



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Alexandre Augusto Anhaia

**GERADOR DE ROTAS CUSTOMIZADAS PARA INSPEÇÃO DE BARRAGENS E
ESTRUTURAS COM DRONE**

Florianópolis, Santa Catarina – Brasil
2022

Alexandre Augusto Anhaia

**GERADOR DE ROTAS CUSTOMIZADAS PARA INSPEÇÃO DE BARRAGENS E
ESTRUTURAS COM DRONE**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao Programa de Graduação em Sistemas de
Informação da Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de Bacharel em
Sistemas de Informação.

Orientador(a): Prof. José Eduardo de Lucca

Florianópolis, Santa Catarina – Brasil

2022

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina.
Arquivo compilado às 12:30h do dia 24 de março de 2022.

Alexandre Augusto Anhaia

Gerador de rotas customizadas para inspeção de barragens e estruturas com drone / Alexandre Augusto Anhaia; Orientador(a), Prof. José Eduardo de Lucca - Florianópolis, Santa Catarina - Brasil, 18 de Setembro de 2021.

84 p.

Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Catarina, INE - Departamento de Informática e Estatística, CTC - Centro Tecnológico, Programa de Graduação em Sistemas de Informação.

Inclui referências

1. Drone, 2. Gerador-rotas, 3. Inspeção, I. Prof. José Eduardo de Lucca II. Programa de Graduação em Sistemas de Informação III. Gerador de rotas customizadas para inspeção de barragens e estruturas com drone

CDU 02:141:005.7

Alexandre Augusto Anhaia

**GERADOR DE ROTAS CUSTOMIZADAS PARA INSPEÇÃO DE BARRAGENS E
ESTRUTURAS COM DRONE**

Este(a) Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado(a) para obtenção do Título de Bacharel em Sistemas de Informação, e foi aprovado em sua forma final pelo Programa de Graduação em Sistemas de Informação do INE – Departamento de Informática e Estatística, CTC – Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, Santa Catarina – Brasil, 18 de Setembro de 2021.

Alvaro Junio Pereira Franco, Dr.

Coordenador(a) do Programa de
Graduação em Sistemas de Informação

Banca Examinadora:

Prof. José Eduardo de Lucca

Orientador(a)
Universidade Federal de Santa
Catarina – UFSC

Prof. Jean Carlo Rossa Hauck, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina –
UFSC

Marcio da Silva Arantes, Dr.

Instituto Senai de Inovação - ISI

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer aos meus pais, Jucelia e Leonir, pois sempre me incentivaram a estudar e correr atrás dos meus sonhos, além de me proporcionarem todo o suporte necessário. Também quero agradecer a minha namorada Alessandra, sempre me incentivou e ajudou desde antes do curso iniciar.

Agradeço também a ajuda e o grande incentivo que recebi do Marcio da Silva Arantes, sem o seu suporte este trabalho não seria possível.

Agradeço também o meu orientador e professor José Eduardo de Lucca, que me incentivou e me passou muitos ensinamentos no decorrer da faculdade e durante a sua orientação no trabalho de conclusão do curso.

Agradeço a todos meus amigos de classe, principalmente ao Alan Schweitzer, Camila dos Reis e Fernando Silva Poerner por sempre estarem disponíveis para me ajudar durante toda a caminhada do curso.

Aos meus amigos que conheci durante o meu tempo de estágio e de bolsa no Instituto Senai de Inovação - ISI, pois sempre me apoiaram e me passaram grandes conhecimentos, a ajuda de vocês foi de grande importância no meu desenvolvimento profissional. Também agradeço a um grande amigo meu Raphael Cesar Rezende, que desde sempre me apoiou para continuar estudando e sempre me ajudou durante toda a trajetória do curso e da vida.

Por último, mas não menos importante, agradeço a Deus, graças ao Senhor, toda a sua força e iluminação passada a mim foi possível concluir essa parte da caminhada.

Aqui deixo o meu muito obrigado a todos os envolvidos que tornaram possível a conclusão do curso.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Classificação de Drone/RPAS	15
Figura 2	– Tipos de Drone	16
Figura 3	– Predator (General Actomics MQ-1)	16
Figura 4	– Drones da classe multirotor	17
Figura 5	– Drone tricóptero	18
Figura 6	– Phantom 4 PRO	18
Figura 7	– Drone Hexacóptero	19
Figura 8	– Drone Octocóptero	19
Figura 9	– Drone Híbrido	20
Figura 10	– Vantagens X Desvantagens	21
Figura 11	– Principais componentes	22
Figura 12	– Componentes e estrutura do Phantom 4 PRO	22
Figura 13	– Classificação de Drones	25
Figura 14	– Categorias de Drones	26
Figura 15	– Alcance Visual	27
Figura 18	– Investimento previsto para aplicações de drones ao nível mundial por atividade no ano de 2016	28
Figura 19	– Benefícios na utilização de drones para inspeção visual	29
Figura 20	– Aplicativo Drone Deploy	30
Figura 21	– Missão de Inspeção no Aplicativo Drone Deploy	31
Figura 22	– Aplicativo Pix4d Capture	32
Figura 23	– Missão de Inspeção no Aplicativo Pix4D Capture	33
Figura 24	– Aplicativo Dji GO 4	33
Figura 25	– Interface do Aplicativo DJI GO 4	34
Figura 26	– Aplicativo Litchi	34
Figura 27	– Interface do Aplicativo Litchi	35
Figura 28	– Visão Geral	36
Figura 29	– Visão de uma missão comercial	38
Figura 30	– Distância da aeronave em relação à estrutura	39
Figura 31	– Distância Perpendicular da aeronave em relação à estrutura	40
Figura 32	– Capacidade de angulação da câmera/drone	41
Figura 33	– Angulação da câmera/drone	41
Figura 34	– Missão Completa com pré-inspeção, inspeção e pós-inspeção	42
Figura 35	– Arquivo de Configuração do Algoritmo Gerador de Rotas	45
Figura 36	– Arquivo de Voo	45
Figura 37	– Arquivo CSV da Rota Customizada	46
Figura 38	– Ranking das linguagens de programação mais utilizadas no terceiro trimestre de 2021	48

Figura 39	–	Representação de um Objeto em JAVA	49
Figura 40	–	Formato XML — eXtensible Markup Language	50
Figura 41	–	Formato JSON — JavaScript Object Notation	50
Figura 42	–	Arquivo pom.xml	52
Figura 43	–	Diagrama de Classe	53
Figura 44	–	Diagrama de Classe	54
Figura 45	–	Diagrama de Classe	55
Figura 46	–	Fluxograma para gerar rotas	57
Figura 47	–	Arquivo de Voo	57
Figura 48	–	Arquivo de Configuração do Algoritmo Gerador de Rotas	58
Figura 49	–	Arquivo CSV da Rota Customizada	58
Figura 50	–	Arquivo de Voo	68
Figura 51	–	Arquivo de Configuração do Algoritmo Gerador de Rotas	69
Figura 52	–	Ícone de Drone	82
Figura 53	–	Ícone de Computador	82
Figura 54	–	Ícone de Página Web	82
Figura 55	–	Ícone de Piloto	83
Figura 56	–	Ícone de Controle	83
Figura 57	–	Ícone de Vídeo	83
Figura 58	–	Ícone de Imagem	83
Figura 59	–	Ícone de Rota Customizada Completa	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Pesquisa de aplicativos	30
Tabela 2	– Tabela comparativa de aplicativos	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RPA	Remotely Piloted Aircraft
VANT	Veículo aéreo não tripulado
NIAS	Nevada Institute for Autonomous Systems
GPS	Global Positioning System
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
ANAC	Agencia Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agencia Nacional de Telecomunicações
BVLOS	Beyond Visual Line-Of-Sight
VLOS	Visual Line-Of-Sight
EVLOS	Extended Visual Line-Of-Sight

SUMÁRIO

1	RESUMO	11
2	INTRODUÇÃO	12
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2.3	JUSTIFICATIVA/PROBLEMA	13
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	DRONE E CATEGORIAS DE DRONE	15
3.1.1	Asa Fixa	16
3.1.2	Asa Rotativa/Multirotor	17
3.1.3	Híbrido	20
3.2	VANTAGENS E DESVANTAGENS	20
3.3	PRINCIPAIS COMPONENTES DE UM DRONE	21
3.4	EVOLUÇÃO E HISTÓRIA DOS DRONES	23
3.5	REGULAMENTAÇÃO DOS DRONES NO BRASIL	24
3.6	INSPEÇÕES COM A UTILIZAÇÃO DE DRONES	27
4	ESTADO DA ARTE	30
4.1	APLICATIVO — DRONE DEPLOY	30
4.2	APLICATIVO — PIX4D CAPTURE	32
4.3	APLICATIVO — DJI GO 4	33
4.4	APLICATIVO — LITCHI	34
4.5	COMPARAÇÃO ENTRE APLICATIVOS	35
5	PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO	36
5.1	DIFICULDADE DE INSPEÇÃO EM ÁREAS INCLINADAS	37
5.2	DESAFIO 1 — MANTER O DRONE A UMA MESMA DISTÂNCIA PERPENDICULAR DA ÁREA QUE ESTÁ SENDO MONITORADA	39
5.3	DESAFIO 2 — MANTER A CÂMERA SEMPRE PERPENDICULAR COM O FOCO NA ÁREA QUE ESTÁ SENDO MONITORADA	40
5.4	DESAFIO 3 — AUTOMATIZAR A CONSTRUÇÃO DE ROTAS PARA PRÉ-INSPEÇÃO, INSPEÇÃO E PÓS-INSPEÇÃO	42
5.5	DESAFIO 4 — DIVIDIR AS MISSÕES CASO NÃO SEJA POSSÍ- VEL CUMPRIR EM UMA ÚNICA BATERIA	43
6	DESENVOLVIMENTO	44
6.1	DESCRIÇÃO DO ALGORITMO	44
6.2	REQUISITOS	46

6.2.1	Requisitos Funcionais	46
6.2.2	Requisitos Não Funcionais	47
6.3	TECNOLOGIAS EMPREGADAS	47
6.3.1	Linguagem de Programação — Java	47
6.3.2	JavaScript Object Notation — JSON	49
6.3.3	IntelliJ	50
6.3.4	Maven	51
6.3.5	Biblioteca GSON	52
6.4	DIAGRAMA DE CLASSES UML	53
6.4.1	Classes Java	55
6.5	FLUXOGRAMA DE FUNCIONAMENTO	57
7	CONCLUSÃO	59
7.1	PRÓXIMAS ETAPAS	60
	REFERÊNCIAS	61
	APÊNDICE A – CÓDIGO	67
	APÊNDICE B – MANUAL ALGORITMO	68
	APÊNDICE C – ARTIGO	71
	ANEXO A – REFERÊNCIAS ÍCONES	82

1 RESUMO

O avanço tecnológico durante o último século e também no decorrer do século atual é gigantesco, desta maneira a utilização de drones vem aumentando cada vez mais. A inspeção visual é uma das mais importantes inspeções que são realizadas em estruturas inclinadas, como barragens e pontes.

Desta maneira o trabalho atual apresenta uma boa fundamentação teórica sobre o estado da arte sobre drones, desde o início no século passado até os drones da atualidade com diversas tecnologias. Também é feito um levantamento sobre aplicativos que auxiliam o usuário na parte de criar e executar rotas. Também foi feito o levantamento de como é realizado as inspeções visuais atualmente, mostrando as vantagens e desvantagens comparadas com as inspeções visuais utilizando drones.

Com as pesquisas realizadas é levantado quatro principais aplicativos, sendo eles: Drone Deploy, Pix4D Capture, DJI GO 4 e o Litchi. Todos os aplicativos citados foram testados separadamente e apresentado seus valores, o presente trabalho evidencia as vantagens de se utilizar aeronaves remotamente pilotadas e não tripuladas comparadas com as inspeções realizadas de modo tradicional.

Com base nas pesquisas realizadas, foi possível verificar e compreender a dificuldade de criar rotas customizadas, partindo desse ponto, o objetivo principal do presente trabalho de conclusão de curso é apoiar a utilização de drones para realizar inspeções visuais e também propor e desenvolver um algoritmo que mitigue a dificuldade e a complexidade em criar rotas customizadas, essas rotas customizadas geradas pelo aplicativo é possível executar com o auxílio do aplicativo Litchi, que foi escolhido e é a base do presente trabalho.

2 INTRODUÇÃO

Atualmente o uso de drones está cada vez mais comum no dia a dia, apesar de que essa ideia pode espantar muita gente, ainda assim, isso está sendo cada vez mais utilizado em diversas tarefas hoje em dia. Tarefas essas que podem ser para mapeamento geográfico de lugares com difícil acesso (NUNES *et al.*, 2017), instrumento de monitoramento em lavouras e grandes fazendas (SENAR, 2018), inspeção de estruturas com difícil acesso, por exemplo, barragens, ou mesmo para realização de entrega comercial do E-Commerce da Amazon (SILVA, 2019) e entre outras diversas aplicações (SHIRATSUCHI, 2014).

Para poder continuar o estudo sobre tecnologias atuais, é necessário estudar o início da história sobre Drones/Vants. Estas aeronaves chamadas Drone ou Vant — (Veículo aéreo não tripulado) foram criadas no século passado com objetivos militares durante a guerra fria na década de 1990 pelos Estados Unidos para tarefas de monitoramento e espionagem. Com o passar do tempo e o aperfeiçoamento destas aeronaves, passou-se a utilizá-las também para carregar armas e podendo assim serem utilizadas em combate (SHIRATSUCHI, 2014).

Partindo desse lado apavorante da utilização de Drone/VANT no início, hoje em dia a sua utilização é bem diversificada, como já foi citado anteriormente, e para cada tarefa pode ser usado um tipo de drone com características diferentes, existindo principalmente três tipos, sendo eles: asa rotativa, asa fixa e asa híbrida, cada qual com suas características e aplicações (SENAR, 2018).

Cada aeronave remotamente pilotada e não tripulado possui um tipo/categoria, cada aeronave possui uma categoria específica para executar uma missão, existindo diversos aplicativos diferentes para realizar a missão/tarefa para qual cada tipo de drone é capacitado e que cada aplicativo consiga fornecer a capacidade de desenvolvimento de tal funcionalidade. Entre esses diversos aplicativos podem ser citados alguns como: Drone Deploy (DRONEDEPLOY, 2021a), Pix4D Capture (PIX4DCAPTURE, 2021), DJI GO 4 (DJI, 2021), Litchi (LITCHI, 2021a). Basicamente para formar uma rota em cada aplicativo é necessário marcar os pontos (coordenadas geográficas) através da interface gráfica do aplicativo, e com a junção de todos esses pontos temos uma rota definida com início e término. Em cada ponto da rota é necessário adicionar as demais configurações necessárias, por exemplo: altitude, início de uma ação específica ou término de uma ação e entre outras diversas possibilidades.

Porém, mesmo com diversos aplicativos existentes utilizados para auxiliar no voo e na criação de rotas para o drone poder executar, ainda há uma enorme dificuldade em criar as missões que necessitam de rotas customizadas, fazendo com que a principal dificuldade seja criar missões/rotas em estruturas inclinadas como barragens, pois através da interface disponibilizada pelos aplicativos comerciais existentes e as

diversas funcionalidades não há uma solução comercial que sane tal dificuldade. Além dessa dificuldade, outra é a criação de rotas customizadas através da interface gráfica do aplicativo.

Portanto, o estudo e o desenvolvimento realizado no presente trabalho de conclusão de curso visa apresentar uma fundamentação teórica no assunto Drone/VANTs, apresentar as dificuldades em algumas atividades exercidas por humanos e apresentar os benefícios através da utilização de aeronaves remotamente pilotadas e não tripuladas de maneira que facilite essas atividades em diversos, sentidos como, facilidade, segurança e diminuição de custos, e principalmente criar uma solução que simplifique a complexidade existente na criação de uma rota customizada para a inspeção e monitoramento de estruturas inclinadas.

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal do presente trabalho é apoiar o uso de drones para realizar as inspeções e monitoramento de estruturas inclinadas, como barragens e também criar uma solução para mitigar o trabalho na criação de rotas customizadas para estruturas inclinadas que possam ser executadas por um drone com o auxílio do aplicativo Litchi.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Introduzir uma fundamentação teórica sobre Drones/VANTs;
- Apresentar diversas tarefas que podem ser solucionadas através da utilização desses equipamentos;
- Analisar as opções comerciais e não-comerciais atualmente disponíveis que se propõem a resolver a utilização de drones em tarefas similares;
- Desenvolver uma solução para amenizar a dificuldade em criar rotas customizadas para estruturas inclinadas e possam ser executada com a utilização de drones e com o auxílio de um aplicativo existente;

2.3 JUSTIFICATIVA/PROBLEMA

O presente trabalho possui um valor importante a ser executado, pois há diversas tarefas realizadas de modo tradicional por humanos que colocam a vida dos mesmos em risco. Além disso é gasto um grande tempo e envolve custos altos com equipamentos, por exemplo: andaimes e plataformas de elevação. Sendo assim, o presente trabalho tem a intenção de mostrar diversas atividades que podem ser realizadas com Drones/VANTs com o intuito de não colocar a vida de trabalhadores em risco, de modo que venha facilitar as atividades e diminuir os gastos.

Não foi encontrada nenhuma solução existente para ajudar na criação automática de missões para inspeções em estruturas inclinadas com o apoio de aplicativos nas pesquisas e testes de aplicativos realizado no presente trabalho, desta maneira, fica mais evidente a importância de criar uma solução para automatizar o modo de criação de rotas customizadas para a execução através de drones e com o apoio de um aplicativo.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 DRONE E CATEGORIAS DE DRONE

Drone, também conhecido como VANT (Veículo aéreo não tripulado), drones são veículos aéreos que não possuem tripulação a bordo (FALORCA, J. G.; LANZINHA, s.d.; SALGADO NETO; CALDEIRA, 2021). Em (COSTA, 2019) ele se refere a Drone como um "equipamento provido de hélices o qual recebe comando pelo ser humano de forma remota, e pode ser guiado até certas distâncias a depender de sua estrutura, ou seja, não é necessário haver piloto embarcado para o manuseamento do equipamento, e pode este ainda funcionar automaticamente se colocado para operar ao modo pré-configurado". Drone ganhou este nome pelo barulho emitido pela aeronave que se assemelha ao barulho de um zangão, onde zangão em inglês é Drone (EMERENCIANO, 2020).

