UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

Proposta de uma arquitetura base para integração de VANT

Fernanda Pereira Guidoti

Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional (PPG-CMC)

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Fernanda Pereira Guidoti

Proposta de uma arquitetura base para integração de VANT

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional. *VERSÃO REVISADA*

Área de Concentração: Ciências de Computação e Matemática Computacional

Orientador: Prof. Dr. Claudio Fabiano Motta Toledo

Coorientador: Prof. Dr. Julio Cezar Estrella

USP – São Carlos
Julho de 2019

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi
e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP,
com os dados inseridos pelo(a) autor(a)

G948p Guidoti, Fernanda Pereira
 Proposta de uma arquitetura base para integração
de VANT / Fernanda Pereira Guidoti; orientador
Claudio Fabiano Motta Toledo; coorientador Julio
Cezar Estrella. -- São Carlos, 2019.
 135 p.

 Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
em Ciências de Computação e Matemática
Computacional) -- Instituto de Ciências Matemáticas
e de Computação, Universidade de São Paulo, 2019.

 1. Arquitetura de software. 2. Interação homem-
maquina. 3. Mineração de dados. 4. Aeronaves não
tripuladas. I. Toledo, Claudio Fabiano Motta ,
orient. II. Estrella, Julio Cezar , coorient. III.
Título.

Fernanda Pereira Guidoti

A proposal for a base architecture for UAV integration

Master dissertation submitted to the Institute of Mathematics and Computer Sciences – ICMC-USP, in partial fulfillment of the requirements for the degree of the Master Program in Computer Science and Computational Mathematics. *FINAL VERSION*

Concentration Area: Computer Science and Computational Mathematics

Advisor: Prof. Dr. Claudio Fabiano Motta Toledo

Co-advisor: Prof. Dr. Julio Cezar Estrella

USP – São Carlos
July 2019

Este trabalho é dedicado aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação contou com muitos apoios e incentivos, os quais serei para sempre grata.

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças para continuar meus estudos e não desistir pelo caminho, a minha mãe, que é minha inspiração de superação e que sempre está comigo em meus pensamentos e ao meu pai que sempre me apoiou.

Agradeço meu orientador Prof. Cláudio, que me apoiou e me incentivou a dar o melhor de mim, a me superar, a realizar coisas que eu não pensava ser possível, me instruindo, sempre compartilhando conhecimento, um mentor.

Ao meu co-orientador Prof. Julio sou imensamente grata, por todas as ideias, considerações, por aceitar ser meu co-orientador e ajudar durante a execução do projeto, sem o seu apoio não teríamos conseguido realizar a validação do estudo de caso, em especial obrigada por possibilitar o uso da estrutura do LaSDPC.

Ao Prof. João de Lucca, que sempre acreditou em mim desde a graduação, contribuindo diretamente para a construção do meu conhecimento, obrigada pelas lições de engenharia de software e da vida.

Aos meus colegas do LCR e do LaSDPC, obrigada pelas conversas de incentivo e descontração. Obrigada ao amigo Alessandro que não deixou eu desistir no meio do caminho.

Aos amigos que indiretamente me ajudaram, mesmo estando longe, Daniel Sempértegui, Gleice Nunes e Rodrigo Soares, obrigada por fazerem parte da minha vida e me ajudarem a vencer muitos desafios pessoais.

À Jesimar Arantes e Márcio Arantes que me auxiliaram e apoiaram na elaboração de todo este estudo, sou eternamente grata, e, também sou grata a Vinícius Silva que me ajudou nos momentos finais da implementação da plataforma.

À Johann Castro, que me ajudou nos momentos mais difíceis, em que quis desistir, ir embora e não me abandonou, muitíssimo obrigada.

À minha segunda família Dona Deva, Toninho, Carime e Carol, que me acolheram e fazem parte da minha vida.

Agradeço aos funcionários do ICMC e Ubas que sempre foram prestativos, profissionais e humanos, especialmente a Maria Fernanda Marreta, Adriana Oliveira, Erika Freire, Bruno Chaaban e a Dra. Tatiana.

À Red de Macro Universidades de América Latina y el Caribe, meu eterno agradecimento por me dar a oportunidade de aprender e crescer profissionalmente possibilitando o desenvolvimento desta pesquisa na Colômbia.

Agradeço a Universidade Nacional de Colômbia por todo o apoio e oportunidade, em especial o Grupo de Visão Computacional, o qual tive o privilégio de trabalhar agregando experiência para a vida, além de acadêmica.

Agradeço aos membros da banca de qualificação, Prof. André Pierre Mattei e Prof. Julio César Estrella pelos apontamentos relevantes que enriqueceram este estudo e aos membros da banca examinadora, Prof. Hernán Astudillo, Prof. Albeiro Espinosa Bedoya e Prof. Vanderlei Bonato pelo interesse, disponibilidade e todas as considerações e observações.

Por fim, agradeço a Universidade de São Paulo, pela oportunidade de fazer o curso e ao corpo docente do ICMC, direção administração que viabilizam um crescimento ademais de profissional, uma visão diferenciada da vida e assim descobri minha vocação para a pesquisa científica.

“Ninguém escapa ao sonho de voar, de ultrapassar os limites do espaço onde nasceu, de ver novos lugares e novas gentes. Mas saber ver em cada coisa, em cada pessoa, aquele algo que a define como especial, um objeto singular, um amigo, é fundamental. Navegar é preciso, reconhecer o valor das coisas e das pessoas, é mais preciso ainda.” (Antoine de Saint-Exupéry)

RESUMO

GUIDOTI, F. P. **Proposta de uma arquitetura base para integração de VANT**. 2019. 135 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2019.

O presente documento tem por objetivo apresentar a dissertação desenvolvida no Programa de Mestrado em Ciência da Computação e Matemática Computacional do ICMC/USP. A presente pesquisa propõe uma arquitetura base que integra Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) com uma plataforma web. No contexto de arquitetura de software, essa dissertação descreve uma arquitetura base modularizada capaz de se adaptar as exigências de cada aplicação. Os VANTs estão sendo utilizados em aplicações em áreas como agricultura, segurança, monitoramento ambiental, coleta de dados, cidades inteligentes, entre outras. A plataforma web aqui descrita agrega diferentes módulos que satisfaçam a necessidade de diferentes áreas de aplicações. Dados gerados por estas aeronaves como imagens, vídeos ou informações do próprio voos são de extrema importância. Elas devem ser acessíveis e armazenados de forma organizadas e segura. Muitos trabalhos são encontrados na literatura sobre VANT, mas poucos tratam o problema de acesso a informações de voos e dados coletados a partir de uma arquitetura base geral. Neste trabalho, a elaboração da arquitetura é feita a partir de entrevistas e questionários que permitam levantar similaridades a partir das diferentes demandas apontadas por usuários de VANTs. Para validar a arquitetura base proposta, um protótipo do sistema foi desenvolvido e validado através de um estudo de caso realizado em uma fazenda com cultivos de mangas. Os resultados obtidos atestam a viabilidade do uso da arquitetura base aqui introduzida no desenvolvimento de plataformas web capazes de processar dados coletados por VANTs e gerar informações relevantes para os seus usuários.

Palavras-chave: Arquitetura de Software, Arquitetura Base, Acesso a informações de voos, Veículos Aéreos Não Tripulados e Mineração de Dados.

ABSTRACT

GUIDOTI, F. P. **A proposal for a base architecture for UAV integration.** 2019. 135 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2019.

This studies aims to present the dissertation developed in the Master's Program in Computer Science and Computational Mathematics of the ICMC/USP. The present research proposes a base architecture that integrates Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) with a web platform. In the context of software architecture, this dissertation describes a modularized architecture capable of adapting the requirements of each application. The UAVs are being used for applications in areas such as agriculture, security, environmental monitoring, data collection, smart cities, among others. The web platform described here adds different modules that satisfy the need of different application areas. Data generated by these aircraft such as images, videos or information of the flights are of utmost importance. They should be accessible and stored in an organized and secure manner. Many papers are found in the UAV literature, but few address the problem of access to flight information and data collected from a general base architecture point of view. In this work, the elaboration of the architecture is done from interviews and questionnaires that allow raising similarities from the different demands pointed out by users of VANTs. To validate the proposed base architecture, a prototype of the system was developed and validated through a case study carried out on a farm with mango crops. The results obtained attest to the feasibility of using the base architecture introduced here for the development of web platforms, which are capable of processing data collected by VANTs and generating relevant information for their users.

Keywords: Software Architecture, Base Architecture Design, Information Retrieval, Unmanned Aerial Vehicles and Data Mining.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama simplificado do método científico - Elaborado pela autora.	29
Figura 2 – Fluxograma simplificado das atividades para desenvolvimento e avaliação do projeto - Elaborado pela autora.	31
Figura 3 – Possíveis interações de Usuário com o VANT.	32
Figura 4 – Interpretação artística dos balões bombas - Prof. Jurij Drushnin, Moscow, Russia (Russell Naughton, 2003)	36
Figura 5 – Primeiro VANT registrado no Brasil (Rodrigo Zanette, 2018)	37
Figura 6 – Projeção de Mercado de VANTs em 2025 (MarketsandMarkets Analysis, 2018)	38
Figura 7 – Mercado de VANT área Agricultura de Precisão (MarketsandMarkets Analysis, 2018)	38
Figura 8 – Modelo em cascata com feedback iterativo de Royce - traduzido de (RUPARELIA, 2010)	39
Figura 9 – Descrição de arquitetura - Adaptada de (ISO/IEC/IEEE, 2011). . . .	40
Figura 10 – Pontos de vista - Elaborada pela autora.	41
Figura 11 – Etapas do Processo de Arquitetura - Traduzida de Gorton (2006) . .	42
Figura 12 – Entrada e saída do projeto de Arquitetura - Adaptada de Gorton (2006)	42
Figura 13 – Arquitetura de computação em nuvem (ZHANG; CHENG; BOU-TABA, 2010).	44
Figura 14 – Esquema <i>IoT</i> mostrando usuários finais e áreas de aplicação com base de dados (GUBBI <i>et al.</i> , 2013).	45
Figura 15 – Evolução do processo de desenvolvimento (EKLUND <i>et al.</i> , 2005). .	47
Figura 16 – Sistemas elétricos e eletrônicos no processo de engenharia (EKLUND <i>et al.</i> , 2005).	47
Figura 17 – Proposta da estrutura do ambiente da estufa (ZHAO <i>et al.</i> , 2010). . .	48
Figura 18 – Proposta da estrutura do software (ZHAO <i>et al.</i> , 2010).	49

Figura 19 – Framework VANT-Nuvem e comunicação e interação da arquitetura web (MAHMOUD; MOHAMED, 2015).	49
Figura 20 – Estrutura de conexão/comunicação da arquitetura por Giyenko e Cho (2016).	51
Figura 21 – Arquitetura para seleção de VANT (MOTLAGH; BAGAA; TALEB, 2016).	52
Figura 22 – Visão geral do sistema FarmBeats (VASISHT <i>et al.</i> , 2017).	52
Figura 23 – Arquitetura do sistema DroneTrack (KOU BAA; QUERSHI, 2018).	53
Figura 24 – Arquitetura do sistema multi-VANT (YANMAZ <i>et al.</i> , 2018).	54
Figura 25 – Esquema conceitual da plataforma (PEREIRA <i>et al.</i> , 2018).	54
Figura 26 – Esquema conceitual da plataforma (ZHENG; YANG; CHENG, 2018).	55
Figura 27 – Ciclo de vida do processo de negócio - Traduzido de (WESKE, 2012).	59
Figura 28 – Processos técnicos, baseado em ISO/IEC/IEEE (2017).	60
Figura 29 – Diagrama conceitual.	62
Figura 30 – Interação do usuário e VANT com o sistema.	63
Figura 31 – Diagrama de caso de uso de negócio.	66
Figura 32 – Objetivos de negócio.	67
Figura 33 – Diagrama de pacotes de negócio.	68
Figura 34 – Áreas de atuação dos respondentes.	68
Figura 35 – Capacitação em VANT	68
Figura 36 – Meio de utilização de VANT	68
Figura 37 – Usuários que utilizam software para VANT	69
Figura 38 – Tipo de dados extraídos	69
Figura 39 – Comparação de softwares de análise de dados (GODFREY; LOOTS, 2014)	71
Figura 40 – Arquitetura base.	72
Figura 41 – Diagrama de instalação.	73
Figura 42 – Diagrama de classe geral.	74
Figura 43 – Diagrama de caso de uso.	75
Figura 44 – Interface Responsiva da plataforma proposta.	77
Figura 45 – Fluxograma linear do sistema, elaborado pela autora.	78
Figura 46 – BPMN: Acesso a plataforma, elaborado pela autora.	79
Figura 47 – Opções SAS para ACP.	80

Figura 48 – CP - autovalores e variância por proporção e acumulada	81
Figura 49 – Diagrama de pacotes modelo MVC, elaborado pela autora.	82
Figura 50 – BPMN: Módulo - Cadastro de rota, elaborado pela autora.	84
Figura 51 – BPMN: Módulo - Recuperar rota, elaborado pela autora.	84
Figura 52 – BPMN: Módulo - Acompanhar voo em tempo real, elaborado pela autora.	85
Figura 53 – BPMN: Módulo - Mosaico, elaborado pela autora.	86
Figura 54 – BPMN: Módulo - Previsão de colheita, elaborado pela autora.	86
Figura 55 – Classe java de rotas, elaborado pela autora.	87
Figura 56 – Servelet de rotas, elaborado pela autora.	87
Figura 57 – Página JSP de rotas, elaborado pela autora.	88
Figura 58 – Algumas diferenças das interfaces <i>mobile</i>	91
Figura 59 – Arquitetura adaptada para o estudo de caso.	98
Figura 60 – Diagrama de classe do estudo de caso.	99
Figura 61 – Diagrama conceitual para o estudo de caso.	100
Figura 62 – Diagrama de caso de uso para o estudo de caso.	100
Figura 63 – Imagens áreas dos VANTs.	103
Figura 64 – Identificação das linhas de cultivo de manga e previsão de colheita. . .	104
Figura 65 – Interfaces desenhadas - Adaptado pela autora.	128
Figura 66 – Notação BPMN, extraído de HEFLO, elaborado pela autora.	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Trabalhos relacionados.	46
Tabela 2 – Requisitos levantados por entrevistas e questionários	63
Tabela 3 – Matriz de rastreabilidade	64
Tabela 4 – Síntese das respostas das entrevistas	65
Tabela 5 – Exemplo de respostas do questionário	70
Tabela 6 – Principais Componentes Principais	80
Tabela 7 – Principais áreas de aplicações	82
Tabela 8 – Principais necessidades dos usuários	82
Tabela 9 – Questionário SUS	91
Tabela 10 – Avaliação heurística da primeira interface <i>mobile</i>	93
Tabela 11 – Comparação de VANTs	101
Tabela 12 – Servidor utilizado na fazenda - Acesso offline	101
Tabela 13 – Dispositivo utilizados	102
Tabela 14 – Dados coletados	103
Tabela 15 – Questionário SUS aplicado a plataforma	107
Tabela 16 – Avaliação heurística da plataforma OracleDrone	107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>RPAS</i>	<i>Remotely Piloted Aircraft System</i>
<i>RPA</i>	<i>Remotely Piloted Aircraft</i>
<i>SAS</i>	<i>Statistical Analysis Software</i>
<i>TVWS</i>	<i>TV White Space</i>
<i>UAS</i>	<i>Unmanned Aerial System</i>
<i>UAV</i>	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
<i>UCAV</i>	<i>Unmanned Combat Aerial Vehicle</i>
ACP	Análise de Componentes Principais
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
BMP	<i>Business Process Management</i>
BPMN	Modelo e Notação de Processos de Negócio
CBT	Companhia Brasileira de Tratores
CP	Componentes Principais
CVDS	ciclo de vida de desenvolvimento de sistemas
DAS	<i>Delay-Aware Selection</i>
DT	Digital Twin
EAS	<i>Energy-Aware Selection</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IHC	Interação Humano Computador
IoD	Internet of Drones
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MVC	Modelo-Visão-Controlador
SDLC	<i>systems development life cycle</i>
SUS	<i>System Usability Scale</i>

VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VARP	Veículo Aéreo Remotamente Pilotado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	Contexto e motivação	25
1.2	Descrição do Problema	27
1.3	Metodologia	29
1.4	Hipótese	32
1.5	Objetivo	33
1.6	Organização do texto	33
2	REFERENCIAL TEÓRICO	35
2.1	Conceitos Importantes	35
2.2	Trabalhos relacionados	45
2.3	Considerações finais do capítulo	56
3	ARQUITETURA	57
3.1	Introdução	57
3.2	Processos técnicos	59
3.2.1	<i>Análise de Negócios</i>	60
3.2.2	<i>Necessidade de Stakeholders</i>	61
3.2.3	<i>Definição de Requisitos de Sistema/ Software</i>	61
3.2.4	<i>Definição de Arquitetura</i>	70
3.2.5	<i>Definição de design</i>	75
3.2.6	<i>Análise do sistema</i>	78
3.2.7	<i>Implementação</i>	82
3.2.8	<i>Processo de validação</i>	83
3.3	Módulos	83
3.4	Atributos de Qualidade	88
3.5	Considerações finais do capítulo	93

4	ESTUDO DE CASO	95
4.1	O Cenário	96
4.2	Adaptação da Arquitetura Base	97
4.3	Realização do Voo e Processamento dos Dados	99
4.4	Validação	103
4.5	Considerações finais do capítulo	106
5	CONCLUSÃO	109
5.1	Visão geral da pesquisa	109
5.2	Desenvolvimento e contribuições da pesquisa	110
5.3	Dificuldades e Limitações	110
5.4	Produção Científica	111
5.5	Trabalhos Futuros	111
	REFERÊNCIAS	113
APÊNDICE A	QUESTIONÁRIO DE USUÁRIOS	121
APÊNDICE B	INTERFACES APRESENTADAS PELOS ENTRE- VISTADOS	127
ANEXO A	NOTAÇÃO BPMN	129
ANEXO B	FAZENDA COTOVÉ	131
ANEXO C	HEURÍSTICAS DE NIELSEN	133

INTRODUÇÃO

“ Algo só é impossível até que alguém duvide e prove o contrário. A maioria de nós prefere olhar para fora e não para dentro de si mesmo. ”

Albert Einstein

1.1 Contexto e motivação

Inicialmente os Veículos Áreos Não Tripulados (VANTs) foram projetados com intenções militares na segunda guerra mundial para combates aéreos, buscas ou reconhecimento de território. Atualmente, os VANTs são utilizados em inúmeras áreas como segurança, monitoramento ambiental, coleta de dados, cidades inteligentes, entre outras (SPRINGER, 2013; MOHAMMED *et al.*, 2014).

Os VANTs podem estar equipados para fornecer dados relativos ao log de voo, fotos e filmagens realizadas, entre outras possibilidades. O log de voo é o processo de registro de dados relevantes em um voo. Um arquivo de log de voo pode ser utilizado para se analisar o comportamento do VANT (RODER; CHOO; LE-KHAC, 2018). Por outro lado, a análise de dados adquiridos durante a execução da missão, como fotos e filmagens, permitem a aquisição de conhecimentos relevantes à aplicação relacionada. O processo de análise de dados é de extrema importância, porém ter uma ferramenta que analise os dados originais e forneça informações confiáveis pode ser uma tarefa árdua,

sendo objeto de pesquisas em diferentes áreas ([VASISHT *et al.*, 2017](#); [GIYENKO](#); [CHO, 2016](#)).

Um modelo de referência é o conjunto único e definitivo de entidades sobre determinado domínio ([JUN *et al.*, 2009](#)). Os autores em [Regli *et al.* \(2009\)](#) afirmam que um modelo de referência fornece uma base conceitual comum para comparar sistemas e orientar o desenvolvimento de arquiteturas de software e outros padrões. O termo arquitetura de software base é utilizado neste trabalho para representar o conceito de modelo de referência com uma estrutura de entidades mais abstratas em determinado domínio. Logo, a arquitetura de software base é utilizada aqui para descrever uma arquitetura abstrata que visa permitir sua adaptação para aplicações específicas.

