



UFAL

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**



CECA

WELLINGTON TAVARES DOS SANTOS

**APLICABILIDADE DE GEOTECNOLOGIAS LIVRES E MAPAS *OFFLINE* COMO  
RECURSO PARA COLETA DE DADOS E APOIO A LOGÍSTICA CANAVIEIRA DA  
USINA CAETÉ S/A NO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DOS CAMPOS - AL**

**RIO LARGO**

**2020**

WELLINGTON TAVARES DOS SANTOS

**APLICABILIDADE DE GEOTECNOLOGIAS LIVRES E MAPAS *OFFLINE* COMO  
RECURSO PARA COLETA DE DADOS E APOIO A LOGÍSTICA CANAVIEIRA DA  
USINA CAETÉ S/A NO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DOS CAMPOS - AL**

Trabalho de conclusão de curso submetido à coordenação do curso de Agronomia, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Costa Falcão Tavares

**RIO LARGO**

**2020**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias**  
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

S237a Santos, Wellington Tavares dos

Aplicabilidade de geotecnologias livres e mapas offline como recurso para a coleta de dados e apoio a logística canavieira da Usina Caeté S/A no município de São Miguel dos Campos – AL.. / Wellington Tavares dos Santos – 2020.

45 f.; il.

Monografia de Graduação em Agronomia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Arthur Costa Falcão Tavares

Inclui bibliografia

1. Geoprocessamento. 2. Geotecnologias. 3. Tomada de decisão.  
I. Título.

CDU: 528

WELLINGTON TAVARES DOS SANTOS

**APLICABILIDADE DE GEOTECNOLOGIAS LIVRES E MAPAS OFFLINE COMO RECURSO PARA COLETA DE DADOS E APOIO A LOGÍSTICA CANAVIEIRA DA USINA CAETÉ S/A NO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DOS CAMPOS - AL**

Trabalho de conclusão de curso submetido à coordenação do curso de Agronomia, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo.

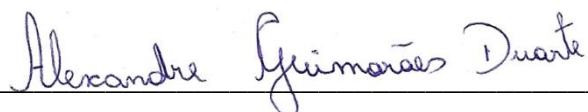
Rio Largo, 12 de novembro de 2020



---

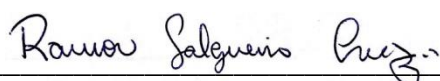
Prof. Dr. Arthur Costa Falcão Tavares  
(Orientador)

**BANCA EXAMINADORA:**



---

Examinador Interno: Prof. Dr. Alexandre Guimarães Duarte



---

Examinador Externo: Prof. MSc. Ramon Salgueiro Cruz

*A todos aqueles que de alguma forma  
contribuíram para a minha formação.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que me concedeu o dom da vida.

A toda minha família, pelo carinho e incentivo durante toda essa jornada.

Ao Prof. Dr. Arthur Costa Falcão Tavares, pela orientação, amizade e dedicação.

A todos os professores do Centro de Ciências Agrárias.

A todos que contribuíram para execução deste trabalho: Obrigado!

## RESUMO

A aplicação do geoprocessamento e geotecnologias livres no suporte a tomada de decisão torna-se cada vez mais comum, principalmente com a utilização de dispositivos móveis. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta através da aplicabilidade de geotecnologias livres e da construção de mapas *offline* para que sirva como recurso auxiliar a tomada de decisão no campo canavieiro. Teve como foco principal verificar a ampliação do poder de decisão em comparação aos métodos tradicionais utilizados. A área de estudo para aplicação da ferramenta desenvolvida foi a Usina Caeté S/A, localizada no município de São Miguel dos Campos - AL. A metodologia foi baseada na aquisição de dados em campo através do GPS presente nos smartphones e na comparação com informações georreferenciadas de limites de imóveis rurais fornecidas através da ferramenta eletrônica (SIGEF) desenvolvida pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Os resultados mostraram que o uso da ferramenta proporcionou um melhor desempenho das atividades em relação aos métodos tradicionais utilizados e que as técnicas não apresentam alta precisão. A implementação se mostrou uma alternativa eficiente para o fim proposto, possibilitando ampliar o poder de decisão.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento. Geotecnologias. Tomada de *decisão*.

## **ABSTRACT**

The application of geoprocessing and free geotechnologies to support decision making is becoming increasingly common, especially with the use of mobile devices. The objective of this work was to develop a tool through the applicability of free geotechnologies and the construction of offline maps to serve as an aid to decision making in the sugarcane field. Its main focus was to verify the expansion of decision-making power in comparison to the traditional methods used. The study area for application of the developed tool was Usina Caeté S/A, located in the municipality of São Miguel dos Campos - AL. The methodology was based on the acquisition of data in the field through the GPS present in smartphones and in the comparison with georeferenced information of rural property limits provided through the electronic tool (SIGEF) developed by the National Institute of Colonization and Agrarian Reform (INCRA). The results showed that the use of the tool provided a better performance of the activities in relation to the traditional methods used and that the techniques are not highly accurate. The implementation proved to be an efficient alternative for the proposed purpose, making it possible to expand the power of decision.

**Keywords:** Geoprocessing. Geotechnologies. Decision making.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo Vetorial e Raster.....	18
Figura 2 – Dados de Referência (A) e Temáticos (B).....	19
Figura 3 – RMSE.....	20
Figura 4 – Procedimento para o cálculo do RMSEr .....	20
Figura 5 – Tela inicial do aplicativo Mobile Topographer Pro (A) e Recursos do aplicativo Mobile Topographer Pro (B).....	25
Figura 6 – Versão de longa duração do software QGIS.....	27
Figura 7 – Recursos do plugin QuickMApServices .....	27
Figura 8 – Acesso ao plugin QTiles no software QGIS .....	28
Figura 9 – Aplicativo SW Maps disponível na Play Store (A), Interface inicial de visualização do SW Maps (B) e Gaveta de navegação (C).....	28
Figura 10 – Acesso ao complemento qgis2web no software QGIS.....	29
Figura 11 – Mapa de localização da área de estudo.....	31
Figura 12 – Fluxograma metodológico .....	33
Figura 13 – Mapas carregados no aplicativo SW Maps (A), Fazenda Tomada (B), Fazenda Conceição (C) e Fazenda Riachão (D).....	36
Figura 14 – Fazenda Utinga no Galaxy J2 Prime (A) e no Redmi Note 7 (B) .....	37
Figura 15 – Formatos para exportação no SW Maps (A), Atributos coletados (B) e Mapa da Fazenda Conceição em ".PDF" (C).....	38
Figura 16 – Lista com áreas georreferenciadas .....	39
Figura 17 – Fazenda São José (A), Plateia (B), Utinga (C) e Tomada (D).....	39
Figura 18 – Fazenda Cana Brava (A) e Conceição (B) .....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de enquadramento dos produtos cartográficos.....	20
Tabela 2 – Pontos coletados para teste .....	40
Tabela 3 – Pontos coletados como parâmetro de precisão .....	40
Tabela 4 – Valores do EP verificado a partir dos pontos coletados .....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DSG	Diretoria do Serviço Geográfico
EP	Erro Padrão
EQM	Erro Quadrático Médio
ET-ADGV	Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais
GNSS	Global Navigation Satellite System
GNU	Sistema Operacional Tipo Unix
GPL	General Public Licence
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
NASA	National Aeronautics And Space Administration
ONLT	Observatório Nacional de Transporte e Logística
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfica
PEC-PCD	Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos da Cartografia Digital
QGIS	Quantum Gis
RMSE	Root Mean Square Error
SIGEF	Sistema de Gestão Fundiária
SIGs	Sistemas de Informações Geográficas
USGS	United States Geological Survey

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
2.1 GEOPROCESSAMENTO .....	14
2.1.1 PRINCIPAIS COMPONENTES DO GEOPROCESSAMENTO .....	15
2.1.1.1 INFORMÁTICA .....	15
2.1.1.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIGs) .....	15
2.1.1.3 SENSORIAMENTO REMOTO .....	16
2.1.1.4 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS) .....	16
2.1.1.5 CARTOGRAFIA DIGITAL .....	17
2.1.1.6 TOPOGRAFIA E LEVANTAMENTOS DE CAMPO .....	21
2.1.1.7 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS .....	21
2.1.1.8 PROFISSIONAL CAPACITADO .....	21
2.2 GEOTECNOLOGIAS .....	22
2.3 TOMADA DE DECISÃO .....	23
2.4 SOFTWARES E PLUGINS UTILIZADOS .....	25
2.4.1 MOBILE TOPOGRAPHER .....	25
2.4.2 SOFTWARE QGIS .....	26
2.4.3 PLUGIN QUICKMAPSERVICES .....	27
2.4.4 PLUGIN QTILES .....	27
2.4.5 APLICATIVO SW MAPS .....	28
2.4.6 PLUGIN QGIS2WEB .....	29
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	30
3.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	30
3.2 RECURSOS MATERIAIS .....	32
3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	33
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	36
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	42
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	43

## 1 INTRODUÇÃO

É comum que o ser humano esteja inserido em situações em que é preciso decidir. Na maioria das vezes tais decisões são triviais, portanto, necessitam de pouca reflexão e tempo. No entanto, quando as consequências resultantes são importantes e não há informações necessárias ou capacidade de análise suficiente para oferecer um conjunto de alternativas capaz de conduzir a uma certeza sobre o que deve ser feito, então há um problema de decisão. Decidir em situações de incertezas que envolvem riscos elevados exige reflexão sobre as alternativas possíveis de ação e sobre suas consequências potenciais (CONTINI; *et al.*, 1984).

Ainda de acordo com os autores referidos, o avanço tecnológico trouxe com a disponibilidade dos computadores a possibilidade de análise de um grande número de alternativas, promovendo um alargamento do horizonte de possibilidades de análise e conferindo poder de decisão de forma mais eficiente, principalmente quando aliado ao geoprocessamento.

A dinâmica presente no sistema agrícola carrega consigo a necessidade da tomada de decisão de forma eficiente mediante a reflexão acerca de diversas variáveis, portanto necessitando de recursos tecnológicos que possam auxiliar no planejamento, na gestão, e na tomada de decisão a partir da análise do maior número de informações disponíveis possíveis. Além disso, quando as informações são organizadas e devidamente analisadas conduzem ao conjunto ótimo de alternativas para tomada de decisão (MASSRUHÁ, 2018).

