

**Mestrado Profissional**  
**Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais**

**ROBERTO BARBALHO LEAL SEGUNDO**

**Plataforma *Gis Mobile*: SIGPalma**  
**“Uma Solução na palma das Mãos”**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais do Instituto Tecnológico Vale Desenvolvimento Sustentável (ITV DS).

Orientador: Pedro Walfir M. e Souza Filho, Dr.  
Coorientador: Jair da S. Ferreira Júnior, Me.

**Belém / PA**

**2020**

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S456

Segundo, Roberto Barbalho Leal

Plataforma *Gis Mobile*: SIGPalma “Uma Solução na palma das Mãos”. / Roberto Barbalho Leal Segundo – Belém-PA, 2020.  
58 f.: il.

Dissertação (mestrado) -- Instituto Tecnológico Vale, 2018.  
Orientador: Pedro Walfir Martins e Souza-Filho, Dr.  
Coorientador: Jair da Silva Ferreira Júnior, Me.

1. Sistema de Informação Geográfica. 2. SIGPalma – Sistema de informação. 3. Agricultura 4.0. 4. Smart Farming. I. Souza-Filho, Pedro Walfir M. e. II. Ferreira Júnior, Jair da Silva. III. Título.

CDD 23 ed.

Bibliotecário(a) responsável: Nisa Gonçalves. CRB 2 - 525

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho aos meus pais Roberto Barbalho e Angélica Leal, a minha esposa Mariane Tavares e aos meus filhos Rafael e Gael Tavares, sem a força e luz transmitida por eles a conclusão deste trabalho não seria possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Biopalma da Amazônia S/A., ao Instituto Tecnológico Vale e a todos que contribuíram para construção e realização desse trabalho.

“No fim tudo dá certo, e se não deu certo é porque ainda não chegou ao fim.”

***Fernando Sabino***

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Filotaxia e morfologia da <i>Elaeis Guineensis</i> Jacq, modificada de Silva (2006).....	20
<b>Figura 2</b> - Esquema de uma folha de palma de óleo, modificada de Rojas (1983). .....	21
<b>Figura 3</b> - Mapa de localização com a divisão dos 4 polos operacionais da Biopalma da Amazônia S.A.....	24
<b>Figura 4</b> - Mapa com a localização das rotas entre a matriz e os polos do projeto Biopalma. ....	26
<b>Figura 5</b> - Diagrama de Classe UML, utilizado para documentar a arquitetura do SIGPalma.....	27
<b>Figura 6</b> - Mapa Temático do bloco de plantio da fazenda Amanda, localizada no polo Moju com exemplo da configuração de uma parcela padrão dentro do plantio de palma de óleo.....	31
<b>Figura 7</b> - Mapa Temático do bloco de plantio da fazenda Amanda, localizada no polo Moju com destaque para a sistemática de nomenclatura das parcelas.....	32
<b>Figura 8</b> - Fluxograma mostrando as fases de desenvolvimento do sistema de informação geográfica móvel. ....	33
<b>Figura 9</b> - Diagrama de instalação UML que descreve os componentes de hardware e software e sua interação com outros elementos de suporte ao processamento. do sistema de informação geográfica móvel. ....	35
<b>Figura 10</b> - Espaço dedicado no endereço eletrônico para a divulgação das principais iniciativas patrocinadoras do projeto QGIS. ....	38
<b>Figura 11</b> - Mosaico evidenciando o gerenciador de camadas do QGIS, onde é possível visualizar todo os dados vetoriais e imagens que compõe o projeto.....	39
<b>Figura 12</b> - Interação entre as plataformas através das rotinas de sincronização automatizada do complemento QfieldSync. ....	40
<b>Figura 13</b> - Em destaque a aba “Complementos/Plugin” e o ícone utilizado para acessar o gerenciador de complementos e instalador dos complementos via repositório oficial do QGIS.....	41
<b>Figura 14</b> - Página oficial do projeto QGIS para realizar o download do complemento QfieldSync de forma manual em formato Zip. ....	42

<b>Figura 15</b> - Gerenciador de complementos com a opção de instalação a partir de um arquivo compactado no formato Zip, baixado diretamente da página eletrônica oficial do projeto QGIS. ....	42
<b>Figura 16</b> - Caixa de diálogo com as opções de sincronização do complemento QfieldSync. ....	43
<b>Figura 17</b> - Diagrama representando a arquitetura básica da plataforma SIGPALMA. ....	47
<b>Figura 18</b> - Diagrama de Caso de Uso UML, descrevendo os requisitos funcionais do sistema e seus atores. ....	48
<b>Figura 19</b> - Diagrama de implantação UML, representando os componentes de hardware e software e sua interação com outros elementos de suporte ao processamento prevendo a automação da rotina de sincronização entre as plataformas e a base de dados. ....	48
<b>Figura 20</b> - 1) caixa de diálogo contendo as informações de navegação; 2) modo de navegação ativado e 3) Banco de Dados. ....	49
<b>Figura 21</b> - No detalhe em vermelho a ferramenta para consultar o banco de dados através de pesquisas alfanuméricas. ....	50
<b>Figura 22</b> - 1) Menu de configuração; 2) Ativador da ferramenta de medição; 3) Detalhes da mensuração e 4) Botões para adicionar, reduzir e excluir vértices, ..	51
<b>Figura 23</b> - Quadro comparativo entre 03(três) tipos de tecnologias diferentes e que podem ser utilizadas para gerenciar as informações relacionadas ao plantio de Dendê. ....	53

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Listagem dos principais formatos suportado pela plataforma móvel <i>Qfield</i> com um breve descritivo de cada extensão, enfatizando a versatilidade do aplicativo. .....	45
--	----

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRAPALMA – Associação Brasileira de Produtores de Óleo de Palma

A-GPS – *Assisted Global Position System*

ANA – Agência Nacional de Águas

APP – Área de Preservação Permanente

CAR – Cadastro Ambiental Rural

CETE – Coordenação de Estruturas Territoriais

CFF – Cacho de Fruto Fresco

CORS - Continuously Operating Reference Stations / Estações de Referência de Operação Contínua

DGC – Diretoria de Geociências

ESRI - *Environmental Systems Research Institute*

FAPESPA - Fundação Amazônia Paraense de Amparo à Pesquisa

GB - *Gigabyte*

GDAL – *Geospatial Data Abstraction Library*

GEOS - *Geometry Engine - Open Source*

GIS – *Geographic Information System*

GLONASS – *Global Navigational Satellite System*

GNSS – *Global Navigation Satellite System*

GNU – *GNU is Not Unix*

GPL – *General Public License*

GPRS – *General Packet Radio Services*

GPS – *Global Position System*

GRASS - *Geographic Resources Analysis Support System*

GSD – *Ground Sample Distance*

GUI – *Graphics User Interface*

Ha – Hectare

HBR - *Harvard Business Review*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LBS – Location Based Services

LTR – *Long Term Release*

MAC – *Macintosh*

MB – *Megabyte*  
MDT – *Model Digital Terrain*  
OIM - *Orthorectified Image Mosaic*  
ORG – *Organizacional*  
OS – *Operating System*  
OSGF – *Open Source Geospatial Foundation*  
PDA – *Personal Digital Assistent*  
PSC – *Project Steering Committee*  
QGIS – *Quantum Gis*  
QRcode – *Quick Response*  
RAM – *Random Access Memory*  
RGB – *Red, Green and Blue*  
RL – *Reserva Legal*  
RPAS – *Remotely Piloted Aircraft System*  
S.A. – *Sociedade Anônima*  
SIG – *Sistema de Informação Geográfica*  
SIRGAS – *Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas*  
SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*  
SQL - *Structured Query Language*  
SWBD – *SRTM Water Body Data*  
TI – *Tecnologia da Informação*  
UNIX – *Universal Network Information Exchange*  
UML – *Unified Modeling Language*  
UTM – *Universal Transversa de Mercator*  
VRT – *Virtual Raster Tile*  
XML - *Extensible Markup Language*  
WS - *Web services,*  
WMP - *Web Map Service*  
WFS - *Web Feature Service*

## RESUMO

Com a democratização da tecnologia, através da incorporação dos *Smartphones*, *Tablets* e aplicativos em nossas rotinas de trabalho e com os avanços nas técnicas de mapeamento digital, vislumbrou-se a possibilidade de reunir em um único ambiente interativo um conjunto de dados vetoriais que representasse a área cultivada de palma de óleo da empresa Biopalma da Amazônia S.A. Nesse contexto foi concebida a plataforma “SIGPalma”, composta por um Sistema de Informação Geográfica, ligado a um Banco de Dados Geográficos e um Smartphone equipado com Sistema de Posicionamento Global, que permita a consulta dinâmica a base de dados por meio de mapas, adotando ferramentas de agricultura de precisão e inclusão dos novos conceitos de agricultura 4.0 e *Smart Farming*. Por intermédio da ferramenta desenvolvida foi possível a criação de uma base de dados unificada em formato *shapefile*, compatível com o aplicativo *Qfield* dentro de um ambiente interativo que cabe na palma da mão.

**Palavras-chave:** SIGPalma. Sistema de Informação Geográficas Móvel (SIG). Agricultura 4.0. *Smart Farming*.

## **ABSTRACT**

With the democratization of technology, through the incorporation of Smartphones, Tablets and applications in the work routines and with the advances in the techniques of digital mapping, the possibility of gathering in a single interactive environment a set of vector data that represented the oil palm cultivated area of the company Biopalma da Amazônia SA. In this context, the “SIGPalma” platform was conceived, composed of a geographic information system, connected to a geographic database and a Smartphone equipped with a global positioning system, which allows dynamic consultation of the database through maps, adopting precision farming tools and inclusion of the new concepts of agriculture 4.0 and Smart Farming. Through the developed tool, it was possible to create a unified database in shapefile format, compatible with the Qfield application within an interactive environment that fits in the palm of your hand.

**Key Words:** SIGPalma. Mobile Geographic Information System. Agriculture 4.0. Smart Farming

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	OBJETIVOS	14
1.2	PROBLEMA E HIPÓTESE	15
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA</b>	<b>16</b>
2.1	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA MÓVEL	16
2.2	CARACTERÍSTICA DA CULTURA DA PALMA DE ÓLEO	17
<b>2.2.1</b>	<b>Entendendo a palma de óleo</b>	<b>17</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Características da palma de óleo</b>	<b>18</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Área de plantio</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>22</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
3.2	DADOS	27
3.3	FASE DE DESENVOLVIMENTO DO SIGPALMA	33
<b>3.3.1</b>	<b>Seleção de arquivos</b>	<b>34</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Padronização de arquivos</b>	<b>34</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Parametrização do Projeto SIGPalma</b>	<b>34</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Consolidação de hardware e software</b>	<b>34</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Transferência</b>	<b>34</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Segurança da informação</b>	<b>35</b>
<b>3.3.7</b>	<b>Testes operacionais e ajustes finais</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>PLATAFORMAS</b>	<b>36</b>
4.1	QGIS DESKTOP	36
<b>4.1.1</b>	<b>QGIS plugin de sincronização (QFieldSync)</b>	<b>39</b>
4.2	QFIELD MOBILE	43
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>52</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>57</b>

# 1 INTRODUÇÃO

No final de 2017 a empresa Biopalma da Amazônia S/A. de forma pioneira no estado do Pará, finalizou o mapeamento de todo o seu plantio de palma englobando uma área de aproximadamente 56.000 hectares, através de sistemas de aeronaves remotamente pilotada, popularmente chamadas de Drones, gerando um acervo de imagens de alta resolução espacial (10 cm / pixel).

Através das imagens foi possível atualizar o inventário cadastral do ativo biológico da companhia, gerando a posição geográfica para cada um dos mais de nove milhões de indivíduos mapeados.

Durante a execução desse projeto por meio das imagens foi possível atualizar também os limites das propriedades da empresa, bem como das parcelas, aceiros, acessos e obras de infraestrutura, gerando um banco de dados extremamente volumoso.

Com a finalização do projeto de imageamento foi percebido a necessidade de unificar e sintetizar essa gigantesca quantidade de informações em uma única base de dados, que fosse disponibilizada de forma interativa e dinâmica para que as informações fossem utilizadas por todos os setores da empresa para auxiliar na tomada de decisões, nesse contexto nasceu o projeto conceitual do SIGPalma.

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo é analisar o uso de ferramentas de espacialização e armazenamento de dados para subsidiar o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica Móvel, para ser implantado na Biopalma, que possibilite realizar em campo: Consultas interativas ao banco de dados agrícola; Visualização de informações operacionais atualizadas; Visitas ao plantio sem a necessidade de mapas impressos ou auxílio de guia e renovar a tecnologia utilizada no palmar.

Estudar também a viabilidade de implantação do módulo que permita realizar apontamentos agrícolas; registro de ocorrências fitossanitárias; criação de rotogramas, Traking de funcionário e localização espacial do ativo biológico. Os objetivos específicos são:

- a) Elaborar e unificar uma base de dados geográficos em formato *Shapefile*, a partir de informações da Biopalma e dos órgãos ambientais oficiais disponíveis.
- b) Desenvolver uma plataforma que integre aplicativos de espacialização Android e banco de dados geográficos sobre a palma de óleo e o plantio da empresa Biopalma para ser utilizado no campo.

## 1.2. PROBLEMA E HIPÓTESE

Segundo Clegg *et al.* (2006), os hardwares e softwares para mapeamento digital tem evoluído consideravelmente nos últimos anos, mas especificamente os dispositivos móveis que popularizaram, ficaram menores e mais precisos, assim como, a grande disponibilidade de aplicativos livres desenvolvidos para esse propósito.

Desde a década de 90, alguns autores têm colocado em discussão no meio acadêmico, a metodologia, desenvolvimento de softwares, aplicações e as vantagens do mapeamento digital associados a sistemas de informação geográfica (MCCAFFREY *et al.*, 2003; MCCAFFREY *et al.*, 2005)

Atualmente os avanços na metodologia de mapeamento digital, promovendo a interatividade, aproveitando sua fácil usabilidade, colocaram esta tecnologia em um nível transicional, que em pouco tempo substituirá as técnicas de mapeamento tradicionais baseadas em consultas de formulários em pranchetas e coleta de dados em cadernetas de campo.

De acordo com McCaffrey *et al.* (2005), os sistemas de informações geográficas em plataformas móveis possuem vantagens em relação aos métodos tradicionais: a) A tecnologia GPS permite que os dados e seus atributos sejam georreferenciados, proporcionando maior confiabilidade a base de dados; b) Compatibilidade multiplataformas, onde os dados podem ser facilmente integrados, como imagens de satélites, modelos de elevação digital e etc; c) O gerenciamento de dados e a capacidade de armazenamento são melhoradas; d) técnicas analíticas, incluindo análise 3D e análise geoespacial podem ser aplicadas.

Com a busca incessante pela conectividade e a democratização da tecnologia, através da incorporação dos *Smartphones*, *Tablets* e aplicativos em nossas rotinas de trabalho, vislumbrou-se a possibilidade de incorporar em um único

ambiente que de forma dinâmica possibilite a visualização e consulta, as informações da base de dados da companhia que possam subsidiar e agilizar a tomada de decisões em campo.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO E FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA**

### **2.1 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA MÓVEL**

Segundo Zechun *et al* (2011), com o progresso tecnológico e desenvolvimento urbano, a sociedade têm grande necessidade de obter informação de posicionamento de pessoas e objetos, onde a localização é a informação primordial para os serviços baseados na localização (LBS), tais como; tráfego de passageiros, segurança pública, bancos, logística e outras indústrias.

De acordo com o autor todas as informações de localização, são geralmente divididas em dois (02) grupos; informações de localização móvel e informações de localização fixa, respectivamente o primeiro grupo refere-se principalmente às localizações em tempo real dos veículos e pessoas; já o segundo conjunto de informações referem-se principalmente a todos os objetos do solo e seus atributos, onde as informações geralmente são exibidas pela tecnologia do Sistema de Informações Geográficas (GIS) Móvel, obtidas pela tecnologia GPS (Global Positioning System), podendo ainda contar com a tecnologia de comunicação sem fio de um terminal inteligente móvel (smartphone).