A arquitetura de software base proposta neste trabalho busca integrar a aquisição, processamento e análise de dados, considerando a possibilidade de transferência de parte do processamento do sistema VANT e estação de base para sistemas remotos ou localizados na nuvem computacional. A proposição de uma arquitetura implica em um desenvolvimento adequado de software. Esse desenvolvimento deve seguir um processo de engenharia de software que inclua as seguintes etapas: análise de requisitos de sistema, projeto da arquitetura de software, modelagem e implementação do software, e testes ([RUPARELIA, 2010](#)). A norma 12207 [ISO/IEC/IEEE \(2017\)](#) define o processo de Engenharia de Software, estabelecendo o ciclo de vida do software desde sua concepção até a finalização do software.

[Hofmeister, Nord e Soni \(2009\)](#) descrevem de forma sucinta a arquitetura de software como um sistema que relaciona os requisitos e a implementação do sistema. [Perry e Wolf \(1992\)](#) diferenciam arquitetura e design de software, afirmando que uma arquitetura de software está preocupada com a seleção de elementos arquitetônicos, as restrições sobre esses elementos e suas interações para fornecer uma estrutura. Essa estrutura é capaz de satisfazer os requisitos e servir como base para o projeto. O design de software se preocupa com a modularização e interfaces, detalha os elementos, os algoritmos e os tipos de dados necessários para suportar a arquitetura e satisfazer os requisitos. Logo, uma arquitetura de software define as funcionalidades do sistema, enquanto a importância de uma arquitetura bem elaborada define o sucesso do sistema.

[Larose e Larose \(2014\)](#) define mineração de dados como um processo de des-

coberta de padrões em dados. Após o processamento dos dados coletados, a análise de dados busca extrair informações. Essas informações podem estar relacionadas à aplicação fim, como localização de pragas em plantações, rachaduras em construções, ou ao próprio comportamento da aeronave, por exemplo, através da análise dos sensores da aeronave. A necessidade de se adquirir conhecimento sobre um determinado assunto faz com que a mineração de dados se torne tão importante, podendo ser utilizada em aplicações na saúde, agricultura, educação, entre outras (GIYENKO; CHO, 2016).

Novas tecnologias surgem com uma frequência relativamente grande no ambiente da computação. A Computação em Nuvem se destaca entre elas, podendo ser definida como um modelo para permitir o acesso a uma rede, compartilhando recursos que podem ser gerenciados ou integrados com o provedor de serviços sem grandes esforços. O modelo de nuvem é composto por características essenciais como: auto serviço sob demanda, virtualização de recursos, independência de localização, elasticidade e escalabilidade rápida, e medição de serviços (BUYYA; BROBERG; GOSCINSKI, 2010)(MELL; GRANCE *et al.*, 2011).

1.2 Descrição do Problema

A capacidade computacional limitada e o reduzido recurso de energia dos VANTs apresentam um desafio significativo para o processamento de dados em tempo real. A coleta de dados pode ser seguida por seu processamento e análise, demandando um custo de processamento que nem sempre pode ser executado no sistema embarcado na aeronave (LUO *et al.*, 2015). Por exemplo, a elaboração de um mosaico pode demandar muito tempo de processamento (TARALLO *et al.*, 2011), logo, tanto o sistema embarcado no VANT quanto um possível sistema computacional em uma estação de base podem não ser capazes de executar tal processamento.

VANTs se tornaram uma ferramenta muito útil para desenvolver atividades em várias áreas de aplicação de forma eficiente. VANTs têm características como versatilidade, automação e baixo custo, tornando-se atraentes para aplicações de uso civil e a quantidade de aplicações tem aumentado nos últimos anos (CARRIO *et al.*, 2017). Tarefas como a inspeção de linhas de energia, preservação da vida selvagem, inspeção de edifícios, agricultura de precisão e outras podem ser citadas (CARRIO *et al.*,

2017)(FREIMUTH; KÖNIG, 2018).

Apesar de todas estas características, os VANTs apresentam desvantagens significativas em termos de: tamanho, peso, força, recursos de comunicação *wireless* e capacidade de processamento. (KOUBAA; QUERSHI, 2018; CARRIO *et al.*, 2017). Uma nova área de pesquisa, chamada de Internet of Drones (IoD), busca integrar aplicações de VANTs com a nuvem computacional (Gharibi; Boutaba; Waslander, 2016).

O desenho da arquitetura de software é o processo de definição de um conjunto de componentes de hardware, software e interfaces, com a finalidade de abordar o processo de desenvolvimento (ISO/IEC/IEEE. . . , 2017). Essa não é uma tarefa simples, uma vez que foi demonstrado que a falta de rigor na elaboração da arquitetura pode levar a sérios problemas de manutenção, qualidade e dificuldade de reutilização dos componentes de software (NAGL, 1991).

Uma arquitetura foi proposta em (Gharibi; Boutaba; Waslander, 2016), concentrando-se mais em apresentar um modelo conceitual do IoD. A arquitetura Aerostack, é uma arquitetura em camadas e com diferentes níveis de abstração, em que o interesse principal é a classificação e identificação dos algoritmos, baseados em *deep learning*, a partir dos trabalhos do estado da arte (CARRIO *et al.*, 2017). Mahmoud e Mohamed (2014) propõe um modelo para um sistema colaborativo de VANTs com uma arquitetura em um alto nível de abstração. Ermacora (2016) apresenta uma plataforma chamada FLY4SmartCity, ela propõe uma arquitetura que tem características básicas como gestor de serviços e gerenciador de regras, visando criar instâncias de VANT. O gerente de plataforma é suportada pelo gestor de serviços para a prestação de serviços em caso de eventos, enquanto o gerenciador de regras gerencia as ações.

Atualmente, há diversas pesquisas reportando o uso de VANTs (ZHANG; CHENG; BOUTABA, 2010; MAHMOUD; MOHAMED, 2015; LOKE, 2015; MOTLAGH; BAGAA; TALEB, 2016; ARANTES *et al.*, 2015; ARANTES *et al.*, 2016), porém poucas propõem o desenvolvimento de arquiteturas integrando VANT a uma plataforma de recuperação de dados de voos e informações (VASISHT *et al.*, 2017; KOUBAA; QUERSHI, 2018). Um sistema capaz de agregar ou customizar módulos para atender necessidades específicas de cada aplicação é de grande necessidade.

1.3 Metodologia

Wazlawick (2017) afirma que a pesquisa no contexto científico pode ser classificada segundo sua natureza, objetivos ou procedimentos técnicos. Com relação a sua natureza, a pesquisa é classificada como trabalho original, porque apresenta conhecimento novo a partir de observações e teorias, com relação aos fins ou objetivos, a pesquisa é classificada como qualitativa e de caráter exploratório-descritiva pois é caracterizada pelo levantamento de dados e pela aplicação de entrevistas, questionários e estudo de caso. Triviños (1992) afirma que para ter resultados válidos cientificamente deve-se atender às seguintes condições: coerência, consistência, originalidade e objetivação. Neste contexto, referente aos procedimentos técnicos, o trabalho realizou uma pesquisa bibliográfica, de levantamento de dados e estudo de caso (WAZLAWICK, 2017). Trata-se de um trabalho onde foi realizado estudo de artigos, teses, livros e outras publicações, além da obtenção de dados diretamente através de observações, questionários, entrevistas e estudo de caso. A Figura 1 descreve o método científico utilizado.

Figura 1 – Diagrama simplificado do método científico - Elaborado pela autora.

A metodologia para desenvolvimento e avaliação do projeto é composta pelas seguintes fases:

1. **Estudo das tecnologias para o desenvolvimento do projeto:** Foram estudadas as tecnologias utilizadas no projeto, incluindo linguagens de programação, *frameworks* e formas de avaliação da plataforma web.
2. **Seleção de parâmetros para avaliação:** Parâmetros e métricas foram definidos para possíveis comparações com trabalhos semelhantes. O objetivo é avaliar e validar o trabalho.
3. **Preparação do ambiente de desenvolvimento:** As ferramentas para o desenvolvimento do projeto foram instaladas, incluindo Marvel ¹, Netbeans ², Materealize ³, vscode ⁴, Angular ⁵, MySQL e MySQL workbench ⁶, PhpMyAdmin ⁷, Vertrigo ⁸, Visio ⁹ e APIs Google ¹⁰.
4. **Prototipação e testes:** Foi desenvolvido um protótipo funcional da Plataforma Web. Os testes são baseados em usabilidade, levando em consideração a familiaridade, a personalização e a observabilidade da Plataforma.
5. **Planejamento de experimentos e coleta dos dados:** São realizados os experimentos e coleta de dados com a finalidade de avaliar a plataforma com base nas métricas e parâmetros definidos. Nesta fase foi desenvolvido a arquitetura base para VANT.
6. **Análise dos dados:** Nesta fase, são analisados os dados produzidos na fase anterior, utilizando questionários. O questionário *System Usability Scale* (SUS) (BROOKE *et al.*, 1996) é composto por 10 afirmações em escala de 5 pontos para avaliar o nível de concordância com a aplicação, para cada questão o usuário pode responder em uma escala de 1 a 5, em que 1 significa que ele discorda completamente e 5 significa que ele concorda completamente; a média do questionário SUS é 68

¹ <https://marvelapp.com/>

² <https://netbeans.org/>

³ <https://materializecss.com/>

⁴ <https://code.visualstudio.com/>

⁵ <https://angular.io/>

⁶ <https://www.mysql.com/>

⁷ <https://www.phpmyadmin.net/>

⁸ <https://www.vswamp.com/>

⁹ <https://www.microsoft.com/>

¹⁰ <https://developers.google.com/>

pontos; também foi realizado avaliação com usuários e avaliação utilizando as 10 heurísticas de Nielsen. A Avaliação Heurística é o método mais popular de medição de usabilidade, baseado na verificação de uma pequena lista de regras (heurísticas) (NIELSEN, 1994) e também foi realizado um estudo de caso.

A Figura 2 apresenta um diagrama simplificado das etapas da metodologia a serem seguidas no desenvolvimento deste trabalho e a Figura 3 ilustra as possíveis interações do usuário com o VANT na arquitetura proposta. O usuário se comunica com o VANT diretamente através de um controle, ou por meio das Estações Local e Web que serão discutidas no Capítulo ??.

Figura 2 – Fluxograma simplificado das atividades para desenvolvimento e avaliação do projeto - Elaborado pela autora.

Figura 3 – Possíveis interações de Usuário com o VANT.

Este projeto contou com um estudo de viabilidade e prototipação inicial, desenvolvimento de um protótipo de uma plataforma web para VANT, o desenvolvimento de uma arquitetura de Software Base para VANT e sua validação através de um estudo de caso. O trabalho aqui descrito faz parte de um projeto maior, no qual se desenvolve sistemas autônomos para supervisão de missão e segurança de voo em VANTs. Desta forma, foi delimitada a coleta de dados por este projeto, visando sua validação e aprimoramento. Técnicas diretas e indiretas de coletas de dados foram abordadas e, por fim, foi identificada a necessidade de uma arquitetura de software para VANT, abordado um estudo de caso para sua validação.

1.4 Hipótese

A pergunta principal que esta pesquisa se dispõe a responder é: O que esperar de uma arquitetura de software para recuperar informações de voos de VANT?

Considerando a compreensão do problema existente pela pergunta principal foi formulado duas hipóteses:

- Hipótese 1: A arquitetura de software base contribui para o auxílio de pesquisas relacionadas ao uso de VANTs.
- Hipótese 2: A recuperação das informações de voos apoiado por uma arquitetura de software base contribui para auxiliar usuários de VANTs.

1.5 Objetivo

Diante do problema de pesquisa, o objetivo principal deste trabalho é propor uma arquitetura de software base para VANTs composta por uma plataforma de recuperação de informações de voos, processamento, organização e armazenamento de forma a permitir o fácil acesso por parte dos usuários. Para atingir o objetivo principal, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

1. Coleta de dados percebidos junto aos *stakeholders*;
2. Investigar os requisitos funcionais e não-funcionais;
3. Analisar e selecionar os requisitos principais;
4. Definir os objetivos de negócio;
5. Elaborar a arquitetura do software;
6. Realizar um estudo de caso para validação da arquitetura.

1.6 Organização do texto

A presente proposta está organizada da seguinte forma:

- Capítulo 1: apresenta as considerações iniciais, a descrição do problema, a hipótese, objetivo e a metodologia para realizar o trabalho;
- Capítulo 2: relata o referencial teórico, a revisão dos trabalhos correlatos e as principais ferramentas e aplicações que foram empregadas durante o desenvolvimento do projeto;
- Capítulo 3: aborda a arquitetura desenvolvida, a modelagem da arquitetura base e o protótipo da plataforma;
- Capítulo 4: apresenta o estudo de caso para validar a arquitetura proposta;
- Capítulo 5: expõe a contribuição da pesquisa e possíveis trabalhos futuros;

- Apêndices [A](#) e [B](#): apresentam os documentos relacionados aos questionários e as interfaces sugeridas pelos usuários;
- Anexos [A](#), [B](#) e [C](#): contém a notação BPMN, o mapa da fazenda Cotové e as heurísticas de Nielsen.

REFERENCIAL TEÓRICO

“ O livro é um mestre que fala mas que não responde. ”

Platão

2.1 Conceitos Importantes

Neste capítulo, são abordados os principais conceitos das tecnologias e ferramentas que foram utilizadas neste trabalho de mestrado. Na seção 2.1, há uma introdução aos conceitos principais como: VANTs, Computação em Nuvem e Arquitetura de Software. Na seção 2.2, são apresentados trabalhos relacionados com o tema desta dissertação.

VANT

Existem várias definições para nomear uma aeronave sem piloto, como, Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), Veículo Aéreo Remotamente Pilotado (VARP), no entanto, a palavra VANT é uma tradução do inglês *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) que pode ter diferentes acepções como *Unmanned Aerial System* (UAS), *Unmanned Combat Aerial Vehicle* (UCAV), *Remotely Piloted Aircraft* (RPA) e *Remotely Piloted Aircraft System* (RPAS) (MOLINA; CAMPOS, 2018). Esses veículos podem ser pilotados a distância, podendo executar missões, como monitoramento, mapeamento, rastreamento, entre outras (GIYENKO; CHO, 2016). Segundo Brasil. Ministério da Defesa (2004) VANT é uma:

"plataforma aérea de baixo custo operacional que pode ser operada por controle remoto ou executar perfis de voo de forma autônoma".

Os VANTs surgiram voltados a atividades militares. [Russell Naughton \(2003\)](#) reporta que um tenente austríaco chamado Franz Von Uchatius teve a ideia de lançar balões com explosivos sobre Veneza em 1849. A primeira tentativa ocorreu em 12 de julho de 1849, porém os ventos estavam desfavoráveis e a operação militar não foi bem sucedida. Em 22 de agosto do mesmo ano, foi feita a segunda tentativa com balões medindo 5,7 metros de diâmetro sendo liberados de um navio austríaco chamado "Vulcano". Por volta de 200 balões com explosivos foram lançados em Veneza, mas não causaram grande danos. Na Figura 4, observa-se uma interpretação artística dos balões bombas que caíram em Veneza.

Figura 4 – Interpretação artística dos balões bombas - Prof. Jurij Drushnin, Moscow, Russia ([Russell Naughton, 2003](#))

No Brasil, o primeiro VANT registrado foi o BQM1BR com propulsão a jato e fabricado pela Companhia Brasileira de Tratores (CBT). O VANT voou pela primeira vez em 1983 ([GUIMARÃES, 2017](#)). A Figura 5 ilustra o protótipo do BQM1BR. De acordo com a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), a altura máxima permitida para um VANT ocupar o espaço aéreo brasileiro é de 120 metros em relação ao solo ([ANAC, 2018](#)). Algumas das preocupações com o uso dos VANTs é a economia de energia, comunicação e segurança. Há várias pesquisas que visam melhorar a eficiência energética dessas

Figura 5 – Primeiro VANT registrado no Brasil ([Rodrigo Zanette, 2018](#))

aeronaves ([PIGATTO *et al.*, 2016](#)). Além disso, existem áreas, principalmente em zonas urbanas, com concentração de pessoas em que uma falha mecânica ou humana durante a execução de uma missão pelo VANT pode ocasionar acidentes com prejuízos materiais e até humanos [Arantes *et al.* \(2016\)](#).

O Mercado de VANT é estimado em U\$D 20,71 bilhões em 2018 e está projetado para alcançar U\$D 52,30 bilhões até 2025, segundo [MarketsandMarkets Analysis \(2018\)](#). A Figura 6 destaca uma previsão de como será o crescimento desse mercado no mundo até 2025, é perceptível que a América do Norte possuirá a maior parte de mercado. Considerando a área civil, a Figura 7 destaca aplicações em agricultura de precisão. Ainda segundo informações do relatório descrito em [MarketsandMarkets Analysis \(2018\)](#), as empresas General Atomics (EUA), Northrop Grumman (EUA), Textron (EUA), Boeing (EUA), DJI (China), Parrot (França), 3D Robotics (EUA) e Aeryon Labs (Canadá) são as principais participantes do mercado de VANTs.

Figura 6 – Projeção de Mercado de VANTs em 2025 (MarketsandMarkets Analysis, 2018)

Figura 7 – Mercado de VANT área Agricultura de Precisão (MarketsandMarkets Analysis, 2018)

Arquitetura de Software

Arquitetura de software é uma divisão prudente do “todo” em partes, com relações específicas entre as partes (GARLAN *et al.*, 2010). Ruparelia (2010) define o ciclo de vida do projeto abrangendo todas as atividades do projeto, enquanto o ciclo de vida de desenvolvimento de sistemas (CVDS) do inglês *systems development life cycle* (SDLC) faz uma abordagem em etapas. A Figura 8 ilustra o chamado modelo em cascata.

Figura 8 – Modelo em cascata com feedback iterativo de Royce - traduzido de (RUPARELIA, 2010)

A Organização Internacional de Normalização do inglês *International Organization for Standardization* (ISO)¹ e a Comissão Eletrotécnica Internacional do inglês *International Electrotechnical Commission* (IEC)², juntas formaram um sistema especializado para padronização mundial, os padrões são elaborados de acordo com as diretrizes ISO/IEC.

A ISO tem como objetivo aprovar normas internacionais em todos os campos e a IEC é uma organização internacional de padronização de tecnologias elétricas e eletrônicas. Neste contexto, em cooperação com o instituto de engenheiros elétricos e eletrônicos do inglês *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE)³, foi elaborado o padrão internacional 42010 que trata da criação, análise e sustentação de arquiteturas de sistemas através do uso de descrições de arquitetura (ISO/IEC/IEEE, 2011).

¹ <https://www.iso.org>

² <https://www.iec.ch>

³ <https://www.ieee.org>

O padrão 42010 [ISO/IEC/IEEE \(2011\)](#) define arquitetura de software como: “As propriedades fundamentais de um sistema em seu ambiente incorporado em seus elementos, relacionamentos e nos princípios de seu design e evolução.” Essa definição ressalta três temas importantes: os elementos, as relações entre eles e os princípios de design e evolução ([OQUENDO; LEITE; BATISTA, 2016](#)).

Segundo o padrão 42010 [ISO/IEC/IEEE \(2011\)](#), uma descrição de arquitetura é: “um produto de trabalho usado para expressar uma arquitetura.” Logo, para obter uma boa arquitetura é necessário ter uma boa descrição. Uma descrição de arquitetura expressa, pelo menos, uma arquitetura, mas nem todas as arquiteturas são descritas. Assim, uma descrição de arquitetura pode descrever uma ou várias arquiteturas, onde uma arquitetura pode ser exibida por nenhum ou vários sistemas. Um sistema está situado em um ambiente e, por fim, vários *stakeholders* são interessados em um ou mais sistemas. A Figura 9 ilustra o contexto de uma arquitetura de software.

Figura 9 – Descrição de arquitetura - Adaptada de ([ISO/IEC/IEEE, 2011](#)).

A arquitetura de software identifica um sistema de interesse, os *stakeholders* do sistema e suas preocupações, os pontos de vista da arquitetura, as correspondências entre visualizações em termos de elementos arquiteturais e documenta as decisões da arquitetura ([BASS; CLEMENTS; KAZMAN, 2003](#)). Um conceito importante na descrição da arquitetura é o ponto de vista. Cada ponto de vista de arquitetura define

as construções, incluindo regras e convenções, para a definição das visualizações que descrevem uma arquitetura (ISO/IEC/IEEE, 2011). A Figura 10 ilustra o ponto de vista de 2 usuários distintos, um que gera conhecimento podendo realizar voos, visualizar rotas e condições climáticas e outro que recupera conhecimento tendo acesso apenas a visualizar condições climáticas para voos.