Nesse sentido, o autor citado afirma que o surgimento de equipamentos que permitem grande mobilidade, como os smartphones, junto a interoperabilidade, tem permitido a obtenção de um poderoso recurso para o acesso e compartilhamento de informações quando trabalhado em conjunto com as geotecnologias, conferindo maior poder de análise e decisão no campo. Entretanto, um dos grandes desafios enfrentados no uso destas tecnologias ainda é a questão da conectividade destes equipamentos. É fundamental a disponibilidade de internet para o funcionamento dessas ferramentas e instrumentos de inovação.

A eventual falta de conectividade, portanto, constitui-se como um fator impeditivo para aplicação destas ferramentas e instrumentos de inovação?

Diante disso, existe o desafio de encontrar formas para uso destas tecnologias de modo a contornarem esta problemática.

Assim, esse trabalho busca avaliar a aplicabilidade de geotecnologias livres e mapas *offline* através do desenvolvimento de uma ferramenta que sirva como recurso para coleta de dados e apoio a logística canavieira da Usina Caeté S/A, localizada no município de São Miguel dos Campos - AL.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 GEOPROCESSAMENTO

Segundo Câmara, Davis e Monteiro (2001), a obtenção de dados acerca da distribuição espacial dos recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi considerado um elemento de grande importância para as atividades de uma sociedade organizada. Não muito distante, havia uma grande dificuldade na realização de uma análise que combinasse dados e mapas diversos, devido ao fato de a possibilidade de realização destes procedimentos serem efetuados apenas em documentos e mapas em papel. O avanço tecnológico trouxe com o desenvolvimento da tecnologia da Informática, na segunda metade deste século, a possibilidade de armazenamento e representação de diversas informações em ambiente computacional, o que possibilitou o surgimento do Geoprocessamento.

De acordo com Piroli (2010), o termo Geoprocessamento pode ser separado em geo (terra - superfície - espaço) e processamento (de informações - informática). Desta forma, pode ser definido como um ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas utilizando aplicativos (normalmente SIGs), equipamentos (computadores e periféricos), dados de diversas fontes e profissionais especializados. Este conjunto deve permitir a manipulação, avaliação e geração de produtos (geralmente cartográficos), relacionados principalmente à localização de informações sobre a superfície da terra, integrando uma série de conhecimentos específicos que possibilitam quando unidos, o desenvolvimento de várias atividades em diversas áreas do conhecimento.

No Brasil, é predominante a carência de informações adequadas para tomada de decisão sobre diversos problemas urbanos, rurais e ambientais. O geoprocessamento apresenta um enorme potencial para sanar esta lacuna, principalmente se baseado em tecnologias livres ou de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001).

## 2.1.1 PRINCIPAIS COMPONENTES DO GEOPROCESSAMENTO

### 2.1.1.1 INFORMÁTICA

O desenvolvimento das geotecnologias foi possível graças a evolução da informática, pois esta está baseada nos Hardware - computadores e periféricos e nos Software - aplicativos que fornecem os elementos necessários para tratar as informações geográficas. Estes possibilitam que grandes volumes de dados presentes em projetos desenvolvidos em geoprocessamento sejam trabalhados, proporcionando ganho de tempo em rotinas que poderiam tomar muito tempo quando realizadas pelos homens. Desse modo, se tornam imprescindíveis nas análises geográficas (PIROLI, 2010).

### 2.1.1.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIGs)

Conforme Piroli (2010), os SIGs são sistemas de informações destinados a trabalhar com dados referenciados a coordenadas espaciais. São normalmente constituídos por programas e processos de análise, que tem como característica principal, relacionar uma informação de interesse com sua localização espacial. Estes aplicativos permitem a manipulação de dados geograficamente referenciados e seus respectivos atributos e a integração desses dados em diversas operações de análise geográfica. Os SIGs podem ser usados como ferramenta para produção de mapas, geração e visualização de dados espaciais, como suporte para análise espacial de fenômenos, para a combinação de informações espaciais e como bancos de dados geográficos, para armazenamento e recuperação de informações espaciais.

As vantagens mais comuns quanto a utilização do SIG são que os dados, uma vez disponíveis no sistema, podem ser manipulados com rapidez possibilitando distintas análises de forma mais eficiente através da utilização de ferramentas matemáticas e estatísticas sofisticadas. Além disso, o SIG possibilita processos de tomada de decisão, facilidade na atualização dos dados e maior rapidez na produção de mapas (HAMADA e GONÇALVES, 2007)



### 2.1.1.3 SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto pode ser definido como a medição ou aquisição de informação de alguma propriedade de um objeto ou fenômeno, por um dispositivo de registro que não esteja em contato físico ou íntimo com o objeto ou fenômeno em estudo (JENSEN, 2011).

De acordo com Piroli (2010), tais informações podem ser coletadas em determinados intervalos de tempo e de espaço por sensores localizados em órbitas ao redor do planeta (orbital) ou por equipamentos aerotransportados não localizados em órbitas (Sub-orbital). Neste caso, destacam-se os sensores aerotransportados por aviões, balões, ou veículos aéreos não tripulados.

Atualmente, há uma grande diversidade de fontes possíveis para aquisição de informações coletadas por sensores orbitais. Tais informações podem ser adquiridas em diferentes níveis de tratamento e resolução (espacial, espectral, radiométrica, temporal) de forma totalmente gratuita e através de plataformas específicas como por exemplo, o *Google Earth Engine* (VALE, 2019).

### 2.1.1.4 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS)

GPS é a abreviatura de NAVSTAR GPS (NAVSTAR GPS - *NAVigation System With Time And Ranging Global Positioning System*). Trata-se de um sistema de rádio-navegação baseado em satélites desenvolvido e controlado pelo departamento de defesa dos Estados Unidos da América, e que permite a qualquer usuário saber a sua localização, navegação e tempo, 24 horas por dia, sob quaisquer condições atmosféricas e em qualquer ponto do globo terrestre (ROSA, 2013).

O programa foi desenvolvido inicialmente para fim militar, sendo posteriormente aberto para o uso civil a partir da década de 80. Todos os seus satélites são equipados com relógios atômicos, permitindo assim perfeita sincronização da hora do sistema. A partir desses dados o receptor é capaz de avaliar o lapso entre emissão e recepção do sinal fornecendo o posicionamento preciso do usuário por meio do processo de trilateração, permitindo a partir do segmento espacial, de controle e usuário, obter seu posicionamento, velocidade e

direção de deslocamento. Para uso civil, os erros variam de 05 a 15 metros aproximadamente (EMBRAPA TERRITORIAL, 2020).

Embora os satélites GPS transmitam seus sinais no espaço com uma certa precisão, o sinal recebido pelo usuário final depende de outros fatores, como geometria do satélite, bloqueio de sinal, condições atmosféricas, recursos e qualidade do projeto do receptor. Smartphones habilitados para GPS têm normalmente uma precisão de 4,9 m de raio sob céu aberto, contudo, sua precisão piora perto de edifícios, pontes e árvores. A usabilidade desta tecnologia incorre em diversas possibilidades, como aplicações na agricultura, aviação, meio ambiente, navegação marítima, segurança pública e assistência em desastres, lazer, estradas e rodovias, topografia e mapeamento, entre outros (GPS.GOV, 2020).

É importante salientar que a evolução natural do já popular sistema de posicionamento americano GPS, originou vários outros sistemas globais de navegação GNSS. O Sistema Global de Navegação por Satélite – ou GNSS, sigla em inglês para *Global Navigation Satellite System*, é constituído além do sistema GPS pelo sistema russo GLONAS, europeu GALILEO e chinês BEIDOU. Através destes vários sistemas de satélites, melhora-se a geometria das constelações e disponibilidade de sinal, garantindo assim uma maior integridade e confiança aos usuários do sistema (SANTIAGO e CINTRA, 2018).

Segundo Piroli (2010), os aparelhos GPS permitiram grandes avanços relativos às formas de mapeamento da superfície da terra, uma vez que possibilitaram a automatização da coleta de informações, melhorando e acelerando os processos de análises de áreas.

#### 2.1.1.5 CARTOGRAFIA DIGITAL

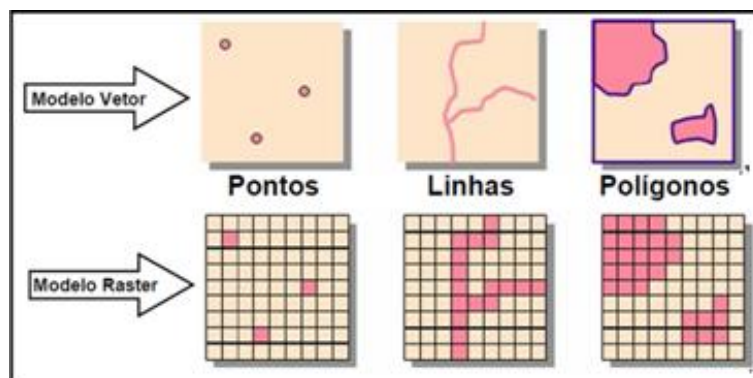
A cartografia pode ser entendida como a representação geométrica plana, simplificada e convencional de toda a superfície terrestre ou de parte desta, apresentada através de mapas, cartas ou plantas. Por meio desta, é possível obter a representação espacial de um levantamento, retratando a sua dimensão territorial e proporcionando uma maior compreensão do mesmo. Apresentando uma característica dinâmica, atualmente faz uso de modernos softwares gráficos, sendo

enriquecida pela contribuição de diversos mapas digitais e imagens de satélites disponibilizados gratuitamente na internet (IBGE, 2020).

Dentre as funções básicas da cartografia digital tem-se: a entrada, edição e manipulação de dados, operações básicas de desenho, visualização de diagramas, suporte para projeções cartográficas e transformações de coordenadas, medição de distâncias entre dois pontos levando em conta a curvatura da Terra, apresentação de cartogramas variados, cálculo de área e perímetro, posicionamento de feições através de entrada de coordenadas pelo teclado, posicionamento de elementos em níveis lógicos, associação de atributos aos elementos cartográficos, facilidade de manipulação de dados, elaboração de grades de coordenadas e simbologia (SANTOS, 2016).