Zechun *et al.* (2011) ainda afirma que, a precisão de posicionamento e confiabilidade da estação de referência operacional contínua (CORS) foi bastante aprimorado. O CORS é um sistema de serviço de rede de posicionamento em tempo real integrado com a navegação GNSS, que é formada por múltiplas bases GPS e fornece um posicionamento sofisticado em tempo real.

A tecnologia de comunicação em rede tornou-se um meio eficaz de transmissão de informações para GPS para rastreamento e monitoramento remoto, onde a tecnologia de comunicação sem fio é a chave para localização móvel.

Segundo Song e Gengchen (2018) com o rápido desenvolvimento das tecnologias de computação e uma variedade de aplicações e fronteiras de pesquisa, os aplicativos de GIS e LBS móveis enfrentam vários desafios, como tela pequena

para visualização de dados, largura de banda limitada e altos custos de redes para transferência de dados, consumo de bateria para recursos de posicionamento e computação, tipos heterogêneos e resoluções espaço-temporais multiníveis de conjuntos de dados, que podem atuar como limitante no uso dessas ferramentas.

Brovelli *et al.* (2016) afirma que as tendências recentes no domínio do GIS, provenientes das informações geográficas voluntárias, geo-crowdsourcing e ciência cidadã, tornaram a coleta e disseminação de informações geoespaciais por usuários normais, comum. No entanto, aplicações envolvendo conteúdo geoespacial gerado pelo usuário evidenciam padrões dramaticamente diversificados e baixa qualidade dos dados.

Jae-Kwan *et al.* (2006) acredita que para oferecer LBS de maneira eficiente, deve haver uma plataforma GIS em tempo real que possa lidar com o status dinâmico de objetos em movimento e um índice de localização que possa lidar com as características dos dados de localização, de forma que o SIG móvel em tempo real necessite de uma árvore HBR para gerenciar a massa de dados de localização de forma eficiente, metodologia que não será abordada nesse trabalho.

## 2.2. CARACTERÍSTICA DA CULTURA DA PALMA DE ÓLEO

### 2.2.1 Entendendo a palma de óleo

Conhecida popularmente como “Dendezeiro”, a palma de óleo (*Elaeis guineenses Jacq.*) é uma espécie perene tropical proveniente da costa ocidental da África, região do Golfo da Guiné.

O cultivo dessa espécie, foi introduzido no continente americano a partir do século XV, coincidindo com o início do tráfico de escravos provenientes da África, que foram responsáveis pela incorporação dos tratos culturais da palma no Brasil, se consolidando a partir do século XVII (VENTURIERI *et al.*, 2009).

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Palma (ABRAPALMA, 2017), o termo “palma de óleo” é comumente utilizado no meio acadêmico e com maior aceitação pela comunidade técnica e científica.

No Brasil, mais especificamente nas regiões norte e nordeste o cultivo de palma de óleo se intensificou na década de 70 e nos últimos anos tem ganhado

bastante atenção do governo federal devido a sua versatilidade, com aplicações tanto na cadeia alimentar como na indústria.

De acordo com Becker (2010), na última década, através do zoneamento do cultivo da palma de óleo e o exponencial aumento na demanda mundial pelo óleo, incrementou maior visibilidade a essa cultura e fomentou incentivos principalmente na região nordeste da Amazônia.

Baseado nos dados obtidos em 2015 pela Fundação Amazônia Paraense de Amparo a Pesquisa (FAPESPA, 2015), existem aproximadamente 170 mil hectares de área cultivada no Brasil e o estado do Pará é o maior produtor nacional, responsável por 83% da cadeia produtiva.

Nesse contexto a empresa Biopalma da Amazônia S/A. possui aproximadamente 58 mil hectares de área plantada na região nordeste do Pará, encarregada por aproximadamente 33% do plantio nacional, ocupando o posto de maior da América Latina em termos de área cultivada.

A produção mundial de óleo vegetal atingiu 186,9 milhões de toneladas em 2016, onde 73,1 milhões de toneladas foi a produção mundial do óleo de palma. No ano de 2014 o consumo mundial ficou em torno de 58 milhões de toneladas e espera-se que até 2025 a demanda ultrapasse a marca de 75 milhões de toneladas (ABRAPALMA, 2017), os principais motivos do aumento da produção de óleo de palma são a crescente demanda por óleos vegetais e biocombustíveis, políticas governamentais favoráveis nos países produtores, bem como o potencial de produção superior da safra e a rentabilidade econômica em relação aos usos alternativos da terra.

Para Corley e Tinker (2009), a palma de óleo expressa melhor seu potencial de produção sob alta temperatura, radiação solar, alta precipitação e umidade relativa do ar, uma adequada disponibilidade de água no solo de forma constante é condição extremamente importante para o desenvolvimento e produção. O regime pluviométrico ideal caracteriza-se por uma precipitação média anual de 1.800 a 2.000 mm, com precipitações mensais superiores 100 mm, assegurando boa distribuição ao longo do ano.

Os altos níveis de radiação solar são indispensáveis para o crescimento e produção. A insolação necessária para a expressão do potencial produtivo do

dendezeiro situa-se em torno de 1.800/horas/ano, com um mínimo de 5horas/dia em todos os meses do ano.

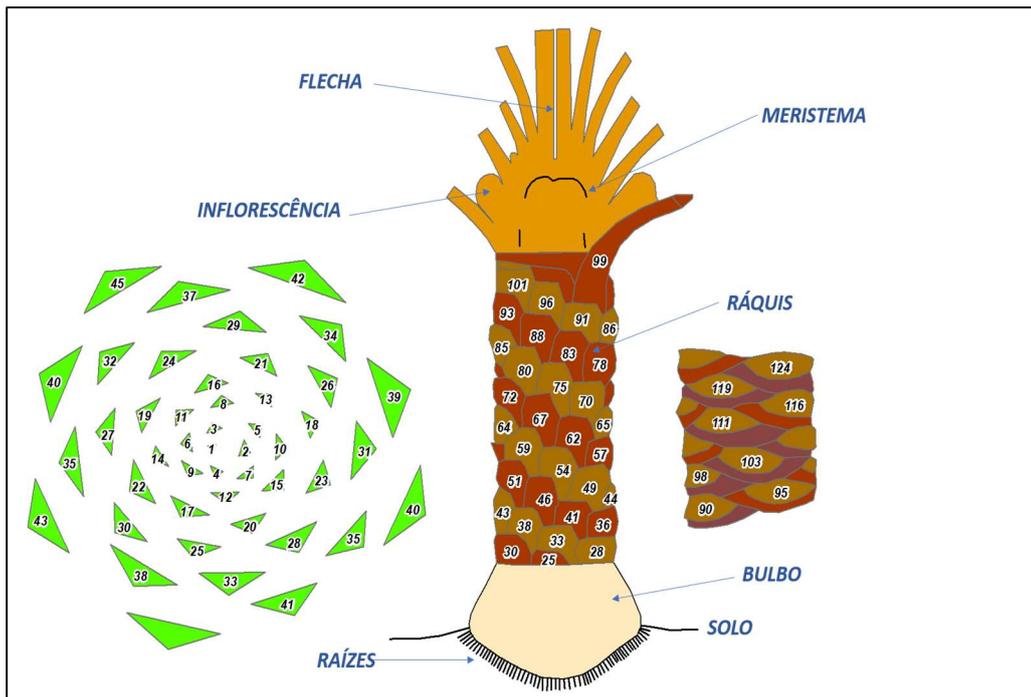
As maiores produções são obtidas em regiões com pequenas variações de temperatura e onde a média anual situa-se entre 25 a 27 graus centígrados sem ocorrência de temperaturas mínimas inferiores a 17°C por períodos prolongados.

De acordo com Lody (2009), embora seja cultivado em diferentes tipos de solos, variação nas propriedades físicas e químicas causam diferenças significativas na produção. Os parâmetros mais importantes são profundidade efetiva maior de 90 cm, textura argilosa, estrutura forte ou moderada, permeabilidade moderada, relevo plano ou suave ondulado, não pedregoso, sem concreções de ferro, alumínio ou manganês e sem camada adensada, consistência, friável e regime de unidade úmido.

### **2.2.2 Características da palma de óleo**

A palma de óleo é uma palmeira mono caule que pode atingir até 30 m de altura, na base, assemelha-se a uma coluna cônica e a partir de 1 m de altura o diâmetro torna-se quase constante, na sua porção superior, possui uma coroa de folhas formadas pelo meristema ou gema apical (Figura 1).

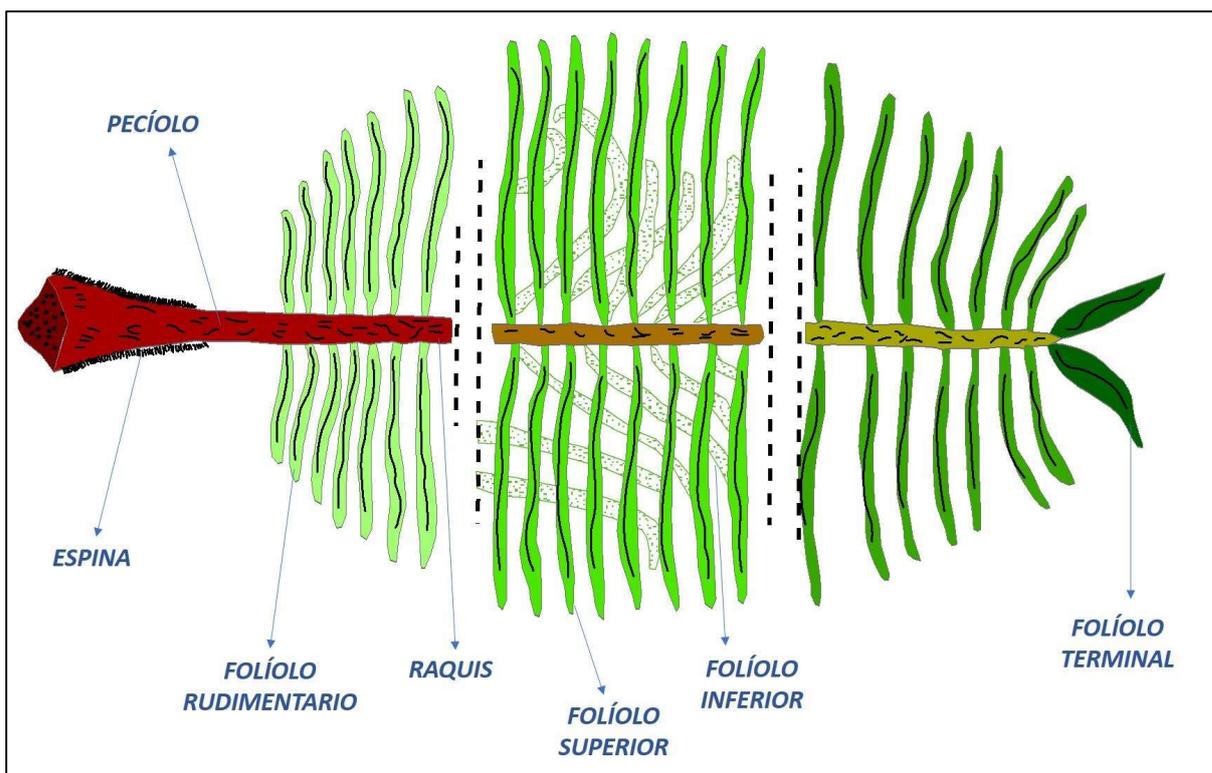
**Figura 1 - Filotaxia e morfologia da *Elaeis Guineensis* Jacq.**



Fonte: adaptado de Silva (2006).

Uma planta adulta possui entre 30 e 45 folhas funcionais compostas de um pecíolo de aproximadamente 1,5 m de comprimento inserido no estipe e que apresenta uma seção grosseiramente triangular com espinhos regularmente dispostos sobre as arestas laterais e uma ráquis, mais longa e afilada, com 5 a 7 m de comprimento, e que possui de 250 a 350 folíolos repartidos dos dois lados da ráquis em ângulo variável de inserção (Figura 2). É uma planta monoica, ou seja, produz flores masculinas e femininas separadas na mesma planta, mas alternadamente, ou seja, em ciclos sexuais. Como as inflorescências são emitidas em ciclos sucessivos, e o período de maturidade sexual de uma inflorescência não se sobrepõe ao de outra, a reprodução ocorre por alogamia. O seu sistema radicular é do tipo fasciculado, composto de raízes primárias, secundárias, terciárias e quaternárias. Em plantas adultas, milhares de raízes emergem do bulbo radicular, órgão volumoso hemisférico de 80cm de diâmetro, que penetra cerca de 40 a 50 cm no solo, formado a partir de entrenós da base do estipe (CHIA, 2012).

**Figura 2** - Esquema de uma folha de palma de óleo.



**Fonte:** adaptado de Rojas (1983).

Existem basicamente 3 variedades de palma de óleo e são classificadas de acordo com espessura (endocarpo) em: 1) Dura, apresenta casca de mais de 2 mm de espessura e fibras na polpa; esta variedade é usada como planta feminina na produção de híbridos comerciais; 2) Psifera, os frutos dessa variedade não possuem casca separando a polpa da amêndoa. Ela é usada como fornecedora de pólen na produção de híbridos comerciais e 3) Tenera, com espessura na casca inferior a 2mm e um anel fibroso ao seu redor, é obtida através do cruzamento entre as variedades Dura e Psifera, sendo recomendada para plantios comerciais.

Dos frutos da palma de óleo, podem ser extraídos dois tipos de óleo: óleo de polpa, conhecido no Brasil como azeite de dendê, e óleo de palmiste. O rendimento em óleo representa 22% do peso dos cachos para o óleo de polpa e 2% para o óleo de palmiste (ABRAPALMA, 2017).

Segundo Rocha (2007) O azeite de dendê contém proporções iguais de ácidos graxos saturados (palmítico 44% e esteárico 5%) e não saturados (oléico 40% e linoléico 10%), é uma fonte natural de vitamina E, e rico em betacaroteno, fonte importante de vitamina A, a produtividade de óleo de palma é 10 vezes

superior a produtividade de óleo de soja, com rendimentos variando de 4 a 6 t/ha/ano.

Um dos principais usos é na fabricação de margarina, pela sua consistência e por não rancificar, muito utilizado como óleo de cozinha e frituras, sendo também aplicado na produção de manteiga vegetal, apropriada para fabricação de pães, bolos, tortas, biscoitos finos e cremes. O maior uso não comestível do óleo de dendê é como matéria prima na fabricação de sabões, sabonetes, sabão em pó, detergentes, amaciantes de roupas biodegradáveis e cosméticos, podendo ainda ser utilizado como biocombustível em motores diesel.

### **2.2.3 Área de plantio**

A área para o plantio de dendê deve ser plana ou suave ondulada, com declividade inferior a 8%, em função das características da vegetação da disponibilidade de equipamentos e do sistema de exploração, o preparo da área pode ser manual (broca, derruba, queima, abertura de linhas e pontos de plantio), mecanizado (derruba, queima e enleiramento), ou misto.

Com o objetivo de proteger o solo, controlar ervas daninhas e fixar nitrogênio, recomenda-se uma cobertura verde que se estabeleça rapidamente, tenha pouca altura, não afete o sistema radicular da palma de óleo, ciclo vegetativo curto e baixo custo de implantação, como a *Pueraria phaseoloides*.

A palma deve ser implantada respeitando o espaçamento de 9 x 9 x 9 m em triângulo equilátero, que implica em espaçamento de 7,8 m entre as linhas e 9 m entre plantas na linha que deverá ser orientada no sentido norte-sul para evitar sombreamento entre plantas, desta forma é possível colocar 143 plantas por hectare.