Hoje em dia há inúmeras categorias de Drones/VANTs para diversos tipos de funções que cada um irá executar e também há os tipos de drone para uso militar, comercial e recreativo (COSTA, 2019). Além dos tipos diferentes de Drones como: asa fixa, asa rotativa/multirotor e híbrido, há também as classes em que cada Drone/RPA está classificado pela legislação. Como descrito em (SALGADO NETO; CALDEIRA, 2021) e também por ((DECEA), 2020) como termo técnico tem a definição para RPAS (Remotely Piloted Aircraft System), como pode ser observado na figura 1.

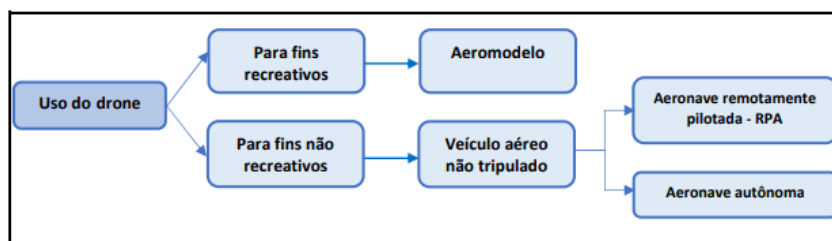


Figura 1 – Classificação de Drone/RPAS

Fonte: (TORRES DA SILVA; BORGES, 2018))

Mas atualmente existem diversos tipos de Drones/VANTs para poder ser aplicado o melhor categoria de equipamento a sua devida missão. Os drones podem ser divididos em categorias como já dito anteriormente, sendo elas: asa fixa, asa rotativa/multirotor e o tipo híbrido.



Figura 2 – Tipos de Drone

Fonte: (FALORCA, J. G.; LANZINHA, s.d.)

Abaixo vai ser apresentado detalhadamente os principais tipos de drone citado.

3.1.1 Asa Fixa

Os drones de asa fixa são semelhantes fisicamente com os aviões, eles possuem uma maior aerodinâmica pelo tipo da sua estrutura, com isso possuem uma maior sustentação, então são recomendados para voos de grandes áreas que precisam de agilidade, pois eles atingem uma velocidade maior, de maneira que resulta em um aumento no cobrimento de áreas grandes em menor tempo comparado aos drones do tipo multirotor (TORRES DA SILVA; BORGES, 2018; EMERENCIANO, 2020), pois conforme descrito em (TORRES DA SILVA; BORGES, 2018) um drone multirotor precisa de no mínimo 3 motores para conseguir voar ao contrário do drone de modelo asa fixa que precisa apenas de um motor para poder voar, deste modo economiza bateria e consegue obter uma melhor autonomia de voo ocasionando um maior tempo de voo.

Um grande exemplo de drone de modelo asa fixa é o Predator (General Actomics MQ-1) onde podemos observar na figura abaixo, conhecido mundialmente, foi criado no ano de 1995, possui uma autonomia de 14 horas de voo podendo percorrer nesse tempo até 740 km, utilizado pelas Forças Aéreas dos Estados Unidos da América e também pela CIA (Central Intelligence Agency) (TORRES DA SILVA; BORGES, 2018).



Figura 3 – Predator (General Actomics MQ-1)

Fonte: (GIELOW, 2017))

3.1.2 Asa Rotativa/Multirotor

Os drones da categoria de asa rotativa, também conhecido por multirotores, possuem a capacidade de voar mais lentamente, voam em altitude mais baixa do que drones da categoria de asa fixa e possuem uma maior facilidade para operar. De acordo com (TORRES DA SILVA; BORGES, 2018) essa classe de drone se torna a mais interessante devido a possuírem um tamanho compacto, facilidade de operação, segurança e custo operacional reduzido".

Dentro dessa classe de drones, há uma variedade de sub-classes pode-se dizer assim, onde a principal diferença é o número de hélices variando em drones tricópteros, quadricópteros, helicópteros, octocópteros, onde, respectivamente, apresentam três, quatro, seis e oito hélices em sua motorização"(TORRES DA SILVA; BORGES, 2018). Podemos observar a figura 4 abaixo.



Figura 4 – Drones da classe multirotor

Fonte:(TORRES DA SILVA; BORGES, 2018))

Drones do tipo multirotor tricóptero, é o tipo que aparece em menor quantidade para missões profissionais e é geralmente usado mais para uso recreativo como passatempo.



Figura 5 – Drone tricóptero

Fonte:([TORRES DA SILVA; BORGES, 2018](#))

A figura 5 é um drone do tipo tricóptero, modelo HJ-Y3. Como dito anteriormente, esse modelo de drone é geralmente utilizado para passatempo, e a empresa DJI (Dà-Jiāng Innovations Science and Technology) faz a comercialização de kits de componentes para usuários poderem construir seu próprio Drone.

Já os multirotores, do tipo quadricóptero, são os mais conhecidos e já aparece em aplicações profissionais, como, por exemplo: utilizado para o monitoramento e inspeção e entre outras várias atividades. Um fabricante de drone famosa e conhecida mundialmente é a DJI, que comercializa os modelos mais conhecidos do tipo quadricóptero, sendo eles: Mavic, Phantom e Spark. Abaixo é mostrado a figura 6 de um dos mais famosos drones quadricóptero da empresa DJI.



Figura 6 – Phantom 4 PRO

Fonte:([BRITO, DJI, 2021](#))

O modelo de drone composto por seis hélices/motores são drones que atingem velocidades elevadas para se movimentar e também possuem capacidade maior para carregar objetos. Esse modelo de drone é muito utilizado para trabalhos com fotografias

profissionais, pois possuem a capacidade de acoplar uma câmera que o operador deseja ou conforme seja necessário para o trabalho a ser realizado (KNEIPP, 2018).



Figura 7 – Drone Hexacóptero

Fonte:(KNEIPP, 2018))

A figura 7 é um exemplo de drone hexacóptero da empresa DJI, modelo Matrice 600 (KNEIPP, 2018).

E, por fim, mas não menos importante, tem-se o drone de modelo octocóptero, sendo um tipo de drone usado profissionalmente no ramo de cinematografia e aerofotogrametria, pois possuem uma maior estabilidade, maior autonomia de tempo de voo e uma maior capacidade de carga. Em (TORRES DA SILVA; BORGES, 2018) é descrito que a empresa de televisão National Geographic utiliza drone do tipo multirotor octocóptero, pois possui a capacidade de carregar uma câmera cinematográfica.



Figura 8 – Drone Octocóptero

Fonte:(KNEIPP, 2018))

Como exemplo acima temos o drone de modelo Agras MG-1S também da empresa DJI, drone muito conhecido no ramo da agricultura, pois possui integração com

diversas tecnologias recentes como o A3 Flight Controller que é um sistema de radar que possui confiabilidade adicional durante o voo (KNEIPP, 2018). Esse modelo é muito utilizado no setor da agricultura, pois possui pulverizador com duas bombas acopladas ao drone.

3.1.3 Híbrido

Drone de modelo híbrido não possui tantas aplicações atualmente, basicamente é uma aeronave adaptável, que possui asa fixa e hélices/multirotores (SENAR, 2018), podendo ser observado na figura 9 uma ilustração de um drone híbrido.



Figura 9 – Drone Híbrido

Fonte:(SENAR, 2018))

Segundo (SENAR, 2018), modelos híbridos operam testes experimentais e podem ser considerados uma tendência para um futuro próximo.

3.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Cada drone possui uma ou mais capacidades, podendo oferecer funcionalidades diferentes. Por esse motivo, para cada função que se deseja exercer com a utilização de um drone, se faz necessário escolher previamente o equipamento a ser utilizado para ser possível desempenhar a missão da melhor maneira possível. Como citado anteriormente, cada tipo e cada drone é bom para uma ou outra função. Observe-se na figura 10 os prós e contras de cada tipo de drone para uma melhor compreensão.

Tipo	Prós	Contras	Usos
Drones de multi-rotor	<ul style="list-style-type: none"> - Acessibilidade - Simples utilização - Voo estático - Operação em lugares confinados 	<ul style="list-style-type: none"> - Voos curtos - Baixa autonomia - Baixa capacidade de carga 	<ul style="list-style-type: none"> - Fotos aéreas - Filmagens - Entretenimento - Uso pessoal
Drones de asa fixa	<ul style="list-style-type: none"> - Voos longos - Grande autonomia - Voos em alta velocidade - Grande área de cobertura - Uso de sensores e câmeras mais robustos - Suportam maior quantidade de carga 	<ul style="list-style-type: none"> - Maior complexidade - Exigem treinamento - Alto custo 	<ul style="list-style-type: none"> - Mapeamento aéreo - Sensoriamento remoto - Monitoramento - Fotos aéreas - Inspeções

Figura 10 – Vantagens X Desvantagens

Fonte:(FORCE, 2016))

3.3 PRINCIPAIS COMPONENTES DE UM DRONE

Apesar de haver diversos tipos de drones e diversas fabricantes espalhadas pelo mundo, cada drone possui componentes principais para compor sua arquitetura básica (TORRES DA SILVA; BORGES, 2018; DIAS, 2017; SALGADO NETO; CALDEIRA, 2021).

Conforme o estudo de (TORRES DA SILVA; BORGES, 2018; DIAS, 2017), os drones possuem os principais componentes: Frame, motores, ESCs (Eletronic speed controller), controlador de voo, rádio, GPS, bateria e por fim as hélices. Esses componentes possuem funções únicas que quando unidas fazem com que o equipamento desempenhe sua função. Para ficar mais claro pode ser observado a figura 11 abaixo para visualizar os principais componentes citados acima.



Figura 11 – Principais componentes

Fonte:(TORRES DA SILVA; BORGES, 2018))

Segundo o trabalho de (SALGADO NETO; CALDEIRA, 2021), os principais componentes básicos de um drone para compor sua estrutura básica é composta por: bateria, motores/hélices, gimbal, câmera e o aplicativo móvel. Onde a bateria é a fonte de energia, as hélices/motores são responsáveis pela parte de fazer o equipamento voar, o gimbal permite a função de estabilização do drone, a câmera para a obtenção dos registros de imagens e vídeos, e o aplicativo móvel que transmite a imagem ao vivo obtida pelo drone de maneira que facilita e simplifica o uso do equipamento. Na figura 12 pode ser visto alguns componentes e partes da estrutura de um drone da empresa DJI modelo Phantom 4 Pro.

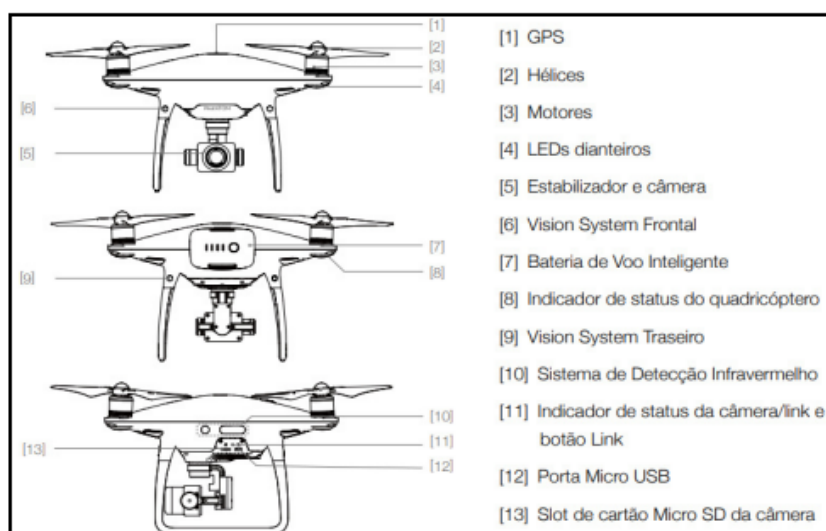


Figura 12 – Componentes e estrutura do Phantom 4 PRO

Fonte:(SALGADO NETO; CALDEIRA, 2021))

3.4 EVOLUÇÃO E HISTÓRIA DOS DRONES

Apesar de Drone ser uma tecnologia inovadora e tão utilizada hoje em dia para diversas funções, os Drones são uma invenção do século passado, no ano de 1918 (COSTA, 2019) o projeto realizado atingiu seu objetivo de percorrer uma distância de 900 metros como foi planejado pelo seu criador Lawrence Sperry (COSTA, 2019). O primeiro drone ou veículo aéreo não tripulado foi criado visando ser um míssil/bomba denominada como Buzz Bomb (EMERENCIANO, 2020; COSTA, 2019), ou seja, uma arma militar que poderia ser controlado sem um piloto a bordo para a sua segurança. Podemos dizer que esses "drones" do século passado são os pioneiros na tecnologia, mas são bem diferentes comparados com os de hoje em dia. Desses pioneiros do século passado, um dos mais comentados é o VANT V1 desenvolvida pelos alemães durante a Segunda Guerra Mundial 1945, com o objetivo ser utilizado para atacar a Inglaterra e a Bélgica (COSTA, 2019). Alguns anos depois, em 1977, o israelita Abe Karem, engenheiro espacial, desenvolveu um dos drones mais famosos da história denominada Albatross (COSTA, 2019; EMERENCIANO, 2020). Albatross teve sua autonomia de 56 horas voando sem a troca de baterias, operado por três pessoas (EMERENCIANO, 2020). Com o objetivo alcançado e o sucesso atingido nos testes realizados, a DARPA (Agência de Projetos Avançados de Pesquisa de Defesa) financiou Abe Karem para ampliar projeto, com isso surgiu o Amber que rapidamente evoluiu e resultou no surgimento do Predator (General Atomics MQ-1) (COSTA, 2019; REIPS; GUBERT, 2019), o qual é um dos drones mais famosos conhecido mundialmente, foi criado em 1995 e utilizado por 22 anos (TORRES DA SILVA; BORGES, 2018; GIELOW, 2017).

Como pode ser percebido, a criação de Drones foi especificamente para utilização militar com diversos objetivos, por exemplo: monitoramento de áreas, reconhecimento de terrenos, espionagem, entrega de mensagens (COSTA, 2019). Mas no decorrer dos anos e com a evolução desses equipamentos pode ser percebido que a utilização atualmente não é apenas para uso militar. Hoje em dia a utilização de drone ficou muito abrangente podendo ser, além do uso militar, pode ser também utilizado para setores comerciais e também para o uso recreativo (COSTA, 2019), mas não pode ser esquecido que a diferença é grande entre a estrutura e capacidade principalmente entre um equipamento de uso militar e um equipamento para ser utilizado de forma recreativa.

Com o avanço tecnológico das aeronaves de drones/VANTs no decorrer desses anos, a utilização desses equipamentos está cada vez mais amplo, atualmente já há a utilização de drones em diversos setores e para diversas funções diferentes. A seguir é citado alguns casos de utilização de drone.

No trabalho (KLIDZIO *et al.*, s.d.) foi realizado a utilização de drones/VANTs para o setor de logística, pois é um grande setor que envolve 12,2% do PIB do Brasil. No

trabalho é descrito que hoje em dia os drones já realizam atividades como: entrega de pequenas mercadorias, serviço de monitoramento para segurança, e a utilização na lavoura que é a maior parte de utilização de drones/VANTs no Brasil com cerca de 40%, utilizado na lavoura para diversas funções como: mapeamento de plantio, averiguação de pragas, pulverização e monitoramento para aumento da produtividade (KLIDZIO *et al.*, s.d.; BRITO, DENISE, 2018).

Conforme o trabalho realizado em (NUNES *et al.*, 2017) foi utilizado drone/VANT em atividades de busca e salvamento do corpo de bombeiro militar do estado de Santa Catarina com o intuito de ajudar nas respectivas atividades que necessitam de rapidez e agilidade na execução da tarefa, pois envolve pessoas em risco de vida. A motivação para utilizar drones, nesses tipos de tarefas, é o grande número de ocorrências de busca e salvamento, para ajudar socorrer pessoas perdidas e desaparecidas em grandes áreas que pode envolver trilhas, estradas, pessoas perdidas em matas, embarcações à deriva, etc. Além de imagens/vídeos fornecidos ao vivo pela aeronave através do aplicativo, as imagens também fornecem informações sobre a categoria de vegetação existente no local da busca.

Em uma reportagem pelo Nevada Institute For Autonomous Systems (NIAS) ((NIAS), 2018), descrevem-se algumas empresas que utilizam drone para diversas funções diferentes, entre as citadas estão: a varejista Amazon que planeja realizar entregas através da utilização de drones também descrito em (SILVA, 2019). Outra citação feita por NIAS foi a empresa Shell Oil que utilizou drones para inspeção de segurança e produção em suas refinarias também descrito em (KLIDZIO *et al.*, s.d.). Outra também citada pela reportagem de NIAS foi a empresa DHL International que foi a pioneira na entrega de produtos farmacêuticos e sangue na Alemanha (KLIDZIO *et al.*, s.d.).

3.5 REGULAMENTAÇÃO DOS DRONES NO BRASIL

Com o aumento exponencial do uso de drones no ramo comercial, militar e recreativo os responsáveis pela aviação civil têm que intensificar os estudos para controlar esse grande aumento da utilização do espaço aéreo para manter o controle e a segurança (SALGADO NETO; CALDEIRA, 2021; SILVA, 2018).

Segundo o trabalho de (SALGADO NETO; CALDEIRA, 2021), descreve que a legislação brasileira responsável pela utilização e regulamentação de drones são formadas por três órgãos, sendo eles: Agência Nacional de Aviação (ANAC), Departamento de Controle de Espaço Aéreo (DECEA) e a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Drones com peso menor a 250 gramas não precisam realizar um cadastro na ANAC. Aeronaves com peso maior que 250 gramas e menor que 25 quilos precisam realizar um cadastramento na ANAC e para aeronaves com peso maior que 25 quilos, o piloto deve possuir uma habilitação (SALGADO NETO; CALDEIRA, 2021; DRONE, 2021). No trabalho de (KNEIPP, 2018) descreve também que a utilização de drones

independente do uso, podendo ser recreativo, corporativo, comercial ou experimental, devem seguir as regras da ANAC complementadas pelas normas do DECEA e da ANATEL.

