pesquisa vinculadas aos avanços científico-tecnológicos ocorridos ao longo dos tempos. Num primeiro momento, se faz necessária uma abordagem a respeito da forma da terra. Onde a mesma que atualmente de compreensão um tanto óbvia, foi motivo de discussões exaustivas e até de violentas execuções num passado nem tão distante.

Desde a época de apogeu da antiga Grécia, muitos pensadores já acreditavam que a terra possuía uma superfície esférica. Com maior ou menor precisão, vários investigadores realizaram experimentos a fim de mensurar suas dimensões e procurar definir sua forma característica. Apesar dos retrocessos científicos experimentados no decorrer da Idade média, a partir de algumas observações feitas pelos antigos navegadores, as questões apresentadas pelos gregos foram novamente sendo retomadas, e a esfericidade terrestre voltou a ser aceita conforme Veiga, Zanetti e Faggion (2012).

O quadro 5 a seguir apresenta um breve histórico da ciência geográfica. Como pode ser observado, a evolução experimentada pela Geografia traz marcas de profunda dicotomia, especialmente a partir de meados do século XX.

Quadro 4. Principais etapas do histórico da ciência geográfica.

Personagem	Época	Características
Tales/Herodoto	Séc. V. a.C aprox	Geodésia, descrição de lugares
Humboldt/Ritter	Séc. XIX	Geografia como parte terrestre do cosmos: síntese de todos os conhecimentos relativos à terra; individualidade dos lugares; propostas de regionalização; relação homem-natureza
Ratzel	Final do Séc XIX	Teoria do espaço vital; visão naturalista (homem visto como mero animal)
La Blache	Séc. XIX-XX	Gêneros de vida; possibilismo; Conceitos de paisagem e região geográfica; homem percebido como transformador do meio
Hartshorne	1939-1959	Geografia tradicional; variação de áreas

Personagem	Época	Características
Escola Pragmática(EUA, URSS/Rússia, alguns países europeus)	Meados do séc. XX até hoje	Tecnologia geográfica; Geografia quantitativa ou teórica; Nova geografia; Geografia sistêmica; Geografia da percepção; participação da ciência.
Escola Crítica (Pierre George, Yves Lacoste/Milton Santos)	Meados do séc. XX até hoje	Geografia ativa; Geografia Crítica; definição pelo caráter social da ciência

Fonte: Adaptado de Moraes, 2005 *apud* Casaca, Matos e Baio (2015).

3.10.2 Sistemas Geodésicos de Referência

Uma das condições essenciais para quem trabalha com geoinformação diz respeito ao uso de sistemas de referência. Quando se deseja estabelecer uma relação entre um ponto determinado do terreno e um elipsoide de referência, é preciso referir-se a um sistema específico que faça esse relacionamento. Os sistemas geodésicos de referência cumprem essa função.

Um sistema geodésico de referência, conforme a descrição anterior, sustenta-se na figura de um elipsoide de referência. Essa figura, entretanto, está dotada de um sistema de coordenadas definido por duas posições principais, a latitude e a longitude.

Assim, a latitude de um ponto pode ser descrita como a distância angular entre o plano do equador e um ponto na superfície da Terra, unido perpendicularmente ao centro do planeta. A latitude é representada pela letra grega ϕ (fi), com variação entre 0° e 90° , nas direções norte e sul. Já a longitude de um ponto pode ser considerada como o ângulo formado entre o ponto considerado e o meridiano de origem (normalmente Greenwich = 0°). A longitude varia entre 0° e 180° , nas direções leste ou oeste desse meridiano e é representada pela letra grega λ (lambda).

3.10.3 Sistemas de Coordenadas Geográficas

Os valores dos pontos localizados na superfície terrestre são expressos por suas coordenadas geográficas, latitude e longitude, contendo unidades de medida angular, ou seja, graus ($^\circ$), minutos ($'$) e segundos ($''$).

As Coordenadas Geográficas localizam, de forma direta, qualquer ponto sobre a superfície terrestre. O valor da coordenada deve vir acompanhada da indicação do hemisfério correspondente: N ou S para a coordenada norte ou sul

(latitude), e E (do inglês East) ou W (do inglês West) para a coordenada leste ou oeste (longitude), respectivamente, podendo-se utilizar L e O para leste e oeste. Foi convencionada, também, a utilização dos sinais + ou – para a indicação das coordenadas Ne E (sinal positivo) e S e W (sinal negativo). Assim, quando o ponto estiver localizado ao sul do equador, a leitura da latitude será negativa, e, ao norte, positiva. De mesma forma, quando o ponto estiver situado a oeste de Greenwich, a longitude terá valor negativo, e a leste, valor positivo.

Para exemplificar, pode-se citar o caso do município de Arroio do Meio, no Estado do Rio Grande do Sul. De acordo com o IBGE, para efeitos de localização, o município situa-se nas coordenadas:

- $\lambda = 51^{\circ}56'24''\text{WGr}$ (lê-se: cinquenta e um graus, cinquenta e seis minutos e vinte e quatro segundos de longitude oeste, ou, a oeste de Greenwich), ou ainda, $\lambda = -51^{\circ}56'24''$; e
- $\varphi = 29^{\circ}24'\text{S}$ (lê-se vinte e nove graus e vinte e quatro minutos de latitude sul, ou, ao sul do equador), ou então, na forma $\varphi = -29^{\circ}24'$.

3.11 COORDENADAS OBTIDAS EM TRABALHOS DE CAMPO

Quando se lida com coordenadas obtidas a partir de trabalhos de campo, seja por levantamentos topográficos ou com a utilização de sistemas de posicionamento por satélites, deve-se, num primeiro momento, avaliar a precisão dos trabalhos realizados. Esta vai depender da acurácia do equipamento e da competência do levantamento, pois o deslocamento de alguns milímetros, em certos trabalhos, pode implicar resultados desastrosos.