A produção deve iniciar ao final do terceiro ano após o plantio, com uma média entre 6 a 8 toneladas de cacho por hectare, atingindo o pico produtivo no oitavo ano, podendo atingir 25 toneladas de cacho por hectare, permanecendo nesse nível até o 17º ano, declinando ligeiramente até o final de sua vida útil produtiva, que ocorre por volta dos 25 anos.

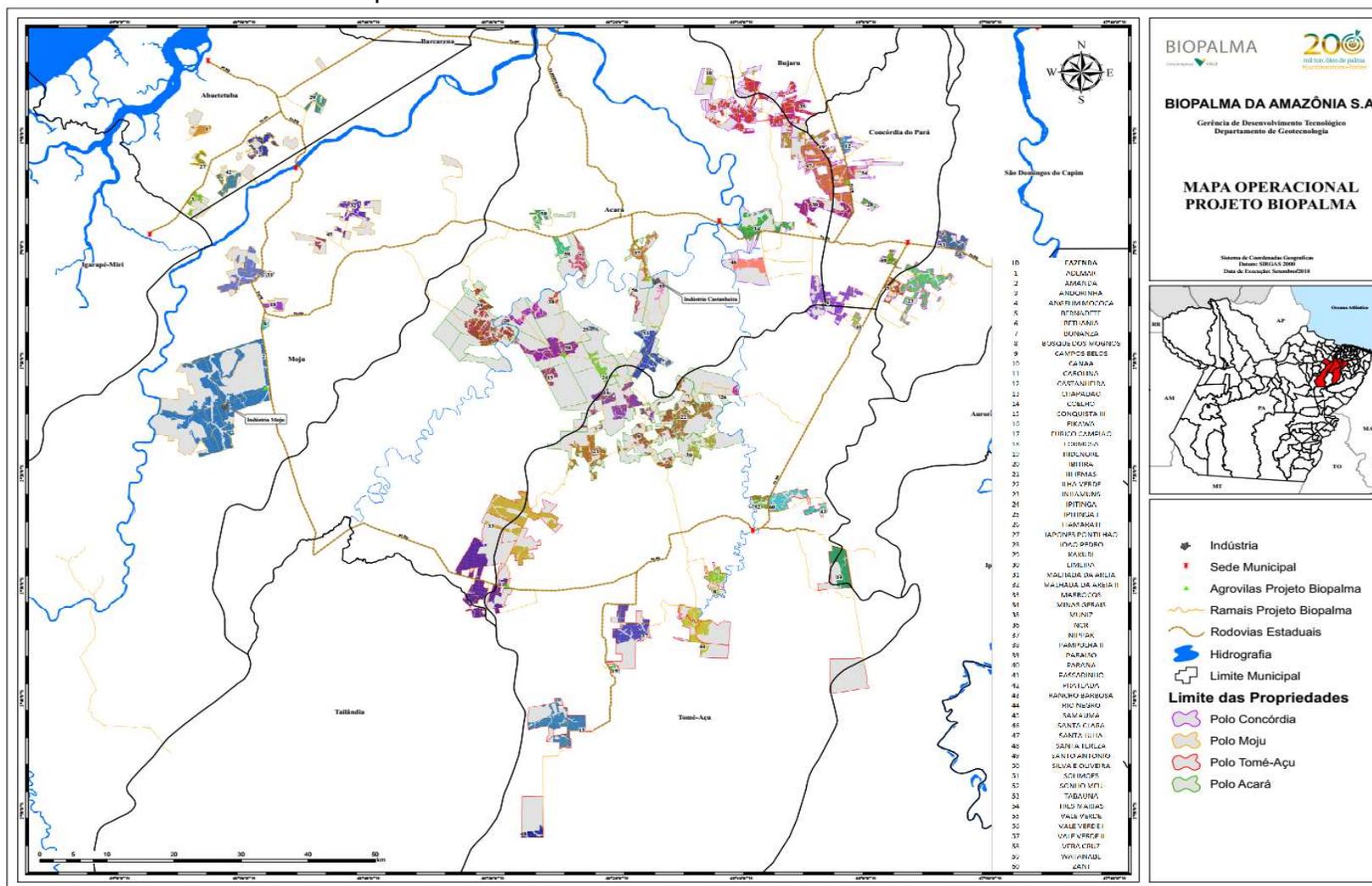
## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Biopalma é uma empresa do grupo Vale S.A., produtora de óleo de palma, matéria-prima para a produção de alimentos, cosméticos e biocombustíveis. Atualmente, a empresa possui quatro polos de produção (Figura 3) na região do Vale do Acará e Baixo Tocantins, no Pará. Até dezembro de 2019, a empresa manteve os cerca de 56.487 mil hectares de palmares plantados em terras próprias e 6.500 mil hectares em parceria com agricultura familiar. Ao todo, são 156.536 mil hectares de terras, dos quais 93.462 mil hectares são mantidos sob a forma de áreas de reserva natural e preservação permanente.

O projeto SIGPalma cobriu toda a área da empresa, englobando as 56 fazendas da Biopalma, onde, através da utilização do Sistema de Informação Geográfica Móvel, fosse possível melhorar o controle do cultivo de palma em uma área com mais de 50 mil hectares de palmares.

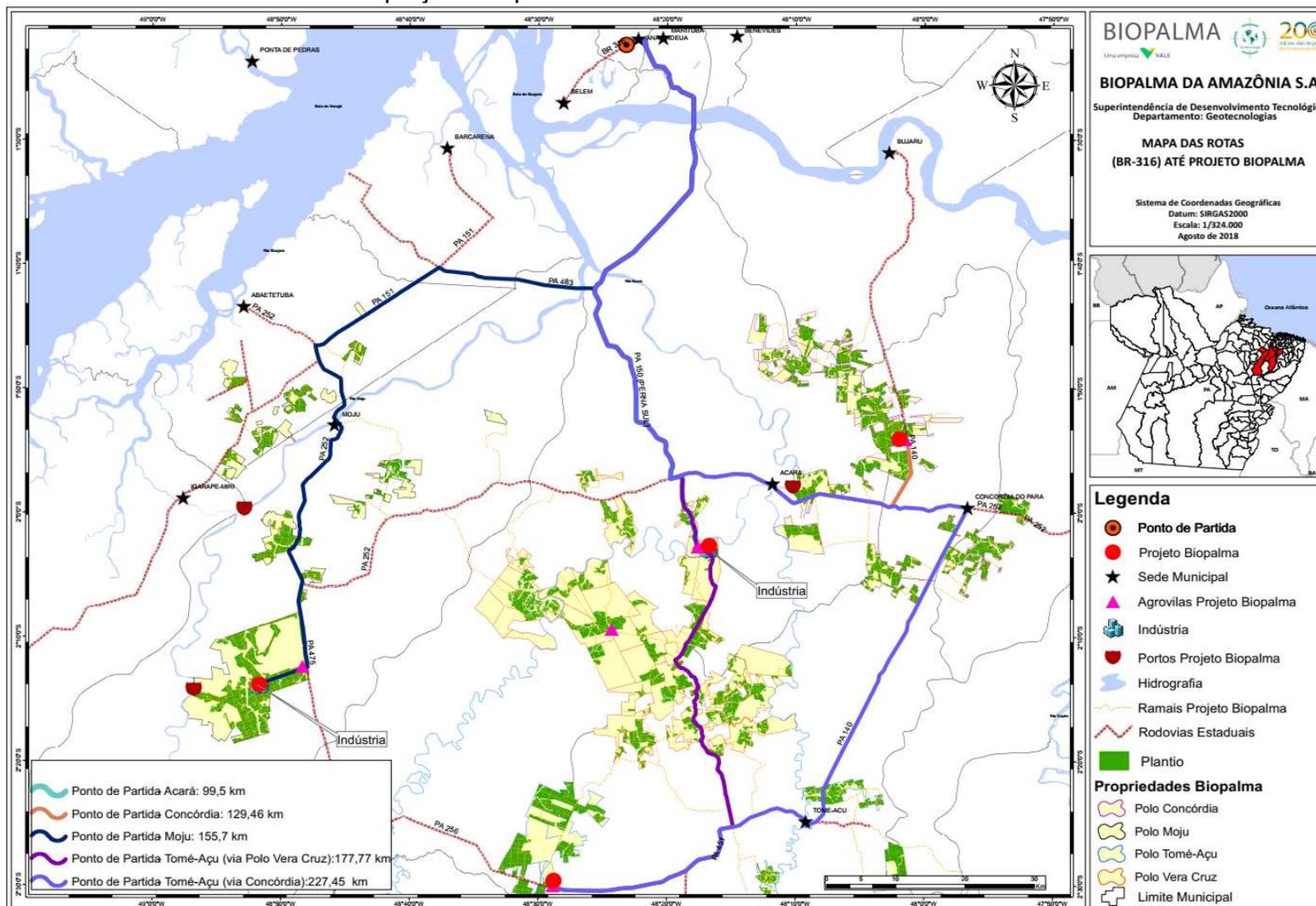
**Figura 3 - Mapa de localização com a divisão dos 4 polos operacionais da Biopalma da Amazônia S.A**



Fonte: Acervo Geotecnologia Biopalma (2019).

A primeira unidade de extração de óleo foi inaugurada em 26 de junho de 2012, no município de Moju, no Pará. No ano de 2014, a empresa iniciou a construção da segunda unidade extratora de óleo no município do Acará (Figura 4). A usina instalada no município de Moju tem capacidade de processo de 120 toneladas por hora de cachos de fruto fresco - CFF, o que representa produção de 25 toneladas de óleo por hora. Esta segunda unidade de extração de óleo está localizada no município de Acará. O primeiro módulo de extração começou a operar no final de 2015 com capacidade de 150 toneladas por hora de CFF. Com a implantação de todos os módulos, a previsão total da capacidade desta Usina Extratora será de 1 milhão de toneladas CFF/ano, o que representa uma capacidade de produção de 220 mil toneladas de óleo/ano. Esta unidade estará 100% operacional em 2020. A estimativa é que a produção chegue a 310 mil toneladas de óleo/ano com ambas as unidades operando em suas totalidades, o que elevará a Biopalma à categoria de maior produtora de óleo de palma das Américas. A Biopalma opera, atualmente, no mercado nacional e internacional. Exporta cerca de 19% da produção e, destes, 63% do óleo exportado é destinado ao mercado latino-americano e 37% ao mercado europeu. A receita bruta em 2016 foi de R\$ 250 milhões.

**Figura 4 - Mapa com a localização das rotas entre a matriz e os polos do projeto Biopalma.**



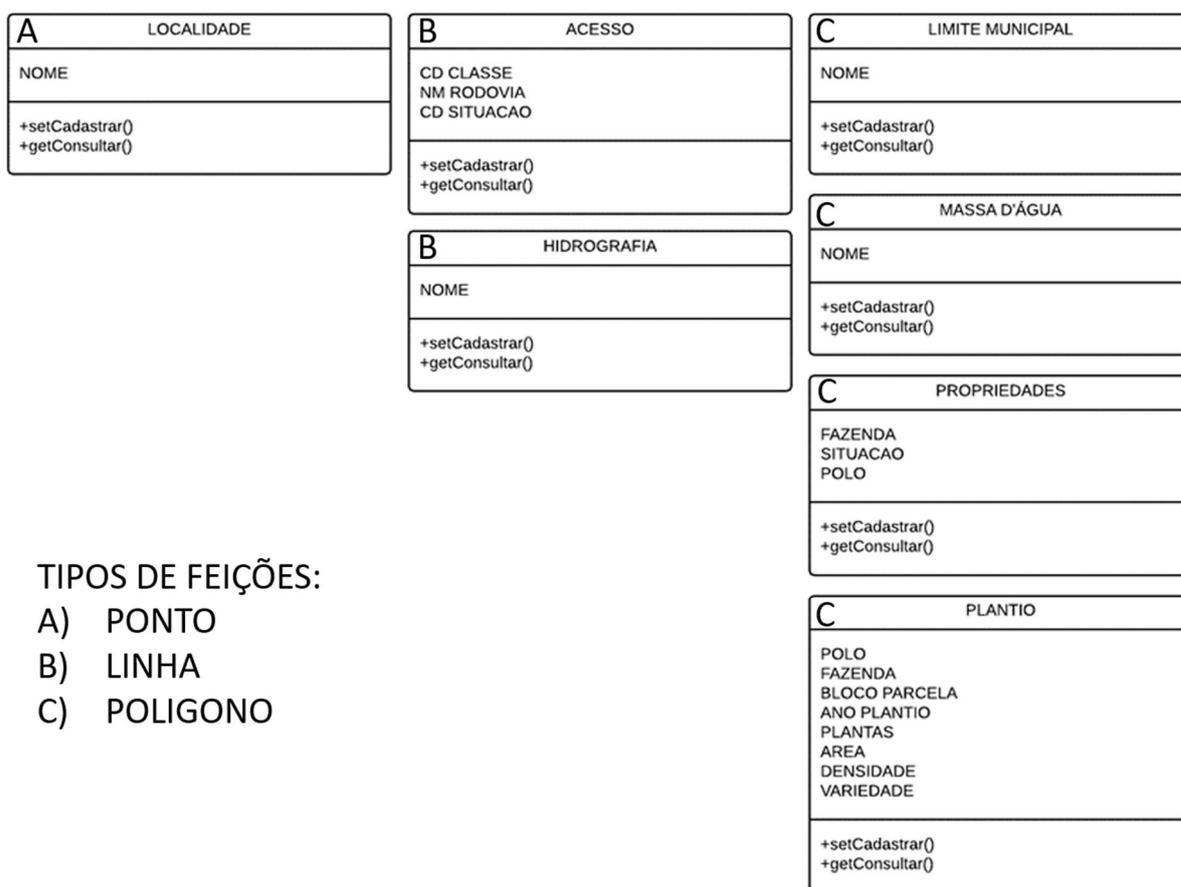
Fonte: Acervo Geotecnologia Biopalma (2019).

## 3.2 DADOS

A estrutura básica que compõe o SIGPALMA é formada exclusivamente por dados vetoriais, chamados de “*Feature Class*”, que agrupados, representam feições geográficas e podem ser categorizados e materializados na tela do dispositivo móvel em forma de; Pontos; Linhas e Polígonos.

O sistema de informação geográfica é composto por um conjunto de sete (07) feições geográficas distribuídos de acordo com a Figura 5 e serão detalhados a seguir:

**Figura 5** - Diagrama de Classe UML, utilizado para documentar a arquitetura do SIGPalma



**Fonte:** autor (2020).

a) Ponto: Uma (01) classe:

“LOCALIDADE” contendo o nome e localização referencial das comunidades vizinhas ao empreendimento da Biopalma, sendo o menor elemento geográfico

cartografado no projeto, foi baixado diretamente da base de dados do IBGE e convertido para sistema de coordenadas padrão adotado no SIGPALMA, nesse processo também foram excluídas as demais informações contidas na base do IBGE para não sobrecarregar o sistema.

b) Linha: Duas (02) classes:

“ACESSO”, formada por vias pavimentadas e ramais utilizados para acessar e trafegar pelas áreas da empresa Biopalma, contém informações básicas, nome da via, tipo e situação;

“HIDROGRAFIA”, composta pelos principais cursos fluviais (1ª e 2ª ordem) nas imediações da área da Biopalma, como referência foi utilizado a base de dados e realizada as devidas modificações para adequar as necessidades do sistema.

c) Polígono: Quatro (04) classes:

“LIMITE MUNICIPAL”, contempla a divisão política administrativa do estado do Pará, essa malha municipal digital foi elaborada pela Coordenação de Estruturas Territoriais – CETE da Diretoria de Geociências – DGC do IBGE, a partir da base oficial do IBGE foram feitas as adequações necessárias para utilização no SIGPALMA com informação do nome de cada município e sua respectiva área.

“MASSA D'ÁGUA”, representa os corpos d'água (principalmente rios) de maior expressão na região, baseado na versão 2 dos dados topográficos digitais da Missão “*SRTM – Shuttle Radar Topography Mission*” da agência espacial norte americana.