Segundo o autor citado, a estruturação de dados em cartografia digital consiste em dois modelos distintos, conforme é apresentado na Figura 1:

**Figura 1 – Modelo Vetorial e Raster**



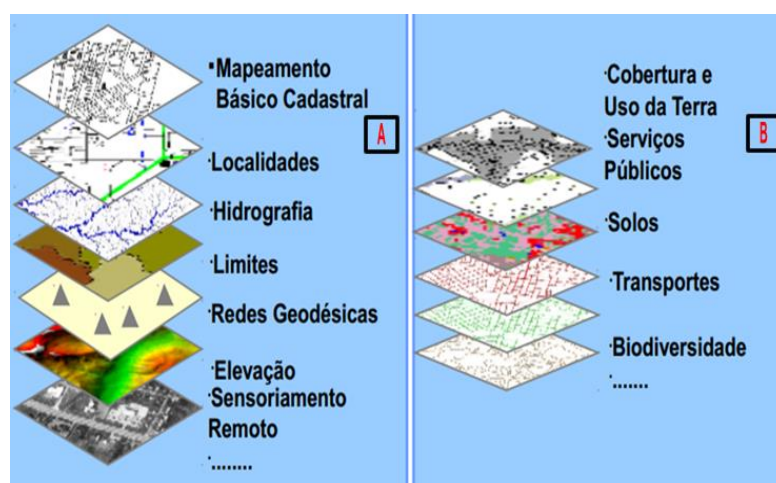
Fonte: Santos (2016)

O modelo vetor consiste em elementos de dados que permitem descrever posição e direção. Trata-se de uma representação gráfica de feições como mapa, sem o efeito de generalização de uma grade matricial. As linhas são analógicas, não são quebradas em células ou em fragmentos, são contínuas do seu início ao seu final. Além disso, apresenta maior simplicidade, facilidade para a visualização e representação mais acurada do que o modelo matricial. Já no modelo raster (formato matricial), a cena tem uma estrutura de células de grade. A cada célula da grade uma identidade de feição única é atribuída, normalmente um número ou um rótulo textual. A célula é a unidade mínima de mapeamento, logo é o menor

tamanho com que uma feição pode ser representada e mostrada. Neste caso, ocorre uma generalização das feições (DAVIS, 2001).

Para Piroli (2010), atualmente há diversos mapas disponíveis em formato analógico, os quais podem ser convertidos em formato digital. Nesse sentido, a transformação dos mapas e cartas em imagens, ofertam valiosas informações para o geoprocessamento (Figura 2).

**Figura 2 – Dados de Referência (A) e Temáticos (B)**



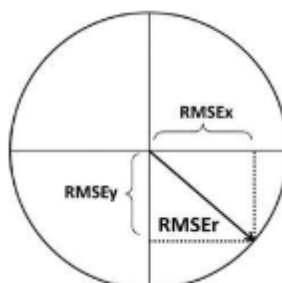
Fonte: Santos (2016)

Um outro fator importante com relação a cartografia é a possibilidade de mensuração da acurácia posicional de dados geoespaciais. A acurácia posicional tem seu valor calculado a partir de um conjunto de pontos de controle e reflete a estimativa de erro de posicionamento (planimétrico e/ou altimétrico) associado aos dados. No Brasil, é mensurada a partir do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica, conforme Decreto 89817/84) ou do PEC-PCD (Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos da Cartografia Digital, segundo a ET-ADGV da DSG-Diretoria do Serviço Geográfico (2016) e, do EP (Erro Padrão). Segundo o Decreto 89817/84, o PEC é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade e correspondente a 1,6449 vezes o valor do erro padrão (EP), sinônimo dos termos: Desvio Padrão e Erro Médio Quadrático (SAMPAIO e BRANDALIZE, 2018).

De acordo com os autores citados, o EMQ ou EQM (Erro Quadrático Médio) fornece a média dos quadrados dos erros observados entre os valores observados e os de referência. Contudo, a raiz quadrada do EMQ, em inglês, RMSE (*Root Mean Square Error*), é o valor mais utilizado pelas normas internacionais para estimar a

acurácia posicional. A interpretação geométrica do RMSE é apresentada a seguir (Figura 3).

Figura 3 – RMSE



Fonte: Sampaio e Brandalize (2018)

Os autores referidos, propõem uma metodologia para o cálculo do RMSE (Figura 4) e consideram que dependendo dos padrões de exatidão observados, os produtos cartográficos podem ser enquadrados em diferentes classes (Tabela 1).

Figura 4 – Procedimento para o cálculo do RMSEr

	Pontos da base a ser testada (t)		Pontos de referência (r)		RMSE <sub>x</sub>	RMSE <sub>y</sub>
	Coord. X <sub>t</sub>	Coord. Y <sub>t</sub>	Coord. X <sub>r</sub>	Coord. Y <sub>r</sub>	$(X_t - X_r)^2$	$(Y_t - Y_r)^2$
Ponto 1	X <sub>t1</sub>	Y <sub>t1</sub>	X <sub>r1</sub>	Y <sub>r1</sub>	$(X_{t1} - X_{r1})^2$	$(Y_{t1} - Y_{r1})^2$
Ponto ...	...	...	...	...	...	...
Ponto n	X <sub>tn</sub>	Y <sub>tn</sub>	X <sub>rn</sub>	Y <sub>rn</sub>	$(X_{tn} - X_{rn})^2$	$(Y_{tn} - Y_{rn})^2$
					RMSE <sub>x</sub> → $\sqrt{(\Sigma / n)}$	$\sqrt{(\Sigma / n)}$ ← RMSE <sub>y</sub>
					<b>RMSE<sub>r</sub> = <math>\sqrt{((RMSE_x)^2 + ((RMSE_y)^2)}</math></b>	

Fonte: Sampaio e Brandalize (2018)

Tabela 1 – Classes de enquadramento dos produtos cartográficos

PEC <sup>(1)</sup>	PEC - PCD	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000		1:25.000		1:50.000		1:100.000		1:250.000	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
-	A <sup>(2)</sup>	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70	7,00	4,25	14,00	8,51	28,00	17,02	70,00	42,55
A	B <sup>(3)</sup>	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00	12,50	7,50	25,00	15,00	50,00	30,00	125,00	75,00
B	C <sup>(3)</sup>	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00	20,00	12,50	40,00	25,00	80,00	50,00	200,00	125,00
C	D <sup>(3)</sup>	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	25,00	15,00	50,00	30,00	100,00	60,00	250,00	150,00

Fonte: Google (2020)

#### 2.1.1.6 TOPOGRAFIA E LEVANTAMENTOS DE CAMPO

Apesar da evolução tecnológica e da grande diversidade de fonte de dados disponíveis, a complementação e verificação de informações no campo ainda é parte integrante no desenvolvimento de projetos que envolvem o geoprocessamento. Embora seja vasto o leque de possibilidades para aquisição de imagens de satélite, as imagens de alta resolução ainda representam um custo oneroso, e assim acabam por induzir a utilização das técnicas de topografia como solução para levantamentos de informações com a qualidade desejada (PIROLI, 2010).

#### 2.1.1.7 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Definido como um conjunto de técnicas voltadas para a análise de dados multidimensionais, adquiridos por diversos tipos de sensores, trata-se da manipulação de uma imagem por computador onde a entrada e a saída do processo são imagens (FILHO e NETO, 1999).

Conforme os autores citados, o mesmo é usado para melhoria do aspecto visual de determinadas feições fornecendo subsídios para sua interpretação e produtos para posterior processamento. Abrangendo diversas áreas e fazendo uso de materiais provenientes de diversas fontes permite uma análise acerca das variadas regiões do espectro eletromagnético possibilitando a integração de diversos tipos de dados georreferenciados.

#### 2.1.1.8 PROFISSIONAL CAPACITADO

Segundo Piroli (2010), o profissional especializado dotado de domínio e compreensão do conjunto de ferramentas e tecnologias apresentados anteriormente é um elemento extremamente importante ao geoprocessamento. A sua capacidade de aplicar os recursos tecnológicos disponíveis e integrar a usabilidade de distintas metodologias de forma coerente é que irão proporcionar resultados satisfatórios no trabalho desenvolvido.

## 2.2 GEOTECNOLOGIAS

As Geotecnologias são um conjunto de tecnologias utilizadas para realizar a coleta, o processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica de uma determinada localidade. O termo é utilizado para designar todas as etapas que envolvem o uso e a análise espacial de dados geográficos, assim como o compartilhamento dessas informações. A importância destas tecnologias se dá em função do auxílio prestado para tomada de decisão de forma mais eficiente, podendo ser utilizadas em diversas aplicações, como cadastro municipal e rural, meio ambiente, obras de saneamento, distribuição de energia elétrica, etc (SANTIAGO e CINTRA, 2017).

O conhecimento da distribuição espacial dos componentes de uma região, permitem organizar as ações relacionadas ao processo de planejamento visando melhorar a qualidade das decisões. O uso das geotecnologias se revela como um potencial recurso para a coleta de dados de uma área, edição de mapas digitais complexos e o cruzamento de informações espaciais. A associação da matemática, computação e ciência geográfica proporcionam rapidez e facilidade na realização de muitas tarefas (SANTOS; *et al.*, 2015).

Um dos softwares que pode auxiliar na obtenção dos dados referentes as tarefas do planejamento rural é o *Google Earth*, que disponibiliza imagens de satélites de alta resolução gratuitamente. O *Google Earth* apresenta-se como uma ferramenta revolucionária na contemporaneidade, pela disponibilização de produtos cartográficos de forma gratuita, possibilitando a visualização de diferentes partes do globo por meio de imagens de satélites georreferenciadas, geração de mapas e coleta de dados para posterior processamento, o que o torna uma ferramenta auxiliar extremamente importante na obtenção de informações com referência geográfica (OLIVEIRA; *et al.*, 2009).