3.11.1 Levantamentos Topográficos

Os levantamentos topográficos tradicionais trazem um conjunto de coordenadas de pontos obtidas com a utilização de equipamentos de precisão excepcional. Os levantamentos topográficos são próprios para gerar cartas topográficas de escalas maiores do que 1:5.000, sendo exageradamente minuciosos, entretanto, para mapear grandes áreas (em escalas pequenas). Dessa forma, a

relação custo-benefício, ditada principalmente pelo valor dos equipamentos e da mão-de-obra do pessoal envolvido, ficaria sobremaneira prejudicada.

3.12 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL

3.12.1 Classificação Dos Receptores GPS

Pode -se classificar os receptores GPS em quatro categorias principais, em função de sua precisão, de acordo com as características apresentadas pelos fabricantes. A tabela 1 procura apresentar as principais características inerentes a cada tipo de tais receptores.

Tabela 1. Tabela Características de receptores GPS.

Tipo	Características	Precisão Planialtimétrica
Navegação	Método Absoluto de Busca	Maior que 10 m
Métrico	Método Relativo de Busca	Entre 1 m e 10 m
Submétrico	Método Relativo de Busca	Entre 0,1 m e 1,0 m
Geodésico	Método Relativo de Busca	Entre 0,1 m e 0,001 m

3.13 CONSTRUÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

Além da utilização de mapas diversos para a condução dos trabalhos com o uso de SIG, outros mapas podem ser obtidos como produtos derivados desses sistemas conforme Casaca, Matos & Baio (2015). Esses mapas geralmente se vinculam a um tema específico, sendo, em decorrência, denominados de mapas temáticos.

A utilização do geoprocessamento propicia facilidades quanto à confecção de mapas, o que pode vir a gerar tanto bons produtos quando quadros desastrosos. Nesse sentido, torna-se importante lembrar que a produção de mapas é regida por lei, cuja fiscalização, no Brasil é exercida pelos Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA). Para Casaca, Matos e Baio (2015), a responsabilidade técnica por sua execução remete, portanto, a profissionais devidamente habilitados para tal.

A geração de mapas temáticos, segundo Casaca, Matos e Baio (2015), necessita de outros mapas como base. O objetivo básico dos mapas temáticos é o de

fornecer uma representação dos fenômenos existentes sobre a superfície terrestre fazendo uso de uma simbologia específica. Com certos cuidados, pode-se afirmar que qualquer mapa que apresente outra informação, distinta da mera representação da porção analisada, pode ser enquadrado como temático.

3.13.1 Elementos Constituintes de um Mapa Temático

Entre os variados elementos passíveis de estarem presentes em um mapa temático, merecem destaque de acordo com Casaca, Matos e Baio (2015):

- O título do mapa: realçado, preciso e conciso;
- As convenções utilizadas;
- A base de origem (mapa-base, dados etc.);
- Referências (autoria, responsabilidade técnica, data, fontes etc.);
- Indicação e direção norte;
- Escala;
- O sistema de projeção utilizado;
- O(s) sistema(s) de coordenadas utilizado(S);

“Deve-se destacar que, em se tratando de mapas digitais, todas as informações listadas tornam-se praticamente indispensáveis, já que sua omissão impedirá com a utilização das técnicas do geoprocessamento” (Casaca, Matos e Baio, 2015, p.44).

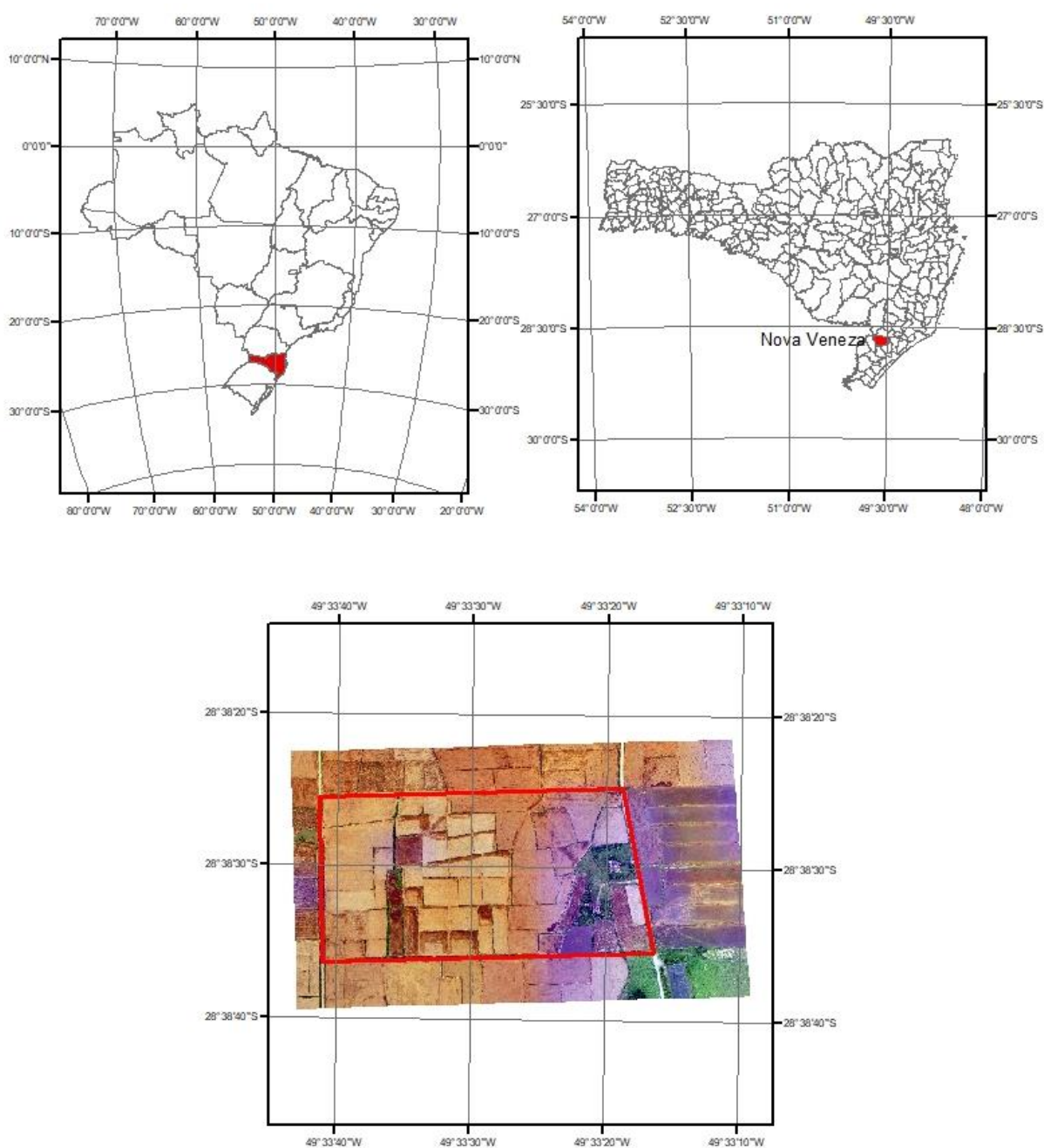
Para Casaca, Matos e Baio (2015) os mapas temáticos gerados a partir do uso das técnicas de geoprocessamento devem apresentar determinadas características básicas para que possam ser facilmente entendidos por qualquer usuário, profissional ou leigo. Nesse sentido, deve-se lembrar que as cartas são representações do terreno elaboradas com a finalidade de apresentar as características do terreno o mais fielmente possível.