A versão 2, (também conhecido como a versão “*finished*”) é o resultado de um esforço substancial de edição da Agência Nacional de Inteligência Geoespacial e exibe corpos de água e litorais bem definidos, contendo a máscara vector costeira chamada *SRTM Water Body Data* (SWBD), em formato *ESRI Shapefile*.

Os dados foram baixados diretamente no endereço eletrônico: [https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/SWBD/SWBDwest/](https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SWBD/SWBDwest/) e são compostos por 4 cenas respectivamente: W048S02; W048S03; W049S02S e W049S03S, O tamanho dos blocos SWBD é de 1 grau x 1 grau. As coordenadas do canto sudoeste de cada célula de 1 grau x 1 grau coincide com os valores totais de latitude e longitude.

Os recursos que compõem esses dados são derivados de uma combinação de mosaicos de imagens ortorretificadas *SRTM (OIM)* e máscaras de água e de uso

e ocupação do solo, foram realizados os devidos ajustes para utilização no SIGPALMA e apresenta o nome de cada corpo hídrico.

“PROPRIEDADES”, estabelecida pelos limites das fazendas georreferenciadas e declaradas no cadastro ambiental rural (CAR), possui as informações básicas de cada propriedade rural, como; o polo de atividade a qual pertence; o nome e área da fazenda.

“PLANTIO”, arquitetado para representar os blocos de plantio da empresa de forma mais fidedigna dentro da estrutura do SIG, os seus limites foram gerados a partir do inventário cadastral do plantio, realizado em 2017, com sistema de aeronaves remotamente pilotadas (RPAS) / Drone, vetorizados com base nas imagens RGB de alta resolução espacial, 10 cm/pixel. Nesse contexto é a classe mais importante e complexa na hierarquia estrutural do banco de dados, é a feição que apresenta o maior nível de detalhe de informação, relacionada ao plantio de palma da empresa, contendo as informações básicas como: “Polo” de atividade e “Fazenda” e informações de caráter estratégico da companhia como: “Parcela”; “Ano Plantio”; “Plantas”; “Área”; “Densidade” e “Variedade”.

Vale ressaltar que com base nesses 06 dados a empresa realiza seu planejamento estratégico para a execução das suas atividades cotidianas, tais como; ciclos de colheita e adubos; tratos culturais do plantio; inspeção fitossanitária, estimativa de produção e produtividade; amostragem de solo; manutenção dos aceiros e vias de acesso; entre outras práticas, dessa forma, para maior contextualização, entendimento da dinâmica do plantio de Dendê e relevância dessas informações para o projeto SIGPALMA, cada item será detalhado a seguir:

1) “Parcela”: é a unidade mínima de cultivo das propriedades Biopalma, sinônimo do termo genérico “Talhão” utilizado na agricultura, a sua configuração foi definida na implantação do projeto com base em estudos de declividade, permeabilidade, drenagem, profundidade, suscetibilidade à erosão e fertilidade do solo, de acordo com a legislação vigente destinada ao zoneamento ambiental, representada pelas áreas de reserva legal (RL) e áreas de preservação permanente (APP).

Os aceiros são as vias que separam as parcelas e servem de ligação aos acessos principais de escoamento da produção.

De acordo com a especificidade da cultura do dendê, respeitando as premissas técnicas dos estudos supracitados e as características logísticas da companhia, foi definida uma unidade de plantio chamada de “Parcela Padrão” medindo mil metros (1000m) de comprimento por trezentos e quarenta metros (340m) de largura somando uma área de 34 hectares (ha) de acordo com a Figura 06.

Devido as premissas legais de zoneamento ambiental e os limites legais das propriedades Biopalma, não foi possível aplicar em toda área agricultável da empresa a unidade padrão, resultando em áreas recortadas com menos de 34 hectares.

As parcelas obedecem a uma sistemática simples de nomenclatura alfa numérica crescente, compostas por uma letra, separada por hífen seguida por uma sequência numérica de 2 dígitos, a sucessão alfabética avança de leste para oeste, enquanto a série numérica ascende de norte para o sul (Figura 07);

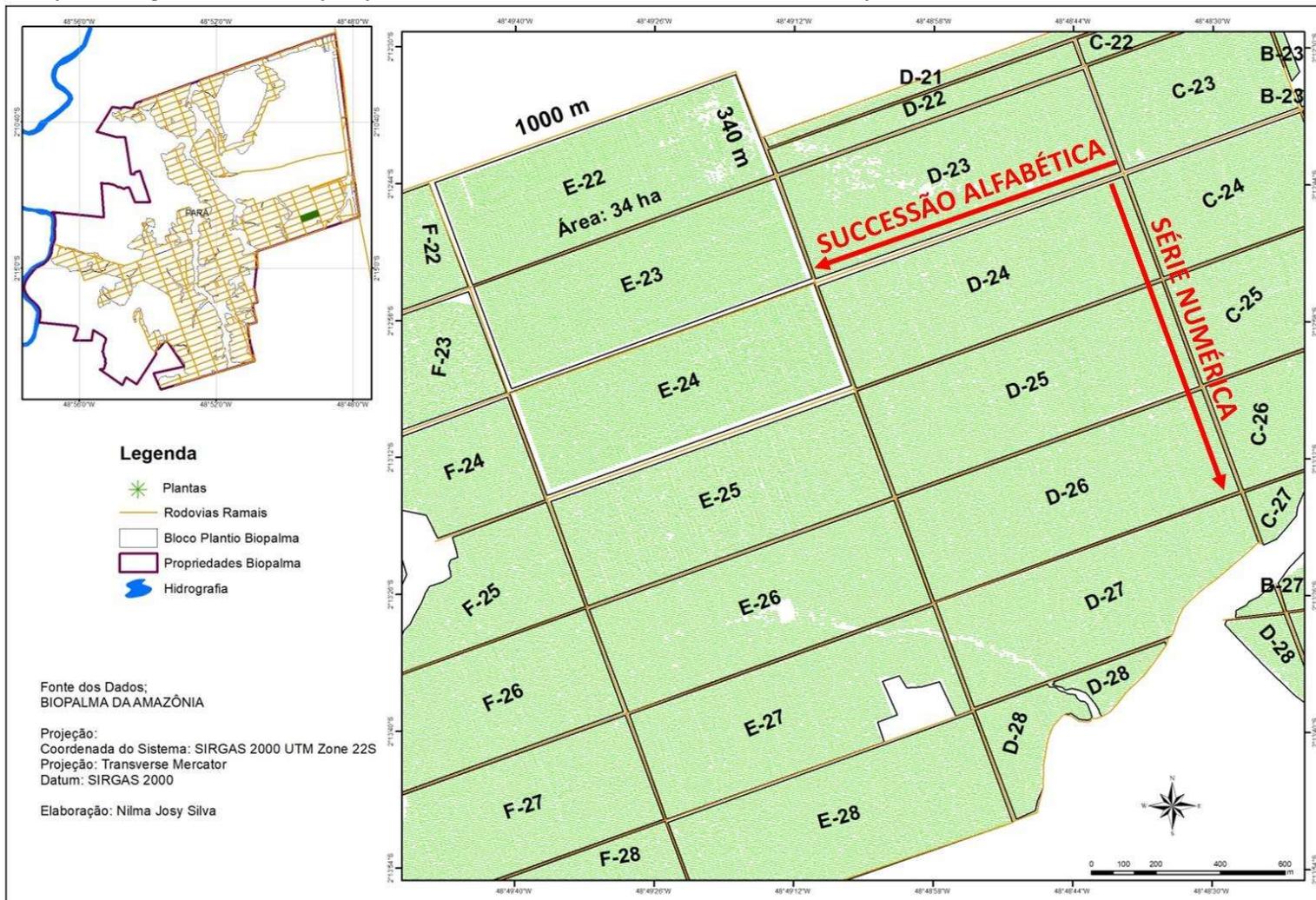
- 2)“Ano Plantio”: Registra o ano do calendário agrícola em que o plantio foi implantado;
- 3)“Plantas”: Representa a quantidade de plantas contabilizadas no último inventário cadastral realizado pela empresa no ano de 2017;
- 4)“Área”: Constitui a área agricultável da parcela;
- 5)“Densidade”: É a relação direta da quantidade de plantas por ha hectare, e retrata a distância existente entre as plantas, cada espécie de palma necessita de um espaçamento ideal específico para desenvolver.
- 6)“Variedade”: Traduz a espécie de palma que foi utilizada no plantio

**Figura 6 -** Mapa Temático do bloco de plantio da fazenda Amanda, localizada no polo Moju com exemplo da configuração de uma parcela padrão dentro do plantio de palma de óleo.



Fonte: Acervo Geotecnologia Biopalma (2019).

**Figura 7 -** Mapa Temático do bloco de plantio da fazenda Amanda, localizada no polo Moju com destaque para a sistemática de nomenclatura das parcelas.



Fonte: Acervo Geotecnologia Biopalma (2019).

### 3.3 FASES DE DESENVOLVIMENTO DO SIGPALMA

Durante o primeiro semestre de 2018 foi desenvolvido um projeto-piloto do SIGPalma (Figura 08), nesse período foram realizados os primeiros testes de performance, compatibilidade e usabilidade entre os aplicativos disponíveis no mercado para dispositivos móveis; tablets e smartphones.

Após essa bateria de testes entre a combinação de 4 aplicativos e 12 equipamentos envolvendo as marcas mais comuns do mercado nacional, optou-se pela utilização da plataforma open source “Qfield” e do smartphone modelo “LG K10”, conjunto que apresentou o melhor desempenho e menor custo-benefício.

O LG K10 é um dispositivo mediano, pesa aproximadamente 142g, equipado com processador de 8 núcleos de 1,5 GHz modelo Cortex-A53, chipset MediaTek MT6750, com 2 Gb de memória RAM e 32 Gb de armazenamento interno e memória externa SD expansível até 2048 Gb, tela de 5,3 polegadas com resolução 720 x 1280 pixel e 16 milhões de cores, possui conectividade Wi-Fi 802.11b/g/n, Bluetooth 4.2 com A2DP/LE, micro usb 2.0 e tecnologia A-GPS / GLONASS.

A versão preliminar do SIGPalma foi disponibilizada para 04 funcionários da empresa que exercem funções diferentes distribuídos basicamente em 2 perfis distintos de usuários: operação e gerenciamento no intuito de reportarem eventuais problemas de funcionamento e sugestões de melhorias da plataforma.

**Figura 8** - Fluxograma mostrando as fases de desenvolvimento do sistema de informação geográfica móvel.



Fonte: autor (2020).

### **3.3.1 Seleção de arquivos**

Nessa fase foram definidos, através de filtragem manual no banco de dados digital da companhia, os arquivos para compor o layout do projeto base que roda no sistema de informação geográfica móvel.

### **3.3.2 Padronização de arquivos**

Após a seleção dos arquivos, os *shapfiles* foram submetidos a uma checagem de topologia e estrutura da tabela de atributos, esses procedimentos foram realizados em ambiente *desktop* no *software Qgis*, nessa etapa todos os arquivos passaram pelo processo conversão para o sistema de coordenadas cartesianas bidimensional UTM, usando o sistema geocêntrico de referência para as américas (SIRGAS 2000), utilizado como padrão para todo o projeto SIGPalma.

### **3.3.3 Parametrização do Projeto SIGPalma**

Passado a fase de padronização dos arquivos, os elementos de layout do projeto base foram configurados ainda na versão *Qgis Desktop*, uma vez definida as premissas de estilo; rotulação; hierarquia e níveis de renderização das camadas o projeto foi exportado no formato nativo (.qgs) e empacotado através do complemento *Qfield sync*, para garantir a compatibilidade com o aplicativo *Qfield* que serve de interface para o sistema de informação geográfica móvel.

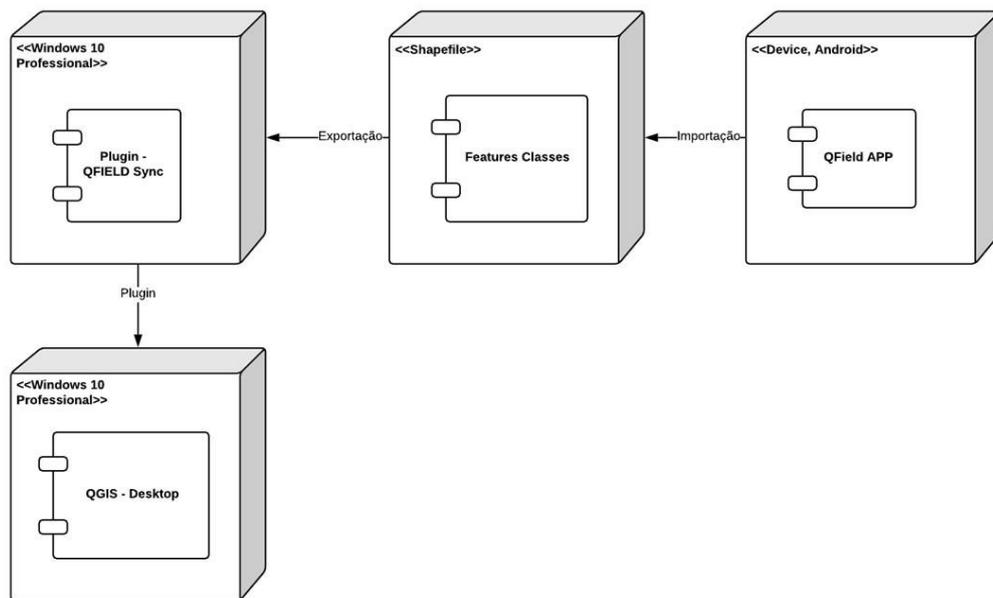
### **3.3.4 Consolidação de Hardware e Software**

Após a avaliação e sugestão dos usuários do projeto-piloto, com base na experiência positiva foi decidido manter o conjunto de dispositivo móvel e aplicativo utilizados no projeto preliminar para conceber o SIGPalma, onde foi necessário apenas fazer a atualização do *Qfield* para a versão mais atual.

### **3.3.5 Transferência**

Com a definição de hardware e software, o passo seguinte foi elaborar as rotinas de sincronização e atualização dos arquivos (Figura 09), para as atividades do projeto SIGPalma, assim como definir o método de transmissão dos dados para os dispositivos móveis.

**Figura 9** - Diagrama de instalação UML que descreve os componentes de hardware e software e sua interação com outros elementos de suporte ao processamento. do sistema de informação geográfica móvel.



Fonte: autor (2020).

### 3.3.6 Segurança da informação

Por se tratar de informações estratégicas da empresa e seguindo a política de segurança da companhia, foi determinado pela diretoria que a sincronização e atualização das informações seja realizada apenas pela equipe de geotecnologias através de rotina física e manual através da conexão direta via cabo usb; conexão via *wifi* e/ou *bluetooth* através da rede corporativa da Biopalma.

O arquivo empacotado chamado "GisMobile.qgs" pode ser armazenado em qualquer diretório do dispositivo móvel, bastando indicar o caminho no aplicativo *Qfield* através do menu de configuração na seção "Abrir Projeto", uma vez, indicado o caminho, o referido projeto carregará automaticamente não sendo necessário realizar esse procedimento novamente

### 3.3.7 Testes Operacionais e Ajustes Finais

No período de outubro a dezembro de 2019, foi reservado um período de 90 dias para a plataforma rodar em duas frentes de operações distintas para aferição e coleta dos resultados que serviram como parâmetro para definir o layout definitivo do Sistema de Informação Geográfica Móvel, nesse período foi testado também as rotinas de sincronização entre as plataformas, bem como as políticas de segurança definidas no sistema de gestão de segurança da informação.

Durante esse período de testes não foi reportado nenhuma ocorrência em relação ao funcionamento da plataforma, problemas de sincronização e base de dados.