A ferramenta *Google Earth* possibilita através de um globo terrestre virtual formado pela super imposição de imagens de satélite, sobre o modelo digital de elevação da superfície terrestre, a visualização de diversos locais do planeta através de imagens de satélite com alta resolução espacial. A base de dados do *Google Earth* pode ser utilizada com segurança em uma escala menor ou igual a 1:30.000 (imagens) e 1:25.000 (mapas). Embora constatadas tais limitações, é uma

ferramenta poderosa para uma localização básica e quando utilizado por profissionais qualificados, pode ser uma ferramenta importante para obtenção e atualização de bases cartográficas, desde que se conheça a limitação do dado gerado na interpretação das imagens utilizadas. (SOARES; RUARO; AGUIAR, 2010).

A agricultura de precisão é um dos grandes responsáveis pela inserção de novas tecnologias aos sistemas de produção agrícola. O computador de mão já se caracteriza como um equipamento consolidado na agricultura de precisão em função de algumas características favoráveis como posicionamento via satélite, robustez física, comunicação sem fio e elementos sensores variados. Por outro lado, com a crescente evolução dos dispositivos móveis, os smartphones tem adquirido espaço neste cenário, principalmente pelo fato de possibilitar agregar tecnologias cada vez mais sofisticadas (PAULA, 2013).

Ainda de acordo com o autor citado, é cada vez maior o número de ferramentas desenvolvidas para estes dispositivos com o propósito de auxiliar diversos tipos de usuários nas mais variadas tarefas dentro do ambiente agrícola. O smartphone ou telefone inteligente é um telefone com funcionalidades avançadas e que podem ser estendidas por meio de programas executados no seu sistema operacional. O sistema operacional aberto destes dispositivos permite o desenvolvimento de implementações que podem ser incorporadas ao mesmo. O sistema operacional presente em muitos smartphones é o *Android*, o qual dispõe de novas versões atualizadas lançadas continuamente.

Para Paula (2013), um dos principais obstáculos quanto ao uso destas tecnologias dentro dos sistemas agrícolas é a necessidade de conexão com internet. Porém, a possibilidade de incorporação de ferramentas para trabalho *offline* no sistema Android, tem permitido a utilização de diversos aplicativos em ambientes agrícolas.

### 2.3 TOMADA DE DECISÃO

A planejamento estratégico da propriedade rural constitui-se um elemento de fundamental importância para o sucesso da mesma. O uso de ferramentas que possibilitem um melhoramento administrativo, auxiliando no processo de



planejamento e tomada de decisão é de suma importância em qualquer empresa (SANTANA; *et al.*, 2017).

O autor referido considera que o planejamento pode ser definido como um processo para alcançar uma situação futura, combinando eficiência, eficácia e efetividade, por meio da concentração de esforços e recursos da empresa. O planejamento não diz respeito a decisões futuras, mas sim às implicações futuras de decisões tomadas no presente. Assim, pode-se dizer que é um processo sistemático e constante de tomada de decisões, cujos efeitos e consequências se revelam no futuro.

Quando as decisões são simples há necessidade de pouca reflexão e tempo. Contudo, sempre que as consequências resultantes são importantes e não há disponibilidade de informações ou capacidade de análise suficiente para estabelecer um conjunto de alternativas eficaz, surge um problema de tomada de decisão. Situações de incertezas que envolvem grandes riscos exigem maior reflexão acerca das alternativas possíveis de ação e sobre suas consequências potenciais (CONTINI; *et al.*, 1984).

Alguns dos grandes desafios enfrentados pelas empresas atualmente são a redução de custos, e consequente, a ampliação de lucros. Atividades logísticas possuem efeito relevante no sistema de produção agrícola. Atividades de planejamento que possam apoiar a redução de custos operacionais são fundamentais neste cenário (XAVIER, 2016).

O uso da localização espacial através dos dispositivos smartphones possibilita diversas aplicações, como navegação de trânsito, sistema de informações, e serviços de geomarketing como é o caso dos aplicativos Waze, Uber, entre outros (SANTANA; *et al.*, 2017).

O avanço tecnológico, possibilita trabalhar com um grande número de informações, promovendo maiores possibilidades de análise e ampliando o poder de tomada de decisão. (CONTINI; *et al.*, 1984).

O sistema de produção agrícola demanda da necessidade da tomada de decisão de forma eficiente, mediante a reflexão acerca de diversas variáveis envolvidas no processo de gestão. Os recursos tecnológicos podem auxiliar no

planejamento e gestão ofertando um conjunto de informações para obtenção de alternativas visando maximizar a tomada de decisão (MASSRUHÁ, 2018).

A obtenção de informações detalhadas e precisas sobre o espaço geográfico é uma condição necessária para as atividades de planejamento e tomada de decisão (VALE, 2019).

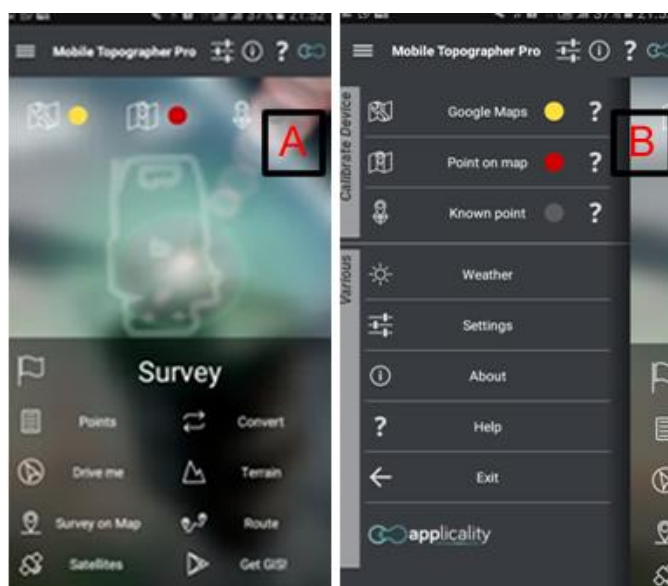
## 2.4 SOFTWARES E PLUGINS UTILIZADOS

### 2.4.1 MOBILE TOPOGRAPHER

O Mobile Topographer é um aplicativo inovador, muito útil para a coleta de informações em campo (pontos). A partir dele, é possível delimitar e identificar áreas e locais de interesse. O aplicativo possui a versão *PRO* e a versão *FREE*, contudo esta última não apresenta as funcionalidades Terrain, Survey on Map e Route, presentes na versão PRO (APPLICABILITY, 2020a).

Sua tela inicial apresenta oito funções, são elas: Survey, Points, Convert, Drive me, Terrain, Survey on Map, Route e Satellites. No lado esquerdo da tela há três barras que permitem acessar outros recursos (Figura 5).

**Figura 5 – Tela inicial do aplicativo Mobile Topographer Pro (A) e Recursos do aplicativo Mobile Topographer Pro (B)**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

As principais funções e recursos do aplicativo são: aumento da precisão do GPS, exibição e conversão de coordenadas geodésicas em cartesianas, listagem

dos satélites disponíveis, suporte para várias unidades, cálculo de área e altura, Drive me, projeção no mapa, armazenamento de vários pontos, exportação de dados em diversos formatos, envio de arquivos por e-mail e carregamento em nuvem (APPLICABILITY, 2020b).

#### 2.4.2 SOFTWARE QGIS

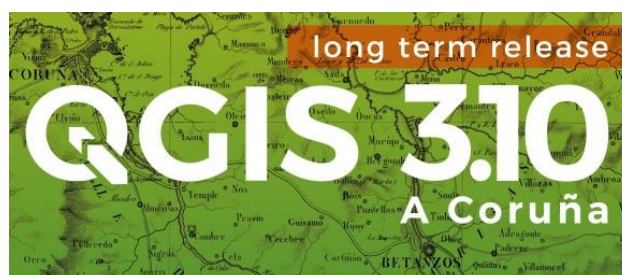
Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema computacional capaz de capturar, armazenar, consultar, manipular, analisar e imprimir dados referenciados espacialmente em relação a superfície da terra (MAGUIRE; GOODCHILD; RHIND, 1991).

O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica Open Source. Seu projeto nasceu em maio do ano de 2002 estabelecendo-se como um projeto no SourceForge (repositório de código fonte baseado em Web que atua como um centro para desenvolvedores gerenciarem projetos livres e de código aberto colaborativamente) em meados do mesmo ano. Atualmente, é executado na maioria das plataformas disponíveis, como: Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android. Além disso, é desenvolvido usando o kit de ferramentas Qt, um framework multiplataforma para desenvolvimento de interfaces gráficas em C++ criado pela empresa norueguesa Trolltech. Possui uma interface gráfica de usuário agradável e de fácil uso (QGIS PROJECT, 2020).

Segundo a fonte citada, este software tem por objetivo ofertar um GIS amigável, fornecendo funções e recursos comuns. Inicialmente pretendia-se fornecer apenas um visualizador de dados GIS, porém atingiu em sua evolução uso para as necessidades diárias de visualização, captura, análise e apresentações de mapas, atlas e relatórios de forma bem sofisticada. Outro ponto importante do QGIS é que suporta grande variedade de formato de dados raster e vetoriais, além de possibilitar a inclusão de novos formatos através da arquitetura de plugins sob o qual foi projetado, permitindo a incorporação de novos recursos e funções ao aplicativo.

Ainda de acordo com a fonte referida, O QGIS (Figura 6) é lançado sob a GNU General Public License (GPL). O seu desenvolvimento sob esta licença significa liberdade na modificação do código-fonte e garante que o usuário sempre tenha acesso a um programa GIS gratuito e que pode ser modificado livremente.

**Figura 6 – Versão de longa duração do software QGIS**



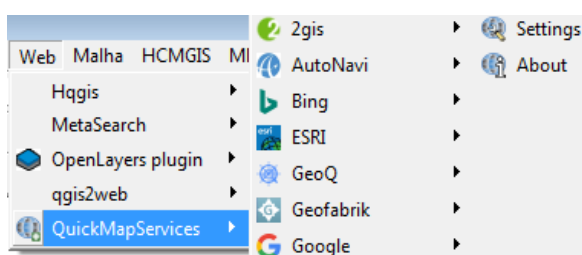
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

### 2.4.3 PLUGIN QUICKMAPSERVICES

O plugin QuickMapServices possibilita adicionar uma ou mais camadas web (mapas online) a um projeto do QGIS. Essas camadas são provenientes de diversos servidores de base maps, tais como: Esri, Google Earth, Google Maps, OpenStreetMap, Bing, NASA, USGS, entre outros. (NEXTGIS, 2020).