4. METODOLOGIA

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é localizada em uma das áreas de plantio de um dos produtores da Associação de Drenagem e Irrigação Núcleo Gava, ADINGA no bairro São Bento Alto no município de Nova Veneza/SC conforme ilustrada na figura 2.

Figura 2. Localização da área de estudo.



Fonte: Do Autor 2019.

4.2 LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO - RTK

Para realizar o levantamento planimétrico da área foi utilizado GPS/RTK com receptores com tecnologia GNSS, marca HiTarget modelo-V30.

Foi implantado um piquete e instalado um tripé com o receptor acoplado para rastrear o ponto de base para ajuste das coordenadas, como mostra a figura 02. A base ficou rastreando por 4 horas 11 minutos e 30 segundos para que seja realizado o ajuste usando as estações RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS) para esse método quanto maior o tempo de rastreamento melhor a precisão do ajuste (Figura 3).

Figura 3. Receptor acoplado rastreando o ponto de referência.



Fonte: Do Autor 2019.

Com a base instalada e rastreando foi ligado outro receptor móvel (Rover), acoplado em um bastão e com a controladora foi configurado para sistema RTK ou

posicionamento cinemático em tempo real, e dado o início ao levantamento planimétrico como mostra figura 4.

Onde primeiramente foi delimitado a área total do plantio e depois foi levantado pontos em todas as canchas de arroz para poder definir a área de plantio total e área de plantio real desconsiderando a largura das taipas.

Figura 4. Receptor móvel rastreando o ponto de referência.

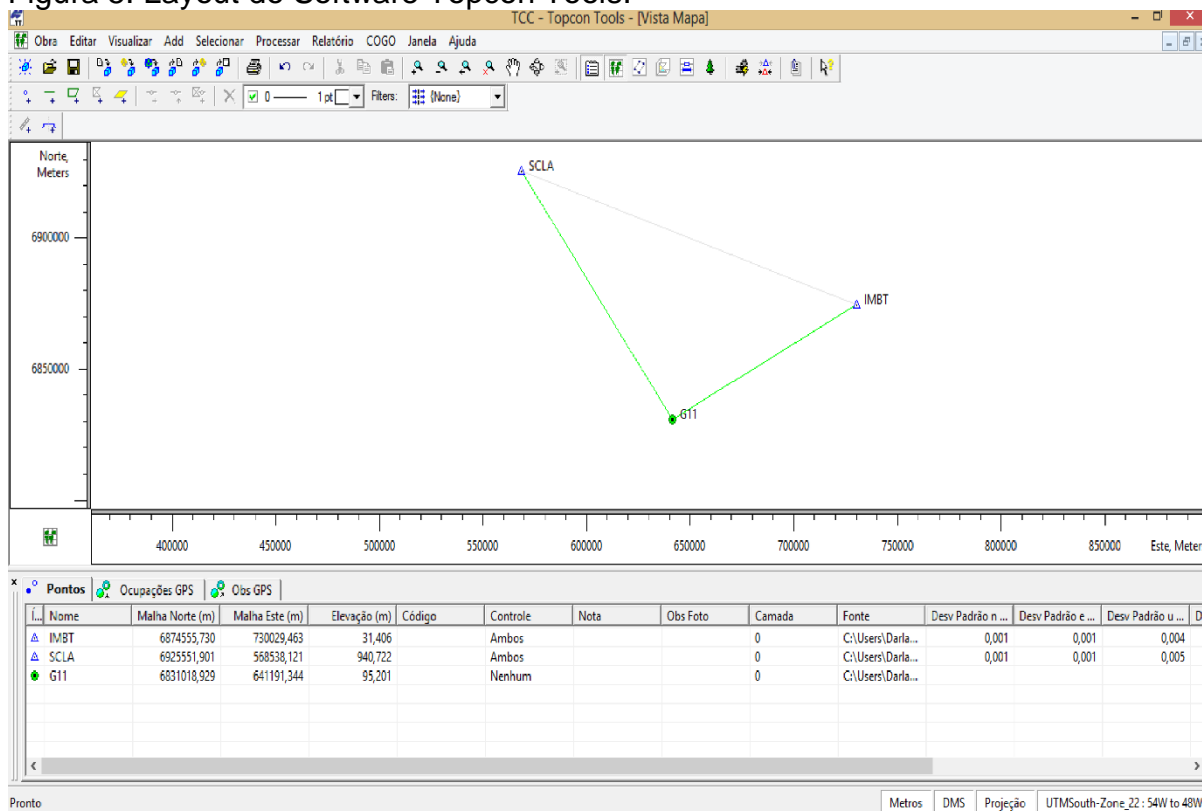


Fonte: Do Autor 2019.