## 4 PLATAFORMAS

### 4.1 QGIS *DESKTOP*

Com base nas diretrizes de marca da associação *QGIS.ORG* disponibilizadas na página oficial do projeto ([https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/getinvolved/governance/trademark/index.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/getinvolved/governance/trademark/index.html)) consultadas no dia 17 de julho de 2019, é importante ressaltar que o nome e o logotipo do QGIS são protegidos pela legislação europeia contra utilizações não autorizadas da marca registrada.

A instituição permite que os usuários finais, possam utilizar e até modificar o logotipo do QGIS para uso em comunicações não-comerciais e projetos de pesquisa. Esta permissão estará sujeita a avaliação de uma comissão de conformidade continuada e deve obrigatoriamente seguir as diretrizes de marcas e todas as outras regras e políticas da instituição.

A *QGIS.ORG* reserva-se o direito de cancelar ou alterar esta permissão a qualquer momento, a seu exclusivo critério.

Para utilizar uma versão personalizada do logotipo do QGIS, o material modificado deve ser enviado para aprovação através do endereço eletrônico: [trademark@qgis.org](mailto:trademark@qgis.org), após a aprovação a comissão emite um contrato de licença para utilização da logo alterada.

De acordo com as diretrizes de marca é permitido para trabalhos acadêmicos, artigos, livros, tutoriais e similares, utilizar ou se referir à marca QGIS sem a permissão explícita da *QGIS.ORG*, nesse contexto é exigido apenas que os devidos créditos sejam atribuídos ao projeto QGIS e referenciar o site oficial em algum lugar no documento final.

É sugerido que a citação seja feita através de um parágrafo curto na introdução ou prefácio da obra e que deixe evidente que se trata de um produto/versão não oficial derivada da plataforma QGIS.

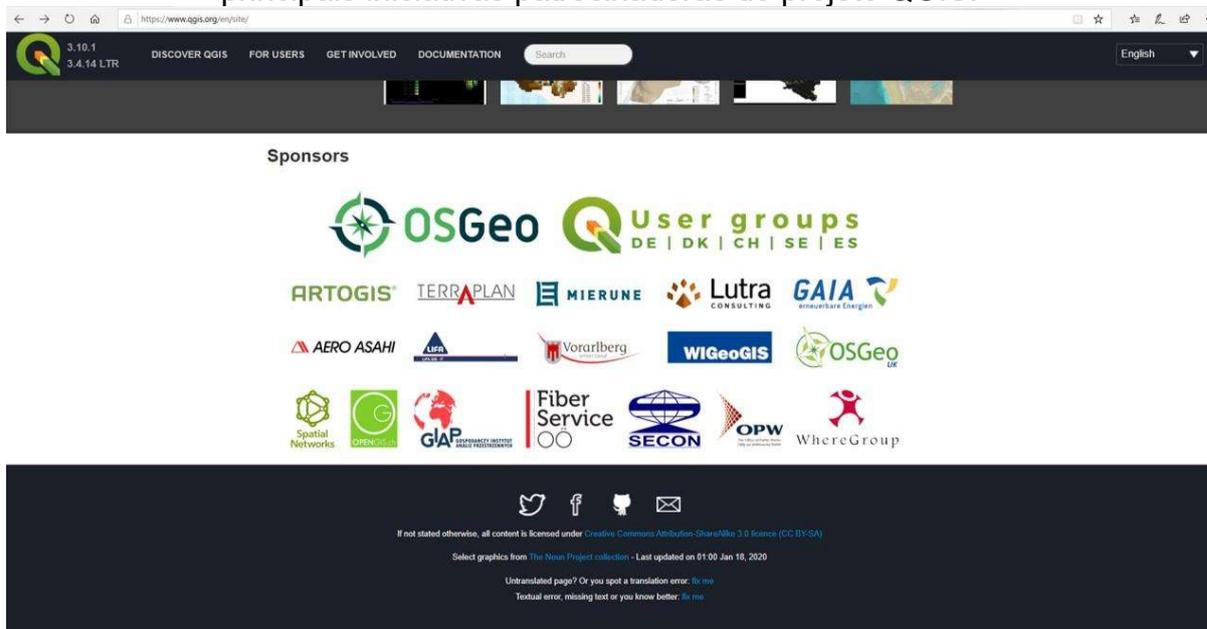
Por ser um software livre e de código aberto, a proprietária dos direitos incentiva ativamente qualquer pessoa a contribuir, direta ou indiretamente, para o projeto.

A aproximadamente 17 anos no mercado de Sistemas de Informação Geográfica – SIG, o *software* foi desenvolvido no início de 2002 por Gary Sherman, hoje membro honorário do comitê diretor de projetos (*Project Steering Committee – PSC*) da *QGIS.ORG Association*, o *Quantum GIS*, tornou-se um projeto incubado da *Open Source Geospatial Foundation* em 2007 e teve sua versão 1.0 lançada em janeiro de 2009.

Atualmente o software é popularmente chamado de QGIS e já está na versão 3.10 “A Corunã”, lançada em 25 de outubro de 2019 e trouxe uma série de atualizações e melhorias que podem ser consultadas na íntegra no repositório oficial: <http://changelog.qgis.org/en/qgis/version/3.10/>, as versões com a denominação “LTR” (*Long Term Release*) são as mais indicadas para *downloads* pelo desenvolvedor como versões mais estáveis do programa e destinadas a usuários finais, para o ano de 2020 foram anunciadas 3 atualizações sistêmicas, respectivamente; nos meses de fevereiro e junho como versões betas e em meados de outubro a versão 3.16 LTR. Desde 2012 os desenvolvedores iniciaram o processo de tradução do QGIS e atualmente está disponível em 48 idiomas e a aplicação é usada pela comunidade internacional em ambientes acadêmicos envolvendo os profissionais das geociências e áreas afins.

É importante ressaltar que o projeto QGIS é uma iniciativa colaborativa sendo patrocinada por empresas das mais diversas áreas de atuação e de renome no mercado mundial de geomarketing industrial, energia renovável, *space business*, aviação, telecomunicação e desenvolvimento de softwares (Figura 10).

**Figura 10** - Espaço dedicado no endereço eletrônico para a divulgação das principais iniciativas patrocinadoras do projeto QGIS.



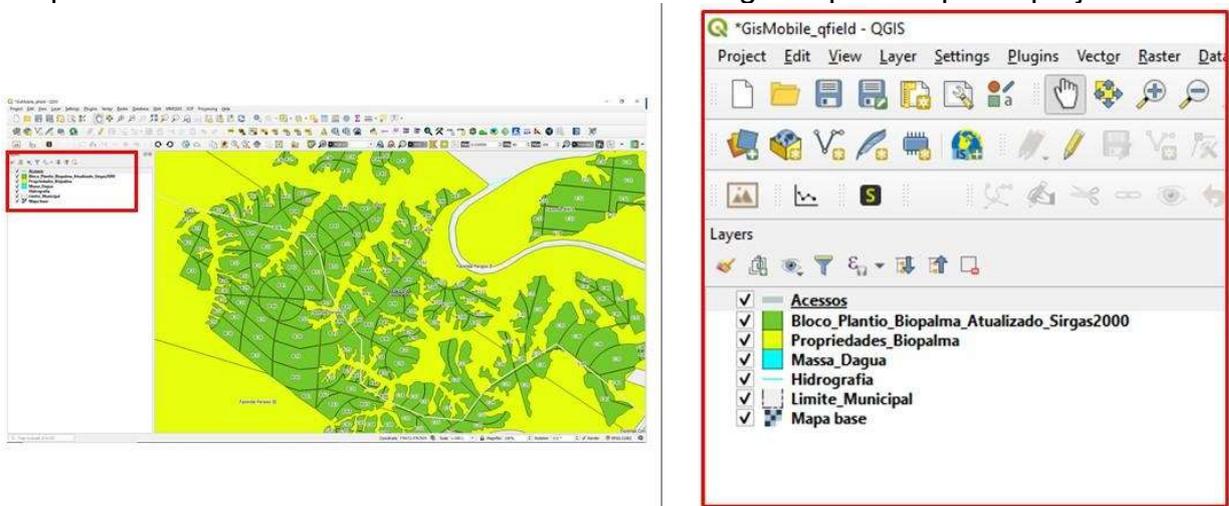
Fonte: autor (2020).

Para a iniciativa *Open.ch*, o QGIS é um software livre com código fonte aberto, multiplataforma (Mac OS X, Linux, UNIX e Microsoft Windows) de sistema de informação geográfica (SIG) que permite a visualização, edição, análise de dados georreferenciados e criação de mapas para impressão, escrito na linguagem C++, fazendo uso extensivo da biblioteca Qt (Cute), um framework para desenvolvimento de interfaces gráficas em C++ criado pela empresa norueguesa Trolltech.

De acordo com a *Free Software Foundation*, o Programa é disponibilizado sob a licença GNU GPL (*General Public License*), portanto pode ser livremente modificada e parametrizada para executar tarefas diferentes ou mais especializadas através dos numerosos plugins disponíveis, desenvolvidos usando C++ ou Python que expandem as principais funcionalidades do software.

Como descrito no repositório oficial do programa, de maneira geral similar a outros softwares SIG, o QGIS permite ao usuário criar mapas com várias camadas usando diferentes projeções cartográficas e sistemas de coordenadas, sendo possível compor mapas a partir de camadas *raster* e/ou vetoriais, onde os dados podem ser armazenados como pontos, linhas, ou polígonos e diferentes tipos de imagens são suportadas (Figura 11).

**Figura 11** - Mosaico evidenciando o gerenciador de camadas do QGIS, onde é possível visualizar todos os dados vetoriais e imagens que compõem o projeto.



Fonte: autor (2020).

O QGIS faz a leitura principalmente de arquivos *shapefile* que é o formato mais popular de arquivo contendo dados geoespaciais em forma de vetor usado pelos sistemas de informação geográfica, foi desenvolvido e regulamentado pela ESRI como uma especificação aberta para interoperabilidade entre os softwares proprietários e livres.

É compatível também com arquivos geodatabase e *coverages*, dois dos formatos de arquivo de dados espaciais mais recentes em softwares SIG, possibilitam armazenar mais de uma classe de recurso, grupos de pontos, linhas ou polígonos em um único arquivo, permitindo relacionamentos mais avançados entre as diferentes classes de recursos, usando o chamado "sistema de referência espacial" e pode também se basear nos recursos existentes dos bancos de dados relacionais sendo compatíveis com *MapInfo*, *PostGIS*, *GEOS*, *SQLite*, *GDAL*, *GRASS GIS*, *PostgreSQL* e *Web services*, incluindo *Web Map Service* e o *Web Feature Service*, com suporte para habilitar o uso de dados de fontes externas.

Em todas as etapas da pesquisa e para a realização desse projeto foi utilizado a versão 64 bits do QGIS 3.4.10 Madeira LTR (*Long Term Release*).

#### **4.1.1 QGIS *plugin* de sincronização (*QFieldSync*)**

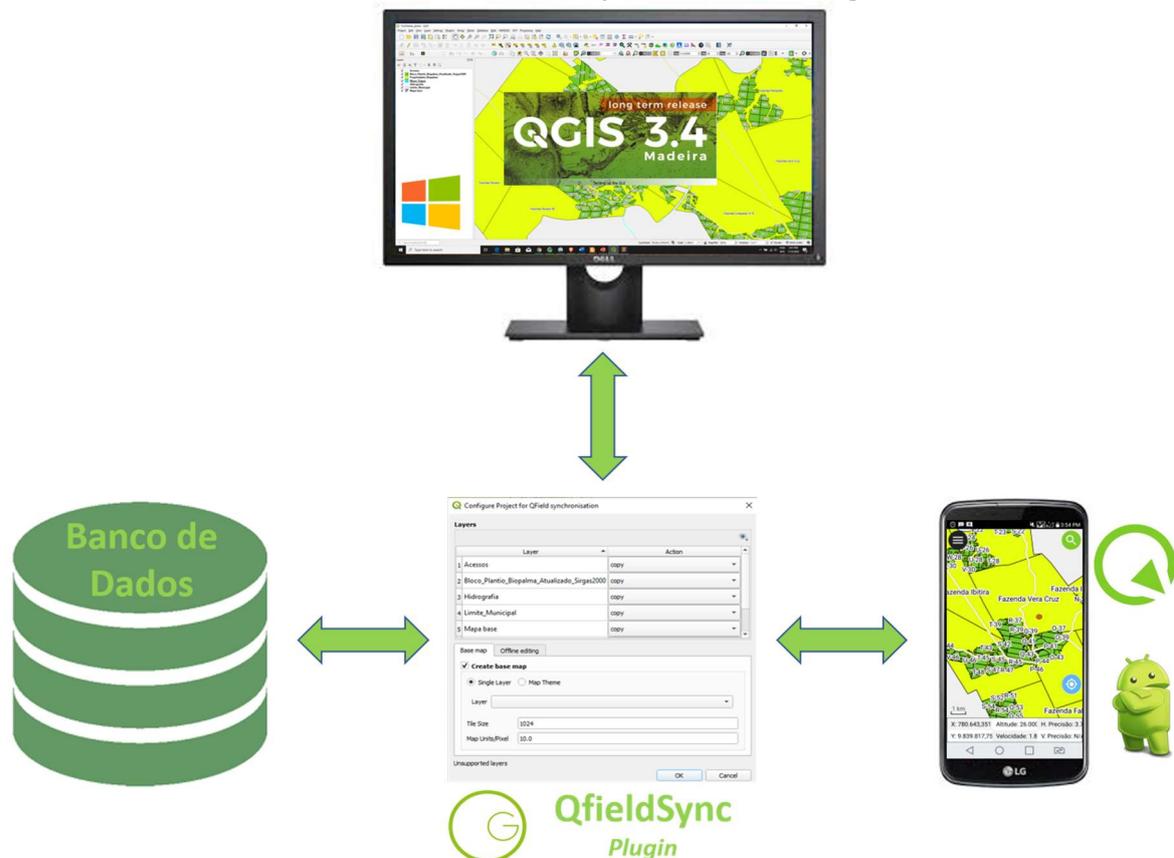
O complemento é de propriedade da iniciativa OPEN.ch e foi desenvolvido pelo colaborador Marco Bernasocchi, engenheiro de software e mestre em

geografia pela universidade de Zurique com especialidade em sistemas de informação geográfica.

Teve sua primeira versão experimental (*QFieldSync* 0.3) disponibilizada em 18 e agosto de 2016 com 676 downloads, segundo as informações contidas no endereço oficial do projeto QGIS e desde então, vem passando por atualizações constantes com implementações de melhorias e rotinas de automatização que facilitam o empacotamento e transferência de projetos QGIS para o QField.

O plugin analisa o projeto gerado no QGIS e executa as ações necessárias para que o mesmo funcione no QField, através de um fluxo de trabalho simplificado (Figura 12) que permite criar o pacote de dados e copiar para o dispositivo móvel e, após a coleta dos dados em campo, o plugin retorna os dados modificados de volta ao desktop, sincronizando os dados modificados com o banco de dados original.