No ano de 2017 a ANAC aprovou uma nova regulamentação especial para esses tipos de aeronaves (drones), chamado Regulamento brasileiro de Aviação Civil Especial — RBAC -E núm. 94, esse regulamento teve como base os regulamentos americano, australiano e o europeu (KNEIPP, 2018; JESUS, T. C. d., 2021). No trabalho (SOUZA BETÉ, 2019) também citado o regulamento RBAC -E núm. 94 como responsável pela regulamentação de aeronaves como drone. Essa regulamentação pretende tornar viável essas operações com drones mantendo em segurança as pessoas envolvidas e diminuindo o ônus administrativo e burocrático (SOUZA BETÉ, 2019). Com base nesse regulamento, pode ser observado na figura 13 com a classificação de drones como Civis e Militares.

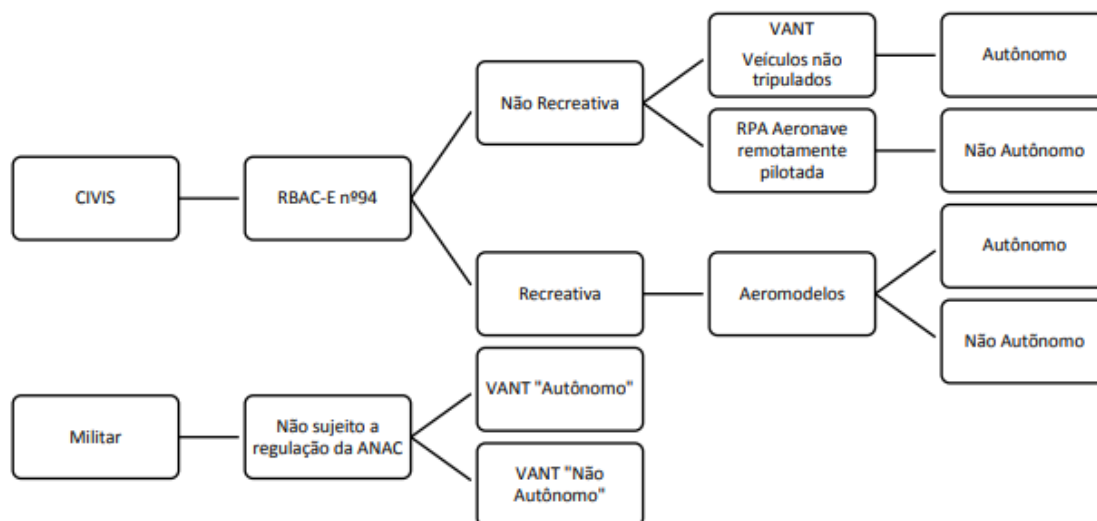


Figura 13 – Classificação de Drones

Fonte:(SOUZA BETÉ, 2019))

Como visto na figura 13, a regulamentação da ANAC apresenta uma classificação de drones, onde dentro dessa classificação tem uma categorização de classes. A ANAC definiu três classes sendo elas: classe 1, classe 2 e classe 3 na figura 14 a seguir podemos observar melhor cada uma dessas classes.



Figura 14 – Categorias de Drones

Fonte:(LIS, 2017))

Na figura 14 pode ser observado que a categorização da ANAC cita um modo visual de voo denominado BVLOS. Há três tipos de modos de voos, os quais serão citados e explicados a seguir.

As três classificações de alcance visual em relação drone piloto são BVLOS, VLOS, EVLOS (KNEIPP, 2018).

- BVLOS — É a operação onde o piloto não consegue manter o drone ao seu alcance de visão nem com a ajuda de um observador.
- VLOS — É a operação onde o piloto mantém o drone ao seu campo de visão sem precisar de auxílio de outros equipamentos.
- EVLOS — É a operação onde o piloto somente consegue manter a visão com o auxílio de equipamentos e com a ajuda de um observador de drones.

Na figura 15 pode ser observado as três classificações de alcance visual.



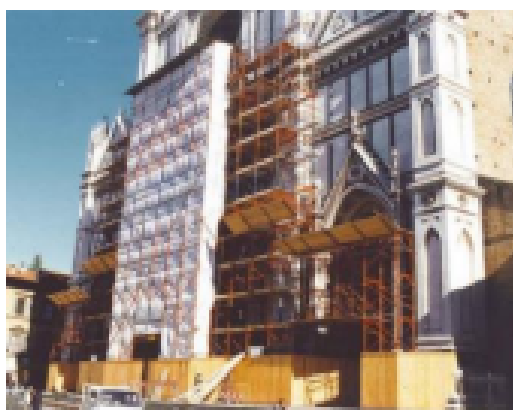
Figura 15 – Alcance Visual

Fonte:(KNEIPP, 2018))

3.6 INSPEÇÕES COM A UTILIZAÇÃO DE DRONES

Hoje em dia, há diversos métodos para manter a segurança de barragens e grandes construções, sendo a inspeção um dos métodos mais importantes, pois "as boas condições de segurança de uma barragem não dependem apenas de um bom projeto de instrumentação de auscultação devendo ser complementado com inspeções visuais periódicas de campo que têm por objetivo detectar deteriorações em potencial e alertar sobre condições que podem comprometer a segurança das estruturas associadas das barragens"(MACHADO, 2007).

Em grandes construções como barragens e pontes necessitam de inspeções visuais em certos lugares com difícil acesso, pois para realizar essas inspeções de modo tradicional é utilizado andaimes como na figura 16a, cordas (rapel) como pode ser observado através da figura 16b e da imagem 17a, plataformas elevatórias ou veículos especiais como pode ser observado na imagem 17b (MIRALDES, s.d.).



(a) Inspeção visual através andaime



(b) Inspeção visual através de corda/rapel

Fonte:(CIAMPA; DE VITO; PECCE, 2019))



(a) Inspeção visual através de corda/rapel



(b) Inspeção visual através de veículo especial

Fonte:(CIAMPA; DE VITO; PECCE, 2019)

Partindo desse ponto, pode ser notado o alto risco de segurança envolvendo as pessoas responsáveis por essas inspeções, além do custo elevado de tempo e dinheiro para realizar as inspeções, e com esses pontos negativos da execução de inspeção visual do modo tradicional, às vezes acarretam que as inspeções não sejam realizadas de uma forma tão periodicamente como deveria ser feito (MIRALDES, s.d.).

É com o intuito de minimizar o risco de vida das pessoas envolvidas nas inspeções, e também visando mitigar os custos de tempo e dinheiro, que a introdução de drones para a realização de inspeções visuais vem crescendo cada vez mais atualmente como pode ser observado na seguinte figura 18.

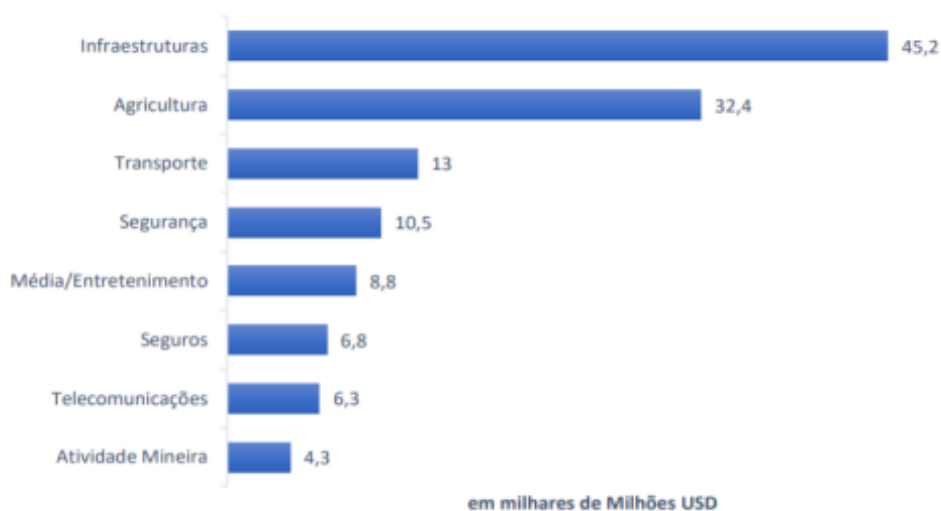


Figura 18 – Investimento previsto para aplicações de drones ao nível mundial por atividade no ano de 2016

Fonte:(MIRALDES, s.d.)

Por fim, além dos benefícios já citados, pode ser observado na figura 19 mais alguns benefícios da utilização de drones para a inspeção visual comparada com a inspeção visual realizada de modo tradicional.

<i>Vantagens da utilização de drones</i>	
Comparativamente a outras soluções que necessitam de operador	<ul style="list-style-type: none"> • Drones podem voar em zonas de difícil acesso; • São económicos quando comparados com outros equipamentos de inspeção, principalmente por apresentarem um custo de operação baixo; • Os drones apenas precisam de um único controlador para operar o aparelho e a câmara, pode eventualmente ser necessário um observador auxiliar; • Podem ser utilizados em operações de perigosas sem colocar em risco a vida do seu operador;
Benefícios ambientais	<ul style="list-style-type: none"> • Devido ao seu tamanho reduzido comparativamente a outros equipamentos utilizados na inspeção de construções, estes também têm reduzido impacto ambiental, como por exemplo: <ul style="list-style-type: none"> ○ Ruído – Sendo alimentados por energia elétrica o único ruído provém dos rotores e das hélices, que é significativamente mais baixo quando comparado a outros equipamentos de inspeção, nomeadamente plataformas elevatórias ou veículos especiais; ○ Combustível – Sendo alimentados apenas por baterias, os drones não consomem qualquer tipo de combustível proveniente de fontes petrolíferas e consequentemente não produz qualquer tipo de poluição;
Vantagens para os utilizadores	<ul style="list-style-type: none"> • Rapidez e agilidade de trabalho quando comparado a outros equipamentos; • Captura de dados de alta resolução e de extrema qualidade; • Leves e fáceis de transportar; • Custo/benefício claramente mais favorável;

Figura 19 – Benefícios na utilização de drones para inspeção visual

Fonte:(FALORCA, J.; LANZINHA, 2019))

4 ESTADO DA ARTE

Para a realização de missões com a utilização de Drones, independente do objetivo, é necessário o uso de algum aplicativo no smartphone conectado ao controle para a realização da operação. Os aplicativos apresentam diversas vantagens como simplificar a operação mostrando diversas informações do voo importantes na sua interface gráfica. Há diversos aplicativos que auxiliam e desempenham a função de auxiliar nas missões.

Na busca por aplicativos para a realização de testes, foram feitas pesquisas no site <https://www.google.com.br/> no dia 01/12/2021 que resultaram na tabela 1, visando encontrar aplicativos que mitigassem a dificuldade na geração de rotas e que também fosse possível a execução das missões.

Palavra-chave	Total de Resultados
"aplicativo drone"	1.980.000
"aplicativo de rotas drone"	159.000
"aplicativos para drone dji"	148.000
"aplicativo para rotas de drone"	110.000
"aplicativo gerador de rotas drone"	89.400

Tabela 1 – Pesquisa de aplicativos

As buscas realizadas tinham como objetivo encontrar aplicativos que facilitam na criação de rotas, e que além de criar as rotas, o aplicativo consiga executar a rota criada.

Como resultado da pesquisa realizada, foram selecionados alguns aplicativos para serem testados que serão citados a seguir.

4.1 APLICATIVO — DRONE DEPLOY



Figura 20 – Aplicativo Drone Deploy

Fonte:([DRONEDEPLOY, 2021a](#))

É um aplicativo bastante utilizado no setor de engenharia, principalmente na engenharia civil, é utilizado para mapear obras, também é usado no ramo da agricultura

para mapeamento e missões em grandes plantações. É um aplicativo que apresenta um bom desempenho para mapeamento de áreas planas, a empresa disponibiliza um serviço para gerar o mosaico através das imagens obtidas durante a missão fazendo upload no site oficial e aguardando a geração do mosaico final.

Vantagens:

- Excelente desempenho para realizar missões em áreas planas;
- Consegue desempenhar uma boa representação 3D com a utilização de imagens obtidas durante a missão;

Desvantagens:

- Aplicativo é pago mensalmente/anualmente;
- Para a realização do mosaico 3D é necessário o upload de fotos no site da oficial (dependendo da quantia de fotos pode demorar o processo de obtenção do mosaico);



Figura 21 – Missão de Inspeção no Aplicativo Drone Deploy

Fonte:([DRONEDEPLOY, 2021b](#))

A figura 21 mostra um exemplo de uma missão de mapeamento/inspeção em uma área de plantação no aplicativo Drone Deploy.

4.2 APLICATIVO — PIX4D CAPTURE

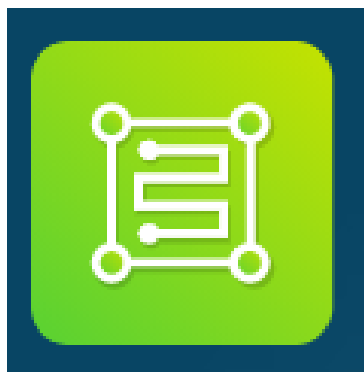


Figura 22 – Aplicativo Pix4d Capture

Fonte:([PIX4DCAPTURE, 2021](#))

Este aplicativo também é muito utilizado na engenharia civil e na agricultura para inspeção e mapeamento em geral. Pix4d Capture é um aplicativo que possui uma usabilidade simples através da sua interface gráfica, é uma ferramenta da empresa Pix4D que possui diversos produtos relacionados a drone e imagens. Este aplicativo possui recursos e capacidade para executar em diferentes marcas de drone como: DJI, Parrot e Yuneec ([PIX4DCAPTURE, 2021](#)).

Vantagens:

- Excelente desempenho para realizar missões em áreas planas;
- Interface gráfica simples e objetiva;
- Após traçar a área desejada, o aplicativo calcula a rota e também realiza o cálculo de quando vai tirar cada foto;

Desvantagens:

- Aplicativo é pago mensalmente;
- Para a realização do mosaico é necessário o upload de fotos no site da oficial (dependendo da quantia de fotos pode demorar o processo de obtenção do mosaico);

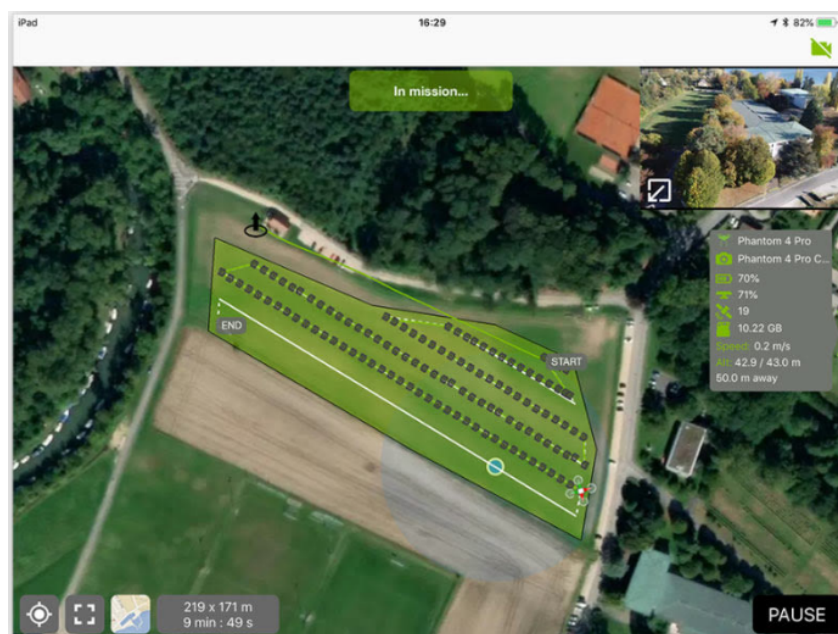


Figura 23 – Missão de Inspeção no Aplicativo Pix4D Capture

Fonte:(PIX4DCAPTURE, 2021))

A figura 23, apresenta uma missão carregada e pronta para ser executada no aplicativo do Pix4D Capture.

4.3 APLICATIVO — DJI GO 4



Figura 24 – Aplicativo Dji GO 4

Fonte:(DJI, 2021))

O aplicativo DJI GO 4 é da própria empresa DJI, ou seja, é o aplicativo oficial da empresa DJI. É um aplicativo que possui capacidade para executar todas as funcionalidades que os drones da própria empresa oferecem, não apresenta uma facilidade para criar e executar missões com rotas definidas previamente, pois como os outros aplicativos, a criação de rotas é feita através da interface gráfica do aplicativo no celular dificultando a criação de rotas/missões.

Vantagens:

- Aplicativo gratuito;

- Possui capacidade para desempenhar todas as funcionalidades oferecidas pelo modelo do Drone;

Desvantagens:

- Não apresenta uma facilidade na criação e execução de rotas em geral;
- Não possui a funcionalidade de bater fotos durante a missão (sem ser o intervalo de fotos da câmera);
- Aplicativo não utilizado para realização de missões;



Figura 25 – Interface do Aplicativo DJI GO 4

Fonte:(MUNDOGEO, 2020))

A figura 25 é a interface do aplicativo DJI GO 4 ilustrando a visão em primeira pessoa transmitida pelo drone em voo.

4.4 APLICATIVO — LITCHI



Figura 26 – Aplicativo Litchi

Fonte:(LITCHI, 2021a))

O aplicativo Litchi é muito utilizado por usuários de drone da marca DJI, o aplicativo oferece compatibilidade com os drones de modelo Spark, Mavic, Phantom e

Inspire todos fabricados pela DJI (LITCHI, 2021a). Oferece uma maior facilidade no momento de execução de missões, pois apresenta informações importantes através de sua interface gráfica no aplicativo, de modo que o piloto tenha maior controle da missão.