4.2.1 Processamento dos Dados - RTK

Após o levantamento foi descarregados os arquivos brutos da base no formato GNS e com o auxílio do programa HGO os dados foram convertidos em RINEX. Para o ajuste da coordenada da base foi utilizado o software Topcon Tools na qual utilizamos as bases RBMC das cidades de Imbituba e Lages para formar a triangulação para o processamento das coordenadas, como mostra a figura 5.

Figura 5. Layout do Software Topcon Tools.



Fonte: Do Autor 2019.

Com o ajuste feito o Topcon Tools gera um relatório com a coordenada de base ajustada e a sua altitude elipsoidal.

Com as coordenadas da base ajustada foi descarregado os dados da controladora e ajustado as coordenadas do levantamento obtendo assim as coordenadas reais dos pontos todas em Sistema de Coordenadas Brasileiro SIRGAS 2000 Zona 22 Meridiano Central - 51. Com os dados todos ajustado foi realizado o desenho das canchas e cálculos das áreas de plantio.

4.3 LEVANTAMENTO GPS DE NAVEGAÇÃO.

Outro método de levantamento utilizado foi o levantamento com o GPS Navegação modelo Garmim Etrex 20, o mesmo recebe sinal por satélite porém não é possível corrigir as coordenadas que ficam nele registradas, geralmente elas sofrem algumas variações em relação a coordenada real. Esse é um aparelho simples de baixo custo e com grande facilidade de manuseio do mesmo.

Figura 6. GPS de Navegação.



Fonte: Do Autor 2019.

O levantamento foi feito junto ao levantamento do GPS/RTK pegando pontos nos mesmo lugares para poder definir a diferença das coordenada e da área de plantio de arroz de um aparelho para outro.

4.3.1 Processamento dos Dados GPS de Navegação

Com o levantamento concluído foi descarregado as coordenadas pelo software Base Camp no formato geográfica para poder carregar as mesmas no programa de desenho Auto Cad, as coordenadas foram transformadas em UTM com auxílio do Software TCGeo do IBGE.

4.4 LEVANTAMENTO DRONE

Para o levantamento com o drone primeiro foi utilizado o GPS/RTK para a implantação dos pontos de controle. Que são pontos foto identificáveis, ou seja, são objetos, alvos, detalhes no terreno e que irão aparecer nas imagens aéreas, são utilizados para fazer a relação entre o sistema de coordenadas da imagem com o sistema de coordenadas do terreno, basicamente são pontos de referência no solo que são utilizados no pós-processamento das imagens aumentando assim a precisão dos produtos finais gerados. Foram implantados 29 pontos de controle na área de estudo conforme ilustra a figura 7.

Figura 7. Coleta dos pontos de controle.



Fonte: Do Autor 2019.

O Drone utilizado para o levantamento foi da marca DJi modelo Phantom 3 como mostra figura 8.

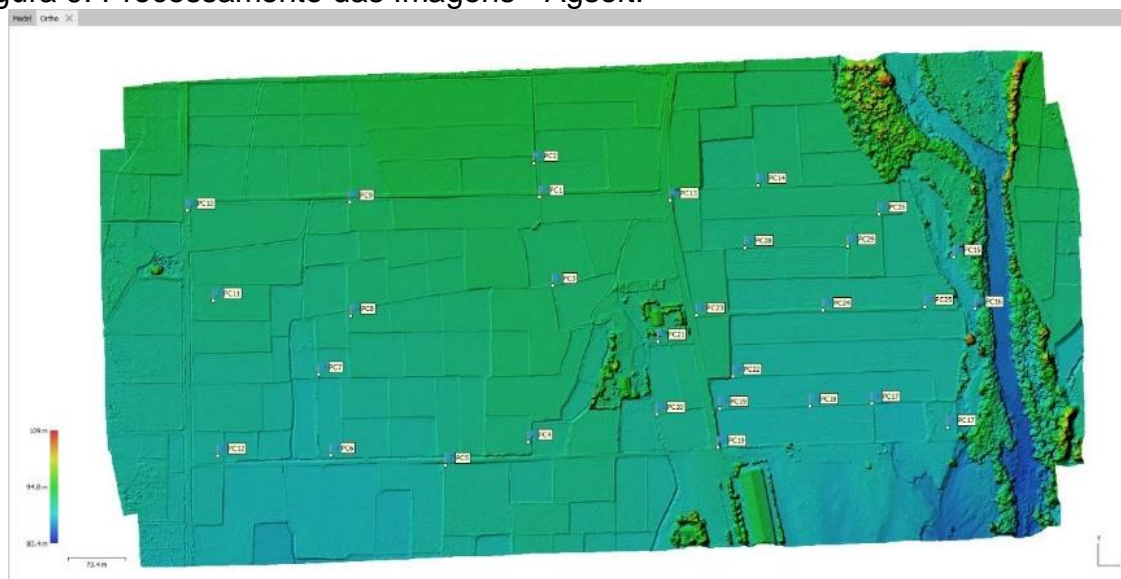
Figura 8. Drone DJi-Phantom 3.



Fonte: Do Autor 2019.

Para o plano de voo foi utilizado o software Pix4 capture na qual foi definido a área a ser sobrevoada em uma altura de 140 metros e o tempo estimado em 19 minutos. Após o levantamento das imagens as mesmas foram descarregas no computador e com o software Agsoft Metashape foi feito o processamento das imagens, como mostra a figura 9. O Agsoft gerou um relatório com os erros do ajuste das imagens, conforme Apêndice A.

Figura 9. Processamento das Imagens - Agsoft.



Fonte: Do Autor 2019.