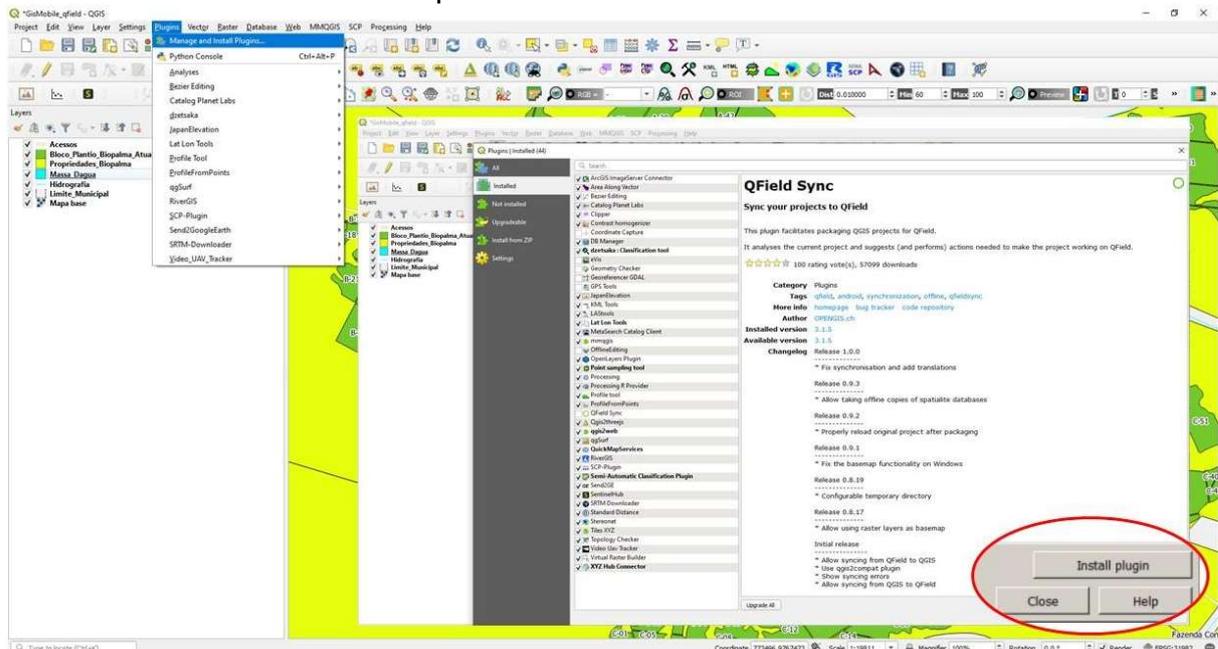
**Figura 12** - Interação entre as plataformas através das rotinas de sincronização automatizada do complemento QfieldSync.



Fonte: autor (2020).

Como pode ser observado na Figura 13, a instalação pode ser executada diretamente no programa QGIS, através da aba de gerenciamento de complementos, com o download realizado no repositório oficial do programa.

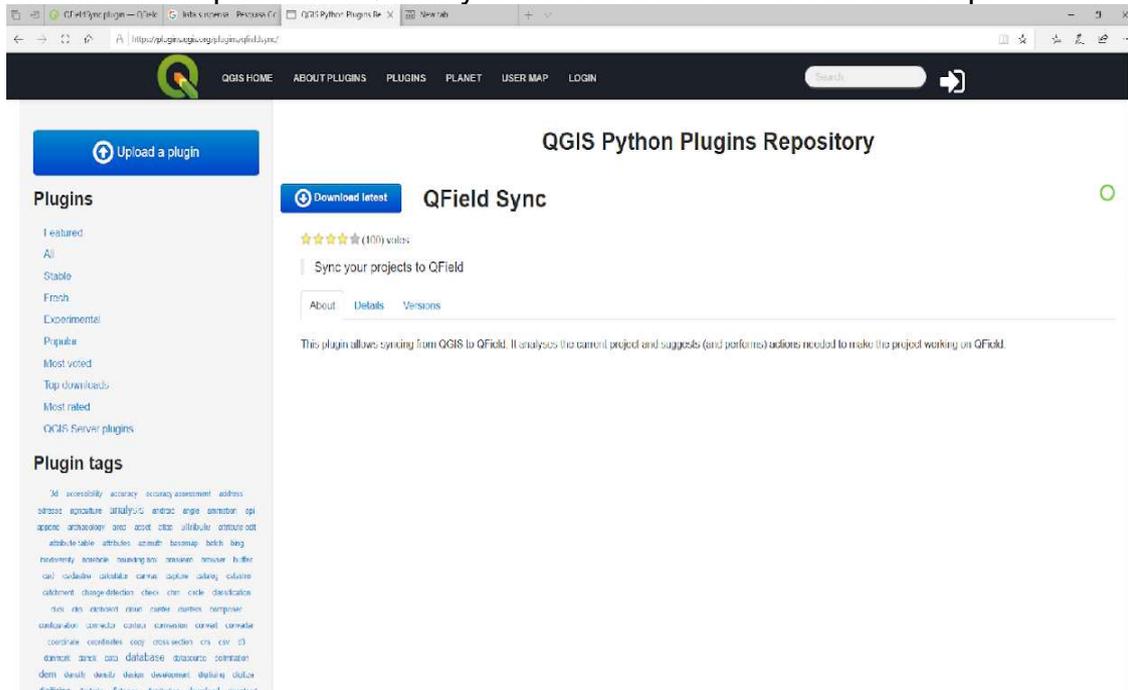
**Figura 13** - Em destaque a aba “Complementos/Plugin” e o ícone utilizado para acessar o gerenciador de complementos e instalador dos complementos via repositório oficial do QGIS.



Fonte: autor (2020).

Em muitos ambientes corporativos existem restrições de segurança na rede, que podem impossibilitar a conexão com repositório oficial do QGIS, assim como, a configuração do firewall e/ou antivírus podem ocasionar essa limitação, para esses casos, existe uma forma alternativa para instalar o complemento, bastando realizar o download do arquivo em formato zip, clicando no botão de coloração azul destacado na Figura 14.

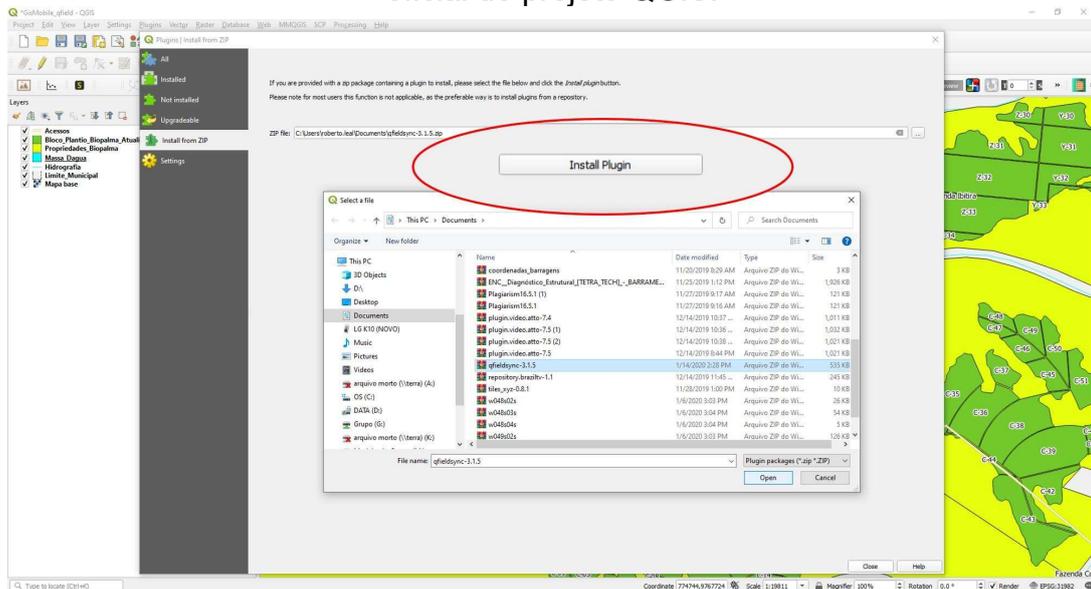
**Figura 14 -** Página oficial do projeto QGIS para realizar o download do complemento QfieldSync de forma manual em formato Zip.



Fonte: QGIS (2020).

Após descarregar o arquivo será necessário abrir o gerenciador de complemento e selecionar a opção “Instalar a partir do Zip”, indicar o caminho onde foi descarregado o arquivo zip e clicar em “Instalar Complemento” para concluir o processo de instalação manual (Figura 15).

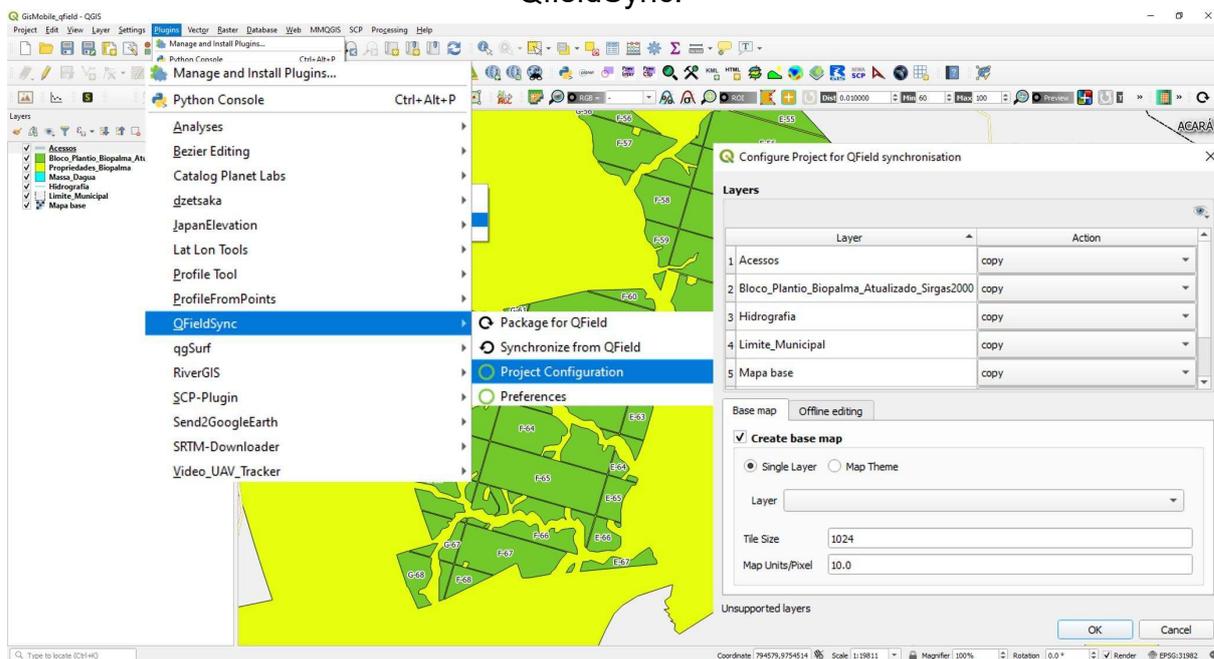
**Figura 15 -** Gerenciador de complementos com a opção de instalação a partir de um arquivo compactado no formato Zip, baixado diretamente da página eletrônica oficial do projeto QGIS.



Fonte: QGIS (2020).

Uma vez instalado o complemento disponibiliza quatro operações básicas (figura 16): 1) Exportar para o Qfield, essa opção deve ser utilizada para empacotar e transferir o projeto criado no QGIS para o dispositivo móvel; 2) Importar do Qfield, usada para extrair as informações do dispositivo móvel; 3) Configuração do Projeto, é uma função de extrema importância e fundamental para o funcionamento do sistema de informação geográfica móvel, pois é nessa etapa que será possível definir as ações que serão executadas para cada camada do projeto na transferência para o Qfield, nesse momento também é possível configurar mapas base a partir de uma única camada de varredura ou de um estilo definido e 4) Preferências do Qfield, nessa caixa de diálogo, serão definidos os diretórios padrões de Importação e exportação dos dados.

**Figura 16** - Caixa de diálogo com as opções de sincronização do complemento QfieldSync.



Fonte: QGIS (2020).

Nesse projeto foram utilizadas as versões 3.0.2 e 3.1.5, não experimental, disponibilizada em agosto de 2019, compatível com a versão do QGIS 3.0.0 ou superior.

## 4.2 QFIELD MOBILE

O *QField* é uma plataforma desenvolvida para utilização em dispositivos móveis (principalmente smartphones e tablets) para atividades de campo. Desenvolvido pela *OpenGIS*, funciona com a licença pública GNU GPL (*General Public License*), com código totalmente aberto para uso, inspeção e modificação. Utiliza exclusivamente o sistema operacional Android 4.0.3 ou mais atual e pode ser baixado gratuitamente pela *Google Play*, ou em forma de um *apk* pré-compilado para transferência a partir do *link* oficial de lançamento da plataforma <https://github.com/opengisch/QField/releases/>.

Funciona com a localização por *GPS*, com todas as funcionalidades offline, capacidade de sincronização e permite a visualização de todas as camadas (raster e vetoriais) carregadas previamente no projeto e vetorização de feições.

O projeto foi concebido levando em consideração três (03) premissas básicas: Simplicidade; Compatibilidade com o *QGIS* e fundamentado em modos de utilização (consulta e edição).

As configurações de um dispositivo móvel de campo não são os mesmos que um Desktop ou notebook utilizado em ambiente corporativo no escritório, o ecrã é menor, os dispositivos de entrada são diferentes e as tarefas também, permitindo ao usuário realizar suas atividades de forma rápida e objetiva com uma interface simples e amigável.

Sendo necessário parametrizar previamente o projeto no *QGIS desktop*; estilos de camadas; definições de formulários; permissões de edição; sistemas de coordenadas; projeção cartográfica e demais configurações do projeto.

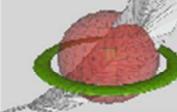
O *QField* é totalmente baseado no *QGIS*, utiliza as mesmas bibliotecas do software, mecanismo de renderização, widgets de edição proporcionando que o projeto tenha o mesmo aspecto no dispositivo móvel e no computador, dessa forma um usuário familiarizado com a versão desktop do programa não terá dificuldades em utilizar a versão mobile, preservando o conceito também no caminho inverso.

A plataforma móvel foi concebida sobre a métrica operacional de modos de utilização, onde os modos são semelhantes à ferramenta de mapa do *QGIS*. Um modo define exatamente a tarefa que o usuário está realizando: 1) modo “*explorar*”, permite realizar consulta na base de dados e navegar sobre as camadas carregadas

previamente no projeto; 2) modo “digitalizar”, proporciona ao usuário coletar e registrar novas informações ao banco de dados, assim como modificar e atualizar uma feição do projeto em tempo real.

A plataforma suporta uma ampla variedade de formatos (Tabela 1) através de provedores de dados QGIS e GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*), este último trata-se de uma coleção *GUI (Graphical User Interface)*, sendo um tipo de interface do utilizador que permite a interação com dispositivos digitais por meio de elementos gráficos como ícones e outros indicadores visuais, em contraste a interface de linha de comando, são ferramentas de gerenciamento para consultar, reprojeter e unir um conjunto variado de formatos raster que inclui também ferramentas para criar camadas de contornos (vetor), relevos sombreados a partir de MDT matriciais, fazer um vrt (*Virtual Raster Tile* em formato XML) a partir de uma coleção de um ou mais arquivos raster. Estas ferramentas estão disponíveis no QGIS quando o complemento está instalado e ativado. Para maiores informações consultar o site <http://gdal.osgeo.org>.

**Tabela 01** - Listagem dos principais formatos suportado pela plataforma móvel Qfield com um breve descritivo de cada extensão, enfatizando a versatilidade do aplicativo.

ARQUIVO	FORMATO	CATEGORIA	DESENVOLVEDOR	DATA DE CRIAÇÃO	SUORTE
Shapefile		Vetor		1992	
Keyhole Markup Language		Vetor; Raster; Matrizes, style e metadados		2007	
Compressed Keyhole Markup Language		Vetor; Raster; Matrizes, style e metadados		2007	
Geopackage	 gpkg	Vetor; Raster; Matrizes, style e metadados		2014	
Spatialite		Vetor; Raster; Matrizes, style e metadados	 Gaia - SINS Federate Project	2008	
MBtiles	 MBTILES	Vetor; Raster; Matrizes, style e metadados		2011	
Tagged Image File Format		Raster		1994	
Enhanced Compression wavelet		Raster		1998	
Multi-resolution Seamless Image Database		Raster		1996	

Fonte: autor (2020).

## 5 RESULTADOS

A plataforma SIGPALMA na íntegra é composta basicamente por um banco de dados em formato *shapefile*, que por sua vez é parametrizado e editado em um SIG, exportado através de um complemento de sincronização para o dispositivo móvel que utiliza um aplicativo para visualizar as informações de acordo com a Figura 17.