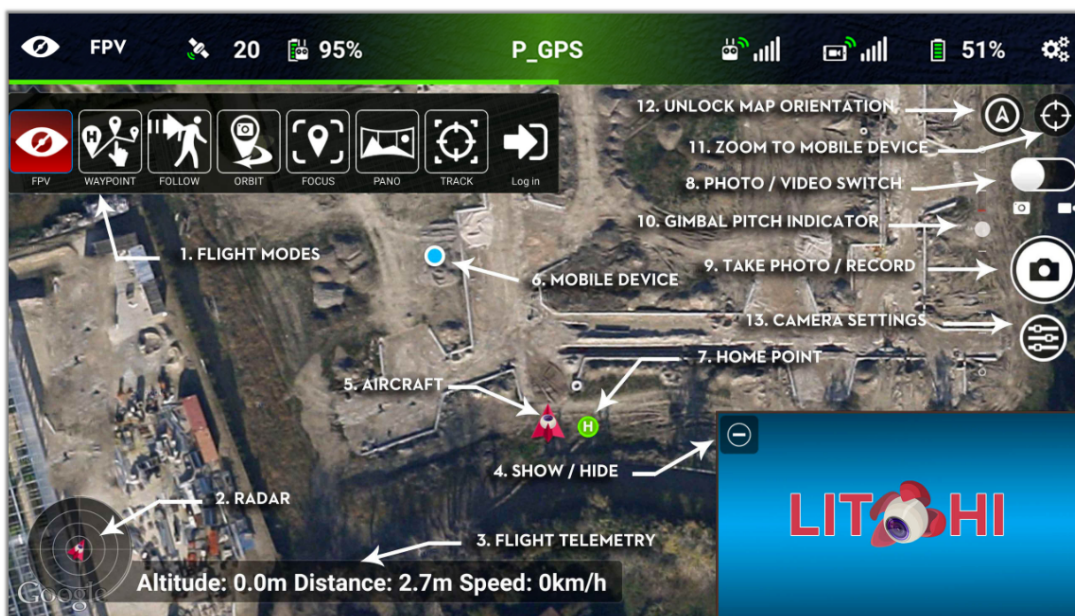


Figura 27 – Interface do Aplicativo Litchi

Fonte:(LITCHI, 2021b))

Na figura 27, é possível observar todas as funcionalidades oferecidas pelo aplicativo Litchi respeitando a lista de modelos suportados, citada anteriormente. Cada drone possui funcionalidades e capacidades diferentes, o aplicativo Litchi oferece algumas.

4.5 COMPARAÇÃO ENTRE APLICATIVOS

Nome do aplicativo	Valor	Desempenho em áreas planas/verticais	Compatibilidade
Drone Deploy	Pagamento mensal	Bom	Drones da DJI e Skydio
Pix4D Capture	Pagamento mensal	Bom	Drones da DJI, Parrot e Yuneec
DJI GO 4	Aplicativo gratuito	Razoável	Apenas Drones DJI
Litchi	Pagamento único	Ótimo	Apenas Drones DJI

Tabela 2 – Tabela comparativa de aplicativos

5 PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO

No capítulo três foram avaliados alguns aplicativos que são os mais usados na operação de drones em uso geral, com particular atenção àqueles que podem ser úteis nas situações-problema identificados de forma geral no capítulo 1. A seguir, será detalhada a situação-problema já descrita com destaque a 4 desafios específicos.

Como já comentado, o uso de drones em inspeções de grandes obras (especialmente aquelas com prumada inclinada, como barragens) já é uma realidade. Como os procedimentos de inspeção devem ser repetidos muitas vezes, é interessante que haja a possibilidade de estabelecimento de rotas pré-definidas para serem repetidas as mesmas inspeções em momentos diferentes. A criação de rotas atualmente ainda é uma tarefa complexa e demanda muito tempo e — muitas vezes — gera rotas imprecisas, porque o software não oferece essa possibilidade, ou porque ela é muito complexa.

Assim, será proposta uma solução que através dos dados obtidos durante um voo manual, sejam utilizados para a configuração de uma rota customizada e posteriormente com a rota customizada completa, seja feita a integração com o aplicativo de controle de missões de drones. A figura 28 mostra uma visão geral da ideia.

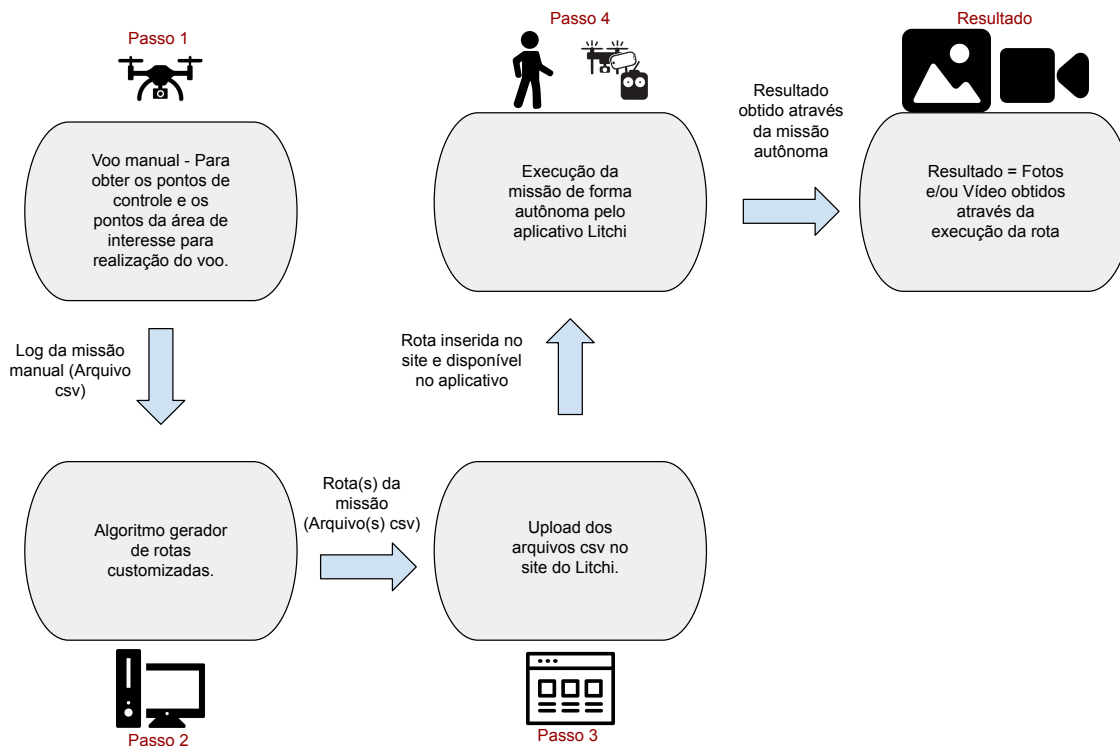


Figura 28 – Visão Geral

Fonte:O autor

Fonte Ícones: [Referências Ícones](#)

No "Passo 1" da figura 28 é quando é realizado um voo manual com a aeronave para coletar os "pontos"/coordenadas geográficas do caminho e da área de interesse onde o drone vai realizar o voo através de imagens, esse voo manual é realizado com o aplicativo Litchi para poder ser gerado o arquivo de log de dados (arquivo de registro de informações), com o voo manual realizado, é possível acessar o arquivo de log de dados, onde é possível extrair as coordenadas geográficas para gerar a rota customizada. Já no "Passo 2" da figura 28 é quando é passado como parâmetro para o algoritmo o log de dados gerado no voo manual durante o "Passo 1", além do log de dados como parâmetro também é necessário passar outras informações, por exemplo: modelo do drone, distância do drone para a estrutura, percentagem de sobreposição das imagens e como saída do algoritmo gerador de rotas customizadas temos a/as rotas customizadas. No "Passo 3" da figura 28 é a etapa que realiza o upload da rota customizada obtida através da presente solução no aplicativo Litchi. No "Passo 4" da figura 28 o piloto responsável pela execução irá executar a missão pelo aplicativo e o drone irá realizar o voo de forma autônoma com o auxílio do aplicativo instalado no smartphone conectado ao controle do drone. Após o "Passo 4", obtemos as fotos ou o vídeo resultante da missão realizada. Essa missão poderá ser repetida diversas vezes, com os mesmos parâmetros, para obter imagens dos mesmos locais ao longo do tempo.

5.1 DIFICULDADE DE INSPEÇÃO EM ÁREAS INCLINADAS

Primeiramente, é preciso ser explicado que há diversas soluções comerciais, que possuem a capacidade de criar e executar uma rota/missão. Essas soluções existentes são os aplicativos testados e citados no capítulo 3, mas eles são soluções para áreas de interesse planas/horizontais, por exemplo, um campo de agricultura. Esses aplicativos são capazes de (1) planejar a rota desde a decolagem, como também a (2) inspeção na área de interesse, (3) verifica também restrições de autonomia da bateria do drone para saber se é possível completar a missão com uma única bateria e também (4) planeja o pouso. Então, supondo que a área de interesse seja um retângulo onde cada canto seja um ponto, como na figura 29, os aplicativos comerciais testados no presente trabalho conseguem voar de forma autônoma do ponto de partida/início até o ponto 1 (P1) da figura 29 e completar a sua inspeção até o ponto 4 (P4) da imagem 29 e então termina sua inspeção/missão voltando para o ponto de partida/fim para realizar seu pouso.

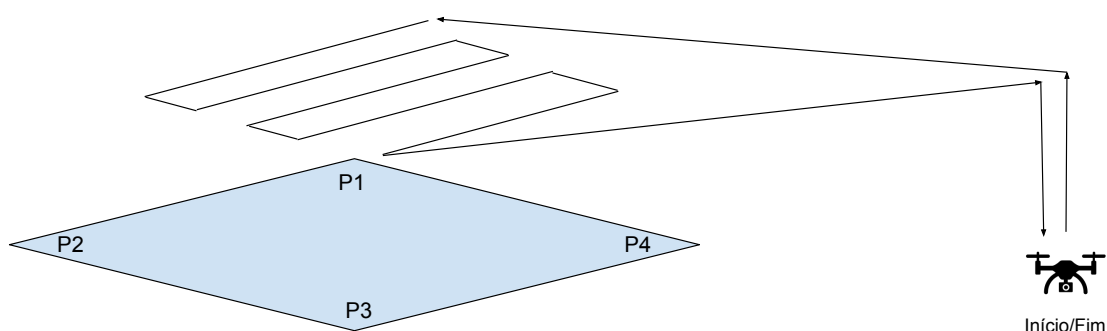


Figura 29 – Visão de uma missão comercial

Fonte:O autor

Fonte Ícones: [Referências Ícones](#)

Para realizar a inspeção de uma área inclinada como uma barragem, é necessário considerar alguns pontos importantes:

- Manter o drone a uma distância fixa da estrutura do começo ao fim da inspeção;
- Calcular o ângulo que a câmera precisa ser posicionada para obter as imagens conforme o ângulo inclinado que é a estrutura;
- Calcular a sobreposição desejada das imagens;
- Fixar a velocidade da aeronave conforme a sobreposição desejada e a capacidade de tempo entre fotos da câmera/drone;
- Calcular se é preciso dividir a missão em partes conforme a autonomia da bateria;
- Definir uma rota de voo que evite colisão com obstáculos;

Esses pontos importantes citados acima serão resolvidos dentro dos quatro desafios a seguir.

5.2 DESAFIO 1 — MANTER O DRONE A UMA MESMA DISTÂNCIA PERPENDICULAR DA ÁREA QUE ESTÁ SENDO MONITORADA

Esse desafio de manter a distância do drone perpendicular e com a menor diferença possível é de extrema importância para manter a qualidade de todas as imagens ou manter a qualidade do vídeo. Como pode ser observado na figura 30, caso o drone iniciasse sua movimentação partindo do "Ponto 1" e a sua distância em relação à estrutura fosse mantida fixa e sua movimentação fosse apenas a mudança de altitude isso causaria um acidente, pois quando chegasse um certo momento ele colidiria com a estrutura. Caso o drone começasse da "Posição 2" da figura 30 com uma distância fixa em relação à estrutura e sua movimentação fosse um aumento de altitude resultaria que quando chegasse ao fim da missão, sua distância da estrutura seria enorme acarretando uma má qualidade de imagens/vídeo, pois as imagens/vídeo começaram ser obtidas perto da estrutura e no decorrer da missão passariam a estar muito longe da estrutura.

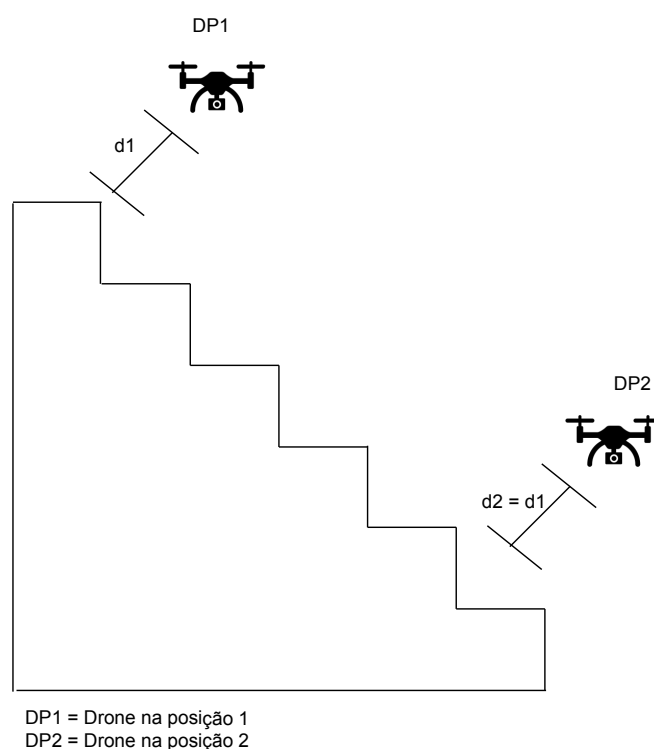


Figura 30 – Distância da aeronave em relação à estrutura

Fonte: O autor

Fonte Ícones: [Referências Ícones](#)

Portanto, para resolver esse problema é necessário obter a altitude em metros, do início, por exemplo, o drone na posição 1 representado pelo "DP1" na figura 31, e do fim da missão representado por "DP2" na figura 31. A altitude é representado pelo

"H"na figura 31, esse valor é obtido através do barômetro do drone e também através das propriedades das imagens obtidas durante o voo manual para a geração da rota. A distância representada por "D"na figura 31 também é necessária para realizar o cálculo, o valor "D"é obtido pelo GPS da aeronave em metros. Por fim, com a distância "D"e a altura "H"pode-se calcular a distância "A"da figura 31, sendo a distância/caminho constante que o drone precisa manter da estrutura resultando uma rota com uma mesma distância da estrutura, sendo a estrutura a área de interesse para obtenção de imagens ou vídeo.

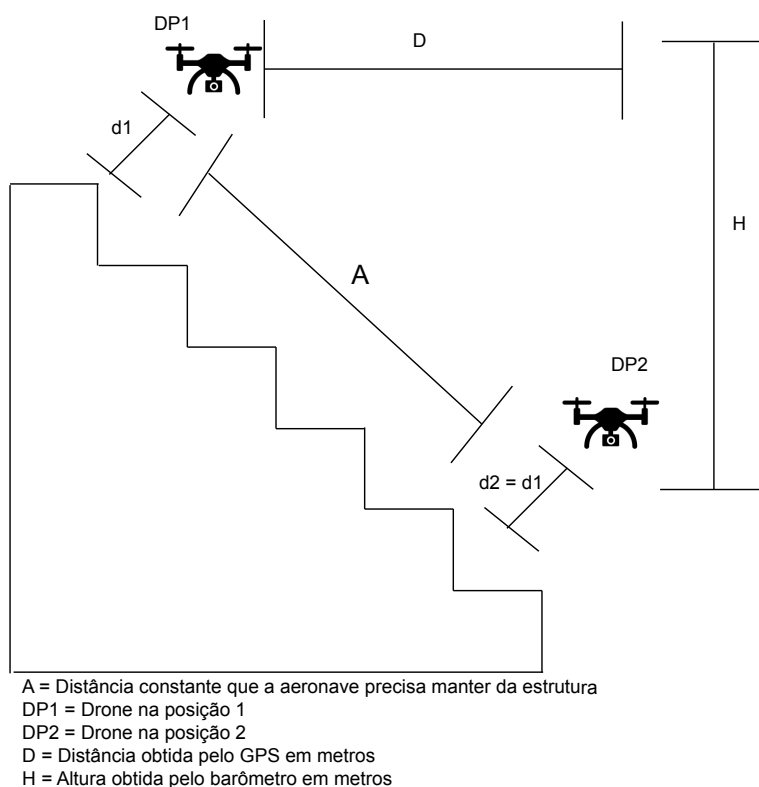


Figura 31 – Distância Perpendicular da aeronave em relação à estrutura

Fonte:O autor

Fonte Ícones: [Referências Ícones](#)

5.3 DESAFIO 2 — MANTER A CÂMERA SEMPRE PERPENDICULAR COM O FOCO NA ÁREA QUE ESTÁ SENDO MONITORADA

Normalmente, o drone voa com a câmera em ângulo, conforme a área de interesse. Geralmente a capacidade de movimentação do ângulo da câmera varia de 0° (ou seja, totalmente reta para frente como pode ser observado no "Ângulo 1"32) e -90° como também pode ser observado na figura 32. É necessário, então, calcular o ângulo adequado para a obtenção de imagens e vídeo, mantendo a área de interesse sempre em paralelo.

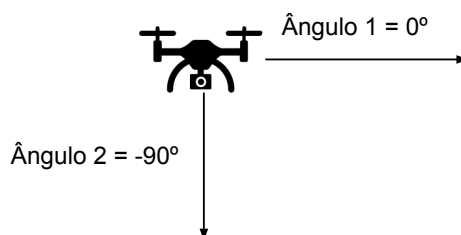


Figura 32 – Capacidade de angulação da câmera/drone

Fonte:O autor

Fonte Ícones: [Referências Ícones](#)

Portanto, para ser calculada a angulação necessária para realizar o voo, é preciso descobrir o ângulo alfa representado na figura 33. Para ser calculado o ângulo alfa é necessário obter a distância "D" da figura 33, e a altura H também da figura 33, após obter os dois valores pode ser calculado o ângulo alfa através da seguinte equação:

$$\alpha = \text{ArcoTangente}(D/H) \quad (1)$$

Com o resultado dessa equação, é necessário apenas negativar o ângulo obtido. Portanto, através desse cálculo representado obtemos o ângulo necessário para ser posicionado a câmera do drone.