Figura 10 – Pontos de vista - Elaborada pela autora.

A arquitetura mantém todas as fases do projeto juntas para os seus diversos stakeholders (CLEMENTS *et al.*, 2002). A arquitetura de software é em grande parte influenciada por seus requisitos de qualidade e o atendimento dos requisitos é uma tarefa importante e exigente. Os padrões de arquitetura podem contribuir para satisfazer os requisitos de qualidade. (BASS; CLEMENTS; KAZMAN, 2003; HOFMEISTER; NORD; SONI, 2000; BOSCH, 2000; ALEBRAHIM; HEISEL, 2017; BACHMANN *et al.*, 2005).

As Figuras 11 e 12 ilustram as etapas do processo de arquitetura e os requisitos relacionados, respectivamente. Gorton (2006) divide o processo de arquitetura em três etapas: requisitos de arquitetura, projeto de arquitetura e validação, onde a validação é realizada tanto para os requisitos quanto para o projeto. Em relação à definição de requisitos, pode-se ter requisitos funcionais e não-funcionais. Os requisitos funcionais definem as funcionalidades do sistema, enquanto os requisitos não-funcionais podem ou não estarem ligados aos requisitos funcionais, porém não as funcionalidades. Os requisitos não-funcionais são restrições que o sistema deve atender.

Mehta e Medvidovic (2003) afirma que os estilos arquitetônicos são temas

Figura 11 – Etapas do Processo de Arquitetura - Traduzida de Gorton (2006)

Figura 12 – Entrada e saída do projeto de Arquitetura - Adaptada de Gorton (2006)

de estudo há muitos anos em diferentes áreas da ciência da computação. Um padrão arquitetural tem três partes essenciais: uma definição de problema, uma descrição do texto-problema e uma solução correspondente para o problema (HARRISON; AVGERIOU, 2010). Os padrões arquitetônicos pretendem satisfazer vários requisitos funcionais e de qualidade. Bass, Clements e Kazman (2003) afirma que um estilo arquitetural é “uma especialização de tipos de elementos e relações, juntamente com um conjunto de restrições sobre como eles podem ser usados.” Rozanski e Woods (2005), Bass, Clements e Kazman (2003) definem táticas de arquitetura como estratégias que podem ser usadas para ajudar a atender a um requisito de qualidade específico.

Logo, uma arquitetura representa os resultados das decisões iniciais de design. Encontrar erros durante a análise de requisitos ou o design inicial é mais custoso que encontrá-los na fase de teste. Avaliar a arquitetura auxilia a encontrar erros, podendo assim prevenir possíveis falhas e medindo o quão adequada ela é em relação ao conjunto de metas estabelecido. (ALEBRAHIM; HEISEL, 2017).

Bhansali e Nii (1992) define uma arquitetura de software genérica como uma organização topológica de um conjunto de módulos parametrizados, juntamente com as relações intermodulares, levando em consideração as restrições. Arquitetura de software é definida por Kogut e Clements (1994) como a estrutura organizacional de um sistema de software, incluindo componentes, conectores, restrições e justificativas. MacKenzie *et al.* (2006) descreve um modelo de referência como uma estrutura abstrata para entender relações significativas entre as entidades de algum ambiente, usando padrões para dar suporte ao ambiente. Um modelo de referência consiste em um conjunto mínimo de conceitos unificadores e é independente de padrões, tecnologias e implementações, ou outros detalhes concretos.

Segundo Hernán Astudillo: "Uma boa arquitetura é uma boa descrição de uma boa solução!"⁴

Computação em Nuvem

Conforme mencionado no Capítulo 1, a Computação em Nuvem pode ser definida como um modelo capaz de permitir acesso a uma rede através do compartilhamento de recursos e serviços sem grandes esforços, sendo composto por cinco características essenciais: auto serviço sob demanda, virtualização de recursos, independência de localização, elasticidade e escalabilidade rápida, e medição de serviços (BUYYA; BROBERG; GOSCINSKI, 2010)(MELL; GRANCE *et al.*, 2011).

Existem diversas plataformas em nuvem, dentre elas pode-se destacar Amazon ⁵, Microsoft ⁶ e Google ⁷. A Figura 13 ilustra as camadas da arquitetura da Computação em Nuvem desde o hardware até a aplicação. Mell, Grance *et al.* (2011) define três modelos de computação em nuvem:

- Modelos de implantação: é dividido em nuvem privada, pública, comunitária e híbrida (BUYYA; BROBERG; GOSCINSKI, 2010).

⁴ Palestra sobre "Arquitetura de Software" proferida por Prof. Dr. Hernán Astudillo, na Universidad Nacional de Colombia em 10 de outubro de 2018.

⁵ <https://aws.amazon.com/>

⁶ <https://azure.microsoft.com/>

⁷ <https://cloud.google.com/>

Figura 13 – Arquitetura de computação em nuvem (ZHANG; CHENG; BOUTABA, 2010).

- Modelos de serviço: *Software as a Service* (SaaS), *Platform as a Service* (PaaS) e *Infrastructure as a Service* (IaaS).
- Modelos de custo e cobrança: *Pay-as-you-go* e *Spot Instances*.

Derivado do modelo de serviços, podemos destacar também o Data base as a Service (DaaS) e o Tests as a Service (TaaS). Segurança, escalabilidade, migração de máquinas virtuais, transparência e dependência dos provedores, são exemplos de desafios a serem superados na computação em nuvem (SUBASHINI; KAVITHA, 2011; JENNINGS; STADLER, 2015).

A Internet está presente no cotidiano das pessoas, em que ficar conectado é natural nos dias de hoje, mas a nova fase da sociedade de informação conecta também objetos (REDING, 2007). O termo *IoT* apareceu pela primeira vez em 1999 em uma apresentação efetuada por Kevin Ashton em uma conferência (ASHTON, 2009). Ashton (2009) afirma que: "adicionando identificação por radiofrequência e outros sensores a objetos cotidianos, criará uma Internet das Coisas e estabelecerá fundamentos de uma nova era de percepção da máquina".

Gubbi *et al.* (2013) afirma que *IoT* é a próxima tecnologia revolucionária na transformação da Internet em uma Internet do Futuro totalmente integrada como ilustrado

na Figura 14. A computação em nuvem e IoT estão interligados, a IoT faz com que objetos se comuniquem e utiliza infraestrutura em nuvem para armazenar e processar informações. Por exemplo, a agricultura é um setor que atualmente está usufruindo dos recursos de ter um VANT para auxiliar principalmente na agricultura de precisão, monitoramento de animais e armazenamento de grãos. Estudos integrando VANTs com *IoT* estão demonstrando que o uso da *IoT* em VANTs aumenta a produtividade e reduz as perdas agrícolas (VASISHT *et al.*, 2017).

Figura 14 – Esquema *IoT* mostrando usuários finais e áreas de aplicação com base de dados (GUBBI *et al.*, 2013).

Gharibi, Boutaba e Waslander (2016), Lin *et al.* (2018) abordam uma tendência recente, Internet de Drones. Os autores definem IoD como uma arquitetura de controle de rede em camadas para coordenar o acesso de VANTs para controlar o espaço aéreo e fornecer navegação de serviços. Mesmo com todo o avanço tecnológico, existe desafios para serem superados em relação a privacidade, o armazenamento de dados e a necessidade de compartilhar dados em segurança e com eficiência. Trata-se de um conceito novo que vem tomando força e colaborando com pesquisas para segurança no espaço aéreo.

2.2 Trabalhos relacionados

Nesta seção, são apresentados os trabalhos relacionados à pesquisa, abordando estudos sobre arquitetura de software, computação em nuvem e VANT como listado na

Tabela 1.

Tabela 1 – Trabalhos relacionados.

Autor	VANT	Plataformas	Área	Software	Arquitetura
Eklund et al. (2005)	Não	Local	Automóveis	Proprietário	Sim
Zhao et al. (2010)	Não	Web	Agricultura	-	-
Mahmoud e Mohamed (2015)	Sim	Web	Teste recurso VANT	-	-
Loke (2015)	Sim	Web	Modular	-	-
Giyenko e Cho (2016)	Sim	Web	Cidade Inteligente	-	Sim
Motlagh, Bagaa e Taleb (2016)	Sim	Web	Seleção de VANT	-	Sim
Vasisht et al. (2017)	Sim	Local/Web	Agricultura	Proprietário	Sim
Koubaa e Quershi (2018)	Sim	Web	Rastreo de objeto	-	Sim
Yanmaz et al. (2018)	Sim	Local/Web	Monitoramento	-	Sim
Pereira et al. (2018)	Sim	Web	Gerenciar VANT	-	Sim
Zheng, Yang e Cheng (2018)	Não	Local	Linha de Produção	-	Sim
Proposta de Pesquisa	Sim	Local/Web	Modular	Livre	Sim

[Eklund et al. \(2005\)](#) afirmam que o uso de uma arquitetura comum de software guiando vários projetos surgiu dado o aumento das funcionalidades eletrônicas implementadas em veículos e da complexidade para implementá-las, além do desejo de aperfeiçoar as funcionalidades e reduzir custos. Todavia, o processo de desenvolvimento de uma arquitetura comum deve ser adaptado às condições necessárias requeridas pelas aplicações específicas.

Com a finalidade de melhorar o controle de integração do sistema da Volvo Cars, foram realizados processos de desenvolvimento centrados na arquitetura, mas adaptando o processo de desenvolvimento como ilustra a Figura 15. As boas práticas de processos foram adaptados aos requisitos do fabricante do equipamento original (Original Equipment Manufacturer (OEM)). Como resultado, obteve-se o processo de desenvolvimento de uma arquitetura comum, porém com a existência de ruídos já que o processo real se desvia um pouco daquele idealizado.

A Volvo Cars passou por uma mudança significativa na arquitetura elétrica dos veículos, passando a descrever o conteúdo funcional do sistema elétrico com a ajuda de duas ferramentas de modelagem: StateMate e UML. Os autores em ([EKLUND et al., 2005](#)) mencionam o desenvolvimento de uma arquitetura de referência para lidar com alguns fatores problemáticos como a atualização do sistema e estenderam a arquitetura de referência para guiar todos os domínios (chassi, powertrain, corpo e segurança passiva).

A Figura 16 ilustra os sistemas elétricos e eletrônicos propostos no processo de engenharia. O processo é dividido nas seguintes etapas: análise de pré-requisitos

Figura 15 – Evolução do processo de desenvolvimento (EKLUND *et al.*, 2005).

de design, projeção da arquitetura de referência, verificar a arquitetura de referência, disseminar a arquitetura de referência e manter a arquitetura de referência.

Figura 16 – Sistemas elétricos e eletrônicos no processo de engenharia (EKLUND *et al.*, 2005).

A arquitetura de referência foi verificada através de revisão, para analisar se segue os pré-requisitos. Uma equipe de 4 pessoas estava envolvida com o desenvolvimento da arquitetura. Um total de 7 semanas foi necessário para identificar os pré-requisitos e desenvolver 90% da base estratégica da arquitetura. A disseminação e o desenvolvimento dos 10% finais da arquitetura levou cerca de 18 meses e foi realizado por 2 a 3 arquitetos

de software e 7 desenvolvedores de componentes da Volvo Cars.

Zhao *et al.* (2010) abordam um estudo sobre *IoT* aplicado a agricultura considerando estufas. Eles utilizam sensores que conseguem monitorar e controlar a temperatura do ambiente e a umidade do ar em uma estufa. Quando o usuário é autenticado na plataforma Web, ele pode obter os dados de monitoramento em tempo real e também pode solicitar informações que são enviadas para o celular do gerente via mensagem de texto. A comunicação da Aplicação Web ocorre pelo protocolo TCP/IP e o acesso ao banco de dados é por ADO.NET. O sistema coleta os dados através do acesso do módulo sem fio à Internet, usando a tecnologia de transmissão sem fio. A comunicação com o banco de dados é feita através de soquetes. As Figuras 17 e 18 apresentam a proposta de Zhao *et al.* (2010) tanto para a estrutura do ambiente da estufa, quanto para a estrutura do software.

Figura 17 – Proposta da estrutura do ambiente da estufa (ZHAO *et al.*, 2010).

Uma proposta que reduz o tempo e custo para desenvolver aplicativos para VANTs é abordada por Mahmoud e Mohamed (2015). Os autores propõem uma plataforma VANT-Nuvem e componentes VANTs distribuídos através da *IoT*. O VANT-Nuvem tem um conjunto de serviços e APIs e um protótipo foi desenvolvido para testar os recursos do VANT. Na Figura 19, os autores descrevem uma funcionalidade genérica para a plataforma na nuvem e a arquitetura utilizada na nuvem com web-services.

O protótipo elaborado por Mahmoud e Mohamed (2015) contém uma placa arduino representando o VANT e seus recursos como bateria e sensores de temperatura, umidade, ultrassônicos e de luz, eles utilizaram um led para representar um atuador e a co-

Figura 18 – Proposta da estrutura do software (ZHAO *et al.*, 2010).

Figura 19 – Framework VANT-Nuvem e comunicação e interação da arquitetura web (MAHMOUD; MOHAMED, 2015).

nexão é feita via *Wi-Fi*. Os autores propõem o uso de *APIs* para agilizar a implementação e diminuir custos de desenvolvimento.

Loke (2015) descreve três cenários distintos para uso de VANTs com diferentes desafios a serem superados. O primeiro cenário considera o Serviço de VANTs e

Internet-of-Flying-Things ("*Internet de coisas voadoras*"), o segundo aborda VANTs sendo *Data Mules* ("*Transportador de dados*") e o terceiro sua atuação como servidores no ar, utilizando infraestrutura *fly-in, fly-out*. Os cenários estabelecem problemas de gerenciamento de sistemas e dados, além de problemas de controle de engenharia de dispositivos aéreos, assim como problemas de rede.

O autor também levanta questões e desafios decorrentes do tratamento de dados nos respectivos cenários. Os desafios considerados são: *Big Data* de aplicativos de computação em névoa aérea (*Big Data de Fog Computing*), otimização, consciência situacional, escalabilidade, extensibilidade incremental e capacidade de composição de serviços e servidores. Também são mencionados confiabilidade, agendamento de VANTs, interação e serviços de manipulação de dados para usuários, VANTs usando dados de anotação física, rodovias aéreas, controle de VANTs situacional e sensível ao contexto, interação VANT-usuário. Os autores delineiam uma série de cenários e desafios na prestação de serviços móveis via drones. Trata-se de um trabalho conceitual que introduz vários cenários de aplicações em conjunto com VANTs, dentre eles, é apontada a junção de VANTs com Mineração de Dados e serviços na Web.

Giyenko e Cho (2016) afirmam que uma Cidade Inteligente incorpora tecnologias de informação e comunicação para reduzir custos, otimizar o consumo de recursos e melhorar a interatividade e qualidade de vida de seus cidadãos. O artigo aborda o desenvolvimento de uma plataforma de VANT inteligente e autônoma para aplicações em cidade inteligente, propondo requisitos de aplicação de VANTs tanto em vigilância urbana quanto para a agricultura. Segundo o autor, o desenvolvimento da Plataforma inteligente *IoT* para VANT só pode ser alcançado pela convergência de quatro elementos: Dados, Conectividade, Dispositivo e Serviço.

Nesse contexto, a plataforma pode ser dividida em quatro componentes físicos como mostra a Figura 20: servidor na nuvem, operador (especialista que pode assumir o controle manual do VANT), cliente e VANT. O aumento da capacidade de processamento a bordo permitirá um voo cada vez mais autônomo. O comportamento autônomo poderia chegar ao ponto em que os VANTs seriam operados não como um dispositivo, mas como um serviço integrado a Cidades Inteligentes.

Motlagh, Bagaa e Taleb (2016) simulam uma plataforma, que utiliza VANTs

Figura 20 – Estrutura de conexão/comunicação da arquitetura por [Giyyenko e Cho \(2016\)](#).

para fornecer diferentes serviços. Cada um desses VANTs pode ser atribuído para realizar uma tarefa específica. Os autores propõem, para a seleção do VANT, buscam-se soluções otimizadas para *Energy-Aware Selection* (EAS) e *Delay-Aware Selection* (DAS), visando minimizar o consumo de energia e diminuir o tempo de operação do VANT, respectivamente. O desempenho das duas abordagens foi avaliado para quantidades variadas de VANTs e voando sobre áreas de tamanhos diferentes. Os resultados da simulação demonstraram que as duas abordagens eram válidas.

Os autores propõem uma arquitetura em que os VANTs podem comunicar entre si além de se comunicarem diretamente com a Estação de Base como ilustrado na Figura 21. Essa estação, por sua vez, comunica-se com o Servidor que tem acesso ao processamento dos dados e uma infraestrutura na nuvem. Uma das principais tarefas da plataforma é selecionar os VANTs apropriados para uma determinada tarefa, o que pode estar baseado em critérios diferentes como os sensores dos VANTs, nível de bateria e proximidade geográfica do VANT até a área da missão.

[Vasisht et al. \(2017\)](#) apresentam uma plataforma de *IoT* (FarmBeats) para agricultura que permite a coleta de dados de vários sensores, câmeras e VANTs. A plataforma foi inserida em duas fazendas, utilizando um link *TV White Space* (TVWS), que é uma tecnologia de baixo custo e longo alcance de sinal. Esse *link* permite a conexão da Internet doméstica dos fazendeiros a algumas estações de base *IoT* na fazenda, alimentadas por painéis solares. A plataforma utiliza algoritmos de planejamento de rotas que prolongam a vida da bateria do VANT. A plataforma está sendo utilizada para três aplicações: agricultura de precisão, monitoramento de animais e monitoramento de armazenamento. Os autores utilizam a plataforma da Microsoft, Azure Cloud, e desenvolvem um aplicativo *mobile*. Através de diversos sensores, a plataforma pode auxiliar os fazendeiros nas suas

Figura 21 – Arquitetura para seleção de VANT (MOTLAGH; BAGAA; TALEB, 2016).

atividades diárias. Figura 22 ilustra a arquitetura da FarmBeats.

Figura 22 – Visão geral do sistema FarmBeats (VASISHT *et al.*, 2017).

Koubaa e Quershi (2018) propõem um sistema, chamado DroneTrack, baseado

em nuvem para o rastreamento em tempo real de objetos movidos com localização GPS usando VANTs, cuja comunicação se realiza pela Internet. O sistema utiliza uma arquitetura orientada (Figura 23) a serviços que permite o rastreamento em tempo real de objetos alvo com base em GPS locais e tecnologias Websockets. A precisão de rastreamento permanece no intervalo de 3 a 4 metros em cenários envolvendo uma pessoa em movimento, apresentando boa qualidade de comunicação usando um VANT de baixo custo.

Figura 23 – Arquitetura do sistema DroneTrack (KOUBAA; QUERSHI, 2018).

Yanmaz *et al.* (2018) implementaram um sistema de multi-VANT, utilizando quadricópteros (Figura 24). Os autores demonstraram o uso de VANTs em assistência a desastres, busca, resgate e monitoramento aéreo. O sistema tem uma estação terrestre com sensores de comunicação, coordenação, comunicação e funcionalidade de rede. Também executa o planejamento das missões e os VANTs não comunicam entre si. Há uma interface web para os usuários planejarem e acompanhar a missão, os VANTs coletam imagens e enviam para a estação terrestre, onde são transformadas em mosaicos para obter uma imagem panorâmica.

Pereira *et al.* (2018) propõem uma plataforma web para gerenciar VANTs usando sensores e atuadores em um ambiente interno. Esta plataforma é baseada em uma rede de VANTs conectados que comunica com um servidor central (Figura 25). Os usuários

podem gerenciar os VANTs por um aplicativo web, definir planos de voo e obter dados dos sensores do VANT. Essas funcionalidades são executadas em tempo real, e os planos de voo não precisam ser definidos e executados ao mesmo tempo. Logo, a plataforma permite que um usuário controle mais de um VANT. A arquitetura que os autores propõem utiliza protocolos de comunicação web. Isso permite a comunicação do VANT com a plataforma e dos usuários com a plataforma. Os autores sugerem o uso de mineração de dados como trabalho futuro.

Figura 24 – Arquitetura do sistema multi-VANT (YANMAZ *et al.*, 2018).

Figura 25 – Esquema conceitual da plataforma (PEREIRA *et al.*, 2018).

Zheng, Yang e Cheng (2018) propõem uma estrutura de aplicação de gêmeos digitais do inglês Digital Twin (DT) para o gerenciamento do ciclo de vida do produto.