**Figura 17** - Diagrama representando a arquitetura básica da plataforma SIGPALMA.

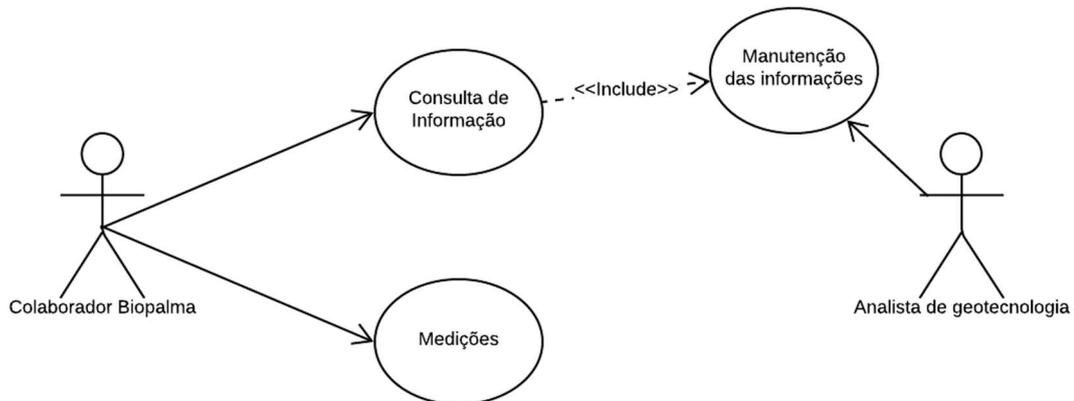


**Fonte:** autor (2020).

O sistema de informação geográfica móvel SIGPALMA foi desenvolvido levando em conta a premissa básica da simplicidade com o intuito de proporcionar agilidade na consulta de informações em tempo real na área do palmar.

Nesse contexto (Figura 18), para esse projeto de mestrado o sistema é composto por 02 (dois) atores; 1) “Colaborador Biopalma” e 2) “Analista de Geotecnologia: O primeiro, é o usuário do sistema propriamente dito, tem um perfil único e padrão, que poderá executar consultas a base de dados geográfica, e realizar medições na tela do dispositivo móvel; O segundo ator, é responsável por fazer a atualização das informações no SIG, por se tratar de informações estratégicas da empresa e seguindo a política de segurança da companhia, foi recomendado que a atualização das informações seja realizada apenas pela equipe de geotecnologias através de rotina física e manual como foi detalhado no item 3.3.6.

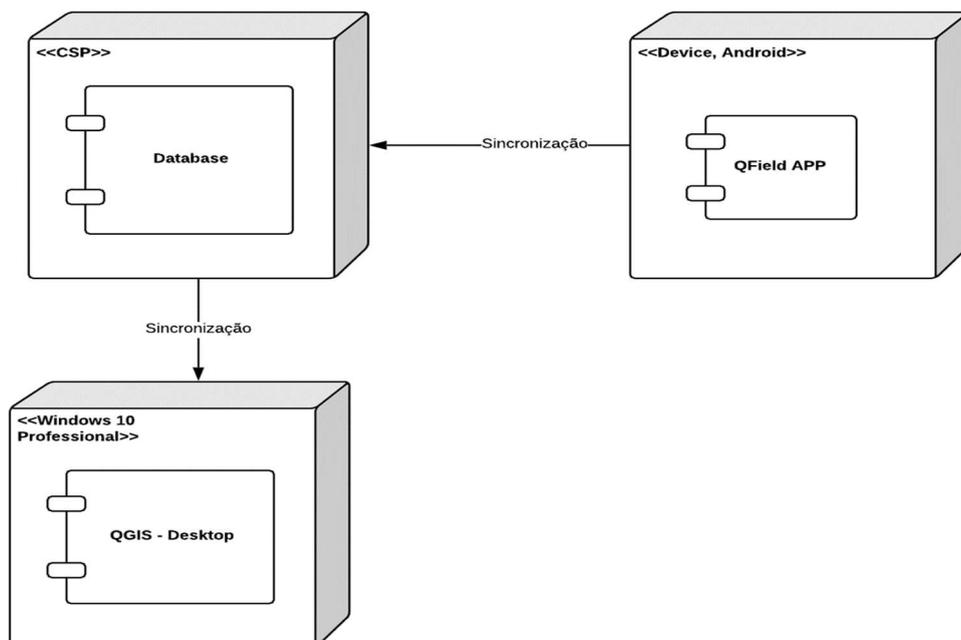
**Figura 18** - Diagrama de Caso de Uso UML, descrevendo os requisitos funcionais do sistema e seus atores.



Fonte: autor (2020).

É importante ressaltar que está previsto e existe a possibilidade de automatizar essa etapa do processo como será exibido na Figura 19, porém até a data de apresentação desse projeto o setor de segurança de informação da Biopalma ainda não havia autorizado a implementação dessa rotina e ficará registrado aqui como melhoria futura do sistema.

**Figura 19** - Diagrama de implantação UML, representando os componentes de hardware e software e sua interação com outros elementos de suporte ao processamento prevendo a automação da rotina de sincronização entre as plataformas e a base de dados.

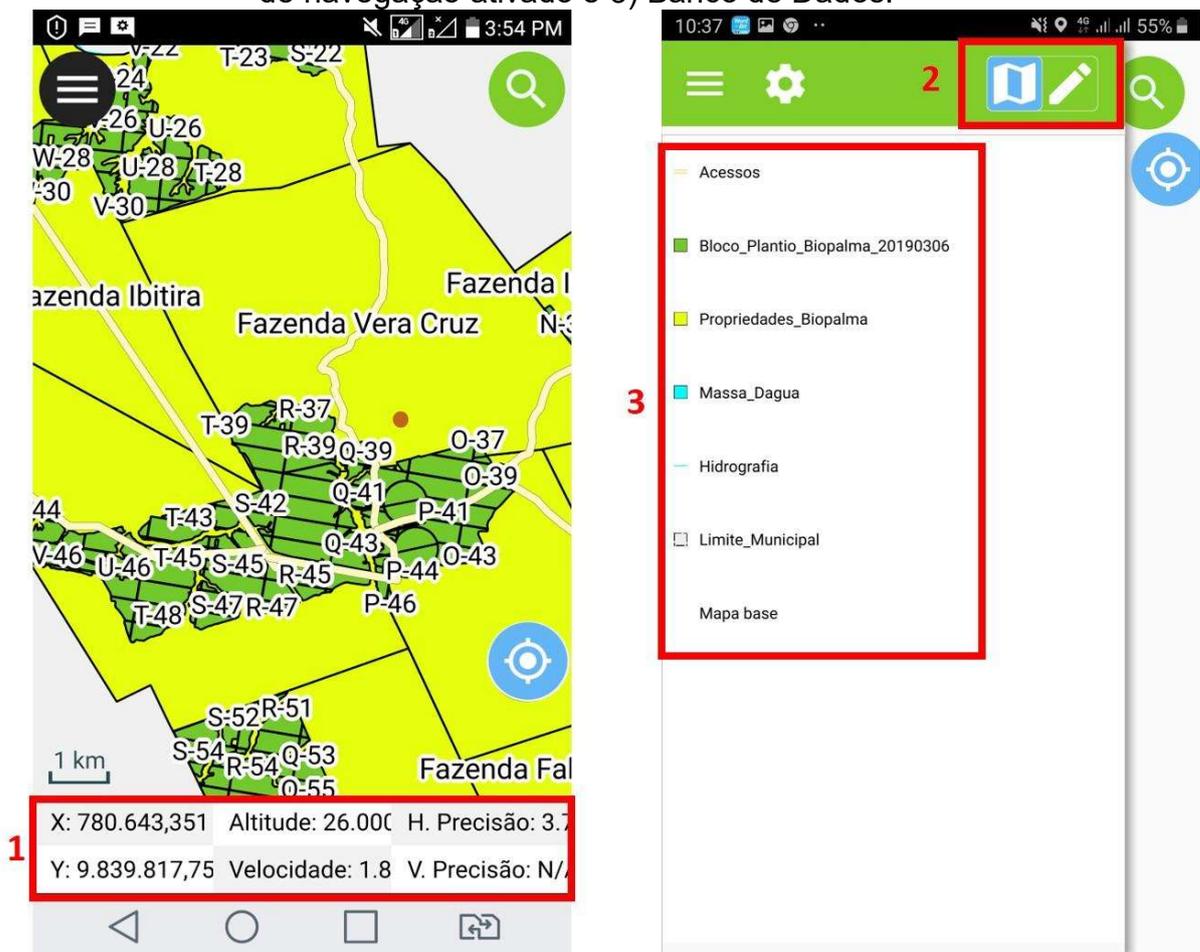


Fonte: autor (2020).

Para garantir o objetivo do projeto e manter a premissa básica de simplicidade e eficiência do SIGPALMA, o sistema móvel, disponibilizará as suas funcionalidades em um único módulo de operação: “Modo Navegar”, que poderá ser executado tanto com o sistema “on line” ou “off line”.

Esse módulo é dinâmico e totalmente interativo, todas as pesquisas serão realizadas através de toques na tela com resposta imediata do sistema no próprio *display* do dispositivo móvel, através dele o “Colaborador Biopalma” poderá consultar informações básicas de navegação, tais como: localização geográfica, altitude e velocidade, assim como ter acesso ao banco de dados geográfico (Figura 20).

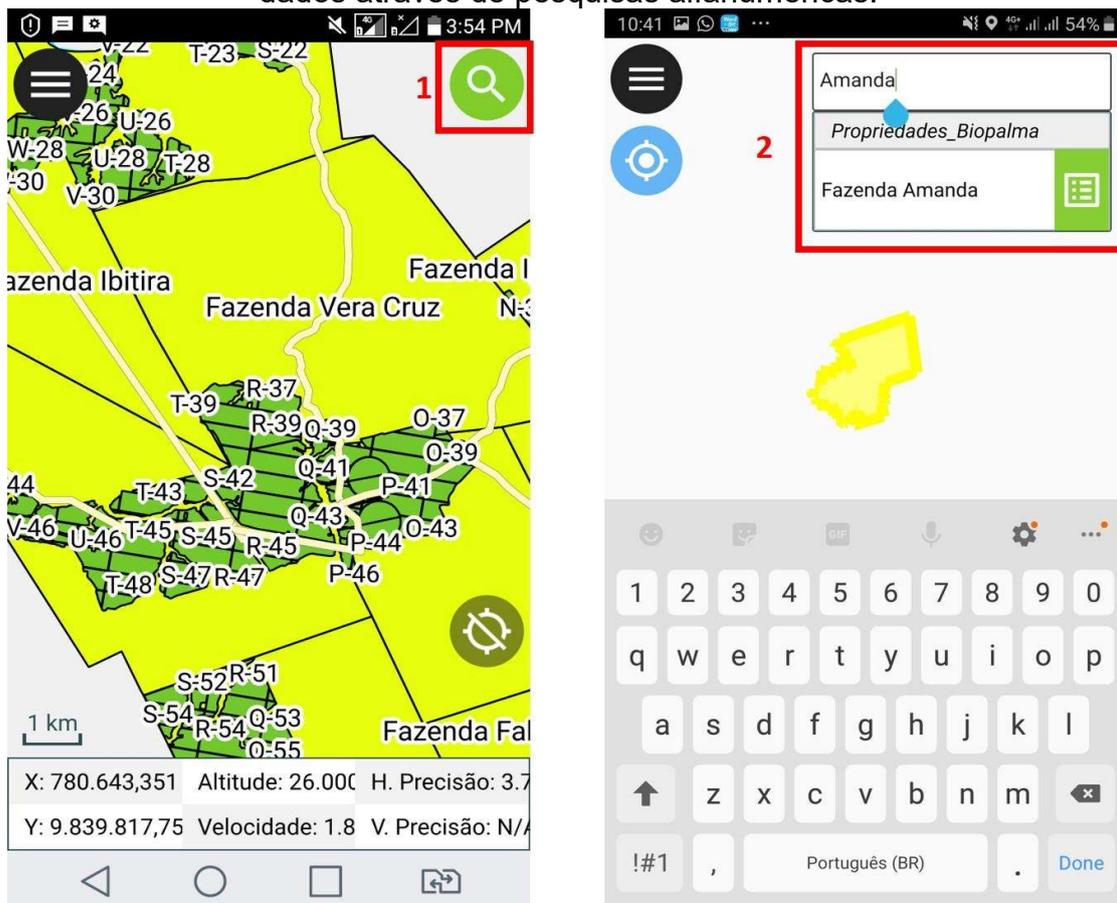
**Figura 20** - 1) caixa de diálogo contendo as informações de navegação; 2) modo de navegação ativado e 3) Banco de Dados.



Fonte: autor (2020).

Basicamente as consultas poderão ser realizadas de 2 formas: a) clicando diretamente na feição de interesse ou b) através de consulta alfanumérica, utilizando o ícone de busca localizado no canto superior direito do painel de visualização do *smartphone* (Figura 21).

**Figura 21** - No detalhe em vermelho a ferramenta para consultar o banco de dados através de pesquisas alfanuméricas.



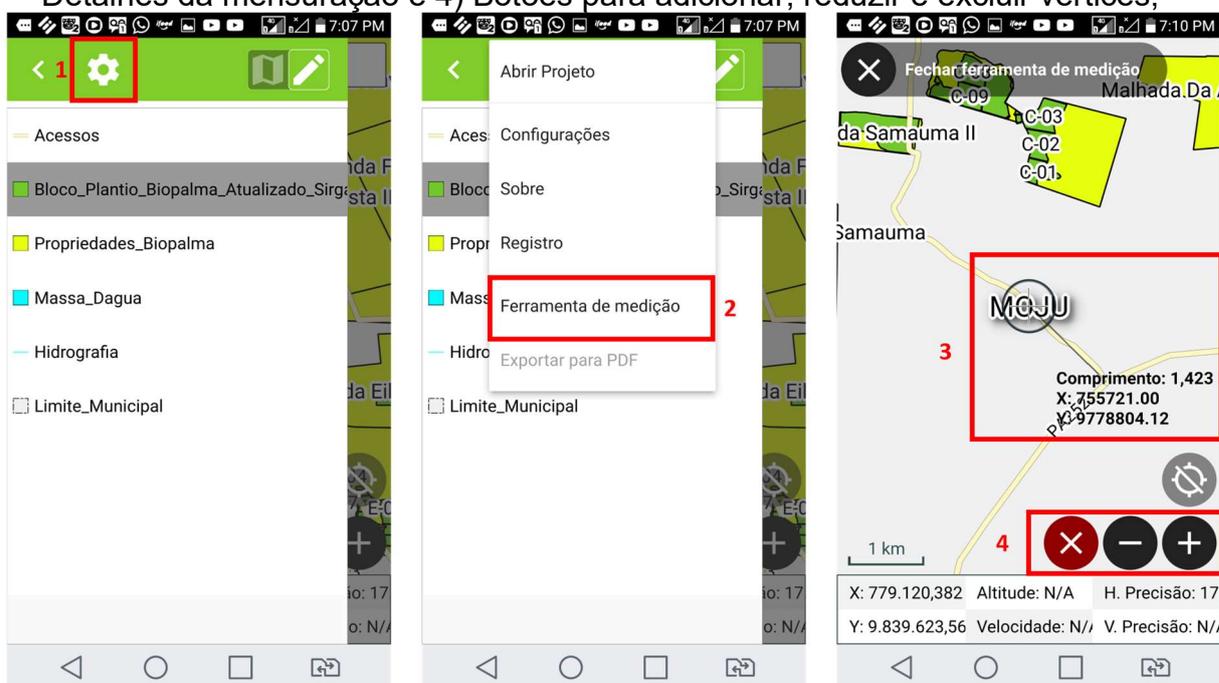
Fonte: autor (2020).

Nesse módulo o usuário também terá a possibilidade de realizar cálculos de áreas e medidas de distâncias de forma simples e direta, basta ativar a “ferramenta de medida”, acessando o ícone do “menu principal”, localizado no canto superior esquerdo da tela do dispositivo móvel e em seguida acessar o ícone “configuração” em formato de engrenagem e selecionar a última opção da lista suspensa.