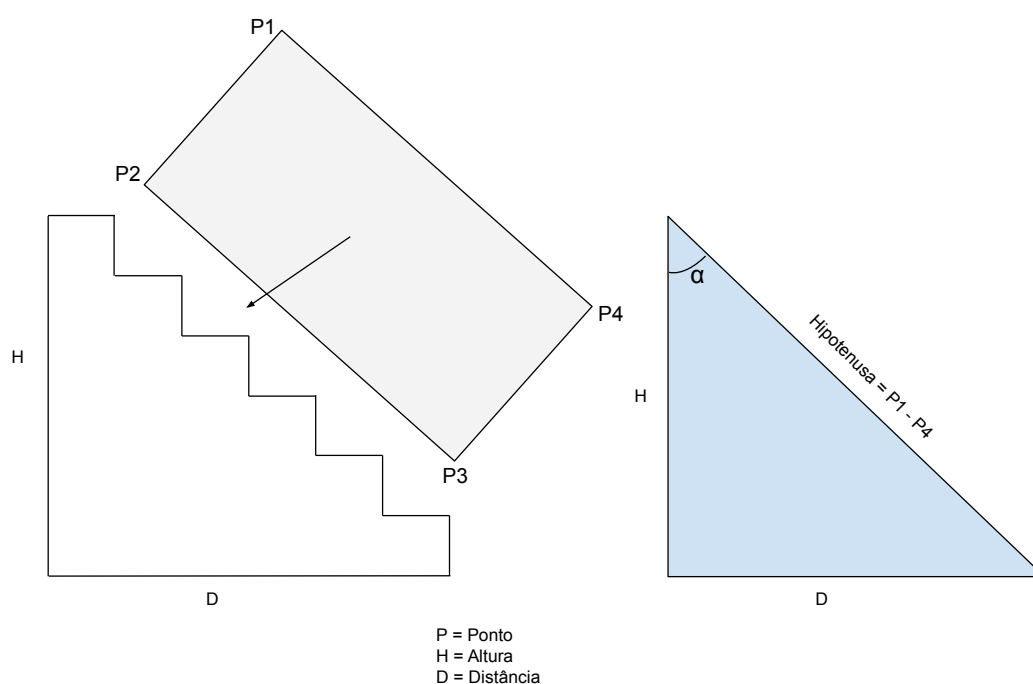


Figura 33 – Angulação da câmera/drone

Fonte:O autor

5.4 DESAFIO 3 — AUTOMATIZAR A CONSTRUÇÃO DE ROTAS PARA PRÉ-INSPEÇÃO, INSPEÇÃO E PÓS-INSPEÇÃO

Comentado na discussão da figura 29, as missões executadas por aplicativos comerciais não tomam precauções necessárias, como o desvio de obstáculos até chegar na área de interesse. Partindo dessa dificuldade, o presente trabalho tomou como solução a divisão da missão em três etapas sendo elas: pré-inspeção, inspeção e pós-inspeção. A pré-inspeção é a parte de decolar com o drone partindo do ponto representado "início/fim" na figura 34 e voar até o primeiro ponto da inspeção, o primeiro ponto da área de interesse, essa etapa denominada pré-inspeção é representada na figura 34 com as setas verdes. Esta etapa de pré-inspeção, foi criada com o intuito de desviar de obstáculos existentes como: postes ou outra estrutura qualquer até chegar ao primeiro ponto da missão representado como "P1" na figura 34. A segunda etapa, sendo a inspeção, é a principal parte da missão, é nessa etapa onde é realizado a obtenção de imagem ou vídeo. Na figura 34, a etapa de inspeção é representada por linhas vermelhas. As setas pretas que partem dessas linhas vermelhas representam o foco do drone e da câmera. Por último, mas não menos importante é a terceira etapa denominada pós-inspeção, representada na figura 34 por setas da cor azul, que parte do último ponto da inspeção representado por "P4" na figura 34 e visa o mesmo objetivo da primeira etapa, desviar de obstáculos existentes até o ponto final da missão representado "início/fim" na figura 34.

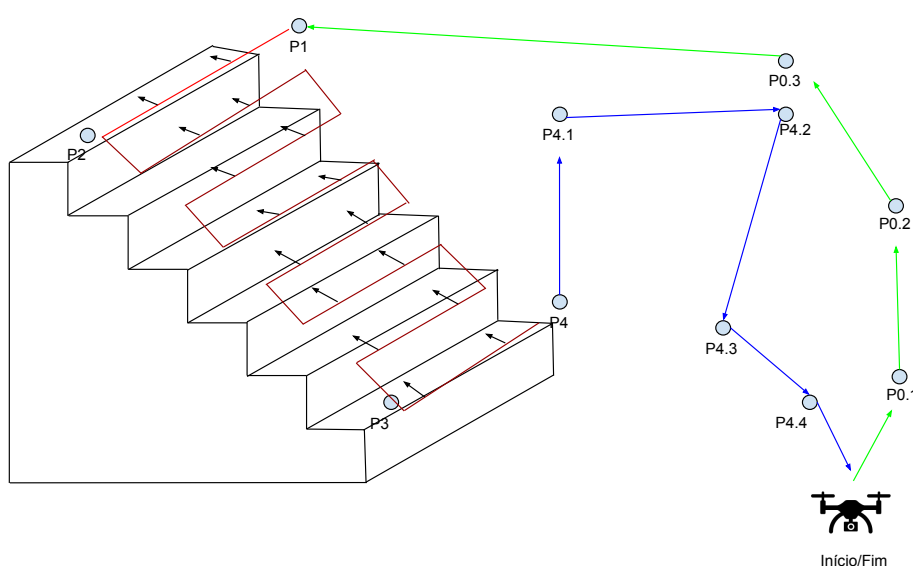


Figura 34 – Missão Completa com pré-inspeção, inspeção e pós-inspeção

Fonte: O autor

Fonte Ícones: [Referências Ícones](#)

Desta maneira, a missão completa fica automatizada e mais segura de modo geral, pois através do voo manual no passo da figura 28 são coletados os pontos de controle, ou seja, os pontos da etapa de pré-inspeção e pós-inspeção, resultando em uma rota segura.

5.5 DESAFIO 4 — DIVIDIR AS MISSÕES CASO NÃO SEJA POSSÍVEL CUMPRIR EM UMA ÚNICA BATERIA

Um desafio a ser superado e é importante, está relacionado com o tempo de autonomia de cada bateria do drone, já que a distância total da rota foi aumentada, em razão da separação da rota em três etapas: pré-inspeção, inspeção e pós-inspeção tornando as três etapas a rota completa, com o intuito de obter mais segurança de forma geral. Desta maneira, tem-se três distâncias importantes, sendo elas:

- Distância Pré-inspeção, Velocidade-Cruzeiro: Distância total da pré-inspeção e a velocidade que vai ser utilizado durante a pré-inspeção;
- Distância Inspeção, Velocidade-Cruzeiro: Distância total da inspeção e a velocidade que vai ser utilizado durante a inspeção;
- Distância Pós-inspeção, Velocidade-Cruzeiro: Distância total da pós-inspeção e a velocidade que vai ser utilizado durante a pós-inspeção;

Para calcular o tempo gasto em cada etapa da missão completa, é preciso realizar a seguinte equação:

$$\text{TempoDeCadaEtapa} = \text{DistanciaDeCadaEtapa} / \text{VelocidadeDeCadaEtapa} \quad (2)$$

Após calcular o tempo de cada etapa, é preciso realizar o cálculo de tempo total da missão completa com a seguinte equação:

$$\text{TempoTotal} = \text{TempoDaPreInspecao} + \text{TempoDaInspecao} + \text{TempoDaPosInspecao} \quad (3)$$

Com isso, é obtido o tempo total da missão completa, para manter uma margem de segurança, nesse trabalho é considerado apenas 70% da capacidade total de cada bateria do drone fazendo com que isso dê mais segurança durante a execução de cada rota.

Portanto, é verificado o seguinte:

Se $\text{tempoTotal} > \text{autonomiaDaBateria} * 0,7$ -> Divide a missão em N partes necessário;

Caso contrário não é necessário dividir a missão.

6 DESENVOLVIMENTO

Com base no estudo realizado, sobre o estado da arte, onde o foco é a utilização de drones para inspeção e monitoramento, foi possível notar a grande importância e a quantidade de benefícios que isso acarreta para várias áreas possíveis que possam aproveitar esse benefício. Desta maneira, foram apresentados diversos aplicativos que auxiliam na criação e também na execução das missões, portanto, foi escolhido o aplicativo Litchi ([LITCHI, 2021a](#)) para que a partir da dificuldade de criar rotas customizadas no aplicativo, foi proposta a presente solução para mitigar a dificuldade de criação rotas customizadas, de modo que facilite essa tarefa e a torne mais segura.

Então, neste capítulo de desenvolvimento são apresentadas informações como: breve apresentação do código-fonte, breve apresentação da linguagem de programação utilizada, apresentação da biblioteca utilizada no desenvolvimento, apresentação das ferramentas utilizadas, descrição do algoritmo, requisitos funcionais e não funcionais, diagrama de classes UML e um fluxograma da solução desenvolvida, etc.

6.1 DESCRIÇÃO DO ALGORITMO

A solução proposta é um gerador de rotas customizadas para inspeção de barragens e estruturas inclinadas com a utilização de drones. O algoritmo que vai ser desenvolvido vai receber como parâmetro algumas informações que vão ser passadas para o código através de um arquivo de configuração JSON (JavaScript Object Notation) ([MEDIA, 2011](#)). Essas informações são, por exemplo, drone, câmera entre outros, estas informações são necessárias para realizar criação e a configuração da rota completa. Pode ser observado na figura [35](#) o arquivo JSON de configuração, onde contem todas as informações necessárias que precisam ser passadas para o algoritmo poder gerar a rota customizada completa.

geográficas em pontos cartesianos. Com a *AreaCartesiana* o algoritmo irá trabalhar para calcular todas as informações necessárias, como ângulo da câmera, quantidade de rotas com base na duração da bateria entre outros. Após o algoritmo realizar todos os cálculos o objeto é convertido em uma *Rota* com pontos cartesianos. Por fim, a *Rota cartesiana* é convertida em uma *Rota geográfica*, sendo a rota customizada final e completa. Após o processamento das informações recebidas através do arquivo de configuração, o algoritmo converte a *Rota geográfica* em um arquivo (CSV) ou mais dependendo do tamanho da rota final, este(s) arquivo(s), sendo a rota customizada final e completa. Pode ser observado um exemplo de saída do algoritmo sendo a rota customizada e completa na figura 37.

The image shows a CSV file with columns labeled A through AC and rows containing numerical data. The data appears to be a series of coordinates or route parameters. The first row contains column headers: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC. The rows contain various numerical values, some with negative signs, representing the data points of the route.

Figura 37 – Arquivo CSV da Rota Customizada

Fonte: O autor

Com o arquivo de saída da rota customizada, é possível fazer o *upload* da rota no site do aplicativo Litchi, desta maneira a rota vai ficar disponível no aplicativo Litchi do celular.

Portanto, com a rota customizada pronta e configurada é possível executar com o auxílio do aplicativo Litchi (LITCHI, 2021a).

6.2 REQUISITOS

Os requisitos foram levantados com base na utilização dos aplicativos testados, com base na experiência obtida durante o decorrer do curso e também com base no que era esperado pra deixar o algoritmo com uma execução de forma mais simples.

6.2.1 Requisitos Funcionais

- RF-1: Arquivo de configuração de Rota: O usuário é possibilitado a configurar a rota através de um arquivo no formato JSON;
- RF-2: Gerador de Rotas: Criar uma solução que consiga gerar rota(s), que com o auxílio do aplicativo Litchi seja possível executar de forma autônoma;

- RF-3: Edição de Rotas: O usuário pode editar os parâmetros do arquivo de configuração, e criar rotas novas.
- RF-4: Pontos de Controle: As rotas devem possuir pontos de controle, denominados pré-missão e pós-missão para aumentar a segurança da missão, resultando uma automatização das rotas customizadas e evitando possíveis colisões;
- RF-5: Compatibilidade: As rotas geradas devem ser compatível com o aplicativo Litchi, que vai auxiliar na execução das mesmas.
- RF-6: Opções de drone: O usuário vai ter opções de qual drone escolher para executar as missões, sendo esse drone da empresa DJI.
- RF-7: Opções de câmera: Vai ser possível escolher qual câmera vai realizar a captura das imagens.

6.2.2 Requisitos Não Funcionais

- RNF-1: Possuir os sistemas operacionais Windows ou Linux, com versões que suportem a instalação de um ambiente Java para poder executar a solução.
- RNF-2: Possuir um ambiente com java 8, versão 2021-03-16, update 321 instalado para poder utilizar a solução desenvolvida.

6.3 TECNOLOGIAS EMPREGADAS

6.3.1 Linguagem de Programação — Java

A linguagem JAVA foi desenvolvida na década de 90 pela Sun Microsystems, com o intuito de ser simples e eficiente comparada as linguagens antecessoras, o alvo inicial para a utilização da linguagem JAVA era, por exemplo: forno de micro-ondas (INDRUSIAK, 1996).

No início a linguagem não obteve o sucesso pretendido, com o passar do tempo e a popularização da rede de internet (World Wide Web) a criadora Sun Microsystems percebeu que com esse avanço tecnológico a sua linguagem poderia prosperar, então a linguagem começou a permitir a criação de programas chamados applets, que navegavam e trocavam informações/dados através da internet, com isso e outras mudanças que marcaram o seu avanço tecnológico a linguagem JAVA começou a ficar conhecida e aumentar o seu número de utilização no mercado. Java começou a ser utilizado para diversas funções como: acesso remoto a bancos de dados, bancos de dados distribuídos, comércio eletrônico no WWW, network CAD, interatividade em páginas WWW, interatividade em ambientes de realidade virtual distribuído, gerência de documentos, integração entre dados e forma de visualização, network computer, ensino à distância, jogos e entretenimento (INDRUSIAK, 1996).

A linguagem de programação Java é muito conhecida e utilizada hoje em dia. Foi realizada uma pesquisa durante o terceiro trimestre de 2021 por 160 países e a linguagem JAVA apareceu em terceiro lugar como pode ser observado na figura 38 com 9,6 milhões de usuários (JESUS, L. de, 2021).

		Most popular in	Least popular in
Javascript*	16.4 M	Web, backend	DS/ML, embedded
Python	11.3 M	DS/ML, IoT apps	Mobile, AR/VR
Java	9.6 M	Mobile, desktop	DS/ML, web
C/C++	7.5 M	Embedded, IoT apps	Web, mobile
PHP	7.3 M	Web, backend	DS/ML, mobile
C#	7.1 M	AR/VR, desktop, games	DS/ML, mobile

Figura 38 – Ranking das linguagens de programação mais utilizadas no terceiro trimestre de 2021

Fonte: (JESUS, L. de, 2021)

Características

Java foi criada para ser uma linguagem simples, de aprendizado fácil. Foi feito a diminuição de construções que tem uma grande chance de ocasionar erros, por exemplo: ponteiros e o gerenciamento de memória via código de programação fazendo com que o Java seja mais eficiente (INDRUSIAK, 1996).

A linguagem JAVA é baseada no paradigma de orientação a objetos, "encapsulamento em um bloco de software dos dados (variáveis) e métodos de manipulação desses dados — a linguagem permite a modularização das aplicações, reuso e manutenção simples do código já implementado"(INDRUSIAK, 1996). Na imagem 39 pode ser visto uma representação do encapsulamento de variáveis e métodos em um objeto.

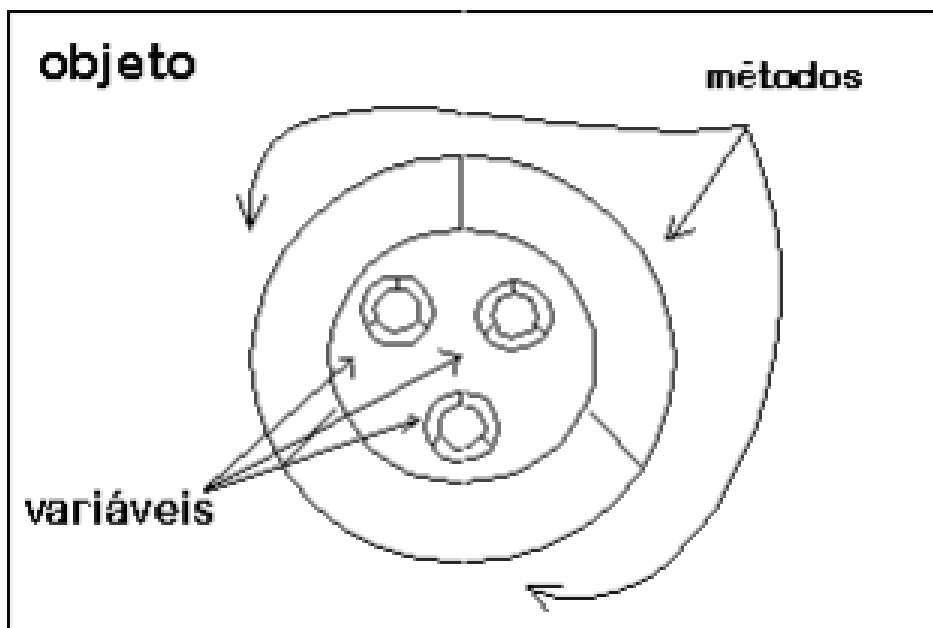


Figura 39 – Representação de um Objeto em JAVA

Fonte: (INDRUSIAK, 1996)

As linguagens de programação podem ser tanto compiladas como interpretadas. A linguagem Java é ambos os termos, ela é compilada e interpretada. O código escrito em Java utilizando um editor de texto qualquer, é salvo como código-fonte. Com o código-fonte salvo, é possível compilar e gerar um tipo de arquivo binário, chamado arquivo de classe, porém, esses arquivos de classe não são executados diretamente, pois eles não possuem instruções que os processadores conseguem entender diretamente. Portanto, os programas Java são compilados em um formato intermediário chamado bytecodes, esses programas podem ser executados em qualquer sistema que possua um interpretador Java (runtime environment) (INDRUSIAK, 1996).

Como recurso de desenvolvimento a Sun Microsystems desenvolveu para disponibilizar aos desenvolvedores de aplicações (Java) um pacote de ferramentas e bibliotecas básicas, denominado JDK (Java Development Kit).

O Java Development Kit disponibiliza algumas ferramentas, por exemplo, o interpretador, compilador, debugger e algumas outras.

O JAVAC é o compilador da linguagem java que compila os arquivos de código-fonte escritos em Java e gera os arquivos de classe no formato de bytecodes. Já o interpretador Java interpreta os arquivos no formato bytecodes gerados pelo JAVAC e executa os programas em Java.