Conforme a fonte citada, o acesso ao complemento é possível apenas após a sua instalação, através do gerenciador de plugins do próprio QGIS. Uma vez instalado, o complemento pode ser acessado através do menu "WEB" do QGIS, porém, com apenas alguns dos seus recursos disponíveis. Para habilitar as demais funcionalidades é necessário acessar a guia configurações (Figura 7).

**Figura 7 – Recursos do plugin QuickMapServices**

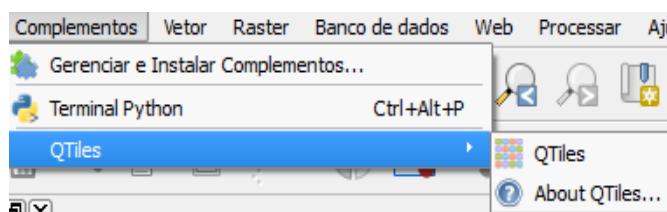


Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

### 2.4.4 PLUGIN QTILES

Esse plugin (Figura 8) é capaz de gerar blocos raster do projeto QGIS para níveis de zoom selecionados e convenção de nomenclatura de blocos. Ele também pode empacotar blocos para uma variedade de formatos e aplicativos: NextGIS Mobile, GeoPaparazzi, visualizador simples baseado em folheto, entre outros (BRUY, 2015).

**Figura 8 – Acesso ao plugin QTiles no software QGIS**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

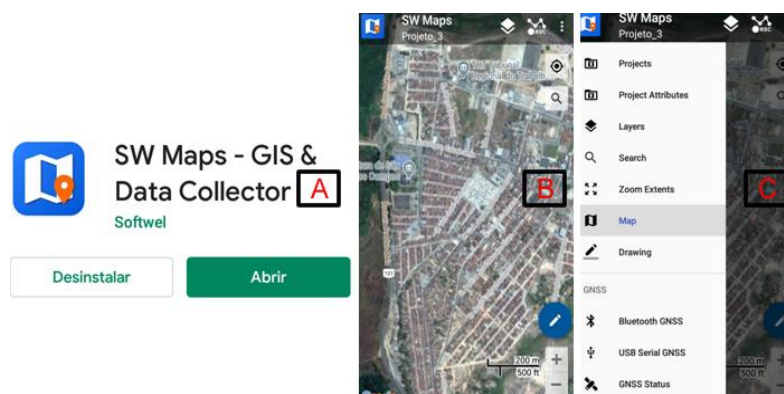
#### 2.4.5 APLICATIVO SW MAPS

O SW Maps é um aplicativo GIS gratuito que permite coletar, apresentar e compartilhar informações geográficas em dispositivos móveis como smartphones e tablets (SOFTWEL, 2020).

Segundo a fonte referida, os principais recursos do SW Maps, são: mapas de base online, suporte para vários arquivos e sobreposições KML, camadas vetoriais, múltiplas camadas e feições, diversos tipos de atributos, salvar como modelo para reutilização ou compartilhamento, gravar trilhas, importar camadas de feições de modelos ou projetos existentes, compartilhar ou exportar dados coletados como KMZ ou como Shapefiles e conectar-se com receptores GPS externos através de Bluetooth. Deslizando a tela do aplicativo da esquerda para a direita é possível acessar a gaveta de navegação, contendo uma lista com todos os recursos disponíveis do software SW Maps.

Atualmente o SW Maps está disponível na versão 2.6.10 para dispositivos com sistema Android 4.0.3 ou superior e encontra-se acessível para download na plataforma Google Play Store (Figura 9).

**Figura 9 – Aplicativo SW Maps disponível na Play Store (A), Interface inicial de visualização do SW Maps (B) e Gaveta de navegação (C)**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

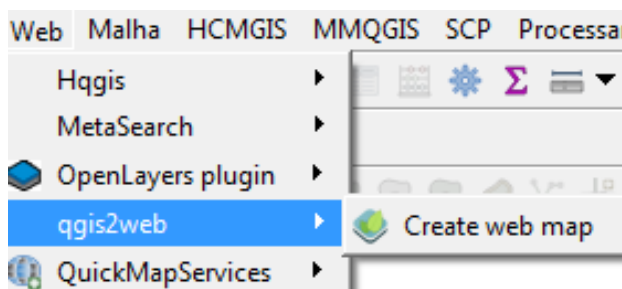
#### 2.4.6 PLUGIN QGIS2WEB

O complemento qgis2web permite gerar um mapa da web a partir de um projeto do QGIS e exportá-lo como OpenLayers, Leaflet ou Mapbox GL JS. Ele replica tantos aspectos do projeto quanto possível, incluindo camadas, estilos (incluindo categorizados e graduados) e extensão. Nenhum software do lado do servidor é necessário (CHADWIN, 2018).

De acordo com Chadwin (2018), este complemento não é nativo do QGIS, logo precisa ser instalado através do gerenciador de complementos para posterior uso. Para iniciar o plugin, basta acessar a aba "WEB" e em qgis2web selecionar "Create web map". Ao iniciar o qgis2web pela primeira vez é mostrada uma prévia do mapa do projeto na caixa de diálogo do plugin. Essa visualização só é alterada quando o formato de saída é alternado entre OpenLayers e Leaflet.

O acesso ao complemento é apresentado na Figura 10.

**Figura 10 – Acesso ao complemento qgis2web no software QGIS**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Usina Caeté S/A, Matriz, localizada em São Miguel dos Campos, Alagoas, foi a primeira unidade industrial adquirida pelo Grupo Carlos Lyra em 1965. Investindo nas mais avançadas técnicas de produção, nas suas atividades de produção de açúcar, etanol e outros derivados da cana-de-açúcar, o Grupo Carlos Lyra fez da Matriz uma usina modelo. A lavoura canavieira da Usina Caeté S/A possui entre suas avançadas tecnologias de produção a colheita mecanizada, com as estações de transbordo, sistemas lineares de irrigação, fertirrigação com vinhaça/caminhão, desde 1993, além de um sistema de manejo de solo, com uso criterioso de fertilizantes (GRUPO CARLOS LYRA, 2020).

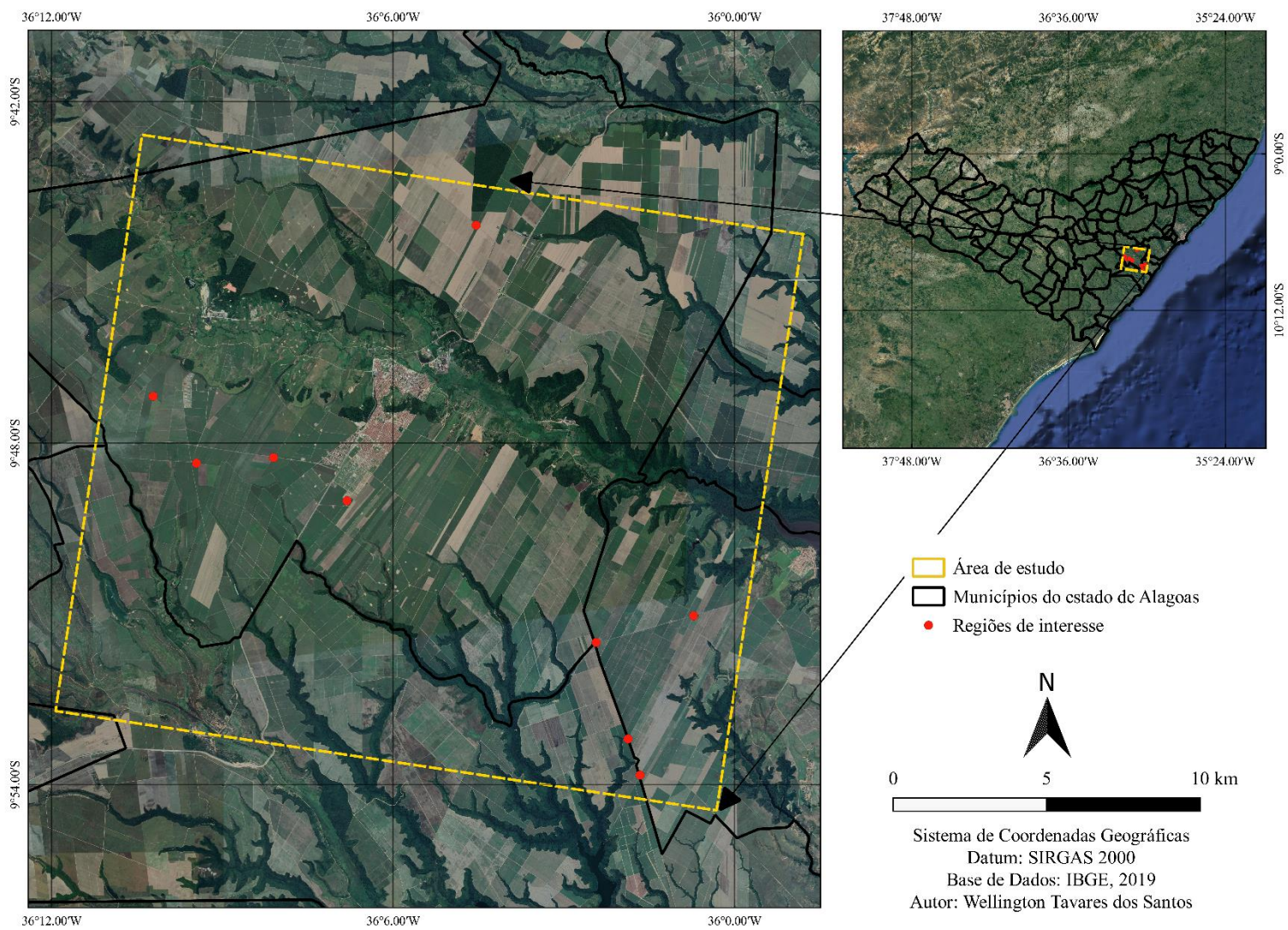
O município de São Miguel dos Campos está compreendido entre as coordenadas 09° 40' 24.6" e 09° 52' 58.8" de latitude S e 35° 59' 14.6" e 36° 14' 58.08" de longitude O. Localizado na região sudeste do Estado de Alagoas, está inserido na mesorregião do Leste Alagoano e na microrregião constituída pelos municípios de Anadia, Campo Alegre, Junqueiro, Teotônio Vilela, Coruripe, Jequiá da Praia, Roteiro e Boca da Mata, cuja denominação é microrregião de São Miguel dos Campos. Sua área é de 335.683 km<sup>2</sup> e sua população estimada é de 61.251 pessoas (IBGE, 2019).