O DT é um conjunto de informações virtuais que descreve completamente uma produção física real ou potencial, desde o nível micro atômico até o nível macro geométrico. Existem três componentes principais no sistema DT: o espaço físico, o espaço digital e a camada de processamento de informações.

No processo de aplicação, a tecnologia DT pode realizar o mapeamento de todo o sistema físico, a modelagem dinâmica do ciclo de vida e a otimização em tempo real de todo o processo. O mapeamento bidirecional e a interoperabilidade do espaço físico e do espaço virtual são percebidos através da interação de dados. A decisão inteligente é realizada por meio de otimização iterativa e interação regulatória entre dois espaços. A estrutura de aplicação da DT é mostrada na Figura 26.

Figura 26 – Esquema conceitual da plataforma (ZHENG; YANG; CHENG, 2018).

2.3 Considerações finais do capítulo

Todos os trabalhos relacionados na seção 2.2 (EKLUND *et al.*, 2005; ZHAO *et al.*, 2010; MAHMOUD; MOHAMED, 2015; LOKE, 2015; GIYENKO; CHO, 2016; MOTLAGH; BAGAA; TALEB, 2016; VASISHT *et al.*, 2017; KOUBAA; QUERSHI, 2018; YANMAZ *et al.*, 2018; PEREIRA *et al.*, 2018; ZHENG; YANG; CHENG, 2018) utilizam plataforma Web com exceção a Eklund *et al.* (2005) que apresenta apenas uma plataforma local e os trabalhos de Vasisht *et al.* (2017) e Yanmaz *et al.* (2018) também prevêm o uso de uma plataforma web, além da local, assim como a arquitetura proposta nesta dissertação. Exceto por Loke (2015), que prevê o uso modular para a plataforma da mesma forma que esta dissertação, os demais autores propõem o uso para contextos específicos. Assim, a presente dissertação propõe uma arquitetura de software base para uma plataforma gratuita, modular e que permita tratar os dados tanto localmente quanto sincronizada na web.

ARQUITETURA

“ A persistência é o caminho do êxito. ”

Charles Chaplin

3.1 Introdução

Este capítulo descreve a arquitetura base proposta. O problema de recuperação de dados de voos de VANT, a decisão sobre os processos técnicos, restrições e solução são discutidos. A construção da arquitetura foi apoiada por:

- Ferramentas: Microsoft Visio¹ e Enterprise Architect² ambos em versão trial, e, SAS³, HEFLO⁴ e Cacao⁵ em versão acadêmica;
- Normas: 42010 Systems and software engineering–architecture description (ISO/IEC/IEEE, 2011), 29148 Systems and software engineering–life cycle processes–requirements engineering. (ISO/IEC/IEEE, 2018), 12207 Systems and software engineering–software life cycle processes (ISO/IEC/IEEE, 2017) e 15288 Systems and software engineering – system life cycle processes. (ISO/IEC/IEEE, 2015).

¹ <https://products.office.com/>

² <https://sparxsystems.com/products/ea/>

³ <https://www.sas.com/>

⁴ <https://www.heflo.com/>

⁵ <https://cacao.com/>

As normas especificam um conjunto de padrões e podem estar interligadas entre si. A norma 42010 especifica a maneira pela qual as descrições de arquitetura dos sistemas são organizadas e expressas, a norma 15288 estabelece uma estrutura comum de descrições de processos para o ciclo de vida de sistemas, a norma 12207 estabelece uma estrutura comum para processos de ciclo de vida de software e a norma 29148 especifica os processos necessários para implementação da engenharia de requisitos, sistemas e produtos de software.

Considerando as definições de [Bhansali e Nii \(1992\)](#), [Kogut e Clements \(1994\)](#), [MacKenzie et al. \(2006\)](#) e de acordo com a norma 42010 de [ISO/IEC/IEEE \(2011\)](#), descritas na subseção 2.1, este trabalho apresenta uma arquitetura de software para a comunicação e recuperação de informações de voos de VANTs.

As estratégias de negócios tem a finalidade de atingir os objetivos de negócio em longo prazo. Com a finalidade de apoiar as estratégias de negócio, foi utilizada a gestão de processo de negócio do inglês *Business Process Management* (BPM) para a proposição da arquitetura. [Weske \(2012\)](#) define o BPM como um conjunto de atividades que são realizadas em um ambiente organizacional. Esse conjunto de atividades compõe o objetivo de negócio. O BPM é influenciado por conceitos e tecnologias de diferentes áreas de administração de negócios e ciência da computação. O ciclo de vida do processo de negócio consiste das etapas relacionadas na Figura 27 e descritas a seguir:

- **Design Análise:** Engloba o levantamento sobre processo. Pode-se utilizar ferramentas para modelagem, validação, simulação e verificação das propriedades;
- **Configuração:** Com a finalidade de facilitar a execução do processo, é realizado configurações técnicas;
- **Execução:** Nesta etapa ocorre o controle de sua execução e registra dados sobre o processo, tendo auxilio de ferramentas que permitem a visualização do estado do processo;
- **Avaliação:** os processos são analisados, identificando seus problemas e podendo.

A metodologia Modelo e Notação de Processos de Negócio (BPMN), do inglês *Business Process Model and Notation*, foi adotada visando dar suporte ao gerenciamento

Figura 27 – Ciclo de vida do processo de negócio - Traduzido de (WESKE, 2012).

de processo de negócio. BPMN fornece uma notação gráfica intuitiva em forma de diagramas para representar o processo de negócio. Existem duas versões do BPMN, onde a versão 2.0 é utilizada neste projeto na seção 3.2.5, já que oferece uma notação gráfica, compreensível e intuitiva (WESKE, 2012).

Considerando o processo decisório, foi realizada uma coleta de informações com profissionais e professores pesquisadores que trabalham com VANT. Em conjunto com esses colaboradores, foram coletadas informações sobre os problemas que enfrentam com a comunicação de VANTs, a recuperação das informações de voos e a integração de sistemas para VANTs. Os requisitos foram levantados através de entrevistas e questionários seguindo a norma 15288. Foram levantados requisitos funcionais, de interface, não-funcionais e de usabilidade, descritos na 3.2.3.

3.2 Processos técnicos

A norma 12207 da ISO/IEC/IEEE (2017), referente ao processo do ciclo de vida do software, trata da aquisição de sistemas de software, produtos e serviços para fornecer, desenvolver, operar, manter e remover produtos de software ou componentes de qualquer

sistema, seja internamente ou externamente a uma organização. A norma fornece também processos que podem ser usados para definir, controlar e melhorar o ciclo de vida do software dentro de uma organização ou projeto. A Figura 28 ilustra os passos do processo técnico seguidos para a arquitetura proposta.

Figura 28 – Processos técnicos, baseado em ISO/IEC/IEEE (2017).

Os processos técnicos destacam o conhecimento das partes interessadas, conhecido como *stakeholders*, com o propósito obter um software mais eficiente e eficaz, além de prever testes de usabilidade com os usuários, para saber o nível em que o sistema atende os requisitos estabelecidos.

3.2.1 *Análise de Negócios*

A norma 12207 da ISO/IEC/IEEE (2017) afirma que o propósito do processo de análise de negócios é definir o negócio ou o problema da missão, caracterizar e determinar as possíveis soluções para os problemas ou aproveitar uma oportunidade. Nesta fase da pesquisa, foram definidos: o problema de negócio, a caracterização da solução, as fases do ciclo de vida, quais aplicações são habilitadas para a análise de negócio e a rastreabilidade de problemas e solução.

Analisar o processo de negócio é importante porque permite ter uma visão geral do problema e elaborar uma possível solução. Assim, considerando a descrição do problema na Seção 1.2, foi identificada a necessidade de uma aplicação que gerenciasse e otimizasse o processo de recuperação de dados de voos.

3.2.2 Necessidade de Stakeholders

O indivíduo ou organização que tenha direito, ação, reivindicação ou interesse em um sistema são chamados de *stakeholders* (ISO/IEC/IEEE, 2015). Eles auxiliam na definição dos requisitos do sistema e são de extrema importância em um projeto de software pois são conhecedores do negócio, auxiliam a entender o sistema e suas necessidades, restrições e benefícios, além de poder sugerir melhorias. Como os *stakeholders* conhecem o negócio, são os usuários mais indicados para levantar questões que beneficiarão a todos os usuários. As necessidades dos *stakeholders* geralmente são priorizadas e transformadas em requisitos. Esta pesquisa contou com o auxílio de 18 *stakeholders*, formado por usuários de VANT que responderam ao questionário descrito na seção 3.2.3.

3.2.3 Definição de Requisitos de Sistema/ Software

A definição de requisitos começa com as necessidades dos *stakeholders* (metas, objetivos de negócio). De acordo com a norma 15288 da ISO/IEC/IEEE (2015), requisito é uma declaração que traduz ou expressa uma necessidade, suas restrições e condições associadas. A engenharia de requisitos preocupa-se em descobrir, elicitar, desenvolver, analisar, verificar, validar, documentar e gerenciar os requisitos.

Os requisitos devem estar relacionados a um sistema, software ou serviço definido, para permitir um entendimento acordado entre os *stakeholders*. Ele também deve ser validado, capaz de ser implementado e fornecer uma referência para verificar projetos e soluções. O propósito do processo de definição de requisitos do sistema é transformar a visão voltada para o usuário das funcionalidades desejadas em uma visão técnica de uma solução que atenda as necessidades operacionais do usuário (ISO/IEC/IEEE, 2015; ISO/IEC/IEEE, 2017; ISO/IEC/IEEE, 2018).

A Figura 29 ilustra o diagrama conceitual proposto para elaboração da arquitetura. O diagrama apresenta a visão do usuário que precisará acessar a rota ou os módulos do sistema. Duas ações precisam ocorrer previamente: o seu cadastro e a sua autenticação. Além disso, para a rota ser armazenada e recuperada, é necessário o seu processamento.

A interface de software é o meio que estabelece a interação homem-computador. Nesse contexto, os requisitos levados em consideração são *layouts* de telas e aspectos de

Figura 29 – Diagrama conceitual.

observabilidade e intuitividade. A Figura 30 ilustra a interação do usuário com o sistema por meio de um dispositivo, enquanto o VANT pode se comunicar diretamente com o sistema. Os dados coletados são armazenados em uma base de dados. Logo, para o usuário ter acesso às informações de dados de voo dos VANTs, ele necessita acessar o sistema pelo seu dispositivo para recuperar as informações armazenadas na base de dados.

A Tabela 2 sintetiza os requisitos levantados nas entrevistas e questionários. A Tabela 3 apresenta a matriz de rastreabilidade das funcionalidades do sistema com os objetivos de negócio. Essa matriz é utilizada para determinar a integridade do relacionamento dos requisitos selecionados com as funcionalidades da plataforma (GUIDE, 2001). A rastreabilidade foi realizada utilizando técnicas estatísticas como: identificação de termos ou expressões, varredura no questionário aplicado e identificação dos requisitos funcionais associados aos requisitos não-funcionais.

Figura 30 – Interação do usuário e VANT com o sistema.

Tabela 2 – Requisitos levantados por entrevistas e questionários

ID	Prioridade	Descrição do Requisito	Tipo Requisito	Complexidade	Tipo de levantamento
1	Máxima	Cadastro de usuário	Funcional	Média	Entrevista
2	Alta	Cadastro de rotas	Funcional	Média	Entrevista
3	Alta	Visualizar rotas	Funcional	Média	Entrevista
4	Média	Upload de imagens com diferentes formatos	Funcional	Máxima	Entrevista/ Questionário
5	Máxima	Visualizar log de voo	Funcional	Média	Entrevista/ Questionário
6	Média	Acompanhar voo em tempo real	Funcional	Máxima	Entrevista
7	Média	Criar mosaico de imagens	Funcional	Máxima	Entrevista
8	Média	Identificar linhas de cultivos	Funcional	Máxima	Entrevista
9	Máxima	Acesso de informações públicas	Funcional	Alta	Entrevista
10	Máxima	Autenticação de usuário	Funcional	Máxima	Entrevista
11	Máxima	Login na plataforma	Funcional	Média	Entrevista
12	Média	Cadastro de VANTs	Funcional	Máxima	Entrevista
13	Baixa	Perfil de usuário	Funcional	Alta	Entrevista
14	Média	Logoff	Funcional	Média	Entrevista
15	Média	Plataforma Offline	Não Funcional	Máxima	Entrevista/ Questionário
16	Máxima	Plataforma Web	Não Funcional	Máxima	Entrevista/ Questionário
17	Máxima	Multiplataforma	Não Funcional	Máxima	Entrevista/ Questionário
18	Máxima	Gratuita	Não Funcional	Mínima	Entrevista
19	Máxima	Ser de fácil acesso e intuitiva	Não Funcional	Alta	Entrevista/Questionário
20	Máxima	Persistência dos dados	Não Funcional	Máxima	Entrevista
21	Máxima	Controle de acesso	Não Funcional	Máxima	Entrevista

Entrevistas

Inicialmente, foram realizadas entrevistas com quatro estudantes de pós-graduação, todos da área de computação, onde uma única pergunta foi feita:

Tabela 3 – Matriz de rastreabilidade

	Requisitos	Objetivos de Negócio			
		Disponibilizar logs de voo	Ser Multiplataforma	Atualizar planos de voo	Haver uma plataforma offline Ser compatível com arquivos KML
1	Cadastro de usuário				
2	Cadastro de rotas				X
3	Visualizar rotas	X			
4	Upload de imagens com diferentes formatos				
5	Visualizar log de voo	X			
6	Acompanhar voo em tempo real			X	
7	Criar mosaico de imagens				
8	Identificar linhas de cultivos				
9	Acesso de informações públicas				
10	Autenticação de usuário				
11	Login na plataforma				
12	Cadastro de VANTs				
13	Perfil de usuário				
14	Logoff				
15	Plataforma Offline				X
16	Plataforma Web		X		
17	Multiplataforma				
18	Gratuita				
19	Ser de fácil acesso e intuitiva				
20	Persistência dos dados				
21	Controle de acesso				

Como você imagina um aplicativo para VANT?

Os entrevistados optaram por responder elaborando *layouts* para o aplicativo. Os quatro *layouts* elaborados estão disponíveis no Apêndice B. Esses *layouts* foram apresentados para dez estudantes de pós-graduação em computação que cursavam a disciplina de Interação Humano Computador (IHC). Dos quatro *layouts* apresentados, a interface II e IV tiveram maior aceitação pelos alunos de IHC e acabaram unidos para gerar o *design* final. O *design* final pode ser visualizado na Figura 58. Nesse caso, características como cores e tamanho de fonte foram levadas em consideração. No caso da fonte, optou-se também por um tamanho que melhor se adequasse a dispositivos móveis com telas de no mínimo 4".

Posteriormente, foram realizadas entrevistas com 5 professores pesquisadores e 5 profissionais que trabalham com VANT. O objetivo era levantar requisitos relacionados às dificuldades encontradas por esses profissionais quando utilizam aplicativos voltados a VANTs. A Tabela 4 sintetiza as respostas obtidas. As informações coletadas nas entrevistas evidenciaram problemas enfrentados nas diversas maneiras de se recuperar dados dos VANTs. Os entrevistados argumentavam que precisava utilizar diferentes aplicativos pagos que não forneciam suporte para uso sem conexão com a internet. Por exemplo, há dificuldade de se utilizar um único aplicativo que trate informações do log

Tabela 4 – Síntese das respostas das entrevistas

Envolvidos	Linha	Atuação	Dificuldade
Professor 1	Investigativo Serviços	Áreas pendentes Atributos geográficos Modelos de nutrição de plantas Enfermidades de plantas	Fazer análise de imagens manual
Professor 2	Investigativo	Modelo de superfície Cartografia Topografia Modelo digital de terreno	Utiliza mais de um aplicativo Não sabe recuperar logs de voos Não ter uma aplicação off-line
Professor 3	Investigativo	Modelo de superfície Cartografia Topografia Modelo digital de terreno	Utiliza mais de um aplicativo Não sabe recuperar logs de voos
Professor 4	Investigativo	Eletrônica	Desenho de sistemas eletrônicos de VANTs
Professor 5	Investigativo	Agricultura de Precisão Enfermidades de plantas	Ortoimagem e análises manual
Profissional 1	Serviços	Fotogrametria Cartografia Vídeos	Utiliza muitos aplicativos Aplicativos caros
Profissional 2	Serviços	Fotogrametria Levantamento predial Minas Florestal	Utiliza muitos aplicativos Aplicativos caros
Profissional 3	Serviços	Agricultura de precisão Ortoimagem	Faz previsão de lavoura manual
Profissional 4	Serviços	Engenharia Civil	Integrar novas tecnologias
Profissional 5	Serviços	Imagens e vídeos	Integração do VANT com Android

de voo e os dados das imagens obtidas. Também foi identificada pelas entrevistados a pouca disponibilidade de aplicativos gratuitos.

Questionário

Após a etapa de entrevistas, identificou-se a necessidade de ampliar a gama de *stakeholders* para aprimorar o levantamento de requisitos. Para isso, um questionário foi elaborado com o objetivo de averiguar a interação dos usuários com os VANTs, visando agora aspectos como coleta e processamento de dados. O questionário está disponível no Apêndice A.

- Questionário A: 23 questões, destas 17 dissertativas e 6 optativas:
 - Três sobre o perfil do entrevistado;
 - Três relacionadas a missões de voos;
 - Seis sobre a experiência que os usuários tem com VANTs;
 - Seis sobre as aplicações utilizadas e dificuldades;
 - Cinco sobre opiniões e sugestões.

Resultados das Entrevistas e Questionário

Dois tipos de usuários foram definidos a partir dos resultados das entrevistas realizadas e do questionário respondido. Esses dois tipos serão aqui nomeados como geradores de conhecimento e consumidores de conhecimento, respectivamente. Os geradores de conhecimento são os usuários de VANTs que geram e recuperam informações de voos, enquanto os consumidores de conhecimento acessam informações disponibilizadas na plataforma pelos geradores de conhecimento. Assim, o usuário que consome a informação não necessita fazer cadastro na plataforma e tem acesso limitado as informações. Isso se justifica já que tais usuários apenas visualizam alguns dados que os geradores de conhecimento disponibilizam como, por exemplo, a abrangência de melhor sinal GPS de uma localidades já sobrevoada.

Pode-se considerar um outro usuário, o desenvolvedor de sistemas, o qual faz as alterações e integrações na plataforma, entretanto neste estudo utilizamos a designação dos usuários do caso de uso de negócio, ou seja, o gerador de conhecimento e o consumidor de conhecimento.

A Figura 31 ilustra o cenário de interação entre os dois tipos de usuários.

Figura 31 – Diagrama de caso de uso de negócio.

A Figura 32 descreve os objetivos de negócio levantados junto aos *stakeholders* que identificaram a necessidade de ter uma aplicação: gratuita, que suporte arquivos de rota KML, que use qualquer dispositivo com conexão a internet para acessar a aplicação, independente de SO, que atualize planos de voos quando necessitem e que também possam trabalhar localmente.

Figura 32 – Objetivos de negócio.

Para exemplificar as dependências dos atores de negócio, caso de uso de negócio e os objetivos de negócio, foi elaborado um diagrama de pacotes de negócio apresentado na Figura 33.

No caso específico do questionário, a área de atuação dos participantes é ilustrada na Figura 34. De acordo com as respostas da questão 10, "Que tipo de missão você realiza usando VANT?", as principais áreas de atuação dos respondentes são: Fotogrametria, Cartografia, Topografia, Agricultura de Precisão, e Mineração.

A maioria dos consultados tem algum tipo de capacitação para VANTs, seja para pilotagem, cartografia ou fotogrametria. A Figura 35 ilustra que 88,3% dos respondentes tem algum tipo de capacitação. Na Figura 36, um total de 58,8% utilizam VANTs próprios enquanto apenas 5,9% alugam VANT. Assim, os respondentes preferem emprestar ou ter o seu próprio VANT para realizar voos.

Figura 33 – Diagrama de pacotes de negócio.

Figura 34 – Áreas de atuação dos respondentes.