Ao habilitar a ferramenta de medida, ficará disponível: um (01) alvo no centro da tela e três (03) ícones na parte inferior do ecrã, representados pelos símbolos “+”, “-” e “X” que servirão respectivamente para: indicar a posição atualizada do vértice, adicionar vértices, subtrair vértices e excluir medição, para finalizar a

atividade de mensuração, basta clicar em finalizar ferramenta na porção superior esquerda da tela do equipamento (Figura 22).

**Figura 22** - 1) Menu de configuração; 2) Ativador da ferramenta de medição; 3) Detalhes da mensuração e 4) Botões para adicionar, reduzir e excluir vértices,



Fonte: autor (2020).

Para seguir em conformidade com todas as regras e políticas de segurança da informação definidas pela companhia, todos os programas utilizados no projeto e dados foram instalados e armazenados em um computador de alta performance do tipo *workstation*, com sistema operacional *Windows 10 professional 64 bits*, alocado no escritório central, submetido a monitoramento contínuo e processo de *back-up* semanal, através de sincronização com o servidor central.

Como foi citado anteriormente no item 3.3.2, todos os dados foram tratados e preparados no programa QGIS, armazenados em pastas convencionais do sistema operacional.

Durante o desenvolvimento do trabalho em nenhuma fase da pesquisa foi utilizado um sistema gerenciador de base de dados específico, por se tratar de um banco de dados com estrutura organizacional simplificada, bem definida e com baixo nível relacional entre classes o próprio QGIS possibilita realizar essa atividade de gerenciamento, nativamente em sua plataforma, proporcionando de

maneira muito simples e direta, realizar as operações de manutenção do banco de dados geográfico.

## 6 DISCUSSÃO

De acordo com Pivoto et al. (2017), o impacto dessas tecnologias no sistema de produção e no meio ambiente brasileiro estão em fase inicial de desenvolvimento e adoção dessas tecnologias, com diversos agentes buscando oportunidades de negócios nesse setor, observando a aplicação dessas tecnologias no Brasil, o fornecimento e o desenvolvimento de ferramentas de *Smart Farming* estão atualmente concentrados em máquinas e equipamentos, e as empresas do setor são responsáveis por implantação dos primeiros protótipos em fazendas integradas

Corroborando com a ideia acima com a implantação do SIGPalma é possível avançar em tecnologia, adotando ferramentas de agricultura de precisão e inclusão dos novos conceitos de agricultura 4.0 e *Smart Farming* no palmar, principalmente ao comparar a plataforma que é utilizada atualmente pela empresa (coletor de dados) e a solução disponível no mercado (*QRcode*) utilizada pelas principais empresas de palma de óleo no mundo

O SIGpalma salientou diversas vantagens em relação ao coletor de dados, assim como, ao *QR Code*, como pode ser visualizado na figura 23., dentre elas se destacam a localização do usuário no campo em tempo real, consulta dinâmica a base dados agrícola e a interface interativa e amigável da plataforma, por se tratar de um telefone móvel com sistema Android bastante difundido e conhecido pela maioria dos usuários, não se faz necessário treinamento para utilização do sistema de informação geográfica móvel.

**Figura 23** - Quadro comparativo entre 03(três) tipos de tecnologias diferentes e que podem ser utilizadas para gerenciar as informações relacionadas ao plantio de Dendê.

	 SIGPalma	 Coletor de Dados	 QRCode
Posicionamento no campo em tempo real	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dados da Parcela	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Visualização dos Mapas do Palmar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Atualização diária da informação da Parcela	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informação de Produção, Manejo e Operação	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Interface amigável e interativa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Fonte:** autor (2020).

Inicialmente a ideia conceitual do SIGPalma contaria com as informações do inventário cadastral biológico, onde o banco de dados teria a informação de localização de cada indivíduo do plantio (árvore de dendê), não foi possível chegar até esse nível de detalhe para espacializar a informação na tela do dispositivo móvel, devido a limitação de processamento e renderização do *smartphone*, comprometendo o desempenho do sistema, através de travamentos e a navegabilidade em tempo real, por isso, optou-se por retirar essa informação do banco de dados.

Uma alternativa para manter essa informação na base de dados de forma indireta sem comprometer o desempenho da plataforma, foi incluir os dados de densidade de plantas por ha na tabela de atributos da feição plantio.

Outro ponto limitante para a ferramenta foi a implantação das rotinas de sincronização entre as plataformas, apesar de ter sido vislumbrada uma automatização no projeto conceitual, para atender as premissas de segurança da informação adotadas pela companhia, até a data de apresentação dessa dissertação não havia sido autorizado pela diretoria e pela área de tecnologia da

informação da Biopalma implantá-las, ficando registrado aqui como melhoria futura para o projeto.

É importante ressaltar que as limitações observadas durante a fase de maturação do projeto SIGPalma não comprometeram o objetivo do trabalho, serviram como alerta e pontos de melhorias do sistema.

O modelo de dispositivo móvel LG K10 com sistema operacional Android versão 7.0 nougat, placa Mediatek MT6750 e 2GB de memória RAM, selecionado para compor a plataforma do projeto, superou as expectativas com relação ao serviço de localização em tempo real, apresentando acurácia média de 5m, sobrepujando o rendimento da maioria dos modelos de gps de navegação, porém com base nas configurações do equipamento a medida que o banco de dados for sendo atualizado pode ser que a plataforma apresente alguns travamentos e problemas de renderização das feições.

É provável que esse fato tenha ocorrido pela antena do equipamento receber tanto sinal A-GPS (Sistema de Posicionamento Global Assistido), que suporta o recebimento de dados através de conexões do tipo GPRS e 3G, ajudando o aparelho a calcular as coordenadas da sua posição atual quando recebe informações de satélites, como sinal da constelação Russa GLONASS.

Para executar o SIGPalma de forma apropriada é recomendado que o dispositivo móvel tenha a configuração mínima compatível com: Sistema operacional Android 7.0 ou superior; processador *Octa-core*; placa gráfica ARM Mali-T860MP2; 2GB de memória RAM; 16 GB de armazenamento interno e receptor GPS compatível com A-GPS e GLONASS.

Para a escala do projeto a acurácia média de 5m atendeu a experiência de navegabilidade em tempo real, possibilitando o usuário final chegar a seu destino sem o uso de ferramentas externas e outros dispositivos de localização, porém é válido estudar, como melhoria futura para o SIGPalma um modelo baseado em um sistema com receptores geodésicos, sendo possível atingir precisão milimétrica.

O sucesso do projeto pode ser atribuído também ao fato de que foi possível armazenar todas as informações em um único banco de dados versátil, exclusivamente de vetores e que após seguir todo o fluxo de preparação, empacotamento e transferência ocupa aproximadamente 25MB de espaço de

armazenamento na memória interna do celular ou mídia de armazenamento externo.

Com a evolução sistemática dos *smartphones*, em um futuro próximo, esses dispositivos estarão equipados com processadores mais velozes, placas gráficas mais potentes e receptores GPS mais precisos, possibilitando a renderização de banco de dados mais robustos e com maior riqueza de informações, contendo dados de uso e ocupação do solo, imagens de alta resolução espacial, dados com histórico de fitossanidade de cada planta, informações do ativo biológico, dessa forma, possibilitando que o usuário tenha um acervo completo e total conhecimento da área do plantio da empresa para tomada de decisão.

## 7 CONCLUSÃO

Ao final do projeto de pesquisa foi possível desenvolver a solução proposta: “SIGPalma”, através de um sistema de informação geográfica móvel contendo o conjunto de dados vetoriais formados por sete classes que representam os 157.000 ha de propriedades da Biopalma da Amazônia S.A , englobando os 4 polos onde a empresa opera, com a totalidade da área de plantio de palma de óleo representada pelas parcelas (talhões), unidade mínima adotada para esse projeto de pesquisa, assim como as vias de acesso e os principais fenômenos geográficos da região.

Através da integração das plataformas: *QGIS Desktop*, *Qfield* e o *Smartphone* é possível proporcionar ao usuário final: a) Consulta dinâmica ao banco de dados agrícola da empresa, através de toques no ecrã do dispositivo móvel e pesquisas alfanuméricas pela barra de pesquisa; b) Visualizar sua localização em tempo real, com isso, eliminando a necessidade de utilização de mapas impressos e visita guiada na área de plantio da empresa; c) Consultar informações de navegação, como coordenadas geográficas, velocidade, altitude e acurácia do posicionamento e d) Fazer medições de área e aferições lineares das feições diretamente na tela do dispositivo móvel.

Por intermédio da ferramenta desenvolvida os objetivos específicos da pesquisa foram atingidos com a criação de uma base de dados unificada em formato *shapefile*, compatível com o aplicativo *Qfield* dentro de um ambiente interativo que cabe na palma da mão.

Ao utilizar a plataforma em atividade de campo é extremamente recomendado que o *smartphone* seja equipado no mínimo com película a prova de choque, possuir uma capa rígida de proteção apropriada e cordão de segurança para evitar possíveis danos causados por riscos intrínsecos a atividade, como: Poeira; Quedas; Respingos de água e suor.

Como sugestões de melhorias futuras para o SIGPalma e no intuito de otimizar a experiência interativa do usuário final, é recomendado que seja realizado a personalização do *Qfield* com a possibilidade de inserir a logomarca da Biopalma e alteração do layout e esquema de cores, com inserção de atalhos, como por exemplo: ícone que habilite a câmera do dispositivo móvel e possibilite vincular uma foto com localização geográfica ao banco de dados; botão que habilite e desabilite a rotação do norte no modo navegação, para que o usuário tenha a experiência de utilizar o dispositivo móvel como uma bússola.

Para desenvolver o módulo de edição, onde o usuário poderá coletar informações em campo e fazer edições no banco de dados, os dispositivos móveis, deverão possuir configurações de processamento superiores as recomendadas nesse documento e faz necessário o desenvolvimento em parceria com a equipe de TI da companhia, as rotinas de automatização de sincronização entre as plataformas e o banco de dados central.

Com os resultados positivos dessa pesquisa, foi observado que existe uma infinidade de possíveis aplicações da ferramenta, devemos avançar no conhecimento através da continuidade desse estudo, para verificar a possibilidade de implantação dos módulos que permitam realizar apontamentos agrícolas; registro de ocorrências fitossanitárias; criação de rotogramas, Traking de funcionário e localização espacial do ativo biológico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE ÓLEO DE PALMA (ABRAPALMA). **Sobre a palma**. [2015?]. Disponível em: <http://www.abrapalma.org/pt/sobre-o-fruto-de-palma/>. Acesso em: 05 out. 2017.
- BECKER, Bertha K. Recuperação de áreas desflorestadas da Amazônia: será pertinente o cultivo da palma de óleo (dendê)? **Revista Confins** [online], v. 10, 2010. DOI [10.4000/confins.6609](https://doi.org/10.4000/confins.6609). Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/6609>. Acesso em: 21 jan. 2018.
- BROVELLI, Maria A.; MINGHINI, Marco; ZAMBONI, Giorgio. Public participation in GIS via mobile applications. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Volume 114, abr. 2016, p. 306-315. DOI [10.1016/j.isprsjprs.2015.04.002](https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.04.002). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092427161500101X>. Acesso em: 21 jan. 2018.
- CHIA, Gil Sánchez. **Caracterização morfofisiológica e anatômica de folhas de dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.), de caiaué (*E. oleifera* (Kunth) Cortés) e híbrido interespecífico (*E. guineensis* x *E.oleifera*) nas condições da Amazônia Central**. 2012. 85 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/4676>. Acesso em: 21 jan. 2018.
- CLEGG, P.; BRUCIATELLI, L.; DOMINGOS, F.; JONES R. R.; DONATIS, M. de; WILSON, R. M. Digital geological mapping with tablet PC and PDA: A comparison. **Computers & Geosciences**, v. 32, n. 10, dez. 2006, p. 1682-1698. DOI [10.1016/j.cageo.2006.03.007](https://doi.org/10.1016/j.cageo.2006.03.007). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300406000604>. Acesso em: 21 jan. 2018.
- CORLEY, R. H. V.; TINKER, P. B. **La palma de aceite**. 4. ed. Londres: Blackwell, 2009. 604 p. (World Agriculture Series)
- FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ (FAPESPA). Boletim Agropecuário do Estado do Pará 2015. Belém: Fapespa, 2015.
- SONG, Gao; GENGCHEN, Mai. Mobile GIS and Location-Based Services. In: BO, Huang. **Comprehensive Geographic Information Systems**. [s.l.]: Elsevier, 2018. p. 384-397. DOI [10.1016/B978-0-12-409548-9.09710-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09710-4). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489097104>. Acesso em: 21 jan. 2018.
- ZECHUN, Huang; DINGFA, Huang; ZHU, Xu; ZHIGEN, Xu. GPS Vehicle Positioning Monitoring System Integrated with CORS and Mobile GIS. **Procedia Environmental Sciences**, v. 10, part C, 2011, p. 2498-2504. DOI [10.1016/j.proenv.2011.09.389](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.389). Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029611005846>. Acesso: 21 jan, 2018.

LODY, R. G. da M. **Dendê: símbolo e sabor da Bahia**. São Paulo: Senac [São Paulo], 2009. 149p.

MCAFFREY, Ken J. W.; HOLDSWORTH, Robert E.; CLEGG, Phil; JONES, Richard R.; WILSON, Robert. Using digital mapping tools and 3-D visualization to improve undergraduate fieldwork. **Planet**, v. 11, n. 1, 2003 [publicado online 15 dez. 2015]. DOI [10.11120/plan.2003.00110034](https://doi.org/10.11120/plan.2003.00110034). Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.11120/plan.2003.00110034>. Acesso em: 21 jan. 2018.

MCAFFREY, Ken J. W.; JONES, R. R.; HOLDSWORTH, R. E.; WILSON, R. W.; CLEGG, P.; IMBER, J.; HOLLIMAN, N.; TRINKS, I. Unlocking the spatial dimension: digital technologies and the future of geoscience fieldwork. **Journal of the Geological Society**, London, v. 162, dez. 2005, p. 927–938. DOI [10.1144/0016-764905-017](https://doi.org/10.1144/0016-764905-017). Disponível em: <https://jgs.lyellcollection.org/content/162/6/927>. Acesso em: 21 jan. 2018.

PIVOTO, Dieisson; WAQUIL, Paulo D.; TALAMINI, Edson; FINOCCHIO, Caroline P. S.; DALLA CORTE, Vitor F.; VARGAS MORES, Giana de. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. **Information Processing in Agriculture**, v. 5, n. 1, mar. 2018, p. 21-32. DOI [10.1016/j.inpa.2017.12.002](https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.12.002). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317316301184>. Acesso em: 21 jan. 2018.

ROCHA, Raimundo N. C. **Culturas Intercalares para Sustentabilidade da Produção de Dendê na Agricultura Familiar**. 2007. 75 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2007. Disponível em: <https://locus.ufv.br//handle/123456789/1266>. Acesso em: 21 jan. 2018.

ROJAS, F. **El cultivo de la palma**. San José: EUNED, 1983. 54 p

SILVA, José S. O. **Produtividade de óleo de palma na cultura do dendê na Amazônia Oriental: influência do clima e do material genético**. 2006. 95 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2006. Disponível em: <https://locus.ufv.br//handle/123456789/4554>. Acesso em: 21 jan. 2018.

JAE-KWAN, Yun; DONG-OH, Kim; DONG-SUK, Hong; MOON, Hae Hae; KI-JOON, Han. A real-time mobile GIS based on the HBR-tree for location based services. **Computers & Industrial Engineering**, v. 51, n. 1, 2006, p. 58-71. DOI [10.1016/j.cie.2006.06.013](https://doi.org/10.1016/j.cie.2006.06.013). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835206000635>. Acesso em: 21 jan. 2018.