4.5 ÍNDICE DE CONCORDÂNCIA

O desempenho dos métodos avaliador foi analisado através do índice de concordância desenvolvido pro Willmott (1981), através do coeficiente de concordância ou exatidão (designado pela letra d) que quantifica matematicamente a dispersão dos dados em relação ao método considerado padrão de acordo com a Equação 01:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad \text{Equação 01}$$

em que,

d = coeficiente de concordância;
 P_i = Valor obtido pelo método testado;
 O_i = valor pelo método padrão;
 O = valor médio pelo método padrão;

Erro médio absoluto (EMA) conforme Equação 02:

$$\text{EMA} = \frac{1}{n} \sum |P_i - O_i| \quad \text{Equação 02}$$

Erro máximo (EMAX) conforme Equação 03:

$$\text{EMAX} = \text{Maximo} \sum |P_i - O_i| \quad \text{Equação 03}$$

Eficiência do Método conforme Equação 04:

$$\text{EF} = \text{EF} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 - \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} \quad \text{Equação 04}$$

em que,

d = coeficiente de concordância;
 P_i = Valor obtido pelo método testado;
 O_i = valor pelo método padrão;
 \bar{O} = valor médio pelo método padrão;
 \bar{P} = valor médio do método Testado;

Com o intuito de dar suporte à análise, determinou-se o índice de desempenho (c) (Camargo & Sentelhas 1997), que é o resultado do produto entre o coeficiente de correlação de Pearson (r) e o índice de exatidão de Willmott (d), cujos critérios de interpretação encontram-se especificados na Tabela 3.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após os levantamentos topográficos realizados, foi realizado o processamento de todos os dados obtido nas áreas das 59 canchas de arroz e área total de plantio conforme a tabela 2 e plantas do Apêndice B, C, D e E Para os 4 métodos foi definida a diferença de área (m²) entre os métodos RTK, Garmim, Drone e Drone sem ponto de controle.

Tabela 2. Tabela com os dados processados dos métodos em relação as áreas.

CANCHAS	RTK (m ²)	GARMIM (m ²)	DRONE (m ²)	DRONE S/PC (m ²)
1	7.485,29	7.589,16	7.596,73	7.855,66
2	6.204,69	6.192,33	6.200,15	6.346,52
3	4.336,56	4.362,57	4.321,92	4.485,90
4	3.760,98	3.828,33	3.829,26	3.880,65
5	3.611,97	3.600,84	3.774,62	3.789,13
6	5.047,15	5.020,99	5.051,19	5.064,71
7	1.331,75	1.343,48	1.289,19	1.408,22
8	1.329,84	1.304,93	1.325,18	1.384,70
9	1.348,55	1.333,64	1.381,88	1.417,70
10	2.025,72	1.995,97	2.142,82	2.189,74
11	1.155,46	1.184,44	1.159,02	1.202,16
12	2.045,84	2.049,54	2.068,12	2.166,83
13	1.806,07	1.749,21	1.867,26	1.923,59
14	2.357,05	2.325,06	2.434,70	2.495,98
15	3.075,95	3.114,92	3.146,57	3.190,34
16	1.829,43	1.829,77	2.009,06	2.050,73
17	1.566,40	1.627,24	1.620,74	1.662,66
18	1.275,37	1.286,82	1.369,76	1.409,70
19	2.333,72	2.308,96	2.435,06	2.511,82
20	2.763,88	2.757,05	2.836,89	2.878,79
21	2.810,06	2.904,63	2.763,95	2.887,24
22	2.908,27	2.990,56	2.869,58	2.982,51
23	3.792,72	3.636,56	3.821,45	3.829,42
24	1.689,34	1.692,94	1.716,97	1.743,57
25	2.874,07	2.848,17	2.927,87	2.925,43
26	1.124,75	1.059,62	1.123,62	1.138,27
27	1.936,12	1.868,66	2.047,63	2.053,95
28	6.517,00	6.629,99	6.645,84	6.827,46
29	2.178,88	2.243,50	2.235,57	2.251,11
30	2.112,57	2.040,17	2.106,58	2.149,93
31	2.653,28	2.661,10	2.677,28	2.762,74
32	2.670,68	2.677,54	2.670,76	2.775,06
33	2.871,97	2.941,69	2.864,94	3.011,09

CANCHAS	RTK (m²)	GARMIM (m²)	DRONE (m²)	DRONE S/PC (m²)
34	2.701,53	2.966,49	2.743,37	2.817,31
35	2.644,41	2.531,06	2.827,72	2.829,30
36	2.867,14	3.054,39	2.920,91	2.956,83
37	3.214,59	3.121,39	3.219,38	3.241,18
38	2.898,26	2.901,70	2.920,80	2.967,91
39	1.910,51	1.945,58	1.908,70	1.965,46
40	1.689,82	1.551,45	1.731,69	1.761,21
41	5.367,56	5.357,78	5.522,39	5.631,16
42	6.513,16	6.506,37	6.632,63	6.729,01
43	2.668,82	2.691,46	2.679,17	2.723,64
44	5.006,63	4.971,11	5.182,19	5.343,63
45	2.659,57	2.658,40	2.742,30	2.776,12
46	1.769,45	1.680,14	1.661,45	1.767,88
47	894,20	959,27	889,09	912,89
48	1.298,01	1.187,69	1.292,42	1.311,18
49	1.189,41	1.139,98	1.190,25	1.208,53
50	3.219,66	2.740,32	3.098,34	3.162,75
51	5.452,01	5.284,39	5.413,03	5.569,18
52	2.929,39	3.112,24	3.004,04	3.042,58
53	4.586,29	4.671,41	4.601,59	4.749,55
54	4.107,25	4.091,54	4.198,21	4.282,58
55	2.901,51	2.851,91	2.995,34	3.070,39
56	2.530,34	2.410,24	2.714,46	2.753,17
57	2.676,52	2.688,90	2.751,03	2.786,93
58	2.502,39	2.594,49	2.622,24	2.665,29
59	1.993,17	1.964,02	2.057,48	2.136,70
TOTAL	171.022,97	170.634,12	173.852,34	177.815,67

Os resultados de áreas (m²), foi de 171.022,97m² para o método RTK, de 170.634,12m² para o Garmim, 173.852,34m² para o método Drone e 177.815,67m² para o Drone sem ponto de controle.