Figura 35 – Capacitação em VANT

Figura 36 – Meio de utilização de VANT

A análise das respostas para as questões 14, "Utiliza aplicações para interatuar com VANT?" e 20, "Quais informações extraem do VANT?", revela que cerca de 67% utilizam algum tipo de software para interagir com o VANT. Aproximadamente 60% reportaram que extraem apenas imagens dos VANTs. Assim, a maioria dos consultados utiliza algum software para interagir com VANTs, principalmente, buscando a recuperação de imagens de voos. Nenhum dos respondentes utilizam o VANT apenas com a finalidade de recuperar log de voos. As Figuras 37 e 38 ilustram a taxa de usuários que utilizam software para interagir com VANT e o percentual dos tipos de dados extraídos.

Figura 37 – Usuários que utilizam software para VANT

Figura 38 – Tipo de dados extraídos

Análise dos requisitos do sistema

Para apoiar a análise de requisitos é preciso ter requisitos consistentes, factíveis, compreensíveis e capazes de serem validados (ISO/IEC/IEEE, 2018). Por isso, uma análise estatística foi conduzida a partir dos dados obtidos que estavam não-estruturados como pode ser observado no exemplo da Tabela 5. Logo, um pré-processamento dos dados se fez necessário.

Cada questão foi tratada individualmente e cada registro foi subdividido em atributos com a intenção de identificar os padrões e as semelhanças de cada resposta. Por exemplo, a pergunta 5: "Qual capacitação referente a VANT você realizou?" É uma pergunta aberta, onde os respondentes descrevem os cursos que fizeram. Nesse contexto, foram identificados todos os cursos realizados por esse grupo e separados por tipos. Um total de seis cursos distintos foram identificados: cartografia, fotogrametria,

Tabela 5 – Exemplo de respostas do questionário

Qual sua idade?	Quanto tempo você trabalha com VANT?	Qual seu sexo?	Tem alguma capacitação para VANT?	Qual capacitação referente a VANT você realizou?	Dispõe de um VANT para realizar voo?	O VANT que dispõe é?
51	4	Maculino	Sim	Elaboração da Cartografia. Cursos de Fotogrametria.	Sim	Pessoal
46	15	Maculino	Sim	Mais de 30, não entro em detalhes por tempo	Sim	Pessoal
31	3	Maculino	Sim	Processamento de imagens de VANT e manejo e uso de RPAS	Não	Emprestado

processamento de imagens, piloto, construção de aeronaves e planos de voos. Assim, seis atributos foram extraídos desta questão.

O processo de identificação de atributos foi realizado para todas as questões, totalizando 181 variáveis de 18 registros. Houve a necessidade de se executar uma transformação linear do atributo, realizando-se um pré-processamento dos dados onde a correspondência para o valor Sim é 1 e Não é 0.

Godfrey e Loots (2014) fazem uma análise com diferentes softwares estatísticos como R, SAS, SPSS e Minitab. A Figura 39 ilustra as diferenças e similaridades dos softwares referente a acessibilidade e usabilidade.

A versão acadêmica do software *Statistical Analysis Software (SAS)*⁶ foi utilizada nesta dissertação. SAS é um sistema integrado para análise de dados que, na versão acadêmica, é gratuito. O SAS foi escolhido por ser fácil de acessar e utilizar, pelo apoio as pesquisas e por ter uma grande comunidade de usuários mundial. O processo de levantamento dos requisitos a partir das análises estatísticas usando SAS é detalhado na seção 3.2.6. A Tabela 6, lista os 20 primeiros componentes principais levantados de 180 variáveis avaliadas.

3.2.4 Definição de Arquitetura

O processo de definir uma arquitetura seleciona alternativas que atendam aos requisitos do sistema, segundo os *stakeholders*, e as expressam em um conjunto de visualizações consistentes (GORTON, 2006). Para identificar uma solução satisfatória do problema de negócio, é empregada uma iteração entre os processos de definição de

⁶ <https://www.sas.com>

Minimum criterion	R	SAS	SPSS	Minitab
Independent installation	yes	no	not easily	yes
Import data	yes	yes	yes, but wizard is challenging	yes
Review data	yes	yes	yes	no
Edit data	yes	yes	yes	no
Simple EDA	yes	yes	yes	yes
Exporting output	yes	yes	yes	yes
Update graph	start from scratch	start from scratch	start from scratch	start from scratch
Help documentation	yes	yes	limited	limited
Access to all features	yes	no	not determined conclusively	no
Desirable criterion	R	SAS	SPSS	Minitab
Graph presentation	yes	no	no	no
Information for blind users	third party	yes	yes	none found
Minor errors	yes	yes	yes, if command language is used	yes, if command language is used
Knowledge transfer	yes	yes	not guaranteed	not guaranteed
Flexibility	yes	yes	yes, but seldom used	no
Graphic formats	yes	not SVG	not SVG	cannot directly save postscript files, no SVG
Output formats	yes, but add-on packages required	yes, including both HTML and $\LaTeX$	yes, including HTML, but not $\LaTeX$	rich text or HTML, but not $\LaTeX$

Figura 39 – Comparação de softwares de análise de dados (GODFREY; LOOTS, 2014)

arquitetura com os processos de: análise de negócio, abordado na seção 3.2.1; definição de requisitos de sistema, discutido na seção 3.2.3; definição dos *stakeholders*, tratado na seção 3.2.2 e definição de *design*, visto na seção 3.2.5.

Os resultados do processo de definição de arquitetura são utilizados nos processos do ciclo de vida. ISO/IEC/IEEE (2011) afirma que uma arquitetura eficaz é independente de projeto, permite flexibilidade e, mesmo que o *design* mude com o tempo, a arquitetura será a mesma. A Figura 40 ilustra a descrição da arquitetura base proposta de forma genérica, onde se pode visualizar os principais blocos do processo. A apresentação desta arquitetura é feita através de fluxos de dados para demonstrar todas as interações que os usuários geradores de conhecimento podem ter com os VANTs.

Observando a Figura 40, pode-se visualizar que há dois grandes blocos:

- Estação web - Responsável pelo gerenciamento das informações. Nela os dados são armazenados, tratados e transformados em informações. O fluxo de dados é:
 - Usuário controla VANT.
 - VANT exporta dados para a Base de Dados (BD) web, onde são armazenados.

Figura 40 – Arquitetura base.

- BD web envia dados para Módulo de processamento.
- Módulo transforma dados em informações e envia para o Sistema Web.
- Usuário acessa Sistema Web para obter as informações de voos do VANT.
- Usuário pode solicitar para o sistema ativar a sincronização para a Estação Local.
- Estação local - Trabalha offline, onde é possível obter análise de dados dos voos que requer pouco poder de processamento como, por exemplo, tempo total de voo, quantidade de voos realizados, velocidade máxima e mínima por voo, altura

máxima atingida por voo e identificação de satélites por área de voo. O fluxo de dados é:

- Usuário controla VANT.
- VANT exporta dados para a Base de Dados (BD) local, onde são armazenados e pré-processados.
- Base de dados local envia breve análise de dados para o sistema.
- Usuário acessa Sistema Local e pode visualizar breve informações de voos de VANT.
- Usuário pode solicitar para o sistema ativar a sincronização para a Estação Web.

A Figura 41 ilustra o diagrama de instalação que demonstra a estrutura de hardware adotada para a implantação da plataforma OracleDrone disponibilizada em uma nuvem privada do LaSDPC composta por servidores físicos e virtuais e também nobreaks e banco de baterias. A VM OracleDrone está sob o domínio <<http://oracledrone.lasdpc.icmc.usp.br>>.

Figura 41 – Diagrama de instalação.

Para descrever os vários tipos de objetos no sistema e o relacionamento entre eles, serão abordadas as visões do diagrama de classe. Elas oferecem perspectivas distintas para cada tipo de observador.

Todavia, a visão mais utilizada é a de implementação destinada ao time de desenvolvimento. A Figura 42 ilustra essa perspectiva, apresentando as classes, atributos, operações e as relações entre os objetos.

Figura 42 – Diagrama de classe geral.

O diagrama de caso de uso foi elaborado para exemplificar as principais funcionalidades da plataforma. Esse diagrama pode ser visualizado na Figura 43. Como mencionado na seção 3.2.3, temos dois tipos de usuários com diferentes formas de acesso à plataforma. O gerador de conhecimento pode visualizar, realizar cadastro e acessar a plataforma juntamente com os módulos inclusos nela. O consumidor de conhecimento apenas visualiza a plataforma e acessa funcionalidades públicas do sistema.

Figura 43 – Diagrama de caso de uso.

3.2.5 Definição de design

As atividades de *design* geralmente iteram com atividades de requisitos do sistema e a definição da arquitetura, ou seja, o processo de definição é orientado por requisitos. A definição de *design* inclui interfaces, bancos de dados e documentação. Assim, o *design* da interface prototipada foi escolhido pensando em três importantes categorias de usabilidade:

- Familiaridade: o usuário entenderia a aplicação já que ela é parecida com outras;
- Personalização: através da interface é capaz de adaptar suas necessidades, ele conseguiria criar atalhos para sua melhor comodidade;

- Observabilidade: o usuário teria a capacidade de avaliar o sistema a partir da percepção da interface.

Optou-se por uma interface intuitiva e com base nos resultados do questionário mencionado na seção 3.2.3, onde foram levantadas as funcionalidades desejadas. Também foram realizadas entrevistas com usuários, descritas na seção 3.2.3 onde se convergiu para um *layout*. Nessas entrevistas, ficou claro que uma maior aceitação por parte do usuário ocorreria se o *layout* fosse familiar ao de outros aplicativos como Waze, Google Maps, Uber, entre outros. As cores utilizadas também foram definidas após consulta com usuários sobre aspectos que permitiriam uma melhor visualização. O tamanho da fonte foi definido levando em consideração usuários que utilizam dispositivos móveis com telas de no mínimo 4". A Figura 44 demonstra a interface responsiva da plataforma.

Visão de Processo

O passo-a-passo da sequência de trabalho que constitui o processo pode ser apoiado pelo fluxograma linear. O fluxograma auxilia na identificação de passos desnecessários ou equivocados e está representado na Figura 45. Tal fluxo visa estabelecer melhorias no processo como um todo, permitindo uma visão ampla e capaz de auxiliar no processo de decisão.

A metodologia BPMN aqui aplicada pode ter vários elementos como por exemplo: artefatos (piscina, raia ou etapa), conectores (fluxo de sequência, mensagem e associação), atividades (tarefa, subprocesso), gateways e eventos. O anexo A contém as notações do BPMN. A Figura 46 ilustra a metodologia BPMN aplicada ao nosso problema de negócio. Neste modelo temos a piscina acesso a plataforma de VANT, composta pelas raias de gerador de conhecimento e consumidor de conhecimento, ou seja, nossos usuários.

Uma vez iniciado o processo, se o usuário é o gerador de conhecimento, ele pode acessar a plataforma web ou local. Caso seja consultor de conhecimento, ele pode acessar apenas a plataforma online. O usuário que deseja ser gerador de conhecimento, pode realizar o cadastro, na plataforma e, uma vez registrado na plataforma, ele decide se quer compartilhar algumas informações para serem públicas. Assim, o consultor de conhecimento poder acessar dadas sobre, por exemplo, se uma determinada região sobrevoada possuía a quantidade de GPS específicos.

Figura 44 – Interface Responsiva da plataforma proposta.

Depois do acesso a plataforma, o gerador de conhecimento é validado e pode escolher o tipo de acesso que deseja, se vai escolher algum módulo ou se vai realizar um acesso de dados básicos de log de voos. O acesso básico ao log de voos contém informações de velocidade do voo, altitude, latitude, nível de bateria, entre outros. Uma vez que o gerador de conhecimento está na plataforma local com conexão à internet, ele pode solicitar uma sincronização em sua base de dados e fazer a chamada para o módulo.

Quando o usuário não é autenticado, o processo é cancelado e, se ele não quiser

Figura 45 – Fluxograma linear do sistema, elaborado pela autora.

acessar o módulo e nem acessar informações de dados de log de voo, o processo acaba.

3.2.6 Análise do sistema

O processo de análise do sistema auxilia na tomada de decisões ao longo do ciclo de vida, proporcionando uma base rigorosa de dados e informações, em relação a utilidade e integridade dos requisitos do sistema, arquitetura e *design* gera confiança. Este processo inclui análises matemáticas, estatísticas e outras técnicas. É nesta etapa que é determinado os valores de requisitos.

Figura 46 – BPMN: Acesso a plataforma, elaborado pela autora.

ACP com SAS

A Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica exploratória para análises estatísticas multidimensionais (PEARSON, 1901; HOTELLING, 1933; HOTELLING, 1936) que transforma linearmente um conjunto de variáveis original em outro conjunto de variáveis relativamente menor e com menos perda de informação e alta variância. Os Componentes Principais (CP) são combinações lineares que melhor representam a distribuição dos dados.

A ferramenta SAS foi selecionada para ser utilizada neste projeto como descrito na seção 3.2.3. Dentre os muitos recursos existentes no SAS, a ACP foi escolhida para selecionar as variáveis mais significativas, ou seja, as variáveis que melhor representam os dados. O conjunto de dados utilizado foi o resultado do pré-processamento dos dados contendo 180 variáveis numéricas e 1 variável texto. Uma vez identificada a base que será utilizada, uma padronização dos dados ocorre utilizando média e desvio padrão. Defini-se as variáveis e o método de avaliação que pode ser por correlação ou covariância. Nesta pesquisa, a correlação foi utilizada, pois era o método que melhor representava o conjunto de dados tratado. A Figura 47 ilustra as opções escolhidas.

A análise com dados padronizados é equivalente a determinação dos autovalores e autovetores da Matriz de Correlação. Uma análise com todas as variáveis foi realizada de forma a otimizar os resultados dos CPs. A Tabela 6 identifica as principais CPs referente as 180 variáveis consideradas.

Figura 47 – Opções SAS para ACP.

Tabela 6 – Principais Componentes Principais

CPs		Scores	CPs		Scores
1	Aplicação de terra	0,209881	11	Dificuldade somente online	0,208556
2	Aplicação para análise de costas	0,209881	12	Dificuldade não permite usar Kml	0,208556
3	Aplicação de incêndios	0,209881	13	Sugestão log na plataforma	0,208556
4	App DJI GS Pro	0,209881	14	Aplicação de deslisamentos	0,167052
5	Dados relevantes nuvem de pontos	0,209881	15	Características planejamento de rotas	0,158893
6	Tarefas compatível com KML	0,209881	16	Sugestão extrair dados de nuvem facilmente	0,158893
7	Tarefas de visualização em 3D	0,209881	17	Dados relevantes fotos georeferenciadas	0,156047
8	Tarefa de atualizar plano de voo	0,209881	18	Dificuldade não é multiplataforma	0,142748
9	Característica trabalhar offline	0,209881	19	Características Integre App	0,138776
10	Dificuldade Não carregar MED	0,209881	20	App Mission Planner	0,129827

O resultado produzido pelo SAS foi a estatística simples (média e desvio padrão), a matriz de correlação, os autovalores da matriz, associados a cada CP gerada, as diferenças entre os autovalores, a proporção de variância e proporção de variância acumulada e os autovetores. Através dos coeficientes de autovetores, pode-se inferir algo sobre a importância relativa de cada variável em cada CP. A Tabela 6 demonstra os CP gerados. Analisando os coeficientes do autovetor correspondente a primeira CP, constata-se a forte influência das variáveis.

Como ilustrado na Figura 48, a análise conduzida mostrou que 13 CPs têm a mesma relevância e os 20 primeiros CP representam aproximadamente 98% da base de dados.

Figura 48 – CP - autovalores e variância por proporção e acumulada

Com base nestes CPs, 5 requisitos principais foram definidos. A Tabela 7 faz menção às áreas mais relevantes de aplicações e a Tabela 8 faz referência às principais necessidades dos usuários em relação a uma plataforma para VANTs. Após o levantamento e análise de requisitos junto a usuário especialistas, os objetivos de negócio foram definidos como anteriormente apresentado na Figura 32 da seção 3.2.3.

Tabela 7 – Principais áreas de aplicações

Áreas	Score
Cobertura de terras	0,209881
Análise costeira	0,209881
Incendio	0,209881
Deslizamento	0,165092

Tabela 8 – Principais necessidades dos usuários

Necessidade	Score
Compatível Kml	0,209881
Plataforma Local	0,209881
Incorporar plano de voo	0,209881
Log de voo	0,209881
Multiplataforma	0,140393

3.2.7 Implementação

O processo de implementação transforma requisitos, arquitetura e *design*, incluindo interfaces em ações que criam um elemento do sistema. Esse elemento é gerado de acordo com as práticas da tecnologia de implementação selecionada, usando especialidades técnicas ou disciplinas apropriadas. Logo, o processo deve resultar em um elemento do sistema que atenda aos requisitos especificados do sistema (incluindo requisitos alocados e derivados), seguindo sua arquitetura e o *design* proposto (GARLAN *et al.*, 2010).

A plataforma proposta segue o padrão Modelo-Visão-Controlador (MVC) como ilustrado na Figura 49. A camada visão exibe a representação dos dados, a interface com o usuário, sendo responsável por usar as informações modeladas para a representação da interface necessária. Nessa camada ficam os arquivos HTML, CSS, JSP. Na subseção 3.3, pode-se observar a estruturação para o modelo de implementação baseado no processo de negócio ilustrado na Figura 46.

Figura 49 – Diagrama de pacotes modelo MVC, elaborado pela autora.

3.2.8 Processo de validação

O objetivo do Processo de Validação é fornecer evidência objetiva de que os serviços prestados por um sistema atendem aos requisitos dos stakeholders (ISO/IEC/IEEE, 2015; ISO/IEC/IEEE, 2018).

A validação fornece evidência objetiva de que o sistema cumpre seus objetivos de negócios. A validação é ratificada pelas partes interessadas. O processo de validação fornece as informações necessárias para que erros sejam identificados (SOMMERVILLE, 2011).

Para sistemas de software, os modelos de ciclo de vida altamente iterativos geralmente tem envolvimento com os usuários. Por exemplo, a prioridade dos requisitos para inclusão em uma iteração, a usabilidade da interface do software por meio de protótipos e a adequação do software para executar tarefas de negócios e cumprir o conceito operacional.

A norma ISO/IEC/IEEE (2015) afirma que a validação é realizada de maneira consistente com as restrições organizacionais, e, também pode ser conduzida para confirmar que o sistema não apenas satisfaz todos os requisitos mas também a satisfação do cliente.

As técnicas de validação conduzidas foram por teste e inspeção de software com usuários, ou seja, os usuários utilizaram a plataforma, responderam questionário, deram um feedback sobre a experiência e foi realizado um acompanhamento em tempo real das ocorrências com a plataforma (ISO/IEC/IEEE, 2015; ISO/IEC/IEEE, 2018). Para confirmar que os requisitos refletem adequadamente as necessidades dos stakeholders, a matriz de rastreabilidade foi elaborada e pode ser visualizada na Tabela 3.

3.3 Módulos

A arquitetura prevê a utilização de módulos. Há 5 módulos agregados ao sistema, sendo 2 nativos e 3 específicos para aplicações. Os módulos nativos são Cadastro de Rota e Plotar Rota, enquanto os específicos são Acompanhar Voo em Tempo Real, Mosaico e Previsão de Colheita. As Figura 50, 51, 52, 53, 54 apresentam os modelos BPMN.

Módulo - Cadastro de rota

Este é um módulo nativo que foi desenvolvido visando a comodidade do gerador de conhecimento que pode armazenar dados de voo na base de conhecimento. Na raia do módulo cadastro de rota, o usuário gerador de conhecimento escolhe o arquivo de rota e faz o upload do arquivo de rota para a base de conhecimento. Caso o usuário queira continuar no sistema, ele pode escolher outro acesso, senão o processo finaliza.

Figura 50 – BPMN: Módulo - Cadastro de rota, elaborado pela autora.

Módulo - Recuperar rota

Da mesma forma que o módulo de cadastro de rota, este módulo de recuperar rota é nativo e permite ao usuário acessar informações de voos dos VANTs. O gerador de conhecimento escolhe a rota desejada, dentre as rotas salvas na base de conhecimento, para poder visualizá-la. Assim como nos outros módulos, o usuário pode continuar no sistema, escolhendo um novo acesso, ou finalizar o processo.

Figura 51 – BPMN: Módulo - Recuperar rota, elaborado pela autora.