O acesso ao município é possível através das rodovias pavimentadas: BR-101, AL-105, AL-215, AL-220, AL-415, AL-420 e da AL-450, com percurso em torno de 74,3 km até a capital do estado tomando como acesso a BR-101 (ONTL, 2018).

O mapa de localização da área estudo segue apresentado na Figura 11.



Figura 11 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)



### 3.2 RECURSOS MATERIAIS

Para o desenvolvimento desta implementação foram utilizados os seguintes materiais:

- Aplicativo Mobile Topographer FREE;
- Software de processamento de dados QGIS for Desktop, versões 2.18.28 e 3.10.8 de longa duração;
- Plugins QuickMapService, QTiles, qgis2web;
- Aplicativo SW Maps;
- Computador Acer Intel(R) Core (TM) i3 CPU M380 @2.53 GHz, memória 06 GB e armazenamento de 1TB;
- Smartphone Galaxy J2 Prime com Android 6.0.1, memória 1.5 GB e armazenamento de 16 GB;
- Smartphone Xiaomi Redmi Note 7 com Android 10, memória 04 GB e armazenamento 64 GB;
- Mapas da Usina Caeté S/A em formato ".PDF".

Para este trabalho foram utilizados 79 mapas em formato ".PDF" disponibilizados pela empresa Usina Caeté S/A e destinados ao uso durante o período da safra 2019/2020. Cada um dos mapas é referente a uma fazenda com atividade canavieira.

A escolha do período para o desenvolvimento deste trabalho se baseou na necessidade de otimizar as operações de logística e na oportunidade de acompanhamento em campo da aplicabilidade da ferramenta a ser desenvolvida em função da dinâmica presente no sistema agrícola durante o período da safra.

É importante ressaltar, que os mapas utilizados foram escolhidos devido a sua procedência e disponibilidade. Outro ponto importante é que todos os mapas disponibilizados pela empresa foram georreferenciados para proporcionar apoio no processo de identificação de cada uma das fazendas canavieiras, contudo, apenas alguns foram selecionados como lugar de interesse para o desenvolvimento de todas as tarefas mencionadas no fluxo metodológico (Figura 12).

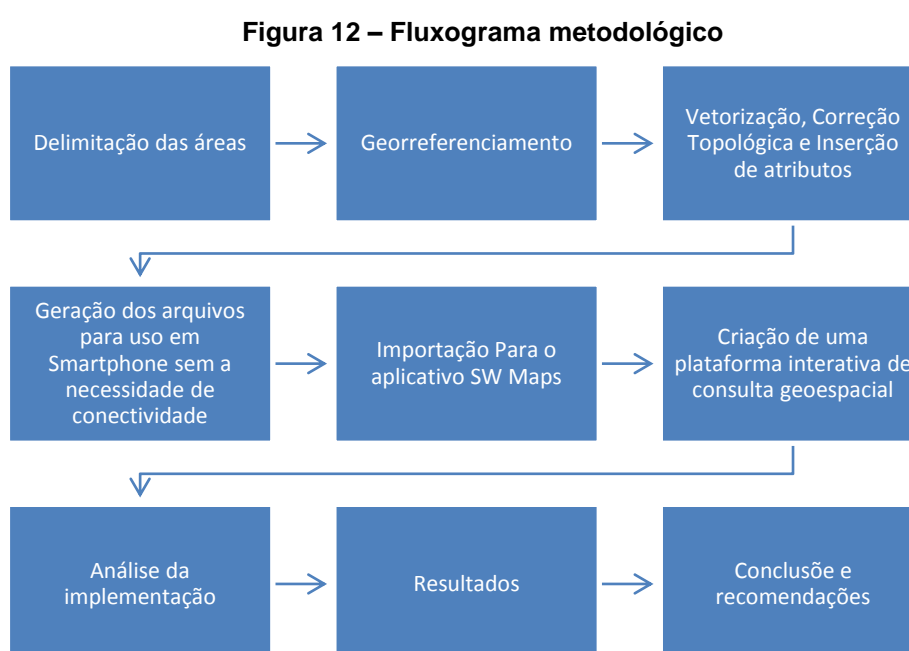
As fazendas selecionadas foram: Cana Brava, Tomada, Conceição, Sinimbu, Carobas-RJ, Pau-Brasil, São João, São José, Utinga, Riachão e São Carlos. A escolha destes mapas não se deve a nenhuma informação técnica adicional presente em relação aos demais, mas sim a questão do planejamento de colheita e ao fato de que o desenvolvimento desta ferramenta de forma a contemplar a totalidade da área canavieira da empresa constitui-se uma árdua tarefa, necessitando de maior tempo e podendo inclusive requerer um maior número de desenvolvedores.

Como esta implementação foi desenvolvida individualmente, resolveu-se produzir mapas para apenas algumas áreas. Assim, este trabalho representa um esboço da ferramenta final e apenas algumas fazendas, configurações e funcionalidades foram plenamente trabalhadas podendo as demais ser desenvolvidas em trabalhos futuros.

A totalidade dos mapas disponibilizados pela empresa englobam um total de 27.215,47 ha. Por outro lado, as áreas definidas como de interesse contemplam um subconjunto com uma área contabilizada de aproximadamente 5.546,00 ha.

### 3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O fluxo metodológico segue apresentado na Figura 12:



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

**Delimitação das áreas:** Através de visita ao campo, em cada uma das áreas de interesse foram recolhidos alguns pontos através do aplicativo Móbile Topographer FREE. Posteriormente, foram geradas listas com as coordenadas destes pontos no formato ".txt" e exportadas do smartphone para o computador. Estas listas foram usadas como apoio no processo de georreferenciamento.

**Georreferenciamento:** Por meio das listas geradas no processo de delimitação das áreas, foi realizado o georreferenciamento dos mapas disponibilizados na versão ".PDF". Tal procedimento foi realizado no software QGIS versão 3.10.8 de longa duração. Uma vez de posse das listas, os mapas em formato ".PDF" foram importados para o software QGIS. Para o georreferenciamento dentro deste software foi utilizada a ferramenta "Georreferenciador", na aba "Raster". Os resultados geraram os arquivos georreferenciados, os quais foram exportados no formato ".tif". É importante salientar que tal procedimento difere do georreferenciamento de imóveis rurais, onde a precisão posicional exigida é alta.

**Vetorização, Correção topológica e inserção de atributos:** De posse dos arquivos georreferenciados e com suporte do plugin QuickMapServices, foram desenvolvidos os mapas vetoriais georreferenciados no formato shapefile. A correção topológica foi feita através da ferramenta "verificar a validade", no item "Geometrias", na aba "Vetor" do software QGIS. Posteriormente, foi adicionado ao arquivo ".shp" de cada fazenda o atributo número da fazenda, número do talhão e área referente a cada um dos talhões que a compõe.

**Geração dos arquivos para uso em dispositivos móveis sem a necessidade de conectividade:** Uma vez com as áreas devidamente vetorizadas, georreferenciadas e com todos os atributos desejáveis inseridos, através do plugin "QTILES" disponível na aba "Complementos" foram gerados os arquivos para uso *offline* em smartphone.

**Importação para o SW Maps:** Ao término do desenvolvimento dos arquivos de uso *offline* referentes a cada uma das áreas de interesse, foi realizada a importação destes para o smartphone e posteriormente para o aplicativo SW Maps.

**Criação de uma plataforma interativa de consulta geoespacial:** Com os arquivos ".shp" gerados nos procedimentos anteriores e com suporte do complemento *qgis2web* disponível na aba "WEB" do software QGIS, foi realizada a

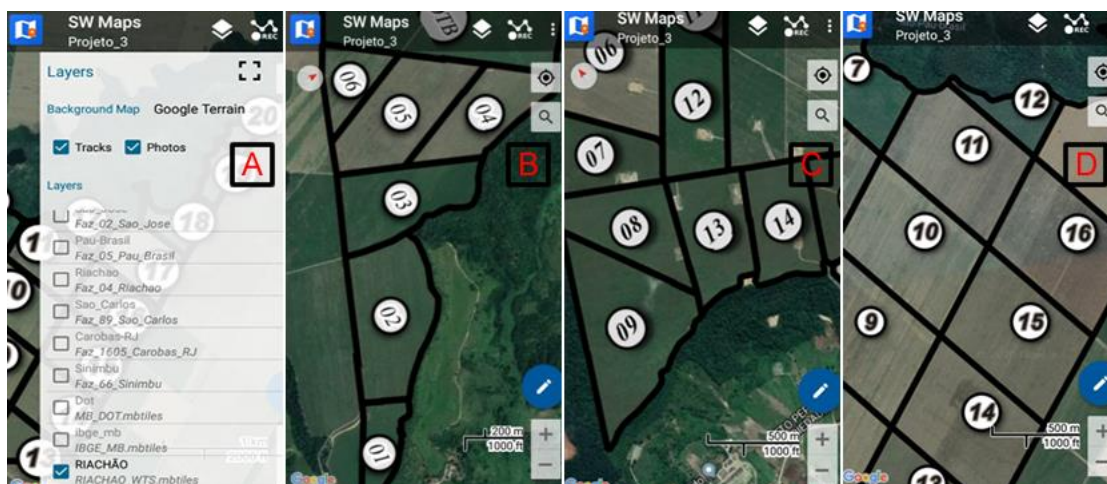
produção de um web map interativo, de modo, que tanto no smartphone quanto no computador fosse possível o acesso aos dados produzidos.