6.3.2 JavaScript Object Notation — JSON

O formato JSON (JavaScript Object Notation) é uma forma de trocar/enviar dados/informações entre sistemas ou em um único sistema internamente. JSON além

de ser simples, uma de suas características muito marcante, é a maneira muito leve de levar dados/informações de um lado para outro (ORG, 2022). JSON é às vezes comparado com o formato XML — eXtensible Markup Language, mas fica evidente a maior simplicidade de utilizar JSON. Pode ser observado a imagem 40 que é o formato XML e a imagem 41 que é o formato JSON.

```
1 <note>
2 <to>Tove</to>
3 <from>Jani</from>
4 <heading>Reminder</heading>
5 <body>Don't forget me this weekend!</body>
6 </note>
```

Figura 40 – Formato XML — eXtensible Markup Language

Fonte: (MEDIA, 2011)

```
1 {
2   "id":1,
3   "nome":"Alexandre Gama",
4   "endereco":"R. Qualquer"
5 }
```

Figura 41 – Formato JSON — JavaScript Object Notation

Fonte: (MEDIA, 2011)

Além da notável diferença há diversas outras vantagens em utilizar esse formato (JSON), sendo elas (MEDIA, 2011; IMHOF; FROZZA; SANTOS MELLO, 2017):

- Leitura mais simples;
- Analisador(parsing) mais fácil;
- JSON suporta objetos;
- Velocidade maior na execução e transporte de dados;
- Arquivo com tamanho reduzido;

6.3.3 IntelliJ

A ferramenta utilizada no presente trabalho para escrever o código desenvolvido foi a IntelliJ (INTELLIJ, 2022). A versão utilizada foi a IntelliJ IDEA 2021.2 (Community Edition), além de ser uma ferramenta gratuita, ela possui diversas funcionalidades que ajudam no desenvolvimento, são elas (INTELLIJ, 2022):

- Deep Intelligence
- Experiência disponível para uso imediato;

- Preenchimento de código inteligente;
- Assistência específica para cada estrutura;
- Impulsionadores de produtividade;
- Ergonomia do desenvolvedor;
- Inteligência discreta;

No mundo de desenvolvedores (Java), de três a cada quatro desenvolvedores fazem a utilização desta ferramenta (INTELLIJ, 2022).

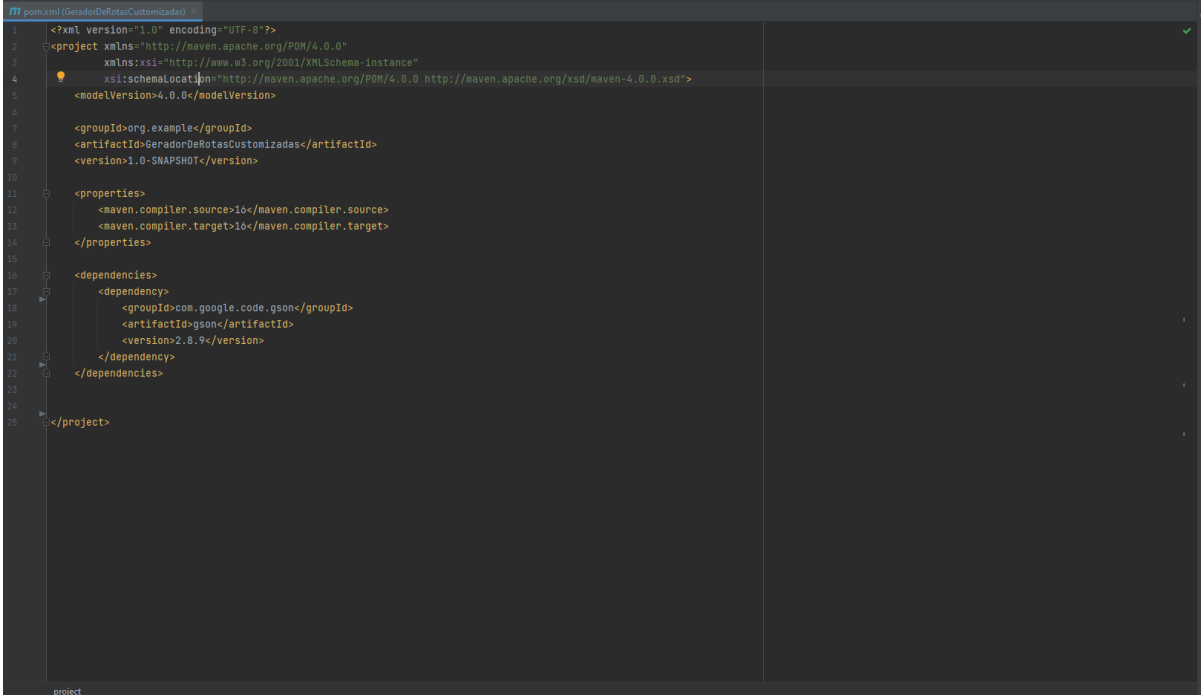
6.3.4 Maven

Maven é uma ferramenta de apoio para equipes que trabalham com projetos Java principalmente, mas também aceita outras tecnologias. Maven foi criado pela Apache (PROJECT, 2022), em uma tentativa de simplificar os processos de construção no projeto Jakarta Turbine" (PROJECT, 2022).

Com outras palavras, maven é uma ferramenta que controla o gerenciamento e a automação de construção (build) de projetos (OTTERO, 2012), além desta principal funcionalidade, maven também auxilia no estímulo de melhores práticas de organização, desenvolvimento e manutenção de projetos.

Como dito anteriormente, a principal função desta ferramenta é facilitar o esforço de configuração de projetos, a linguagem de programação Java, por exemplo, um desenvolvedor seja alocado a um novo projeto Java, que utilize esta ferramenta, não será necessário ele saber tão rapidamente as dependências (bibliotecas) que o projeto necessita para ser executado, também não será necessário ele saber onde obtê-las e nem vai ser preciso ele baixar as bibliotecas de modo manual uma a uma. Com esta ferramenta, é possível instalar todas as dependências necessárias para o projeto através do comando *mvn install* em um terminal na raiz do projeto.

Praticamente todos os projetos utilizam bibliotecas, sendo elas bibliotecas de terceiros ou nativas, para realizar o gerenciamento e a obtenção dessas bibliotecas pode ser complicado, dependendo de qual biblioteca ou da quantidade de bibliotecas utilizada no projeto pode complicar na hora de executar um projeto. Portanto, o Maven facilita isso através de um arquivo XML (eXtensible Markup Language), nomeado como *pom.xml*, esse arquivo possui algumas informações como nome do projeto, versão utilizada e principalmente as dependências necessárias para executar o projeto. Na imagem 42 pode ser observado o arquivo *pom.xml* do presente trabalho. Pode ser observado na imagem 42, que na linha 17 do arquivo é adicionado a dependência do projeto, uma biblioteca chamada GSON para auxiliar na leitura do arquivo de configuração do presente trabalho.



```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <project xmlns="http://maven.apache.org/POM/4.0.0"
3         xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
4         xsi:schemaLocation="http://maven.apache.org/POM/4.0.0 http://maven.apache.org/xsd/maven-4.0.0.xsd">
5     <modelVersion>4.0.0</modelVersion>
6
7     <groupId>org.example</groupId>
8     <artifactId>GeradorDeRotasCustomizadas</artifactId>
9     <version>1.0-SNAPSHOT</version>
10
11     <properties>
12         <maven.compiler.source>10</maven.compiler.source>
13         <maven.compiler.target>10</maven.compiler.target>
14     </properties>
15
16     <dependencies>
17         <dependency>
18             <groupId>com.google.code.gson</groupId>
19             <artifactId>gson</artifactId>
20             <version>2.8.9</version>
21         </dependency>
22     </dependencies>
23
24 </project>
```

Figura 42 – Arquivo pom.xml

Fonte: O autor

6.3.5 Biblioteca GSON

GSON é uma biblioteca Java de serialização/desserialização, utilizada para converter arquivos JSON (texto) em Objetos Java e vice-versa (APACHE, 2022a). O repositório e todas as informações fornecidas por esta biblioteca podem ser encontradas na página do Github do repositório (APACHE, 2022a).

Para utilizar essa biblioteca até a versão 2.8.9 é necessário ter o Java 6 instalado, após esta versão é necessário utilizar a versão do Java 7. Esta biblioteca GSON esta disponível para ser utilizada pelo sistema de automação de compilação e gerenciador de dependências Gradle, esta disponível pelo gerenciador Maven também e ainda é possível baixar os arquivos JAR diretamente pelo site do Maven Central (APACHE, 2022b).

No presente trabalho, esta biblioteca foi utilizada para desserializar os atributos do arquivo de configuração JSON (*configuracao.json*), e ser representada pelo Objeto Java Config (*Classe Config.java*), onde todos os atributos referentes a classe Config, são as configurações necessárias para gerar a rota customizada.

6.4 DIAGRAMA DE CLASSES UML

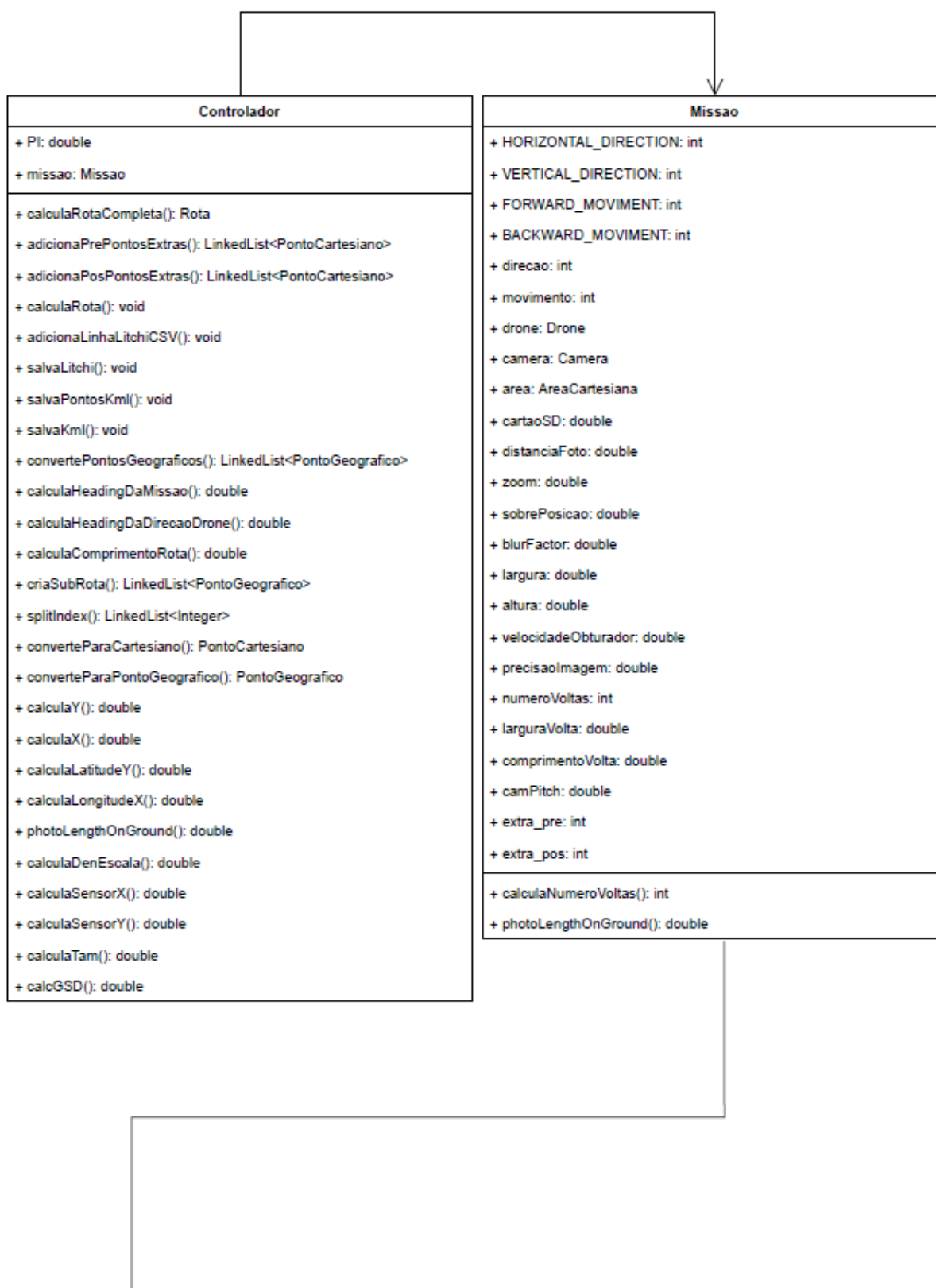


Figura 43 – Diagrama de Classe

Fonte: O autor

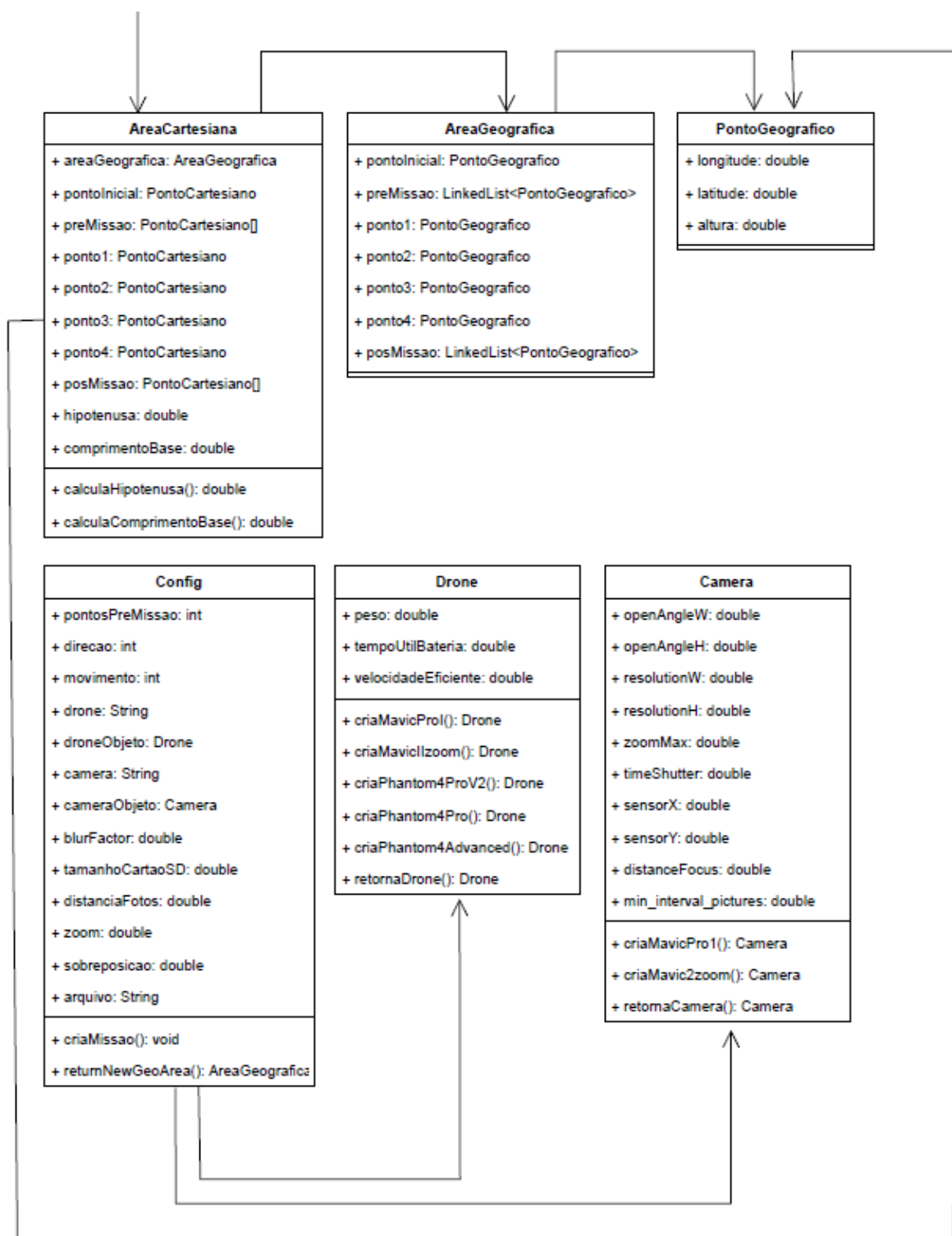


Figura 44 – Diagrama de Classe

Fonte: O autor

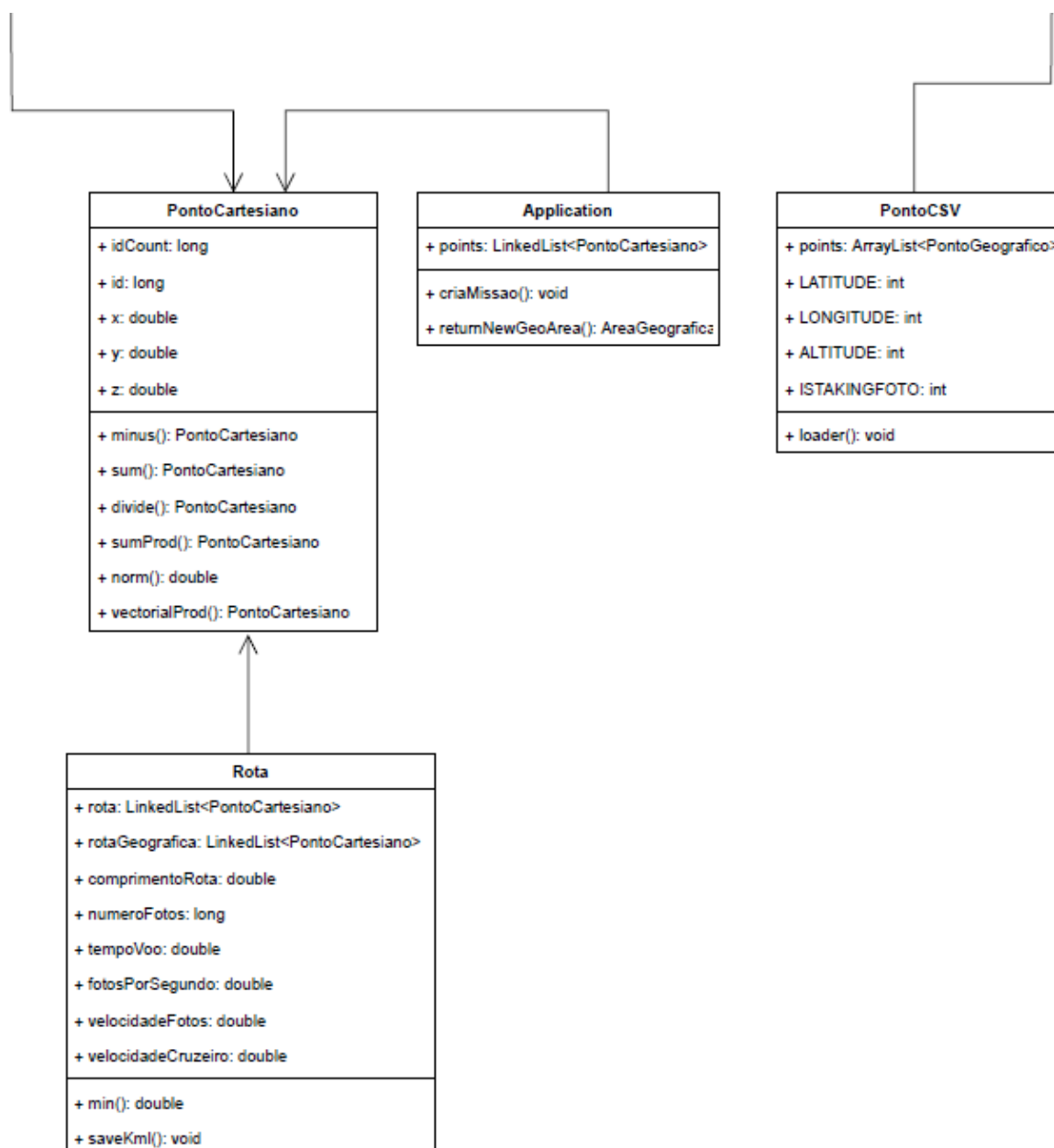


Figura 45 – Diagrama de Classe

Fonte: O autor

6.4.1 Classes Java

No presente trabalho foi desenvolvido um algoritmo gerador de rotas customizadas e possui algumas classes na linguagem de programação Java, como pode ser observado com base no diagrama de classes nas imagens 43, 44 e 45. Aqui vai explicado brevemente um pouco de cada classe java desenvolvida no presente trabalho.