Módulo - Acompanhar voo em tempo real

Trata-se de um módulo específico desenvolvido pelo grupo de pesquisa em Sistema Embarcado e Evolutivo da Universidade de São Paulo, Esse módulo permite acompanhar as missões do VANT em tempo real. O usuário gerador de conhecimento acessa o módulo de acompanhar voo em tempo real, onde é verificado se existe comunicação da base de conhecimento diretamente com o VANT. Caso exista, o modo Voo em Tempo Real é acessado e o usuário consegue visualizar a execução da missão em tempo real. O usuário pode finalizar o processo ou continuar no sistema escolhendo um novo acesso.

Figura 52 – BPMN: Módulo - Acompanhar voo em tempo real, elaborado pela autora.

Módulo - Mosaico

Também é um módulo específico, desenvolvido pelo grupo de Visão Artificial da Universidad Nacional de Colombia a fim de colaborar na área de fotogrametria. Neste módulo, o usuário gerador de conhecimento seleciona os arquivos de imagens para fazer upload e guardá-los na base de conhecimento. Uma vez que essas imagens são processadas, uma ortofoto é retornada, ou seja um mosaico para o usuário.

Módulo - Previsão de Colheita

Da mesma forma que o módulo de mosaico, trata-se de um módulo específico também desenvolvido pelo grupo de Visão Artificial da Universidad Nacional de Colombia com o intuito de auxiliar os agricultores na previsão de colheita e identificação de linhas de cultivo. O usuário gerador de conhecimento seleciona um mosaico da base de conhecimento para visualizar as linhas de cultivo identificadas. Também é possível

Figura 53 – BPMN: Módulo - Mosaico, elaborado pela autora.

acessar a informação de quantas árvores existe na área que foi selecionada e fazer uma previsão de safra.

Figura 54 – BPMN: Módulo - Previsão de colheita, elaborado pela autora.

Adicionando um módulo

A plataforma foi desenvolvida em Java, na IDE Netbeans, respeitando o padrão MVC. Esta subseção apresenta de forma sucinta os passos necessários para adicionar um módulo a plataforma. Esses passos são exemplificados através da inclusão de um módulo Rota. As Figuras 55, 56 e 57 ilustram os passos para adicionar tal módulo na plataforma proposta.

Figura 55 – Classe java de rotas, elaborado pela autora.

Classe Rota

Como já mencionado, utilizou-se o padrão MVC, portanto dentro de models é criada uma classe Rota onde são programadas todas as requisições e restrições da plataforma.

Servelet

Posteriormente, dentro de pacote default, foi criado um Servlet para receber requisição, capturar parâmetros e efetuar processamento.

Figura 56 – Servlet de rotas, elaborado pela autora.

JSP

Após a modelagem da classe e servlet, realiza-se o desenvolvimento do JSP visando a criação de um código dinâmico e interativo para o usuário acessar a plataforma.

Figura 57 – Página JSP de rotas, elaborado pela autora.

3.4 Atributos de Qualidade

Os atributos de qualidade podem afetar vários serviços ou funções, eles devem ser independentes da funcionalidade e não devem ser modificados, a não ser que os *stakeholders* aprovem. Todo o processo de software deve considerar os atributos de qualidade. Pode-se destacar entre eles: Desempenho, Disponibilidade, Modificabilidade, Segurança, Testabilidade e Usabilidade. Neste projeto, foram utilizados os atributos de usabilidade e testabilidade.

Avaliação da Arquitetura

Duas versões de prototipação para a interface *mobile* foram desenvolvidas, onde um cenário foi estabelecido para realizar as avaliações:

Considerando o aplicativo Go-VANT⁷: O App integrando Internet das Coisas com informações obtidas durante o voo de VANTs será capaz de armazenar e disponibilizar informações de voo para diversos usuários. A Plataforma permite mineração de dados para extrair informações relevantes a partir daquelas enviadas pelos VANTs e armazenadas na nuvem. A plataforma proverá um conjunto de serviços para usuários de

⁷ <https://marvelapp.com/51j2f0i> - (Re-design)

VANTs como, por exemplo, visualizar voos em tempo real usando a infra-estrutura na nuvem.

A descrição do usuário se dá pelo persona: Elver Silva, técnico em aeronaves - "para conquistar o céu, só basta querer". Elver Silva, de 47 anos, é proprietário de uma empresa que vende e dá manutenção em aeronaves. Elver faz consultoria e há mais de 15 anos possui experiência com VANTs. Procura sempre estar atualizado sobre novas tecnologias e leciona cursos de voos para iniciantes. Elver gosta de ter a tecnologia a seu favor, gosta de aplicações que possam ajudar seu trabalho e que sejam gratuitas.

Objetivos e tarefas: Auxiliar usuário de VANTs a executar missões.

Cenário de interação: Carregar o Log de voo do Campus 2 da USP São Carlos. Elver possui acesso a Internet 3G pelo seu *Smartphone* Android. Ele está no Campus 2 da USP em São Carlos e deseja recuperar o *log* de sua última missão no local. Elver sabe que sua última missão foi em setembro, então fará uma pesquisa pelo mês 09 e carregará o *log* de voo desejado. Ele precisa deste *log*, pois quer ver a rota que foi executada.

Para recuperar o *logs* Elver fará algumas ações:

1. Abrir o aplicativo GoVANT;
2. Fazer o *login*;
3. Abrir o Menu;
4. Abrir o Menu Missões;
5. Abrir o Sub-menu *log*;
6. Abrir o carregue *log*;
7. Carregar o *log* USP Campus 2.

Para avaliar o protótipo foram consideradas três avaliações:

Teste com usuários: Para os usuários não foi dada nenhuma instrução de como utilizar o aplicativo. Todos usaram o mesmo computador e vídeos foram gravados para atestar a interação do usuário com o protótipo. As características dos usuários são:

Usuário 1: 28 anos, aluno de doutorado na área de matemática computacional, ele tem acesso a VANT no seu laboratório e está acostumado a ter aplicativos em seu *Smartphone*.

Usuário 2: 31 anos, analista de sistemas, usa aplicativos diversos em seu *smartphone*.

Usuário 3: 22 anos, estudante, tem experiência com VANTs, trabalhou 1 ano e 9 meses em uma empresa que utilizava VANTs para a agricultura.

Usuário 4: 34 anos, aluna de doutorado na área de matemática computacional, é usuária de aplicativos infantis.

Usuário 5: 29 anos, aluna de doutorado na área de otimização computacional, é usuário de aplicativos que considera necessários, como por exemplo de agências bancárias.

Usuário 6: 31 anos, aluna de mestrado na área de inteligência artificial, é usuária assídua de aplicativos, testa muitos, mais só deixa instalado o que considera que usará.

Todos os usuários concluíram as tarefas com facilidade e intuitivamente, sem necessitar de explicações para concluir cada ação. Um usuário teve dificuldades em se logar no aplicativo, dois usuários acharam que o tamanho de fonte era pequeno e uma usuária acha que o termo "carregue *log*" seria melhor substituído por "buscar".

Teste utilizando Questionário: Foi enviado o link do protótipo para 6 usuários que participaram do teste para responderem um questionário online, o questionário SUS. Obtivemos seis respostas, o protótipo teve *Score* de 82.5, ou seja, ele teve um bom nível de usabilidade comparado com a média que é de *Score* 68. A análise do questionário SUS aplicado pode ser visualizado na Tabela 9.

Figura 58 – Algumas diferenças das interfaces *mobile*.

Tabela 9 – Questionário SUS

Perguntas		Usuários					
		1	2	3	4	5	6
1	Eu acho que gostaria de usar esse aplicativo com frequência?	4	3	5	4	4	3
2	Eu acho o GoVant desnecessariamente complexo?	1	2	2	1	1	2
3	Eu achei o GoVant fácil de usar?	5	4	5	5	5	5
4	Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o aplicativo?	1	5	1	1	1	1
5	Eu acho que as várias funções do GoVant estão muito bem integradas?	3	3	4	4	5	5
6	Eu acho que o GoVant apresenta muita inconsistência?	3	2	1	2	1	2
7	Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse aplicativo rapidamente?	4	4	5	5	4	4
8	Eu achei o aplicativo atrapalhado de usar?	2	2	1	2	1	1
9	Eu me senti confiante ao usar o aplicativo?	4	3	5	4	5	4
10	Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o aplicativo?	2	3	1	1	1	2
SUS Score		77.5	57.5	95	87.5	95	82.5
Média Score SUS		82.5					

Avaliação heurística: é um método mais popular de medição de usabilidade, baseado na verificação de uma pequena lista de regras (heurísticas) que podem ser visualizadas no anexo C (NIELSEN, 1994; NIELSEN, 1995). A avaliação foi realizada com dois estudantes de doutorado na área de usabilidade. As heurísticas violadas são apresentadas na Tabela 16. As observações desta avaliação coincidem com as observações feitas pelos usuários. Os graus de severidade das heurísticas são:

- 0 - Sem importância: Não afeta a operação da interface;
- 1 - Cosmético: Não há necessidade imediata de solução;
- 2 - Simples: Problema de baixa prioridade;
- 3 - Grave: Problema de alta prioridade;
- 4 - Catastrófico: Muito grave, deve ser reparado de qualquer forma.

Nem todos os requisitos de usabilidade foram satisfatórios para o protótipo. Os usuários acharam o aplicativo intuitivo, mas fizeram várias considerações para uma nova versão. Os resultados obtidos pela avaliação heurística coincidiram com o teste que os 6 usuários realizaram.

Tabela 10 – Avaliação heurística da primeira interface *mobile*

ID	Heurística	Descrição do Problema	Tarefa	Grau de severidade
1	1	Não há indicação adequada do estado do sistema após clicar em menu <i>log</i>	5	4
2	1	Não há indicação adequada de novo estado do sistema	7	2
3	1	Fonte muito pequenas na caixa de texto	7	4
4	2	"Carregue o <i>log</i> " não é linguagem comum ao usuário no mundo real. Buscar seria mais adequado	6	1
5	2	Legenda em Inglês	7	4
6	4	Tamanho das fontes muito pequenas	geral	3
7	4	Cor do contraste do título dificulta a leitura	geral	3
8	4	Cor do contraste da lista de <i>log</i> dificulta a leitura	7	3
9	4	Tamanho das fontes do registro de <i>logging</i> é impossível de ler	7	4
10	5	Pouco espaçamento na área de toque	5	4
11	6	Uso de termos muito específicos para identificar um <i>log</i>	6	3
12	7	Usuário não consegue voltar utilizando a opção padrão do dispositivo	geral	4
13	8	Existem ícones e linhas não identificadas na legenda	7	2
14	9	Não há como recuperar senha	2	3
15	9	Não há como recuperar do erro de abrir o menu desnecessariamente	7	4
16	10	Não há ajuda para indicar como completar a tarefa requisitada	5	3

3.5 Considerações finais do capítulo

Definir uma arquitetura é trabalhoso, onde se torna importante levar em consideração vários detalhes. Por isso, deve-se utilizar padrões que levem a uma maior representatividade do problema estudado. Além disso, deve-se avaliar cuidadosamente a arquitetura proposta visando verificar sua real usabilidade e utilidade. O modelo BPMN é a versão final da evolução do processo, ele ilustra um alto grau de precisão e detalhamento do processo. A arquitetura base que foi evidenciada visa cumprir com os objetivos de negócio para otimizar o processo de recuperação de dados de voos. Por outro lado,

a arquitetura não assegura que todos os atributos de qualidade seja atingidos. Ela visa permitir a qualidade em conjunto com a implementação e implantação do sistema.

ESTUDO DE CASO

“ Sua tarefa é descobrir o seu trabalho e, então, com todo o coração, dedicar-se a ele. ”

Buda

O estudo de caso conduzido foi realizado na fazenda da Universidad Nacional de Colombia, localizada no município de Santa Fé de Antioquia. O projeto foi desenvolvido no Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión, Sede Medellín, em parceria com o Departamento de Sistemas de Computação do ICMC/USP. O estudo de caso foi viabilizado pelo programa Red de Macrouniversidades Públicas de América Latina y el Caribe.

A Colômbia é um país de cultura agrícola com grande potencial para se tornar um importante exportador em cultivos como o cacau, abacate e frutas exóticas (PERFETTI, 2011). O país possui extensas plantações de café e cacau que são motores da agricultura nacional. Ramírez (2003) afirma que, devido à abundância de recursos naturais, os produtores não prestam atenção ao uso indevido de água. Atualmente, as mudanças climáticas demandam um uso mais racional desse recurso e, por essa razão, há um foco na agricultura técnico-científica (GONZÁLEZ *et al.*, 2011).

O uso de VANTs na Colômbia tem ocorrido em diversas atividades como mineração, cartografia, fotogrametria, agricultura, entre outras atividades (BATET, 2015). No caso da agricultura, a aplicação de VANTS tem sido voltada à agricultura de precisão que inclui uma série de atividades como: variação nutricional de plantas, estresse

hídrico, controle de pragas, controle de plantas daninhas, dentre outros. O objetivo deste estudo de caso é avaliar o desempenho de uma implementação da arquitetura base proposta, utilizando um VANT para coletar imagens e detectar as linhas de cultivo em uma plantação.

4.1 O Cenário

A identificação das linhas de cultivo nas lavouras é importante porque permite verificar a uniformidade da germinação, fazer previsão de safra, calcular as perdas ou até mesmo verificar necessidade de replantio. Nesse contexto, foi realizado o estudo de caso para identificar as linhas de cultivo de uma plantação de manga e fazer a previsão de colheita.

Todavia, aspectos legais também precisavam ser considerados. A Carta Constitucional colombiana define o caráter social do Estado e, neste contexto, reconhece a proteção ao meio ambiente como princípio fundamental e direito coletivo. Na Colômbia, os elementos-chave que dirigem a gestão ambiental do país são estabelecidos e sintetizados (PUEBLO, 1991): proteção do meio ambiente, compromisso com a sustentabilidade e eficiência econômica, controle fiscal, participação cidadã e respeito à cultura.

A Circular Regulamentadora nº 002 de 2015 emitida pelo Aero Civil que fornece as diretrizes para o processo de regulamentação final de Aeronave Piloto Remota (RPA), para fins que não sejam recreativos e esportivos na Colômbia (COLOMBIA, 2015), estabelece uma série de disposições e exigências que os operadores deste tipo de equipamento devem atender.

Entre os pontos destacados estão que o peso máximo permitido de cada RPA é de 25 quilos (de maior peso sua operação civil seria proibida), que deve estar equipado com piloto automático e ter GPS, seu motor não deve gerar excesso de ruído ou contaminação, suas hélices não podem ser metálicas e devem ter uma placa de identificação com o nome do operador para que, em caso de incidente ou violação da norma, possa ser reconhecida.

Igualmente, a circular afirma que o RPA não pode sobrevoar áreas congestionadas, prédios ou multidões de pessoas, durante condições meteorológicas de ventos fortes ou sem vôo visual, à noite ou operar em um raio de 1,8 km de instituições governamentais,

locais políticos, instalações militares, policiais e centros penitenciários. Da mesma forma, não devem voar a uma altura superior a 152 metros ou a mais de 750 metros do operador ou transportar animais ou itens como armas, materiais perigosos, riscos biológicos, substâncias psicoativas, entre outros. A norma protege, de maneira estrita, os corredores (espaço aéreo) de aeronave tripulada onde a RPA não pode operar. (LIZARAZO, 2016).

Assim, o estudo de caso foi definido para o uso de um VANT Phantom 3 e um Phantom Mavic em uma plantação de manga localizada no município de Santa Fé de Antioquia, especificamente no Centro Agroindustrial Cotove, pertencente à Universidade Nacional da Colômbia. Para a realização do voo, foi necessário ter condições climáticas favoráveis e recursos de dispositivos com a aplicação da DJI, diante disso, um tablet com iOS 7.0 e um celular android 8.0 foram utilizados. O VANT Phantom 3 pertencia a Universidad Nacional de Colombia e o Phantom Mavic pertencia ao piloto credenciado para a realização dos voos. Os voos foram realizados em uma altura de 50m em regiões não povoadas. A fazenda de Cotové em Sta Fé de Antioquia conta com uma área de 121,16ha com plantios de limão, cacau, manga, entre outros. No anexo B, pode-se visualizar um mapa da estação agrária de Cotové.

4.2 Adaptação da Arquitetura Base

A arquitetura, como comentado no capítulo ??, prevê a adição de novos módulos onde apenas as funcionalidades dos módulos nativos permanecem iguais ao que foi descrito. Para este estudo de caso, foram adicionados dois módulos à arquitetura base: um módulo que gera mosaicos (Figura 53) e outro que identifica linhas de cultivos na plantação (Figura 54).

A Figura 59 apresenta a arquitetura base para este estudo de caso, ou seja, ilustra a conexão desses novos módulos com a plataforma proposta e as interações que foram estabelecidas no estudo de caso. O usuário realiza o voo, depois faz o carregamento (*upload*) das imagens tiradas pelo VANT para a plataforma, com a intenção de realizar a escolha do módulo mosaico ou linhas de cultivos. Esses módulos processam as informações que serão acessadas pelo usuário. A Figura 60 apresenta o diagrama de classe para o estudo de caso, enquanto as Figuras 61 e 62 ilustram o diagrama conceitual e de caso de uso, respectivamente, definidos para o estudo de caso. O diagrama de classe apresentado

leva em consideração os módulos desenvolvidos pelo grupo de Visão Artificial da Unal na linguagem python como se segue:

- Mosaico: utilizou a localização gps para centralizar as imagens e assim poder uni-las, fazendo um dimensionamento da imagem, sobrepondo pixels e calculado um novo centro para as imagens, unindo-as e formando assim uma única imagem.
- Previsão de colheita: utilizou um método para identificação automática de linhas de cultivo em imagens de VANTs de uma plantação, usando segmentação e transformação de Hough.

Figura 59 – Arquitetura adaptada para o estudo de caso.

Como mencionado na seção 3.3 existe dois módulos nativos que estão integrados na plataforma OracleDrone, os módulos de cadastro de rota e recuperar rota representados no diagrama de classe por Rota que está conectada diretamente com os usuários, cada usuário é autenticado. Os módulos agregados no estudo de caso foram os de mosaico e linhas de cultivo, esses módulos também estão ligados a classe Usuário, ou seja todos os módulos são autenticados por usuários e assim integrados. Um usuário pode fazer o cadastro de muitas rotas e visualiza-las, também pode realizar o upload de imagens para gerar mosaicos ou para identificação de linhas de cultivo.

Figura 60 – Diagrama de classe do estudo de caso.

4.3 Realização do Voo e Processamento dos Dados

Na fazenda havia o plantio de mangas em 2 áreas distintas e, como a Colômbia é um país onde existe muitas montanhas, o relevo das áreas variava muito. Assim, o voo

Figura 61 – Diagrama conceitual para o estudo de caso.

Figura 62 – Diagrama de caso de uso para o estudo de caso.

foi executado por um piloto certificado que sobrevoou duas áreas referente ao plantio, duas vezes cada, uma com o DJI Phantom 3, utilizando o dispositivo da Samsung, e outra com o DJI Mavic com o dispositivo da Apple. A Tabela 11 ilustra as especificações técnicas das aeronaves utilizadas, a Tabela 12 ilustra as especificações do computador utilizado para a realização do estudo de caso e a Tabela 13 os dispositivos móveis.

A conexão com o VANT foi realizada através do controlador, utilizando os respectivos aplicativos da DJI junto aos dispositivos. Durante o voo, foram tiradas fotos e

Tabela 11 – Comparação de VANTs

Características	DJI Phantom 3 Std	DJI Mavic Pro
Vídeo	2.7K - 6fps	4k - 30fps
Foto	12 MP	12 MP
Peso	1216g	743g
Alcance	500m	7Km
Vel. máx.	50Km/h	64Km/h
Desvio de obstáculo	Não	Sim
Tempo de voo	25min	28min

Fonte: Extraído de [DJI](#)

Tabela 12 – Servidor utilizado na fazenda - Acesso offline

Especificação		Especificação	
Marca	Dell	Velocidade do Processador	2.0 GHz
Linha	Inspiron	Memória Cache	4 MB
Modelo	14Z	Memória RAM	8192 MB
Tipo	Ultrabook	Tecnologia da Memória	DDR3
Resolução	1366 x 768 Pixels	Capacidade do HD	500 GB
Placa de vídeo	AMD Radeon	Velocidade do HD	5400 RPM
Modelo da Placa de Vídeo	HD 7570M	Tecnologia de Armazenamento	SSD
Tipo de Placa de Vídeo	Dedicada	Sistema Operacional	Windows 8
Memória de Vídeo	1 GB	Conectividade	Wi-Fi/bluetooth
Processador	Intel Core i7-3537U		

Fonte: Extraído de [DELL](#)

realizadas filmagens, onde se procurou realizar o voo numa mesma altura. A Tabela 14 especifica os dados coletados para cada área sobrevoada.