**Análise da implementação:** A análise da usabilidade desta ferramenta será feita através do acompanhamento em campo, por um período de tempo determinado (safra 2019/2020) e com base no desempenho obtido em comparação aos métodos tradicionais utilizados até então. Também será verificada a precisão do dispositivo de localização geográfica do smartphone, com relação as informações georreferenciadas de limites de imóveis rurais, públicos e privados, disponibilizados pela plataforma eletrônica do Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF) desenvolvida pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) para subsidiar a governança fundiária do território nacional.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado das atividades realizadas no software QGIS, foram carregados no aplicativo SW Maps todos os mapas vetoriais georreferenciados referentes a cada uma das fazendas selecionadas e prontos para o uso *offline* em smartphone conforme apresentado na Figura 13.

**Figura 13 – Mapas carregados no aplicativo SW Maps (A), Fazenda Tomada (B), Fazenda Conceição (C) e Fazenda Riachão (D)**



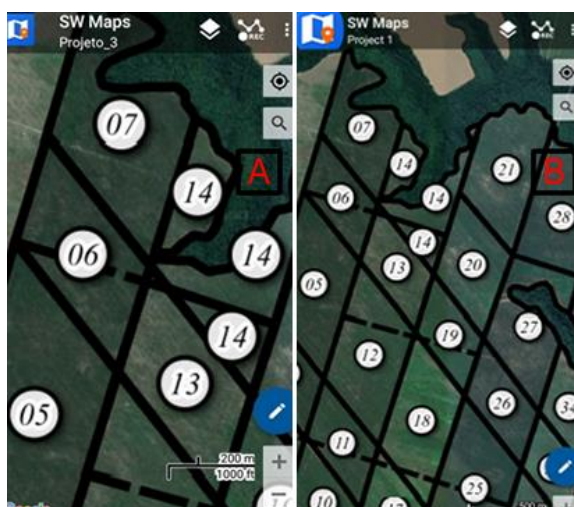
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Estes mesmos materiais também foram utilizados para a construção de um sistema interativo de consulta geoespacial, voltado ao uso em computador, criando desta forma um referencial visual comum de todas as fazendas canavieiras em plataformas distintas (smartphone/computador) e sem a necessidade de conexão com a internet.

Para verificar o desempenho e a usabilidade da ferramenta em diferentes plataformas, foram realizados testes com dois smartphones de modelos diferentes, porém, com versões diferenciadas do sistema operacional Android. Os distintos modelos de celulares apresentaram uma leve mudança no tamanho dos componentes visuais, nos rótulos das áreas e no grau de suavização das geometrias, contudo, a funcionalidade da ferramenta foi mantida.

As alterações constatadas podem estar relacionadas a versão do sistema operacional Android ou a configuração do tamanho de tela inerente a cada um dos dispositivos utilizados (Figura 14).

Figura 14 – Fazenda Utinga no Galaxy J2 Prime (A) e no Redmi Note 7 (B)



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Além disso, foram constatadas divergências entre os valores das áreas e distâncias medidas pelo GPS do aparelho em relação aos valores reais informados nos mapas das fazendas em formato ".PDF" que foram disponibilizados pela própria empresa Usina Caeté S/A.

Este fato já era esperado, pois, conforme verificado por Silva e Felipe (2018), é preciso ter cautela quanto ao uso de aplicativos em dispositivos móveis que oferecem a possibilidade de trabalhar com GPS, uma vez que a precisão em relação ao cálculo da área e distância não é muito boa. Contudo, o uso deste sistema para o reconhecimento prévio de área é aceitável, desde que se tenha em mente que os resultados obtidos desta forma não chegarão muito próximos ao valor real.

Com relação ao aspecto de navegação, considerando ainda os resultados encontrados por Silva e Felipe (2018) e o fato de que as dimensões dos talhões em cada fazenda são suficientemente grandes, a ferramenta atende satisfatoriamente a este propósito, visto que o grau de precisão e acurácia ofertado pela mesma para esta finalidade conduz a um erro que é aceitável. Contudo, deve-se levar em conta as limitações da precisão do sistema GPS (05-15m) para uso civil (EMBRAPA TERRITORIAL, 2020).

O uso do GPS de smartphone não é recomendado para tarefas que têm por objetivos quaisquer tipos de registros ou de obras que exijam maior precisão. Contudo, podem ser empregados em atividades cujas variações sejam toleráveis (MARTINS; *et al.*, 2017).

A possibilidade do aplicativo SW Maps coletar dados e compartilhar arquivos georreferenciados através do GPS do próprio aparelho em diversos formatos permitiu obter dados importantes em campo para futuras inserções como atributos associados aos talhões de cada uma das fazendas. A junção dessa funcionalidade com os mapas vetoriais gerados possibilitou a aquisição de dados para realização de futuras análises promovendo a partir do compartilhamento dos produtos gerados, a otimização de diversas tarefas relacionadas ao sistema produtivo.

A sistematização dessas informações ampliaram o poder de decisão e proporcionaram através da associação entre uma nova perspectiva acerca da visualização ampla do campo e de uma melhor compreensão com respeito a posição no espaço, reduzir o tempo desperdiçado por erros de localização quando comparado ao modelo de mapa tradicional utilizado pela empresa em formato ".PDF" (Figura 15).

**Figura 15 – Formatos para exportação no SW Maps (A), Atributos coletados (B) e Mapa da Fazenda Conceição em ".PDF" (C)**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Por sua vez, a plataforma interativa de consulta geoespacial, oferece a possibilidade de uma melhor interação entre o usuário presente no campo e o usuário em atividade fora dele. A possibilidade de comunicação tendo como referência a mesma fonte visual, o dispositivo móvel e a plataforma interativa, permite minimizar erros decorrentes do mal entendimento ocasionado pela comunicação verbal. Essa ampliação da compreensão acerca da espacialização das informações proporciona a maximização de diversas tarefas.



Algumas imagens capturadas da plataforma interativa são apresentadas nas Figuras 16, 17, e 18.

**Figura 16 – Lista com áreas georreferenciadas**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

**Figura 17 – Fazenda São José (A), Plateia (B), Utinga (C) e Tomada (D)**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

**Figura 18 – Fazenda Cana Brava (A) e Conceição (B)**



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Para fazer a verificação da adequação dos dados obtidos pelo GPS do smartphone, e do *Google Earth* foi realizado o cálculo do EP conforme procedimento



apresentado na Figura 04. O parâmetro de precisão considerado foi a base de dados de imóveis rurais certificados disponibilizada pela plataforma eletrônica do Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF).

Os pontos levantados para comparação das coordenadas (em UTM, Datum SIRGAS2000) e os resultados da análise são apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4.

**Tabela 2 – Pontos coletados para teste**

PONTO	SW MAPS		MOBILE T.		GOOGLE EARTH	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	810449,04	8916918,75	810448,01	8916918,81	810451,05	8916916,56
2	811819,24	8914740,00	811818,33	8914739,94	811824,61	8914743,55
3	814302,03	8914898,62	814301,61	8914898,30	814299,57	8914902,80
4	816652,93	8913478,13	816652,32	8913477,84	816653,09	8913478,92
5	824625,14	8908819,31	824624,55	8908818,86	824615,86	8908812,20
6	825622,61	8905679,49	825622,08	8905679,15	825611,59	8905681,01
7	825997,66	8904504,56	825997,30	8904503,87	825993,11	8904505,89
8	827767,89	8909654,04	827767,51	8909653,99	827762,66	8909662,61
9	820882,20	8922373,46	820881,57	8922373,00	820882,58	8922376,14

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

**Tabela 3 – Pontos coletados como parâmetro de precisão**

PONTO	SIGEF	
	X	Y
1	810444,05	8916916,56
2	811814,42	8914737,25
3	814297,41	8914896,14
4	816648,24	8913475,39
5	824619,97	8908817,86
6	825617,29	8905679,15
7	825992,54	8904504,09
8	827762,93	8909653,01
9	820876,92	8922372,03

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

**Tabela 4 – Valores do EP verificado a partir dos pontos coletados**

	SW MAPS	MOBILE T.	GOOGLE EARTH
<b>EP</b>	5,34	4,71	7,50

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Os resultados mostraram que os dados obtidos por estas distintas tecnologias apresentaram valores diferenciados para o EP (Tabela 4). Porém, quando verificada a adequação desses dados (Tabela 1) foi constatado que se enquadram como Classe A para escala de 1/50.000 e como Classe B para escala de 1/25.000.

Esses resultados diferem tanto dos obtidos por Pereira (2015), que observou usabilidade com segurança de imagens fornecidas pelo *Google Earth*, para uma escala de 1/30.000 ou menor, como da informação de precisão de 4,9m para smartphones habilitados para GPS em condições de céu aberto (GPS.GOV, 2020).

Logo, através dos dados e informações apresentados neste trabalho, foi possível observar a utilização destas tecnologias para a realização de algumas tarefas onde não haja necessidade de alta precisão, cujas variações sejam toleráveis. Contudo, é importante ressaltar que há uma limitação de precisão quanto ao uso das mesmas.

. Assim, é preciso mais estudos para uma melhor quantificação dessas informações, principalmente quando se leva em conta a diversidade de smartphones disponíveis no mercado atualmente.

## 5 CONCLUSÃO

O uso da geotecnologia livre está se tornando comum em diversas atividades profissionais, devido a uma busca crescente por parte dos usuários, por soluções que sejam acessíveis e capazes de atender a diversas necessidades.

Dentre as principais vantagens de utilização de aplicativos livres tem-se: o custo zero de aquisição e implementação, sua interoperabilidade entre plataformas proprietárias e livres, o acesso a tutoriais e manuais construídos e disponibilizados de forma colaborativa.

Além disso, esta tecnologia, possibilita a incorporação de novos algoritmos proporcionando a obtenção através de ajustes adequados de soluções para diversas necessidades.

Como apresentado, foi possível utilizar a geotecnologia livre para a construção de uma solução para o problema proposto.