As classes desenvolvidas foram: Controlador, AreaCartesiana, AreaGeografica, Camera, Drone, Missao, PontoCartesiano, PontoCSV, PontoGeografico, Rota, Application, Config e Main.

Na classe Controlador é onde possui a maior parte lógica do algoritmo, pois possui diversos métodos de cálculos que é necessário para poder gerar a rota customizada. É a classe responsável que calcula a rota completa, faz também a adição dos pontos de pré-missão e pós-missão entre outras responsabilidades.

A classe AreaCartesiana é onde representado a área cartesiana com base em pontos cartesianos, esses pontos cartesianos foram criados a partir da coordenadas geográficas obtidas pelo arquivo de voo que foi obtido durante o voo manual.

A classe AreaGeografica é representado a área geográfica com a utilização dos pontos (coordenadas geográficas) obtidas durante o voo manual através do arquivo de voo.

Já na classe câmera, é uma classe que representa o objeto câmera que está acoplado no drone, essa classe é responsável por possuir os atributos que são as características de uma câmera.

Na classe Drone, é utilizada para representar um drone, seguindo a mesma ideia da classe câmera. Na classe drone possui as características de um drone.

A classe Missao, é responsável por conter todas as informações que vai ser necessário para criar a missão desejada, por exemplo, qual drone será utilizado, qual câmera que será utilizado. Essa classe é muito importante no algoritmo, pois contém muitas informações necessárias para o cálculo da rota customizada completa.

A classe PontoCartesiano é responsável por realizar alguns cálculos, que vai auxiliar a classe Controlador.

Na classe PontoCSV contém responsabilidades muito importante para o algoritmo. É nessa classe que é realizada a varredura do arquivo de voo obtido durante o voo manual, durante essa varredura é obtido as coordenadas interessantes para criar a missão.

A classe PontoGeografico é responsável por representar coordenadas geográficas, contendo características como longitude, latitude e altitude.

Já a classe rota é responsável por conter a rota e algumas informações importantes sobre a própria rota customizada completa, por exemplo o comprimento total da rota e tempo de voo.

A classe Application é responsável por possuir o método principal do algoritmo que é *criaMissao*, esse método é o responsável por criar a rota customizada completa e é o coração do algoritmo.

A classe Config é responsável por desserealizar o arquivo de configuração (*configuracao.json*), fazendo com que se tenha um objeto em Java com todas as informações descritas no arquivo de configuração.

E por fim, a classe Main que é a classe principal. Responsável por criar a instância de uma classe *Application* e chama o método *criaMissao* para dar início ao algoritmo.

6.5 FLUXOGRAMA DE FUNCIONAMENTO

O fluxo final da proposta do presente trabalho pode ser observado na imagem 46;

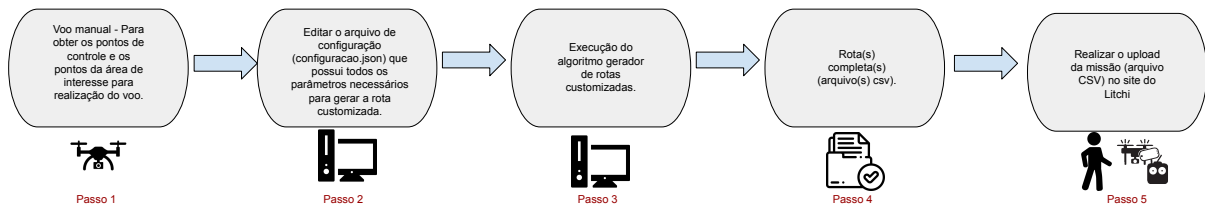


Figura 46 – Fluxograma para gerar rotas

Fonte: O autor

Fonte Ícones: [Referências Ícones](#)

Com base no fluxograma da figura 46, pode ser observado o seguinte:

1. Realizar um voo de modo manual para obter os pontos de controle e os pontos de interesse da estrutura, que vão estar contidos no arquivo de voo gerado pelo aplicativo Litchi. Pode ser observado na figura 47 um exemplo de arquivo gerado durante um voo manual.

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
latitude	longitude	altitude(m)	ultrasonic speed(m)	distance(m)	max_altitude	max_acceleration	max_speed	max_distance	milli	dattetime(dateime)	satellites	pressure	temperature	voltage(v)	home_latitude	home_longitude	home_altitude	velocity(x)	velocity(y)	pitch(deg)	roll(deg)	yaw(deg)	power	wifi	is flying	litchi	gphoto	
2	29.447897	-51.285890	0.5	0.2	0.08	0.5	0.5	0.2	0.06	0.4319.9	4319.9	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0	-0.2	-0.9	-0.6	158.7	0	1	0	0	
3	29.447898	-51.285890	0.5	0	0.03	0.5	0.5	0.2	0.06	105.4319.9	4319.9	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.1	-0.4	158.7	0	1	0	0	0
4	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.06	200.4319.9	4319.9	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.1	-0.3	158.7	0	1	0	0	0
5	29.447897	-51.285890	0.5	0.5	0.06	0.5	0.5	0.2	0.06	299.4319.9	4319.9	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.2	-0.2	158.7	0	1	0	0	0
6	29.447897	-51.285890	0.5	0.1	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	450.4319.9	4319.9	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0	0.1	-1.3	-0.3	158.8	0	1	0	0	0
7	29.447897	-51.285890	0.5	0.1	0.06	0.5	0.5	0.2	0.07	504.4319.9	4319.9	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0	0.1	-1.3	-0.3	158.8	0	1	0	0	0
8	29.447897	-51.285890	0.5	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	609.4319.9	4319.9	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.2	-0.4	158.8	0	1	0	0	0
9	29.447897	-51.285890	0.4	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	708.4319.9	4319.9	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.2	-0.6	158.8	0	1	0	0	0
10	29.447897	-51.285890	0.4	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	805.4319.9	4319.9	11	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.0	-0.8	158.7	0	1	0	0	0
11	29.447898	-51.285890	0.4	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07	911.4319.9	4319.9	12	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.8	-1.1	158.6	0	1	0	0	0
12	29.447898	-51.285890	0.4	0.5	0.03	0.5	0.5	0.2	0.07	1105.4319.9	4319.9	12	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.7	-1.158.4	0	1	0	0	0	0
13	29.447898	-51.285890	0.4	0.5	0.03	0.5	0.5	0.2	0.07	1309.4319.9	4319.9	12	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.7	-0.9	158.3	0	1	0	0	0
14	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07	1289.4319.9	4319.9	12	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.6	-0.8	158.3	0	1	0	0	0
15	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07	1411.4319.9	4319.9	12	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.6	-0.8	158.3	0	1	0	0	0
16	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07	1502.4319.9	4319.9	12	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.7	-0.6	158.4	0	1	0	0	0
17	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.03	0.5	0.5	0.2	0.07	1603.4319.9	4319.9	12	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.7	-0.4	158.5	0	1	0	0	0
18	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07	1705.4319.9	4319.9	12	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.8	-0.3	158.5	0	1	0	0	0
19	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07	1794.4319.9	4319.9	12	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.9	-0.2	158.5	0	1	0	0	0
20	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.05	0.5	0.5	0.2	0.07	1906.4319.9	4319.9	12	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.9	-0.2	158.5	0	1	0	0	0
21	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.05	0.5	0.5	0.2	0.07	2002.4319.9	4319.9	12	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.9	-0.2	158.5	0	1	0	0	0
22	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.05	0.5	0.5	0.2	0.07	2092.4319.9	4319.9	12	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.9	-0.2	158.5	0	1	0	0	0
23	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.05	0.5	0.5	0.2	0.07	2193.4319.9	4319.9	12	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.0	-0.2	158.6	0	1	0	0	0
24	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	2292.4319.9	4319.9	13	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.0	-0.2	158.5	0	1	0	0	0
25	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	2403.4319.9	4319.9	13	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.0	-0.1	158.6	0	1	0	0	0
26	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.06	0.5	0.5	0.2	0.07	2510.4319.9	4319.9	13	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.1	0.158.6	0	1	0	0	0	1
27	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	2605.4319.9	4319.9	13	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.1	0.158.7	0	1	0	0	0	1
28	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.08	0.5	0.5	0.2	0.08	2701.4319.9	4319.9	13	0	0	16.617	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.1	0.158.7	0	1	0	0	0	1
29	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.08	0.5	0.5	0.2	0.08	2797.4319.9	4319.9	13	0	0	16.567	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.1	0.158.7	0	1	0	0	0	1
30	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.09	2899.4319.9	4319.9	13	0	0	16.567	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.1	0.158.8	0	1	0	0	0	1
31	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.09	3005.4319.9	4319.9	13	0	0	16.567	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.1	0.158.8	0	1	0	0	0	1
32	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.09	3101.4319.9	4319.9	13	0	0	16.567	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.0	1.158.9	0	1	0	0	0	1
33	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.09	3207.4319.9	4319.9	13	0	0	16.567	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.0	1.158.9	0	1	0	0	0	1
34	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.2	0.1	3297.4319.9	4319.9	13	0	0	16.567	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.9	0.1	159	0	1	0	0	0
35	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.2	0.1	3403.4319.9	4319.9	13	0	0	16.567	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.9	0	159	0	1	0	0	0
36	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.2	0.1	3492.4319.9	4319.9	13	0	0	16.567	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.9	0.1	159	0	1	0	0	0
37	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.2	0.1	3591.4319.9	4319.9	13	0	0	16.567	0.000000	0.000000	0	0	0	-0.9	0.1	159	0	1	0	0	0
38	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.2	0.1	3702.4319.9	4319.9	12	0	0	16.567	0.000000	0.000000	0	0	0	-1	0.159.1	0	1	0	0	0	0
39	29.447898	-51.285890	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.2	0.1	3801.4319.9	4319.9	12	0	0	16.566	0.000000	0.000000	0	0	0	-1	0.159.1	0	1	0	0	0	0
40	29.447897	-51.285890	0.5	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.1	3900.4319.9	4319.9	12	0	0	16.566	0.000000	0.000000	0	0	0	-1	0.159.1	0	1	0	0	0	0

Figura 47 – Arquivo de Voo

Fonte: O autor

2. Editar o arquivo de configuração (*configuracao.json*) para informar os parâmetros necessários para gerar a rota, por exemplo: drone, câmera entre outros. Nesse arquivo de configuração é onde é passado todas as informações necessárias que o algoritmo necessita para criar a rota customizada completa. Pode ser observado um exemplo do arquivo de configuração na imagem 48.

```
configuracao.json X
C:\Users\Alexandre > Documents > Projetos > GeradorDeRotasCustomizadas > configuracao.json ...
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
{
  "arquivo": "2019-12-12_16-43-51_v2-barragem-montante",
  "pontosPreMissao": 4,
  "direcao": 1,
  "movimento": 3,
  "drone": "Mavic2Zoom",
  "camera": "Mavic2Zoom",
  "blurFactor": 0.50,
  "tamanhoCartaoSD": 16,
  "distanciaFotos": 17,
  "zoom": 1.0,
  "sobreposicao": 0.70
}
```

Figura 48 – Arquivo de Configuração do Algoritmo Gerador de Rotas

Fonte: O autor

- 3. Executar o algoritmo, na execução do algoritmo é pega as informações passadas através do arquivo de configuração e feito os cálculos necessários para criar a rota customizada completa.
- 4. Como resultado são obtida(s) a(s) rota(s) completa (arquivo CSV), pronto para ser utilizado e executado com o auxílio do aplicativo Litchi. Pode ser observado um exemplo de rota customizada e completa na figura 49.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC		
1	20447896	-53.285896	0.0	161.287064	62793.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	-29.448088	659974.19	-53.285821	129601.994	1.851732	14376.1454	161.287064	62793.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3	-29.448097	-53.285818	309349.04	0.17723	373705450.02	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4	-29.448235	760500.55	-53.285811	1009097.76	15.890074	88169789.177	233707305450.82	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
5	-29.448241	-53.285810	169823.16	5.1382434	178877880.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
6	-29.448048	914877.77	-53.284985	69631379.48	65377633	1473118.0434	78657378.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
7	-29.449002	-53.284981	189499.66	5.1150818	1869793487.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	-29.449191	187841.54	-53.284648	6202772.46	5.1150818	1869793487.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
9	-29.449195	-53.284981	12697021.46	-9.1910393	1628671.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	-29.453351	1663103.53	-53.285505	32662708.52	0.88971	1449028.193	0.1393	18286732.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	-29.45236	-53.285505	32662708.52	0.88971	1449028.193	0.1393	18286732.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12	-29.457625	-53.284921	1851206.53	1.2797379	179018860205.0	0.0	-1.0	4.1	0.0	0.0	2.044697650927779	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
13	-29.447628	26666666.66	-53.284932	124957.71	49.9666666666667	2.797379	179018860205.0	0.0	-1.0	4.1	0.0	0.0	2.044697650927779	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
14	-29.453351	16666666.66	-53.285181	31506.40	433333333333333	333333333333333	333333333333333	2.797379	179018860205.0	0.0	-1.0	4.1	0.0	0.0	2.044697650927779	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	-29.453351	33333333.36	-53.285471	76361955.48	766666666666.66	2.797379	179018860205.0	0.0	-1.0	4.1	0.0	0.0	2.044697650927779	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
16	-29.447628	33333333.33	-53.284365	13278466.48	433333333333333	333333333333333	2.797379	179018860205.0	0.0	-1.0	4.1	0.0	0.0	2.044697650927779	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	-29.447628	-53.284333	7666666666.66	1.2797379	179018860205.0	0.0	-1.0	4.1	0.0	0.0	2.044697650927779	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
18	-29.453365	-53.285428	2689577394.48	1.8169454	44271379.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
19	-29.448099	613849.95	-53.284792	179018612.45	494112	73040876.189454	43737876.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
20	-29.449261	-53.284798	10948.61	1.731241	793108957.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
21	-29.448855	-53.285188	80720636.33	1.1513795	17905384.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
22	-29.448438	387830504	-53.285054	545412568.20	732645	7368713.315	037553785596.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
23	-29.448438	-53.285054	545412568.20	732645	7368713.315	037553785596.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
24	-29.448197	3073734	-53.285775	533183174.8	3077911	129686.962	305745815898.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
25	-29.448123	-53.285774	72972081.6	0.3353239	124549326.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
26	-29.447980	1717661	-53.285389	3848611.0	0.982327	2764265.335	3233912405326.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
27	-29.447898	-53.285896	2.0	0.0	0.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
28																														
29																														
30																														
31																														
32																														
33																														

Figura 49 – Arquivo CSV da Rota Customizada

Fonte: O autor

- 5. Com a rota customizada completa gerada pelo algoritmo, basta fazer o *upload* no site do Litchi e nomear a missão. Após isso ser realizado, a missão estará disponível no aplicativo Litchi do celular para ser executada.

7 CONCLUSÃO

Com o aumento da utilização de drones em diversas áreas, por exemplo, agricultura, indústria, construção, saúde e entres outros, faz com que o pensamento de usar drone seja alterado. No presente trabalho foram apresentadas diversas atividades realizadas com drones, de maneira que, fique claro o aumento da utilização destes instrumentos no dia a dia.

O presente trabalho tem como foco a utilização de drones para inspeções em estruturas inclinadas, por exemplo, barragens. Então, com todo o estudo apresentado neste trabalho fica evidente o risco de vida dos trabalhadores envolvidos na realização destas inspeções de forma tradicional, pois são necessários a utilização de andaimes, veículos especiais e outras circunstâncias com periculosidade.

Com os dados apresentados, é possível perceber que além do risco de segurança envolvendo os funcionários, o tempo e o dinheiro gasto também são elevados utilizando a estratégia tradicional de inspeção. Deste modo, constata-se que algumas inspeções periódicas deixam de ser realizadas por motivos como o da "falta de recursos materiais"(dinheiro), ou falta de tempo para sua execução. Além disso, das inspeções tradicionais realizadas por funcionários podem decorrer falhas humanas que, com o decorrer do tempo e diante de maus resultados, podem acarretar consequências graves para a sociedade como um todo, colocando a sua própria proteção em risco.