Após o voo, os dados coletados foram repassados através do cartão SD da aeronave para o servidor. Por último, foi executado o *upload* na plataforma. Uma amostra das imagens pode ser visualizada na Figura 63.

Como as imagens tem uma alta resolução, o processamento para gerar o mosaico e a previsão de safra exige alto custo computacional demandando tempo. Por isso, foi selecionada uma pequena amostra de imagens para fazer a identificação das linhas de cultivo e gerar a previsão de colheita.

Após o *upload* da imagem no módulo de previsão de safra, a identificação das linhas de cultivo foi solicitada pelo usuário para verificar quantas árvores de manga existem na área da imagem. Assim, torna-se possível realizar uma previsão de quantos

Tabela 13 – Dispositivo utilizados

Características	Apple	Samsung
Modelo	iPad mini 2	Galaxy A6 SM-A600G
Lançamento	2013	2018
Dimensões (largura x altura)	134,7 x 200 milímetros	70,8 x 149,9 milímetros
Peso	331 gramas	162 gramas
Sistema operacional	iOS 7.0	Android 8.0 Oreo
Arquitetura - Chipset	64bits - Apple A7 APL0698	64bits - Samsung Exynos 7 Octa 7870 (14nm)
CPU	1.3Ghz Dual-Core Cyclone	1.6Ghz Octa-Core ARM
Processador / Núcleos	ARM v8	Cortex-A53
GPU Placa Gráfica	PowerVR G6430 MP4	ARM Mali-T830 MP1 700Mhz
Memória RAM	1GB LPDDR3	4GB LPDDR3
Memória Interna	64GB	32GB (22GB acessível pelo usuário)
Rede de dados	Não suporta	GPRS, EDGE, UMTS, HSDPA, HSUPA, HSPA+, TD-LTE, LTE, LTE-A
Câmera principal	5 megapixels	16 megapixels
Gravação de vídeo câmera principal	Full HD (1920x1080 pixels) 30 fps	Full HD (1920x1080 pixels) 30 fps
Câmera frontal	1.2 megapixels	16 megapixels
Gravação de vídeo câmera frontal	HD (1280x720 pixels)	Full HD (1920x1080 pixels)
Saída para TV	Saída de TV proprietária	Não suporta
Bluetooth	Versão 4.0 com A2DP	Versão 4.2 com A2DP
WiFi	802.11 a/b/g/n (2.4Ghz)	802.11 a/b/g/n + MIMO (2.4Ghz)
GPS	Não suporta	A-GPS, GeoTagging, GLONASS, BeiDou
Tipo da bateria	LiPo - polímeros de lítio (Fixa)	Li-Ion (Fixa)
Ampére da bateria	6400 mAh	3000 mAh
Autonomia conversação	600 min	1200 min

Fonte: Extraído de [APPLE](#) e [SAMSUNG](#)

frutos poderão ser obtidos. A Figura 64 permite visualizar a imagem original e a imagem resultante já com a identificação das linhas de cultivo da plantação de manga. Neste caso, há um total de 95 árvores de mangas que levam a uma previsão 91.675 frutos a serem colhidos.

Tabela 14 – Dados coletados

		Mavic	Phantom
Área 1	Fotos	29	15
	Resolução	17M	4M
	Extensão	DNG	JPG
	Videos	2	-
Área 2	Fotos	15	41
	Resolução	17M	4M
	Extensão	DNG	JPG
	Videos	2	-

Figura 63 – Imagens áreas dos VANTs.

4.4 Validação

A plataforma OracleDrone¹ foi validada a partir da descrição a seguir, onde um total de 31 respondentes interpretaram o papel de usuário e preencheram o questionário SUS com suas avaliações.

A descrição do usuário se dá pelo persona: Elver Silva, piloto de aeronaves certificado - "para conquistar o céu, só basta querer". Elver Silva, de 47 anos, freelancer, que faz voos utilizando VANT e tem mais de 15 anos de experiência nesta área. Procura sempre estar atualizado sobre novas tecnologias e leciona cursos de voos para iniciantes.

¹ <http://oracledrone.lasdpicmc.usp.br/>

Figura 64 – Identificação das linhas de cultivo de manga e previsão de colheita.

Elver gosta de ter a tecnologia a seu favor, gosta de aplicações que possam ajudar seu trabalho e que sejam gratuitas.

Objetivos e tarefas: Cadastrar-se na plataforma OracleDrone, visualizar a rota que foi realizada e identificar as linhas de cultivo.

Cenário de interação: Elver possui acesso a Internet pelo seu computador e celular. Ele sempre foi muito curioso e em um de seus muitos cursos, conheceu a plataforma OracleDrone e desde então quer testá-la com seus clientes. Elver ficou muito feliz quando soube que a plataforma é gratuita e disponibiliza serviços que ele como piloto usa muito. Foi assim que Elver decidiu-se cadastrar na plataforma web OracleDrone e visualizar uma rota de voo que fez na fazenda de Cotové e visualizar as linhas de cultivo de uma área de plantação de manga.

Para auxiliar a universidade Elver executará algumas ações:

1. Abrir o site da plataforma <http://oracledrone.lasdpc.icmc.usp.br/> no Google Chrome ou Internet Explorer;
2. Abrir o menu login;

3. Cadastrar-se na plataforma;
4. Fazer o *login*;
5. Abrir o menu Cadastrar Rotas;
6. Inserir o nome: "Cotove" em nome da rota;
7. Fazer upload da rota "cotove.csv";
8. Enviar a rota;
9. Abrir o menu Plotar rota;
10. Selecionar a rota Cotove;
11. Plotar a rota;
12. Abrir o menu Linhas de cultivo;
13. Escolher a opção upload de mosaico;
14. Selecionar a imagem "manga.jpg";
15. Ver as linhas de cultivo e previsão de colheita;
16. Fazer logout.

Para avaliar o protótipo foram consideradas duas avaliações:

Teste utilizando Questionário: Foi enviado o link do protótipo para um grupo de estudantes de pós-graduação, para depois eles responderem o questionário SUS, considerando que a pontuação das questões vão de 1 a 5, em que 1 significa discordo totalmente e 5 concordo totalmente.

As 10 perguntas são:

1. Eu acho que gostaria de usar essa plataforma com frequência?
2. Eu acho o OracleDrone desnecessariamente complexo?
3. Eu achei o OracleDrone fácil de usar?

4. Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar a plataforma?
5. Eu acho que as várias funções do OracleDrone estão muito bem integradas?
6. Eu acho que o OracleDrone apresenta muita inconsistência?
7. Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar essa plataforma rapidamente?
8. Eu achei o OracleDrone atrapalhado de usar?
9. Eu me senti confiante ao usar a plataforma?
10. Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar a plataforma?

A análise do questionário SUS aplicado pode ser visualizado na Tabela 15. O *Score* de 75 foi obtido, ou seja, a plataforma teve um bom nível de usabilidade comparado com a média de 68 pontos.

Avaliação heurística: Realizada com uma estudante de doutorado na área de usabilidade. As heurísticas violadas são apresentadas na Tabela 16. Como discutido na seção 3.4, para cada heurística violada, existe um grau de severidade, as heurísticas que tiveram o grau 3, foram corrigidas. Na versão atual o usuário que não está cadastrado, se tenta fazer login, é informado que o usuário não foi encontrado e também mostra uma barra de carregamento quando está fazendo o upload da rota, do mosaico e linhas de cultivo.

4.5 Considerações finais do capítulo

As condições climáticas para os voos foram favoráveis, as imagens ficaram nítidas, porém ocorreu um problema de compatibilidade do controlador com o dispositivo que tem o SO Android. Essa incompatibilidade não permitiu visualizar o voo e as fotos pelo próprio dispositivo. Todavia, as imagens obtidas foram adequadamente armazenadas no cartão de memória. Também foi possível extrair o log de voo do Phantom e plotar a rota executada. A avaliação do SUS teve score acima da média que é de 68 e a avaliação heurística demonstrou que algumas questões podem ser resolvidas para melhorar a usabilidade.

Tabela 15 – Questionário SUS aplicado a plataforma

Participantes	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6	Questão 7	Questão 8	Questão 9	Questão 10	Score
1	1	5	5	1	1	3	5	3	5	1	60
2	3	2	5	4	4	1	4	2	2	1	70
3	4	3	4	2	4	3	4	3	4	3	65
4	5	1	5	1	4	2	5	1	5	4	87,5
5	4	1	5	2	3	3	3	2	4	1	75
6	2	3	4	3	2	4	4	2	4	2	55
7	3	2	3	5	3	2	4	3	3	5	47,5
8	4	1	5	2	3	2	5	1	4	2	82,5
9	4	1	4	3	5	2	4	1	5	1	85
10	4	2	5	3	4	2	5	1	3	4	72,5
11	5	1	5	5	5	1	5	1	1	5	70
12	4	2	4	2	3	2	4	2	4	1	75
13	3	1	5	2	3	3	5	1	4	1	80
14	3	2	4	2	3	2	3	3	4	2	65
15	4	2	4	1	4	4	4	4	3	5	57,5
16	5	2	4	1	4	2	4	2	4	2	80
17	3	1	5	3	5	2	4	1	5	3	80
18	3	2	4	1	3	4	4	2	4	1	70
19	4	1	4	5	4	2	4	2	4	4	65
20	3	1	4	1	3	2	4	2	4	1	77,5
21	3	2	4	4	5	3	5	3	3	3	62,5
22	3	3	5	2	3	3	4	2	3	1	67,5
23	1	3	3	1	3	3	3	2	4	5	50
24	3	1	5	1	4	2	5	3	3	2	77,5
25	3	1	5	1	3	5	5	1	4	1	77,5
26	4	1	5	1	3	2	5	1	5	1	90
27	3	2	4	2	4	1	5	2	3	1	77,5
28	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
29	5	1	5	2	4	1	4	1	5	1	92,5
30	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
31	4	2	5	1	3	1	5	1	5	1	90
Score Total											75

Tabela 16 – Avaliação heurística da plataforma OracleDrone

ID	Heurística	Descrição Problema	Tarefa	Grau de severidade
1	h2	Os cards informativos parecem botões, sendo possível que os usuários se frustem ao tentar clicar	1	1
2	h4	As imagens da galeria de fotos e das cidades em foco estão em tamanhos diferentes umas das outras, o que mostra a falta de padronização	1	1
3	h1	Quando o usuário tenta fazer login sem estar cadastrado não recebe feedback do problema e é jogado de volta para a página inicial	1	3
4	h6	O texto informativo contém a palavra 'log' que pode não ser familiar	5	2
5	h1	Mostrar que a rota esta sendo carregada, uma dica ser desabilitar o botão enviar e mostrar um ícone de carregamento	8	3

CONCLUSÃO

“ O sonho é a satisfação de que o desejo se realize. ”

Sigmund Freud

Neste capítulo, é apresentada uma visão geral da pesquisa, abordando suas principais contribuições, dificuldades e limitações. Também são listadas algumas perspectivas para trabalhos futuros.

5.1 Visão geral da pesquisa

O avanço da tecnologia proporciona novas abordagens para problemas relacionados a obtenção de dados, através do uso de VANTS, seu armazenamento, processamento e acesso pelos usuários. Considerando o estudo de caso realizado, a hipótese 2 (A recuperação das informações de voos apoiado por uma arquitetura de software base contribui para auxiliar usuários de VANTS.) se mostrou verdadeira, pois a plataforma auxiliou os usuários de VANT a recuperar informações de voos de forma rápida e eficiente. Para comprovar a hipótese 1 (A arquitetura de software base contribui para o auxílio de pesquisas relacionadas ao uso de VANTS.) mais experimentos precisam ser realizados, onde a arquitetura base seja utilizada em outros problemas de pesquisa.

Uma arquitetura de software deve se preocupar em realizar um bom levantamento e análise de requisitos, para assim ter objetivos de negócio claros que levem a uma boa descrição da arquitetura proposta. A arquitetura de software base, visando recuperar

informações de voos de VANT, tem potencial para auxiliar os usuários de VANT a incluir funcionalidades a partir dos módulos nativos aqui apresentados.

5.2 Desenvolvimento e contribuições da pesquisa

Parte desta pesquisa enfatizou o problema de recuperar e processar dados, fazendo parte de um projeto maior com o grupo de pesquisa em Sistemas Embarcados e Evolutivos (SEE) do ICMC/USP. A outra parte desta investigação foi focada no estudo de caso realizado na UNAL/Colômbia com a colaboração do grupo de Visão Artificial. Na execução do estudo de caso, um novo conceito de arquitetura, a chamada Arquitetura Base, se concretizou como uma opção para projetos de VANTs que necessitam trabalhar com recuperação de informação de voos. Trata-se de uma arquitetura capaz de ser adaptada para diversos problemas na área de VANT, ao oferecer uma solução modular focada na aquisição, processamento, análise e disponibilidade dos dados.

5.3 Dificuldades e Limitações

Uma das principais dificuldades enfrentadas durante a condução deste trabalho foi a necessidade de investigar diversas linhas de pesquisa. O projeto demandou uma investigação multidisciplinar nas áreas de Processo de Negócios, Banco de Dados, Engenharia de Software e Sistemas de Informação, Sistema Web e Multimídia e Sistemas Embarcados.

A investigação teve uma limitação de recursos. O primeiro VANT utilizado foi de baixo custo e realizamos voos de 3min e sem câmera. Assim, a limitação de equipamentos e a ausência de um estudo de caso viável nesta etapa tornaram complicado avançar no estudo de voos reais. Essa situação foi contornada quando o estudo de caso na Colômbia se tornou uma realidade já que a universidade tem fazendas com cultivos diversos. Na Colômbia, tínhamos um VANT com o qual podíamos realizar voos de 30min e capturar imagens e vídeos.

5.4 Produção Científica

Durante a elaboração desta dissertação o seguinte artigo foi publicado:

A method for automatic identification of crop lines in drone images from a mango tree plantation using segmentation over YCrCb color space and Hough transform: Aceito em STSIVA¹.

5.5 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, uma sugestão é avançar em experimentos usando a plataforma com outros módulos e realizar outros estudos de caso a fim de validar melhor a arquitetura proposta. Outro trabalho a ser realizado é o desenvolvimento de novos módulos que permitam trabalhar com VANTs durante o voo.

¹ <https://doi.org/10.1109/STSIVA.2019.8730214>

REFERÊNCIAS

ALEBRAHIM, A.; HEISEL, M. **Bridging the Gap Between Requirements Engineering and Software Architecture**. [S.l.]: Springer, 2017. Citado nas páginas 41 e 42.

ANAC. 2018. <<http://www.anac.gov.br/>>. Acessado em 01/05/2018. Citado na página 36.

ARANTES, J. S.; ARANTES, M. S.; TOLEDO, C. F. M.; WILLIAMS, B. C. A multi-population genetic algorithm for uav path re-planning under critical situation. In: **Tools with Artificial Intelligence, IEEE 27th**. [S.l.: s.n.], 2015. p. 486–493. ISSN 1082-3409. Citado na página 28.

ARANTES, M. S.; ARANTES, J. S.; TOLEDO, C. F. M.; WILLIAMS, B. C. A hybrid multi-population genetic algorithm for uav path planning. In: **Genetic and Evolutionary Computation Conference**. [S.l.: s.n.], 2016. Citado nas páginas 28 e 37.

ASHTON, K. A model for assessing uav system architectures. **CRFID Journal**, 2009. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>>. Citado na página 44.

BACHMANN, F.; BASS, L.; KLEIN, M.; SHELTON, C. Designing software architectures to achieve quality attribute requirements. **IEE Proceedings-Software, IET**, v. 152, n. 4, p. 153–165, 2005. Citado na página 41.

BASS, L.; CLEMENTS, P.; KAZMAN, R. **Software architecture in practice**. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2003. Citado nas páginas 40, 41 e 42.

BATET, J. P. N. Usos y aplicaciones de los drones. **Mapping**, eGeoMapping, n. 171, p. 34–38, 2015. Citado na página 95.

BHANSALI, S.; NII, H. P. Software design by reusing architectures. In: **Proceedings of the Seventh Knowledge-Based Software Engineering Conference**. [S.l.: s.n.], 1992. p. 100–109. ISSN 1068-3062. Citado nas páginas 43 e 58.

BOSCH, J. **Design and use of software architectures: adopting and evolving a product-line approach**. [S.l.]: Pearson Education, 2000. Citado na página 41.

BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA. **Portaria Normativa n. 606/MD**. 112 - seção 1. ed. Brasília, 2004. Diário Oficial da União, 11 de jun de 2004. Citado na página 35.

- BROOKE, J. *et al.* Sus-a quick and dirty usability scale. **Usability evaluation in industry**, London–, v. 189, n. 194, p. 4–7, 1996. Citado na página 30.
- BUYYA, R.; BROBERG, J.; GOSCINSKI, A. M. **Cloud computing: Principles and paradigms**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2010. v. 87. Citado nas páginas 27 e 43.
- CARRIO, A.; SAMPEDRO, C.; RODRIGUEZ-RAMOS, A.; CAMPOY, P. A review of deep learning methods and applications for unmanned aerial vehicles. **Journal of Sensors**, v. 2017, 2017. Cited By :14. Disponível em: <www.scopus.com>. Citado nas páginas 27 e 28.
- CLEMENTS, P.; GARLAN, D.; BASS, L.; STAFFORD, J.; NORD, R.; IVERS, J.; LITTLE, R. **Documenting Software Architectures: Views and Beyond**. [S.l.]: Pearson Education, 2002. ISBN 0201703726. Citado na página 41.
- COLOMBIA, A. C. de. Circular reglamentaria n° 002 requisitos generales de aeronavegabilidad y operaciones para rpas (numeral 4.25. 8.2). **Bogotá DC: Aerocivil. Unidad Administrativa Especial. Principio de Procedencia**, p. 5100–082, 2015. Citado na página 96.
- EKLUND, U.; ASKERDAL, O.; GRANHOLM, J.; ALMINGER, A.; AXELSSON, J. Experience of introducing reference architectures in the development of automotive electronic systems. **SIGSOFT Softw. Eng. Notes**, ACM, New York, NY, USA, v. 30, n. 4, p. 1–6, maio 2005. ISSN 0163-5948. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1082983.1083195>>. Citado nas páginas 15, 46, 47 e 56.
- ERMACORA, G. Advances in human robot interaction for cloud robotics applications. **Polytech. Univ. Turin, Turin, Italy, Tech. Rep**, 2016. Citado na página 28.
- FREIMUTH, H.; KÖNIG, M. Planning and executing construction inspections with unmanned aerial vehicles. **Automation in Construction**, v. 96, p. 540 – 553, 2018. ISSN 0926-5805. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658051730290X>>. Citado na página 28.
- GARLAN, D.; BACHMANN, F.; IVERS, J.; STAFFORD, J.; BASS, L.; CLEMENTS, P.; MERSON, P. **Documenting Software Architectures: Views and Beyond**. 2nd. ed. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2010. ISBN 0321552687, 9780321552686. Citado nas páginas 39 e 82.
- Gharibi, M.; Boutaba, R.; Waslander, S. L. Internet of drones. **IEEE Access**, v. 4, p. 1148–1162, 2016. ISSN 2169-3536. Citado na página 28.
- GHARIBI, M.; BOUTABA, R.; WASLANDER, S. L. Internet of drones. **IEEE Access**, IEEE, v. 4, p. 1148–1162, 2016. Citado na página 45.

GIYENKO, A.; CHO, Y. I. Intelligent uav in smart cities using iot. In: IEEE. **Control, Automation and Systems (ICCAS), 2016 16th International Conference on**. [S.l.], 2016. p. 207–210. Citado nas páginas 16, 26, 27, 35, 46, 50, 51 e 56.

GODFREY, A. J. R.; LOOTS, M. T. Statistical software (r, sas, spss, and minitab) for blind students and practitioners. **Journal of Statistical Software**, v. 58, n. 1, p. 1–25, 2014. Citado nas páginas 16, 70 e 71.

GONZÁLEZ, M. L. G.; ESCOBAR, Y. C.; JIMÉNEZ, H. *et al.* La gestión integrada de los recursos hídricos como estrategia de adaptación al cambio climático. **Ingeniería y competitividad**, v. 9, n. 1, p. 19–29, 2011. Citado na página 95.