Foi realizado Análise de Variância (ANOVA) para verificar a hipótese de diferenças entre as médias das áreas medidas com os diversos métodos. Também foram realizadas análises de regressão dos métodos com o método do RTK, tido como referência. Desta forma, tem-se um resumo de regressão linear através da decomposição da soma dos quadrados para cada fonte de variação no modelo e, utilizando o teste F, testar a hipótese de que qualquer fonte de variação no modelo é igual a zero.

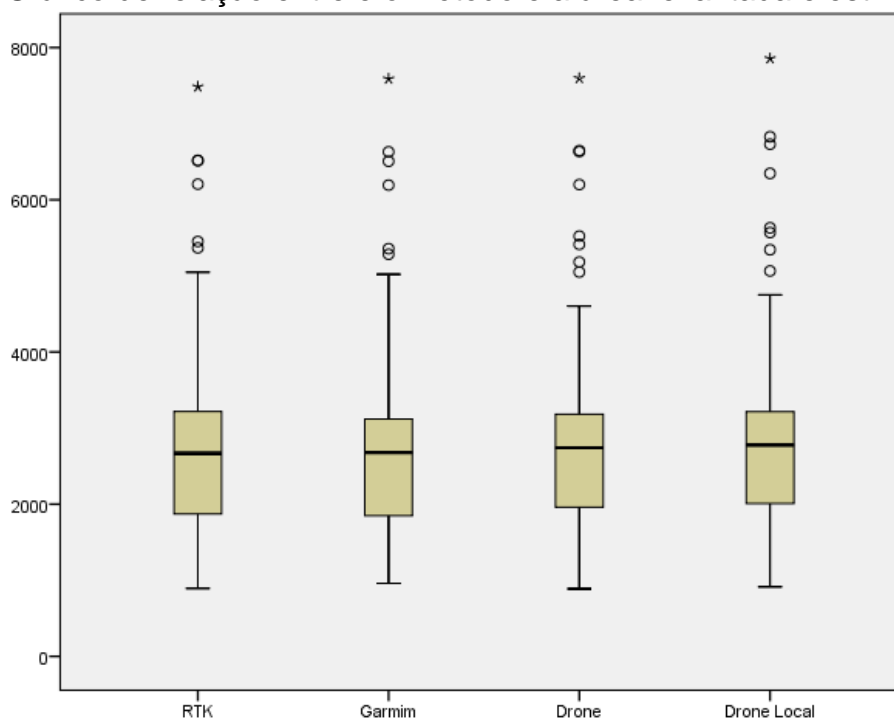
Na tabela 3 consta o resumo estatístico das áreas medidas pelos diferentes métodos. Na Figura 10 consta o Box-Plot para cada método de média de área, onde se observa visualmente uma distribuição semelhante

Tabela 3. Resumo estatístico.

Método	Média	Desvio a Padrão	Erro padrão	Intervalo de confiança 95%		Mínimo	Máximo
				Superior	Inferior		
RTK	2.898,7	1.491,8	194,2	2.509,9	3.287,5	894,2	7.485,3
Garmim	2.892,1	1.503,1	195,7	2.500,4	3.283,8	959,3	7.589,2
Drone	2.946,7	1.508,2	196,3	2.553,6	3.339,7	889,1	7.596,7
Drone S/PC	3.013,8	1.541,9	200,7	2.612,0	3.415,6	912,9	7.855,7
Total	2.937,8	1.502,5	97,8	2.745,1	3.130,5	889,1	7.855,7

Através da Análise de Variância (Anova) verificou-se que a hipótese de que as médias são estatisticamente iguais, onde se concluiu que não existem diferenças significativas entre as médias com resultado menor que 1 ($p = 0,970$).

Figura 10. Gráfico de relação entre o método e a área levantada e estimada.



Na Tabela 4 constam os índices de desempenho e erro dos métodos usando GPS Garmim, Drone e Drone Local, com parados com o GPS RTK. O desempenho estatístico dos métodos avaliados foram analisados através do índice

coeficiente de de concordância ou exatidão, desenvolvido por WILLMOTT (1981), designado pela letra “d”, que quantifica matematicamente a dispersão dos dados em relação ao método considerado padrão. Todos os métodos tiveram índice de desempenho d superior a 0,99, mostrando um

Utilizou-se ainda o índice de confiança “c”, ferramenta estatística de comparação proposta por CAMARGO & SENTELHAS (1997), que serve como indicador de desempenho dos métodos, reunindo os índices de precisão “d”, multiplicado pelo coeficiente de correlação. Os valores desse índice “c” variam de 0,0 para nenhuma concordância a 1,0 para concordância perfeita entre os dados. Para comparação de métodos de evapotranspiração, valores de c superiores a 0,85 são considerados de desempenho ótimo. Observa-se que nos métodos de levantamento de área os valores foram superiores a 0,996, indicando ótimo desempenho para a estimativa das áreas em todos os métodos.