A ferramenta é funcional e pode atender às necessidades da agricultura para coleta, manipulação, armazenamento, exportação e compartilhamento de dados de forma *offline*, constituindo-se numa boa alternativa para otimizar determinadas tarefas que não necessitam de elevado grau de acurácia.

Assim, este trabalho representa uma aplicabilidade das geotecnologias livres para obtenção de um recurso auxiliar no processo de tomada de decisão. Porém, outras funcionalidades precisam ser exploradas, mensuradas e melhoradas.

## REFERÊNCIAS

- APPLICABILITY. **Mobile Topographer Pro**. Applicality software meets quality. 2020a. Disponível em: <<http://applicality.com/mobile-topographer>>. Acesso em: 03 fev. 2020.
- APPLICABILITY. **MobileTopographer GIS: Manual**. Applicality software meets quality. 2020b. Disponível em: <[http://applicality.com/app\\_documentation/web/MobileTopographerGIS\\_Manual.pdf](http://applicality.com/app_documentation/web/MobileTopographerGIS_Manual.pdf)>. Acesso em: 03 fev. 2020.
- BRUY, A. **Criação de blocos de projetos QGIS usando QTILES**. GitHub. 2015. Disponível em: <<https://github.com/nextgis/QTiles>>. Acesso em: 21 maio 2020.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2020.
- CHADWIN, T. **Qgis2web wiki**. GitHub. 2018. Disponível em: <<https://github.com/tomchadwin/qgis2web/commit/78b8ffe5e4fbef34e46d17ebe134511870ce282e>>. Acesso em: 22 jul. 2020.
- CONTINI, E. *et al.* **Planejamento da propriedade agrícola: modelos de decisão**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1984.
- DAVIS, B.E. **GIS: a visual approach**. 2. ed. Albany: Delmar Thomson Learning, 2001.
- EMBRAPA TERRITORIAL. **Satélites de Monitoramento**. Embrapa. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/gps>>. Acesso em: 01 out. 2020.
- FILHO, O. M.; NETO, H. V. **Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.
- GPS.GOV. **Precisão GPS**. Space-Based Positioning Navigation & Timing. 2020. Disponível em: <<https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/>>. Acesso em: 21 out. 2020.
- GRUPO CARLOS LYRA. **Usina Caeté S/A**, 2020. Disponível em: <<https://www.carloslyra.com.br/segmento/acucar-e-bioenergia/>>. Acesso em: 18 ago. 2020.
- HAMADA, E.; GONÇALVES, R. R. D. V. **Introdução ao geoprocessamento: princípios básicos e aplicação**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. Disponível em: <[https://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos\\_67.pdf](https://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_67.pdf)>. Acesso em: 21 out. 2020.

IBGE. **Organização do território**, 2019. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/)>. Acesso em: 20 ago. 2020.

IBGE. **Introdução a cartografia**, 2020. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv44152\\_cap2.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv44152_cap2.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2020.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2011.

MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M. F.; RHIND, D. **Geographical Information Systems: Principles and Applications**. [S.l.]: Longman Scientific & Technical, v. 2, 1991.

MARTINS, R. N. *et al.* Análise da precisão de diferentes receptores GNSS para coleta de dados. *In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 21.; *ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO*, 17.; *ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA*, 7., 2017, Caçapava. **Anais [...]**. Caçapava, 26-27 out. 2017. Disponível em: <[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2017/anais/arquivos/0678\\_0789\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2017/anais/arquivos/0678_0789_01.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2020.

MASSRUHÁ, S. Tecnologia da Informação na Gestão Pública. **Fonte**, Belo Horizonte, v. 15, n. 20, p. 06-14, dez. 2018. ISSN 1808-0715.

NEXTGIS. **QuickMapServices**: mapas base fáceis no QGIS, 2015. Disponível em: <<https://nextgis.com/blog/quickmapservices/>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

OLIVEIRA, M. Z. D. *et al.* Imagens do Google Earth para fins de planejamento ambiental: uma análise de exatidão para o município de São Leopoldo/RS. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 14., 2009, Natal. **Anais [...]**. Natal: INPE, São Leopoldo, RS, 2009. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.10.17.37/doc/1835-1842.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2020.

ONTL. **Geológica**: Shapefile de Rodovias, 2018. Disponível em: <<https://www.ontl.epl.gov.br/downloads>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

PAULA, L. J. L. D. **Desenvolvimento de aplicativo para dispositivos móveis para coleta de dados georreferenciados através de reconhecimento de voz**. 2013. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2013. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-10062013-091453/publico/Leonam\\_Joao\\_Leal\\_de\\_Paula\\_versao\\_revisada.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-10062013-091453/publico/Leonam_Joao_Leal_de_Paula_versao_revisada.pdf)>. Acesso em: 13 out. 2020.

PEREIRA, L. D. S. **Utilização de ferramentas e serviços google para o desenvolvimento de projetos de engenharia, arquitetura e urbanismo**, 2015. Disponível em: <[https://www.mackenzie.br/fileadmin/OLD/62/ARQUIVOS/PUBLIC/user\\_upload/\\_imported/fileadmin/LABGEO/Trabalhos/2015/Utilizacao\\_de\\_ferramentas\\_e\\_servicos\\_Google\\_para\\_o\\_desenvolvimento\\_de\\_projetos\\_de\\_Engenharia\\_\\_Arquitetura\\_e\\_Urbanismo.pdf](https://www.mackenzie.br/fileadmin/OLD/62/ARQUIVOS/PUBLIC/user_upload/_imported/fileadmin/LABGEO/Trabalhos/2015/Utilizacao_de_ferramentas_e_servicos_Google_para_o_desenvolvimento_de_projetos_de_Engenharia__Arquitetura_e_Urbanismo.pdf)>. Acesso em: 21 out. 2020.

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp / Campus Experimental de Ourinhos, 2010. ISSN 9788561775056. Disponível em: <[http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/livro\\_introducao\\_ao\\_geoproc\\_essamento.pdf](http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/livro_introducao_ao_geoproc_essamento.pdf)>. Acesso em: 11 out. 2020.

QGIS PROJECT. **Guia do Usuário QGIS**, 2020. Disponível em: <[https://docs.qgis.org/3.10/pt\\_BR/docs/user\\_manual/index.html](https://docs.qgis.org/3.10/pt_BR/docs/user_manual/index.html)>. Acesso em: 12 mar. 2020.

ROSA, R. **Introdução ao geoprocessamento**, 2013. Disponível em: <[http://professor.ufabc.edu.br/~flavia.feitosa/cursos/geo2016/AULA5-ELEMENTOSMAPA/Apostila\\_Geop\\_rrosa.pdf](http://professor.ufabc.edu.br/~flavia.feitosa/cursos/geo2016/AULA5-ELEMENTOSMAPA/Apostila_Geop_rrosa.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2020.

SAMPAIO, T. V. M.; BRANDALIZE, M. C. B. **Cartografia geral, digital e temática**. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, v. 1, 2018.

SANTANA, J. K. R. D. *et al.* Precisão de GPS de smartphones: uma ferramenta para pesquisas acadêmicas e trabalhos de campo. **Revista de Geografia**, Recife, PE, v.9, n.2, p. 256-267, 2017. ISSN 2236-837X. Disponível em: <<https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/30154/20362>>. Acesso em: 14 out. 2020.

SANTIAGO e CINTRA. **O que é Geotecnologia?** 2017. Disponível em: <<https://www.santiagoecintra.com.br/blog/geo-tecnologias/o-que-e-geotecnologia>>. Acesso em: 13 out. 2020.

SANTIAGO e CINTRA. **Como funciona o Sistema Global de Navegação por Satélite?** 2018. Disponível em: <<https://www.santiagoecintra.com.br/blog/geo-tecnologias/como-funciona-o-sistema-global-de-navegacao-por-satelitey>>. Acesso em: 24 nov. 2020.

SANTOS, A. R. D. **Cartografia digital, processo de projeto gráfico e componentes gráficos dos mapas, métodos de mapeamento**, 2016. Disponível em: <[http://www.mundogeomatica.com.br/GeomaticaII/Modulo\\_Elementos\\_Cartografia/Aula\\_Modulo\\_01\\_Capitulo\\_06.ppsx](http://www.mundogeomatica.com.br/GeomaticaII/Modulo_Elementos_Cartografia/Aula_Modulo_01_Capitulo_06.ppsx)>. Acesso em: 12 out. 2020.

SANTOS, A. R. D. *et al.* **Geotecnologias e análise ambiental: aplicações práticas**. Alegre, ES: CAUFES, 2015.

SILVA, C. G. C.; FELIPE, A. L. D. S. Comparação de aplicativos GNSS em cálculos de distância. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia da FAEF**, SP, v. 34, n. 1, p. 27-28, dez. 2018.

SOARES, M. C.; RUARO, T. A.; AGUIAR, C. R. D. Controle de qualidade da base cartográfica da cidade de Pato Branco no software Google Earth. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, PR, v.5, p.28-30, 2010. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/980>>. Acesso em: 22 out. 2020.

SOFTWEL. **Download manual**, 2020. Disponível em: <[http://softwel.com.np/downloads\\_main](http://softwel.com.np/downloads_main)>. Acesso em: 06 jun. 2020.

VALE, J. R. B. **Análise da dinâmica do uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas do estado do Pará por meio da plataforma Google Earth Engine**. TCC (Graduação em Engenharia Cartográfica e Agrimensura) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2019., 2019. Disponível em: <<http://bdta.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/654/1/An%c3%a1lise%20da%20din%c3%a2mica%20do%20uso%20e%20cobertura%20da%20terra%20nas%20%c3%a1reas%20desflorestadas%20do%20estado%20do%20Par%c3%a1%20por%20meio%20da%20plataforma%20google%20earth%20engine.p>>. Acesso em: 21 out. 2020.

XAVIER, C. E. O. O impacto da logística no processo canavieiro. **Revista canavieiros**: a força que movimenta o setor, Sertãozinho, SP, v. 123, p. 02-03, 2016. ISSN 1982-1530. Disponível em: <<https://www.revistacanavieiros.com.br/o-impacto-da-logistica-no-processo-canavieiro>>. Acesso em: 14 out. 2020.