GORTON, I. **Essential software architecture**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2006. Citado nas páginas 15, 41, 42 e 70.

GUBBI, J.; BUYYA, R.; MARUSIC, S.; PALANISWAMI, M. Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions. **Future generation computer systems**, Elsevier, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, 2013. Citado nas páginas 15, 44 e 45.

GUIDE, A. Project management body of knowledge (pmbok® guide). In: **Project Management Institute**. [S.l.: s.n.], 2001. Citado na página 62.

GUIMARÃES, G. H. S. **Regularização de uma aeronave remotamente pilotada de pequeno de pequeno porte para fins de pesquisa científica: custos, facilidades e entraves**. 157 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Araraquara, Araraquara, 2017. Citado na página 36.

HARRISON, N. B.; AVGERIOU, P. How do architecture patterns and tactics interact? a model and annotation. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 83, n. 10, p. 1735–1758, 2010. Citado na página 42.

HOFMEISTER, C.; NORD, R.; SONI, D. **Applied software architecture**. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2000. Citado na página 41.

_____. **Applied Software Architecture**. 1st. ed. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2009. ISBN 9780321643346. Citado na página 26.

HOTELLING, H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. **Journal of educational psychology**, Warwick & York, v. 24, n. 6, p. 417, 1933. Citado na página 79.

_____. Simplified calculation of principal components. **Psychometrika**, Springer, v. 1, n. 1, p. 27–35, 1936. Citado na página 79.

ISO/IEC/IEEE. Systems and software engineering–architecture description. **ISO/IEC/IEEE 42010: 2011 (E)(Revision of ISO/IEC 42010: 2007 and IEEE Std 1471-2000)**, IEEE New York, NY, 2011. Citado nas páginas 15, 39, 40, 41, 57, 58 e 71.

_____. Iso/iec/ieee international standard - systems and software engineering – system life cycle processes. **ISO/IEC/IEEE 15288 First edition 2015-05-15 - Revision of IEEE STD 15288-2008**, p. 1–118, May 2015. Citado nas páginas 57, 61 e 83.

_____. Iso/iec/ieee international standard - systems and software engineering – software life cycle processes. **ISO/IEC/IEEE 12207:2017(E) First edition 2017-11 - Revision of IEEE STD 12207-2008**, p. 1–157, Nov 2017. Citado nas páginas 16, 26, 57, 59, 60 e 61.

_____. Iso/iec/ieee international standard - systems and software engineering – life cycle processes – requirements engineering. **ISO/IEC/IEEE 29148:2018(E)**, p. 1–104, Nov 2018. Citado nas páginas 57, 61, 69 e 83.

ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software engineering–Vocabulary. **ISO/IEC/IEEE 24765:2017(E)**, p. 1–541, Aug 2017. Citado na página 28.

JENNINGS, B.; STADLER, R. Resource management in clouds: Survey and research challenges. **Journal of Network and Systems Management**, Springer, v. 23, n. 3, p. 567–619, 2015. Citado na página 44.

JUN, L.; ZHIQIANG, Y.; JIANZHONG, Q.; SHUKUAN, L. A role-based reference model for the service properties of service oriented architecture. In: IEEE. **Information Technology and Applications, 2009. IFITA'09. International Forum on**. [S.l.], 2009. v. 3, p. 341–344. Citado na página 26.

KOGUT, P.; CLEMENTS, P. The software architecture renaissance. **Crosstalk-The Journal of Defense Software Engineering**, Citeseer, v. 7, n. 11, p. 1–5, 1994. Citado nas páginas 43 e 58.

KOUBAA, A.; QUERSHI, B. Dronetrack: Cloud-based real-time object tracking using unmanned aerial vehicles. **IEEE Access**, 2018. Citado nas páginas 16, 28, 46, 52, 53 e 56.

LAROSE, D. T.; LAROSE, C. D. **Discovering knowledge in data: an introduction to data mining**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2014. Citado na página 26.

LIN, C.; HE, D.; KUMAR, N.; CHOO, K.-K. R.; VINEL, A.; HUANG, X. Security and privacy for the internet of drones: Challenges and solutions. **IEEE Communications Magazine**, IEEE, v. 56, n. 1, p. 64–69, 2018. Citado na página 45.

LIZARAZO, M. E. A. Drones, nuevos panoramas para la aviación: análisis comparativo de la normatividad internacional frente a la normatividad colombiana. **Ciencia y Poder Aéreo**, v. 11, n. 1, 2016. Citado na página 97.

LOKE, S. W. The internet of flying-things: Opportunities and challenges with airborne fog computing and mobile cloud in the clouds. **arXiv preprint arXiv:1507.04492**, 2015. Citado nas páginas 28, 46, 49 e 56.

LUO, C.; NIGHTINGALE, J.; ASEMOTA, E.; GRECOS, C. A uav-cloud system for disaster sensing applications. In: IEEE. **Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2015 IEEE 81st**. [S.l.], 2015. p. 1–5. Citado na página 27.

MACKENZIE, C. M.; LASKEY, K.; MCCABE, F.; BROWN, P. F.; METZ, R.; HAMILTON, B. A. Reference model for service oriented architecture 1.0. **OASIS standard**, v. 12, p. 18, 2006. Citado nas páginas 43 e 58.

Mahmoud, S.; Mohamed, N. Collaborative uavs cloud. In: **2014 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)**. [S.l.: s.n.], 2014. p. 365–373. Citado na página 28.

MAHMOUD, S. Y. M.; MOHAMED, N. Toward a cloud platform for uav resources and services. In: **2015 IEEE Fourth Symposium on Network Cloud Computing and Applications (NCCA)**. [S.l.: s.n.], 2015. p. 23–30. Citado nas páginas 16, 28, 46, 48, 49 e 56.

MarketsandMarkets Analysis. **Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Market**. 2018. [acessado em 06/11/2018]. Disponível em: <<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/unmanned-aerial-vehicles-uav-market-662.html>>. Citado nas páginas 15, 37 e 38.

MEHTA, N. R.; MEDVIDOVIC, N. Composing architectural styles from architectural primitives. In: ACM. **ACM SIGSOFT Software Engineering Notes**. [S.l.], 2003. v. 28, n. 5, p. 347–350. Citado na página 41.

MELL, P.; GRANCE, T. *et al.* The nist definition of cloud computing. Computer Security Division, Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, 2011. Citado nas páginas 27 e 43.

MOHAMMED, F.; IDRIES, A.; MOHAMED, N.; AL-JAROODI, J.; JAWHAR, I. Opportunities and challenges of using uavs for dubai smart city. In: IEEE. **New Technologies, Mobility and Security (NTMS), 2014 6th International Conference on**. [S.l.], 2014. p. 1–4. Citado na página 25.

MOLINA, M. de M.; CAMPOS, V. S. **Ethics and Civil Drones: European Policies and Proposals for the Industry**. [S.l.]: Springer, 2018. Citado na página 35.

- MOTLAGH, N. H.; BAGAA, M.; TALEB, T. Uav selection for a uav-based integrative iot platform. In: IEEE. **Global Communications Conference (GLOBECOM), 2016 IEEE**. [S.l.], 2016. p. 1–6. Citado nas páginas 16, 28, 46, 50, 52 e 56.
- NAGL, M. Modeling of software architectures: Importance, notions, experiences. In: ENDRES, A.; WEBER, H. (Ed.). **Software Development Environments and CASE Technology**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1991. p. 211–232. ISBN 978-3-540-47485-2. Citado na página 28.
- NIELSEN, J. Usability inspection methods. In: ACM. **Conference companion on Human factors in computing systems**. [S.l.], 1994. p. 413–414. Citado nas páginas 31 e 92.
- _____. 10 usability heuristics for user interface design. **Nielsen Norman Group**, v. 1, n. 1, 1995. Citado na página 92.
- OQUENDO, F.; LEITE, J.; BATISTA, T. **Software Architecture in Action**. [S.l.]: Springer, 2016. Citado na página 40.
- PEARSON, K. Liii. on lines and planes of closest fit to systems of points in space. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, Taylor & Francis, v. 2, n. 11, p. 559–572, 1901. Citado na página 79.
- PEREIRA, A. A.; ESPADA, J. P.; CRESPO, R. G.; AGUILAR, S. R. Platform for controlling and getting data from network connected drones in indoor environments. **Future Generation Computer Systems**, Elsevier, 2018. Citado nas páginas 16, 46, 53, 54 e 56.
- PERFETTI, J. J. **Oferta potencial agrícola de Colombia en un nuevo entorno de mercado**. [S.l.], 2011. Citado na página 95.
- PERRY, D. E.; WOLF, A. L. Foundations for the study of software architecture. **SIGSOFT Softw. Eng. Notes**, ACM, New York, NY, USA, v. 17, n. 4, p. 40–52, out. 1992. ISSN 0163-5948. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/141874.141884>>. Citado na página 26.
- PIGATTO, D. F.; CASTRO, A. F. de; BRANCO, K. C.; MARTIN, T. Aplicação de fuzzy para a redução do consumo de energia de módulos internos em veículos aéreos não tripulados. In: **2016 8th Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS)**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–7. Citado na página 37.
- PUEBLO, D. C. E. Constitución política de colombia 1991. 1991. Citado na página 96.
- RAMÍREZ, R. M. Colombia: potencia hídrica. **Sociedad Geográfica de Colombia**, v. 46, p. 135, 2003. Citado na página 95.

- REDING, V. On rfid: The next step to the internet of things. **CRFID Journal**, 2007. Disponível em: <http://cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ch1-lisbon-20071215_en.pdf>. Citado na página 44.
- REGLI, W. C.; MAYK, I.; DUGAN, C. J.; KOPENA, J. B.; LASS, R. N.; MODI, P. J.; MONGAN, W. M.; SALVAGE, J. K.; SULTANIK, E. A. Development and specification of a reference model for agent-based systems. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)**, IEEE, v. 39, n. 5, p. 572–596, 2009. Citado na página 26.
- RODER, A.; CHOO, K. R.; LE-KHAC, N. Unmanned aerial vehicle forensic investigation process: Dji phantom 3 drone as A case study. **CoRR**, abs/1804.08649, 2018. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1804.08649>>. Citado na página 25.
- Rodrigo Zanette. **BQM1BR**. 2018. [acessado em 06/06/2018]. Disponível em: <http://www.aviacaopaulista.com/museu_tam/mt230207_4.jpg>. Citado nas páginas 15 e 37.
- ROZANSKI, N.; WOODS, E. **Software Architecture Systems Working with Stakeholders Using Viewpoints and Perspectives**. [S.l.]: Addison-Wesley, 2005. Citado na página 42.
- RUPARELIA, N. B. Software development lifecycle models. **SIGSOFT Softw. Eng. Notes**, ACM, New York, NY, USA, v. 35, n. 3, p. 8–13, maio 2010. ISSN 0163-5948. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1764810.1764814>>. Citado nas páginas 15, 26 e 39.
- Russell Naughton. **Remote Piloted Aerial Vehicles : An Anthology**. 2003. [acessado em 05/11/2018]. Disponível em: <http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/rpav_home.html>. Citado nas páginas 15 e 36.
- SOMMERVILLE, I. Engenharia de software, 9a. **São Palo, SP, Brasil**, 2011. Citado na página 83.
- SPRINGER, P. J. **Military robots and drones: a reference handbook**. [S.l.]: ABC-CLIO, 2013. Citado na página 25.
- SUBASHINI, S.; KAVITHA, V. A survey on security issues in service delivery models of cloud computing. **Journal of network and computer applications**, Elsevier, v. 34, n. 1, p. 1–11, 2011. Citado na página 44.
- TARALLO, A. d. S.; JORGE, L. d. C.; SILVA, F. da; HIRAGA, A.; PAIVA, M. Construção automática de mosaico de imagens agrícolas aéreas sequenciais. **Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)**, In: INAMASU, RY; NAIME, J. de M.; RESENDE, AV de; BASSOI, LH; BERNARDI, A ..., 2011. Citado na página 27.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**. [S.l.]: Atlas, 1992. ISBN 85-224-0273-6. Citado na página 29.

VASISHT, D.; KAPETANOVIC, Z.; WON, J.; JIN, X.; CHANDRA, R.; SINHA, S.; KAPOOR, A.; SUDARSHAN, M.; STRATMAN, S. Farmbeats: An iot platform for data-driven agriculture. In: **14th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI 17)**. Boston, MA: USENIX Association, 2017. p. 515–529. ISBN 978-1-931971-37-9. Disponível em: <<https://www.usenix.org/conference/nsdi17/technical-sessions/presentation/vasisht>>. Citado nas páginas 16, 26, 28, 45, 46, 51, 52 e 56.

WAZLAWICK, R. **Metodologia de pesquisa para ciência da computação**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2017. v. 2. Citado na página 29.

WESKE, M. Business process management architectures. In: **Business Process Management**. [S.l.]: Springer, 2012. p. 333–371. Citado nas páginas 16, 58 e 59.

YANMAZ, E.; YAHYANEJAD, S.; RINNER, B.; HELLWAGNER, H.; BETTSTETTER, C. Drone networks: Communications, coordination, and sensing. **Ad Hoc Networks**, Elsevier, v. 68, p. 1–15, 2018. Citado nas páginas 16, 46, 53, 54 e 56.

ZHANG, Q.; CHENG, L.; BOUTABA, R. Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. **Journal of Internet Services and Applications**, v. 1, n. 1, p. 7–18, May 2010. ISSN 1869-0238. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s13174-010-0007-6>>. Citado nas páginas 15, 28 e 44.

ZHAO, J.-c.; ZHANG, J.-f.; FENG, Y.; GUO, J.-x. The study and application of the iot technology in agriculture. In: IEEE. **Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 2010 3rd IEEE International Conference on**. [S.l.], 2010. v. 2, p. 462–465. Citado nas páginas 15, 46, 48, 49 e 56.

ZHENG, Y.; YANG, S.; CHENG, H. An application framework of digital twin and its case study. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, Springer, p. 1–13, 2018. Citado nas páginas 16, 46, 54, 55 e 56.

QUESTIONÁRIO DE USUÁRIOS

Una arquitectura para gestionar la adquisición y procesamiento de información en drones

Este cuestionario tiene como objetivo aprender sobre la interacción de usuarios de Drones con los datos recolectados y procesados durante su vuelo.

Existen Drones realizando misiones para la recolección de datos de los más diferentes tipos en ambientes rurales o urbanos, utilizando diferentes tipos de sensores o cámaras. Generalmente las personas comentan que no hay una plataforma que pueda almacenar los datos en la nube, procesar la información y facilitar el acceso de los usuarios a la información disponible. En este contexto, se resalta la importancia de promover una plataforma para facilitar la disponibilidad de la información, razón por la cuál se aborda esta investigación.

Por favor, responda todas las preguntas. Este cuestionario durará cerca de 10 minutos. Los datos de sus respuestas nos proveerán de información valiosa para el desarrollo de una nueva plataforma de almacenamiento y procesamiento de datos en la nube.

Resaltamos que, en la divulgación de los resultados de esta investigación, la identidad de los participantes será manejada como confidencial. Caso necesite más información sobre su participación o sobre la investigación, entre en contacto para aclaraciones:

Fernanda Guidotti

Telefono: +55 (16) 99767-6020/+57 350 210-8301

Correo: guidotti@usp.br

Prof. Albeiro Espinosa Bedoya

Telefono: +57 300 275-8021

Correo: aespinos@unal.edu.co

* Required

1. Email address *

2. ¿Cuál es su edad? *

3. ¿Hace cuánto tiempo usted trabaja con Drones? *

4. ¿Cuál es su sexo? **Mark only one oval.*☐ Femenino☐ Maculino**5. ¿Tiene alguna capacitación en Drones? ****Mark only one oval.*☐ Si☐ No**6. ¿Que capacitaciones ha recibido para uso de Drones?**

7. ¿Dispone de un Drón para realizar vuelos? **Mark only one oval.*☐ Si☐ No**8. ¿El Drón que dispone es?***Mark only one oval.*☐ Personal☐ Alquilado☐ Prestado**9. ¿Cuál es el modelo del Drón? ***

10. ¿Qué tipo de misiones realiza usted con el Drón? **Check all that apply.*☐ Cartografía☐ Topografía☐ Agricultura de Precisión☐ Minería☐ Fotogrametría☐ Other:

11. ¿En que aplicaciones específicas ha usado el Drón? (Ej: plantaciones de bananos, cultivo de flores, ...) *

12. ¿Qué tipo de aspectos considera importantes tener en cuenta antes de realizar la misión? *

13. ¿Qué información considera importante durante la ejecución de un vuelo? *

14. ¿Utiliza aplicaciones o sitio web para interactuar con el Drón? *

Mark only one oval.

- ☐ Si
☐ No

15. ¿En caso afirmativo, cuales aplicaciones o sitio web usan?

16. En caso de existencia de una aplicación web orientada a la extracción y procesamiento de la información almacenada en los Drones, ¿Cuáles datos cree usted que son relevantes extraer? *

17. ¿Cuales son las tareas más importantes que cree usted debería realizar la plataforma propuesta en esta investigación? *

18. ¿Qué características cree usted que debe tener la plataforma que desarrollaremos en esta investigación para motivar a los usuarios de Drones a utilizarla? *

19. Describa brevemente el proceso que usa para recuperar la información del Drón. *

20. ¿Qué información extrae del Drón? *

Mark only one oval.

- ☐ Solo Imagenes
- ☐ Solo Archivo Log
- ☐ Imagenes y Archivo Log
- ☐ Other: _____

21. ¿Cuales son las dificultades que ha experimetado con el uso del Drón y los diferentes aplicativos usados por usted? *

22. ¿Como piensa usted que debería ser la forma más fácil de extraer y procesar la información del Drón? *

23. Por favor, describa que otros aspectos que usted considere importantes y que no han sido tenidos en cuenta en este cuestionario.

Powered by

INTERFACES APRESENTADAS PELOS ENTREVISTADOS

Figura 65 – Interfaces desenhadas - Adaptado pela autora.

NOTAÇÃO BPMN

Figura 66 – Notação BPMN, extraído de HEFLO, elaborado pela autora.

ANEXO

B

FAZENDA COTOVÉ

HEURÍSTICAS DE NIELSEN

10 Usability Heuristics for User Interface Design

by Jacob Nielsen on January 1, 1995

Summary: The 10 most general principles for interaction design. They are called "heuristics" because they are more in the nature of rules of thumb than specific usability guidelines.

Visibility of system status

The system should always keep users informed about what is going on, through appropriate feedback within reasonable time.

Match between system and the real world

The system should speak the users' language, with words, phrases and concepts familiar to the user, rather than system-oriented terms. Follow real-world conventions, making information appear in a natural and logical order.

User control and freedom

Users often choose system functions by mistake and will need a clearly marked "emergency exit" to leave the unwanted state without having to go through an extended dialogue. Support undo and redo.

Consistency and standards

Users should not have to wonder whether different words, situations, or actions mean the same thing. Follow platform conventions.

Error prevention

Even better than good error messages is a careful design which prevents a problem from occurring in the first place. Either eliminate error-prone conditions or check for them and present users with a confirmation option before they commit to the action.

Recognition rather than recall

Minimize the user's memory load by making objects, actions, and options visible. The user should not have to remember information from one part of the dialogue to another. Instructions for use of the system should be visible or easily retrievable whenever appropriate.

Flexibility and efficiency of use

Accelerators -- unseen by the novice user -- may often speed up the interaction for the expert user such that the system can cater to both inexperienced and experienced users. Allow users to tailor frequent actions.

Aesthetic and minimalist design

Dialogues should not contain information which is irrelevant or rarely needed. Every extra unit of information in a dialogue competes with the relevant units of information and diminishes their relative visibility.

Help users recognize, diagnose, and recover from errors

Error messages should be expressed in plain language (no codes), precisely indicate the problem, and constructively suggest a solution.

Help and documentation

Even though it is better if the system can be used without documentation, it may be necessary to provide help and documentation. Any such information should be easy to search, focused on the user's task, list concrete steps to be carried out, and not be too large.

I originally developed the heuristics for [heuristic evaluation](#) in collaboration with Rolf Molich in 1990 [Molich and Nielsen 1990; Nielsen and Molich 1990]. I since refined the heuristics based on a factor analysis of 249 usability problems [Nielsen 1994a] to derive a set of heuristics with maximum explanatory power, resulting in this revised set of heuristics [Nielsen 1994b].