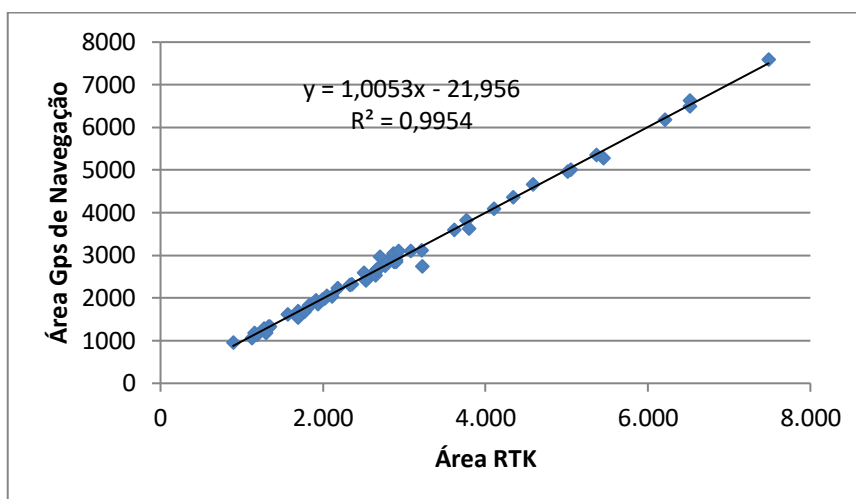
O levantamento com Drone apresentou desempenho superior e o Garmim o pior desempenho. O erro médio absoluto (EMA) para o Drone foi de 63,0795 m², e o Drone S/PC apresentou o valor de 117,1132 m². O erro máximo no levantamento de área com Drone foi de 184,1180 m², enquanto que para Drone S/PC foi de 370,37 e com Garmim de 479,347 m². Todos esses índices apontam o levantamento com Drone como sendo o melhor método alternativo ao GPS RTK.

Tabela 4. Desempenho dos métodos em relação ao GPS RTK.

Índice	Garmim	Drone	Drone S/PC
D	0,9988	0,9992	0,9978
EMA	65,7983	63,0795	117,1132
EMAX	479,3470	184,1180	370,3710
EF	0,9990	0,9994	0,9983
R	0,9977	0,9990	0,9991
C	0,9965	0,9983	0,9969

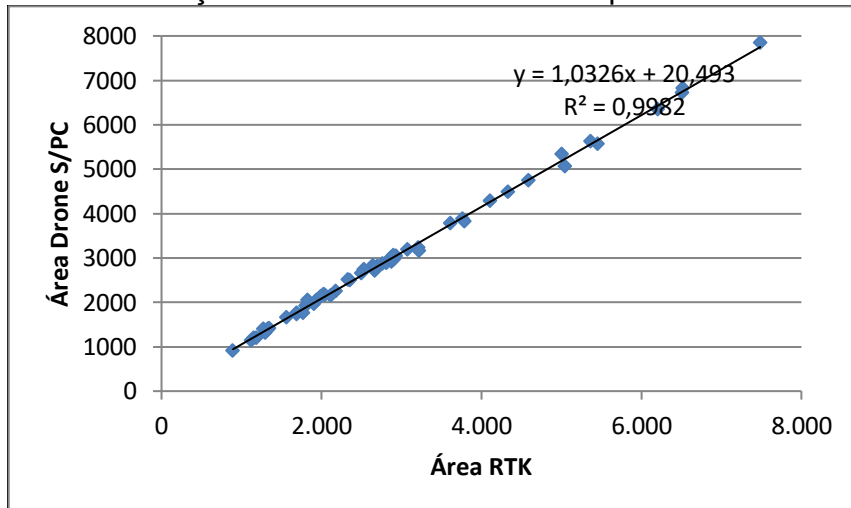
Nas Figuras 11 a 13 constam as regressões do métodos alternativos com relação ao método GPS RTK, com coeficiente de determinação acima de 0,995

Figura 11. Gráfico de relação entre a área levantada pelo GPS de Navegação e RTK.



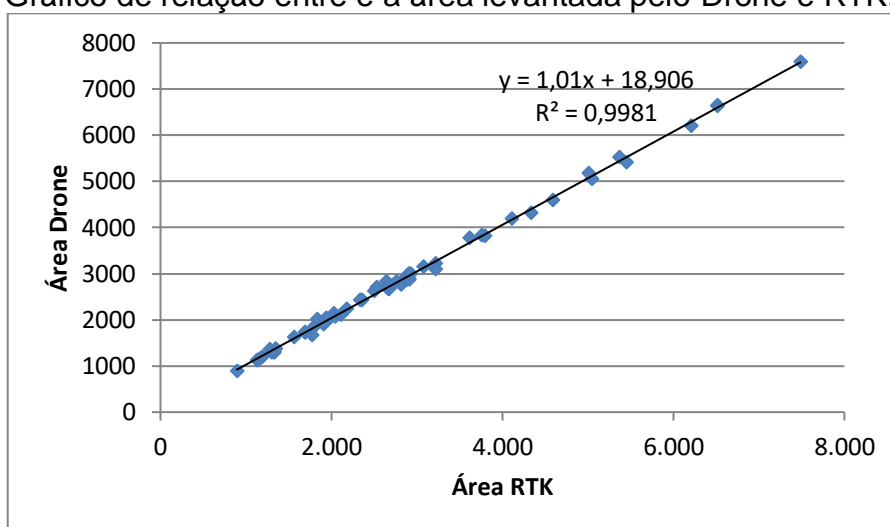
De acordo com a análise do gráfico da Figura 12, verificou-se que diferença entre o método de área Drone Sem Ponto de Controle e área RTK a diferença foi de ($R^2 = 0,9982$).

Figura 12. Gráfico de relação entre a área levantada pelo Drone S/PC e RTK.



Através da análise do gráfico da Figura 13, verificou-se que diferença entre o método de área Drone e área RTK a diferença foi de ($R^2 = 0,9981$).

Figura 13. Gráfico de relação entre a área levantada pelo Drone e RTK.



Foi calculada também a área total de plantio sem desconsiderar as taipas medindo apenas o perímetro total conforme as tabela 5 e plantas do anexo A. Observa-se que na área total o GPS de Navegação o erro foi de -0,34 %, para o Drone apresentou erro inferior a 1 %, e o Drone S/PC erro de 2,96 %.

Tabela 5. Gráfico de relação entre o método e as áreas.

MÉTODO	ÁREA (m ²)	DIFERENÇA DE ÁREA (m ²)	DIFERENÇA DE ÁREA (%)
GPS/RTK	188.343,65		
GPS DE NAVEGAÇÃO	187.704,57	639,08	0,34
DRONE	190.061,78	-1.718,13	-0,91
DRONE S/PC	193.914,08	-5.570,43	-2,96

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Para os métodos utilizado para determinação da área, com objetivo de saber apenas a área de plantio de arroz, na qual o produtor não precisa de uma precisão milimétrica percebeu-se que todos os métodos atenderam a necessidade do produtor. Para os objetivos de levantamento de área com a finalidade da gestão das Associações, e mesmo para outorga dos recursos hídricos estes erros são plenamente aceitáveis, assim todos os métodos podem ser empregados.

Após os levantamentos e análises dos métodos, foram identificados que os métodos trazem produtos diferentes, como por exemplo: o Drone apresentou um nível de detalhamento maior em relação aos outros métodos facilitando o modelamento da imagem e a sua interpretação. A principal vantagem no uso do Drone, é com relação ao tempo de levantamento da área que foi de 19 minutos para realizar e executar o plano de voo. Com o método de pontos de controle em torno de 50 minutos para medição de toda área, fornecendo um resultado melhor, porém ele se torna mais caro pois é necessário utilizar o GPS/RTK para coletar e amarrar os pontos de controle. A vantagem do Drone com ponto de controle em relação ao método do GPS/RTK se dá pelo tempo de levantamento.

O GPS de Navegação é um aparelho mais simples e barato em relação aos outros métodos, e foi verificado que o mesmo consegue atender a precisão. Com o uso desse aparelho foi possível levantar as coordenadas sem maiores informações adicionais. Este é um método que pode servir para levantamentos em pequenas propriedades rurais, viabilizando a prestação deste tipo de serviço. O tempo médio estimado do levantamento da área foi em torno de 4 horas para o levantamento de todas as canchas e 45 minutos para a medição do perímetro total.

O método mais preciso e utilizado como referência para a obtenção e precisão dos tamanhos de canchas foi a medição com o GPS/RTK, porém esse é o método que apresenta o maior custo em função do equipamento, refletindo assim no valor cobrado pelo serviço. Com o GPS/RTK é possível ter um bom detalhamento da área, porém quanto mais informações coletadas, maior também é o tempo de coleta de dados em campo. Para a medição das canchas o tempo médio estimado dos levantamentos foi em torno de 4 horas e 20 minutos e para o levantamento do perímetro total foi de 1 hora e 5 minutos. Considerando a realização do levantamento

para obter a área de plantio para o pequeno produtor, esta técnica não seria muito vantajosa em função do custo.

Conforme as técnicas da engenharia de agrimensura, para identificar quais necessidades do produtor seja para identificação das divisas do terreno, retificação de área, inserção de medidas perimetrais, desmembramento, unificação, CAR (Cadastro Ambiental Rural) entre outras finalidades, em todos os casos se requer alta precisão, recomenda-se fazer o levantamento com o GPS/RTK pois com essa técnica e possível coletar todas essas informações com uma precisão milimétrica.

O valor cobrado para cada método varia pelo tamanho da área a ser levantada. O valor cobrado para o GPS/RTK é aproximadamente 90 reais por hectare. Para o GPS de Navegação o valor é de 35 reais por hectare, o Drone é de 60 reais por hectare e para o drone sem ponto de controle o valor é de 45 reais por hectare.

REFERENCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR/ISO 13.133. **Execução de Levantamento Topográfico**. Rio de Janeiro, 1991. 35 p.
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. **Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- CARVALHO, E. A. D; ARAÚJO, P. C. D. Forma e dimensões da Terra: UNIDIS. Disponível em: http://www.ead.uepb.edu.br/ava/arquivos/cursos/geografia/leituras_cartograficas/Le_Ca_A06_J_GR_260508.pdf. Acesso em: 29 ago. 2019.
- CASACA, J.M; MATOS, J.L de; DIAS, J.M.B. **Topografia geral**. LTC, Rio de Janeiro, 2007. 208p.: 4ed.
- DOUBECK, A. **Topografia**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989, 205p.
- FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. Oficina de Textos, São Paulo. 1995. 160p.
- FONTANA, S.P. **Sistema de posicionamento global GPS a navegação do futuro**. Mercado Aberto, Porto Alegre. 2002. 303p.
- GEMAEL, C. **Introdução a Geodésica Física**. UFPR, Paraná. 2002. 304p.
- IBGE. Censo Demográfico. **MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Rio de Janeiro: 2010.
- MACHADO, T.M, MOLIN, J. P. **Ensaio estáticos e cinemáticos de receptores de GPS**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Piracicaba, SP. v 15. n. 9, Sept. 2011.
- SCHEIBE, L.F; BUSS, M.D; FURTADO, S.M.A. **Atlas ambiental da Bacia do Rio Araranguá: Santa Catarina**. UFSC, Florianópolis. Cidade Futura, 2010. 64p.: II.
- UFBA. **FUNDAMENTOS DE GEODESIA** . Disponível em: <http://www.topografia.ufba.br/fundamentos%20de%20geodesia.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2019.
- VEIGA, L. A. K; ZANETTI, M. A. Z; FAGGION, Pedro Luis. **FUNDAMENTOS DE TOPOGRAFIA**: Disponível em: <http://engenhariaconcursos.com.br/arquivos/Topografia/fundamentos%20de%20topografia.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2019.
- WILLMOTT, C. J. **On the validation of models**. Phys. Geografia., 2, 184-194, 1981.

APÊNDICES

A – RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO DOS DADOS – AGISOFT METASHAPE

B – PLANTA TOPOGRÁFICA – DRONE

C – PLANTA TOPOGRÁFICA – DRONE SEM PONTO DE CONTROLE

D – PLANTA TOPOGRÁFICA – GPS DE NAVEGAÇÃO

E - PLANTA TOPOGRÁFICA – GPS/RTK