Posteriormente, foram apresentados benefícios e as vantagens na utilização de drones para inspeções e monitoramentos de estruturas inclinadas e áreas de interesse, de maneira que fica claro o porquê do aumento na utilização de drones para a realização de inspeções.

A proposta do presente trabalho em criar uma solução que mitigasse a dificuldade de gerar rotas customizadas e com pontos de controle foi alcançada com êxito. O objetivo principal que é gerar rotas que possam ser executadas com o auxílio do aplicativo Litchi foi atingido. Mesmo não podendo solucionar rotas mais complexas, em formato de polígono que possua a quantidade de lados diferente de quatro. Porém, é possível criar uma rota customizada com pontos de controle e que a área/estrutura de interesse possua os quatro pontos principais em forma de quadrado/retângulo.

O presente trabalho foi projetado e desenvolvido para facilitar a criação de rotas customizadas, e que estas rotas sejam geradas a partir de parâmetros informados pelo usuário através do arquivo de configuração (*configuracao.json*), de maneira que esse arquivo facilite a utilização do algoritmo desenvolvido.

Fazendo uma análise comparativa do algoritmo proposto e desenvolvido no presente trabalho com os aplicativos que criam as rotas através de sua interface gráfica, citados anteriormente, é notável a diferença e a facilidade na parte de criação de rotas

customizadas. Pois, as rotas criadas através da interface de qualquer um dos aplicativos citados no capítulo 3, faz com que cada ponto da missão deva ser criado de forma manual clicando na tela, alterando algumas informações, por exemplo, altitude e velocidade. Com a ajuda da solução aqui desenvolvida, os pontos da rota são criados de forma automática, já setando as informações, como altitude e velocidade.

Portanto, com base no estudo apresentado e a ferramenta resultante do presente trabalho, é possível gerar as rotas customizadas, desta o presente trabalho atingiu seu objetivo principal. Foi desenvolvido o algoritmo utilizando 100% a linguagem Java, podendo ser melhorado por qualquer pessoa. O presente trabalho, além de criar uma solução facilitando a criação de rotas complexas, com base no que foi apresentado, apoia a utilização de drones para inspeções e monitoramento de estruturas, visando suas grandes vantagens comparadas as inspeções de modo tradicional.

7.1 PRÓXIMAS ETAPAS

O trabalho desenvolvido atingiu seu principal objetivo, mas sempre é possível melhorar. Por isso, todo o código desenvolvido encontra-se em <https://github.com/AlexandreAnhaia/GeradorDeRotasCustomizadas>, No Apêndice B, contêm um guia de como gerar uma rota customizada utilizando esta solução.

Existem algumas melhorias que podem ser feitas na ferramenta desenvolvida, sendo elas:

- Gerar rotas customizadas para áreas de interesses que possam ser um polígono que possua a quantidade de lados diferente de quatro;
- Disponibilizar mais opções de drones e câmeras;
- Realizar possíveis adaptações com base nas atualizações do aplicativo Litchi;

REFERÊNCIAS

(DECEA), DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. AERONAVES NÃO TRIPULADAS E O ACESSO AO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO.

<https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-40>, Julho, 2020, 2020. Citado na p. 15.

(NIAS), Nevada Institute For Autonomous Systems. **8 Major Companies Using Drone Technology**. [S.l.: s.n.], 2018. Last accessed 04 September 2021. Disponível em:

<<https://nias-uas.com/7-major-companies-using-drone-technology/>>. Citado na p. 24.

APACHE, Google -. **Gson**. [S.l.: s.n.], 2022. Last accessed 21 February 2022.

Disponível em: <<https://github.com/google/gson>>. Citado na p. 52.

APACHE, Google -. **Gson - Maven Central**. [S.l.: s.n.], 2022. Last accessed 21

February 2022. Disponível em: <<https://maven-badges.herokuapp.com/maven-central/com.google.code.gson/gson>>. Citado na p. 52.

BRITO, DENISE. **40% das aeronaves não tripuladas no Brasil são usadas no agronegócio**. [S.l.: s.n.], 2018. Last accessed 04 September 2021. Disponível em:

<<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Pesquisa-e-Tecnologia/noticia/2018/09/40-das-aeronaves-nao-tripuladas-no-brasil-sao-usadas-no-agronegocio.html>>. Citado na p. 24.

BRITO, DJI. **PHANTOM 4PRO**. [S.l.: s.n.], 2021. Last accessed 04 September 2021.

Disponível em:

<<https://www.dji.com/br/phantom-4-pro?site=brandsite&from=nav>>. Citado na p. 18.

CIAMPA, Elena; DE VITO, Luca; PECCE, Maria Rosaria. Practical issues on the use of drones for construction inspections. *In: IOP PUBLISHING, 1. JOURNAL of Physics: Conference Series*. [S.l.: s.n.], 2019. P. 012016. Citado nas pp. 27, 28.

COSTA, Rafaela Duarte. **Análise da atuação dos drones na segurança de um país**.

2019. Tese (Doutorado). Citado nas pp. 15, 23.

DIAS, Guilherme de Oliveira. Projeto de um drone híbrido. Niterói, 2017. Citado na

p. 21.

DJI. **DJIGO4**. [S.l.: s.n.], 2021. Last accessed 04 September 2021. Disponível em: <<https://www.dji.com/br/downloads/djiapp/dji-go-4>>. Citado nas pp. 12, 33.

DRONE, Central. **A Agência Nacional de Aviação Civil (Anac) acaba de regulamentar a utilização de drones no Brasil. Agora, todos os drones com mais de 250 gramas precisam ser registrados no site oficial da Agência, enquanto os drones com mais de 25 quilos exigem habilitação do piloto**. [S.l.: s.n.], 2021. Last accessed 12 September 2021. Disponível em:

<<https://www.centraldrone.com.br/pagina/regras-da-anac-para-uso-de-drones.html#:~:text=Regras%20da%20ANAC%20para%20uso%20de%20drones%20A,mais%20de%2025%20quilos%20exigem%20habilita%C3%A7%C3%A3o%20do%20piloto.>>. Citado na p. 24.

DRONEDEPLOY. **droneDeploy**. [S.l.: s.n.], 2021. Last accessed 04 September 2021. Disponível em: <<https://www.dronedeploy.com/>>. Citado nas pp. 12, 30.

DRONEDEPLOY. **DroneDeploy for Agriculture**. [S.l.: s.n.], 2021. Last accessed 12 September 2021. Disponível em: <<https://www.dronedeploy.com/solutions/agriculture/>>. Citado na p. 31.

EMERENCIANO, Dartagnan Baggio. **A história e evolução da aplicação de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs)**. [S.l.: s.n.], 2020. Last accessed 14 September 2021. Disponível em: <<https://fupef.org.br/a-historia-e-evolucao-da-aplicacao-de-veiculos-aereos-nao-tripulados-vants/>>. Citado nas pp. 15, 16, 23.

FALORCA, Jorge; LANZINHA, João. Developments towards the use of drones in the building envelope condition assessment. Tipografia da Universidade da Beira Interior, 2019. Citado na p. 29.

FALORCA, Jorge GF; LANZINHA, João. A utilização de drones como ferramenta tecnológica emergente para a inspeção técnica da envolvente de edifícios. *In*: CONGRESSO Construção 2018—Reabilitar e construir de forma sustentável. [S.l.: s.n.]. Citado nas pp. 15, 16.

FORCE, Pix. **Drones na Agricultura: tudo sobre a tecnologia que está mudando o setor**. [S.l.: s.n.], 2016. Last accessed 13 September 2021. Disponível em: <<https://pixforce.com.br/drones-na-agricultura/>>. Citado na p. 21.

GIELOW, Igor. **EUA aposentarão o Predator, drone militar mais famoso, aps 22 anos.** [S.l.: s.n.], 2017. Last accessed 04 September 2021. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mundo/2017/02/1862479-eua-aposentarao-o-predator-drone-militar-mais-famoso-apos-22-anos.shtml>>. Citado nas pp. 16, 23.

IMHOF, Rudimar; FROZZA, Angelo Augusto; SANTOS MELLO, Ronaldo dos. Um Survey sobre Extração de Esquemas de Documentos JSON. *In*: SBC. ANAIS da XIII Escola Regional de Banco de Dados. [S.l.: s.n.], 2017. Citado na p. 50.

INDRUSIAK, Leandro Soares. Linguagem java. **Grupo JavaRS JUG Rio Grande do Sul**, p. 19, 1996. Citado nas pp. 47–49.

INTELLIJ. **Por que IntelliJ IDEA.** [S.l.: s.n.], 2022. Last accessed 02 February 2022. Disponível em: <[JESUS, Letícia de. **Veja o ranking das linguagens de programação mais utilizadas no 3º trimestre de 2021.** \[S.l.: s.n.\], 2021. Last accessed 31 January 2022. Disponível em: <<https://programadoresbrasil.com.br/2021/11/ranking-linguagens-programacao-mais-utilizadas-3o-trimestre-2021/?amp>>. Citado na p. 48.](https://www.jetbrains.com/pt-br/idea/#:~:text=Embora%20o%20IntelliJ%20IDEA%20seja,string%20no%20seu%20c%C3%B3digo%20Java.>. Citado nas pp. 50, 51.</p></div><div data-bbox=)

JESUS, Tiffany Cunha de. **O Regulamento RBAC-E nº 94 e a Utilização de Drones no Brasil.** [S.l.: s.n.], 2021. Last accessed 12 September 2021. Disponível em: <[KLIDZIO, ANGELA MARIA *et al.* USO DE DRONES EM LOGÍSTICA. Citado nas pp. 23, 24.](https://tiffanycjesus.jusbrasil.com.br/artigos/521112405/o-regulamento-rbac-e-n-94-e-a-utilizacao-de-drones-no-brasil#:~:text=Foi%20publicado%20no%20Di%C3%A1rio%20Oficial%20da%20Uni%C3%A3o%20do,de%20aeronaves%20remotamente%20pilotadas%2C%20popularmente%20conhecidas%20como%20%E2%80%9Cdrones%E2%80%9D.>. Citado na p. 25.</p></div><div data-bbox=)

KNEIPP, Rafaela Barros. O estado da arte na utilização de drones para inspeção naval e offshore. **Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Engenharia Naval. Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2018. Citado nas pp. 19, 20, 24–27.

LIS, Laís. **Anac fixa regras para uso de drones e exige habilitação para equipamentos maiores.** [S.l.: s.n.], 2017. Last accessed 12 September 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/anac-libera-uso-de->

drones-sera-preciso-habilitacao-para-equipamentos-maiores.ghtml>. Citado na p. 26.

LITCHI. **Litchi**. [S.l.: s.n.], 2021. Last accessed 13 September 2021. Disponível em: <<https://flylitchi.com/>>. Citado nas pp. 12, 34, 35, 44, 46.

LITCHI. **User Guide**. [S.l.: s.n.], 2021. Last accessed 13 September 2021. Disponível em: <<https://flylitchi.com/help>>. Citado na p. 35.

MACHADO, William Gladstone de Freitas. **Monitoramento de barragens de contenção de rejeitos da mineração**. 2007. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Citado na p. 27.

MEDIA, Alexandre Gama - Dev. **O que é JSON**. [S.l.: s.n.], 2011. Last accessed 31 January 2022. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/o-que-e-json/23166>>. Citado nas pp. 44, 50.

MIRALDES, João Pedro Nascimento Dinis. **Inspeção Técnica de Construções com Recurso a Drones**. Tese (Doutorado). Citado nas pp. 27, 28.

MUNDOGEO. **4 Aplicativos gratuitos para planejar sua missão de mapeamento**. [S.l.: s.n.], 2020. Last accessed 13 September 2021. Disponível em: <<https://mundogeo.com/2020/07/24/4-aplicativos-gratuitos-para-planejar-sua-missao-de-mapeamento/>>. Citado na p. 34.

NUNES, Tiago Javurek *et al.* Aplicação da tecnologia através de drones no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Araranguá, SC, 2017. Citado nas pp. 12, 24.

ORG, JSON. **Introducing JSON**. [S.l.: s.n.], 2022. Last accessed 21 February 2022. Disponível em: <<https://www.json.org/json-en.html>>. Citado na p. 50.

OTTERO, RODRIGO. **Introdução ao Maven**. [S.l.: s.n.], 2012. Last accessed 16 February 2022. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/introducao-ao-maven/25128>>. Citado na p. 51.

PIX4DCAPTURE. **pix4DCapture**. [S.l.: s.n.], 2021. Last accessed 04 September 2021. Disponível em: <<https://www.pix4d.com/product/pix4dcapture>>. Citado nas pp. 12, 32, 33.

PROJECT, Apache Maven. **O que é Maven?** [S.l.: s.n.], 2022. Last accessed 16 February 2022. Disponível em: <<https://maven.apache.org/what-is-maven.html>>. Citado na p. 51.

REIPS, Lisiane; GUBERT, Luis Cláudio. Drones como ferramenta de apoio para agricultores do Rio Grande do Sul. **Revista UFG**, v. 19, 2019. Citado na p. 23.

SALGADO NETO, Antônio; CALDEIRA, Nathalia Longaray. Estudo de caso-análise de imagens geradas por Vant (Drone) para o monitoramento e controle do avanço de obras de infraestrutura, 2021. Citado nas pp. 15, 21, 22, 24.

SENAR. Agricultura de precisão: operação de drones. **Coleção Senar, Brasília 2018**, 2018. Citado nas pp. 12, 20.

SHIRATSUCHI, LS. O avanço dos drones. **Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**, Revista DBO, v. 33, n. 403, p. 20-25, mai., 2014, 2014. Citado na p. 12.

SILVA, Daniel Quintino. **Viabilidade e acurácia de VANT para o monitoramento costeiro tridimensional**. 2018. Diss. (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Citado na p. 24.

SILVA, Victor Hugo. **Amazon apresenta drone que usará para fazer entregas**. [S.l.: s.n.], 2019. Last accessed 04 September 2021. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/293324/amazon-apresenta-drone-entregas/>>. Citado nas pp. 12, 24.

SOUZA BETÉ, Thiago de. Drones: um pequeno histórico e as consequências do seu uso. **Revista Conexão SIPAER**, v. 10, n. 1, p. 2–14, 2019. Citado na p. 25.

TORRES DA SILVA, Sávio; BORGES, Rodrigo. USOS DE DRONES EM ESTUDOS AMBIENTAIS.

https://www.researchgate.net/publication/330834388_USOS_DE_DRONES_EM_ESTUDOS_AMBIENTAIS
2018. Citado nas pp. 15–19, 21–23.

Apêndices

APÊNDICE A –

O código completo da solução está disponível em <https://github.com/AlexandreAnhaia/GeradorDeRotasCustomizadas>

APÊNDICE B –

Vai ser disponibilizado um manual de como utilizar o algoritmo, e também quais opções estão disponível para utilizar o algoritmo. Esse passo a passo vai ser apresentado as informações e como é o fluxo de se utilizar o algoritmo.

Passo 1

Primeiramente é necessário realizar um voo manual, durante o voo manual o aplicativo Litchi vai gerar um arquivo que vai ser possível obter as coordenadas geográficas dos pontos da pré-missão, missão e pós-missão. Um exemplo desse arquivo pode ser observado na figura 50.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	
1	latitude	longitude	altitude(m)	ultrasonic(speed)	mp(distance)	max_altit	max_asse	max_spe	max_dist	time(m)	datetime	datetime	satellites	pressure	tempor	voltage(v)	home_lat	home_lon	velocity(x)	velocity(y)	velocity(z)	pitch(deg)	roll(deg)	yaw(deg)	power(w)	isFlying	istakingphoto	
2	29.447897	-53.285895	0.5	0.2	0.06	0.5	0.5	0.2	0.06	101.43520	4352.0	11	0	0	16.779	0.000000	0	0	0	-0.2	-0.9	-0.9	158.7	0	1	0		
3	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.03	0.5	0.5	0.2	0.06	101.43520	4352.0	11	0	0	16.779	0.000000	0	0	0	0	-1.1	-0.4	158.7	0	1	0		
4	29.447899	-53.285895	0.5	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.06	200.43521	4352.1	11	0	0	16.779	0.000000	0	0	0	0	-1.1	-0.3	158.7	0	1	0		
5	29.447897	-53.285895	0.5	0.5	0.06	0.5	0.5	0.2	0.06	293.43521	4352.1	11	0	0	16.779	0.000000	0	0	0	0	-1.2	-0.2	158.7	0	1	0		
6	29.447897	-53.285895	0.5	0.1	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	405.43523	4352.3	11	0	0	16.779	0.000000	0	0	0	0	0.1	-1.3	-0.3	158.8	0	1	0	
7	29.447897	-53.285895	0.5	0.1	0.08	0.5	0.5	0.2	0.07	504.43524	4352.4	11	0	0	16.779	0.000000	0	0	0	0	0.1	-1.1	-0.3	158.8	0	1	0	
8	29.447897	-53.285895	0.5	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	609.43525	4352.5	11	0	0	16.779	0.000000	0	0	0	0	0	-1.2	-0.4	158.8	0	1	0	
9	29.447897	-53.285895	0.4	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	708.43526	4352.6	11	0	0	16.779	0.000000	0	0	0	0	0	-1.2	-0.6	158.8	0	1	0	
10	29.447897	-53.285895	0.4	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	805.43527	4352.7	11	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.0	-0.8	158.7	0	1	0
11	29.447898	-53.285895	0.4	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07	931.43528	4352.8	12	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.8	-1.0	158.6	0	1	0
12	29.447898	-53.285895	0.4	0.5	0.03	0.5	0.5	0.2	0.07	1105.43530	4353.0	12	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.7	-1.0	158.4	0	1	0
13	29.447898	-53.285895	0.4	0.5	0.03	0.5	0.5	0.2	0.07	1203.43531	4353.1	12	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.7	-0.9	158.3	0	1	0
14	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07	1299.43532	4353.2	12	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.6	-0.8	158.3	0	1	0
15	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07	1411.43533	4353.3	12	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.6	-0.8	158.3	0	1	0
16	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07	1502.43534	4353.4	12	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.6	-0.7	158.4	0	1	0
17	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.03	0.5	0.5	0.2	0.07	1603.43535	4353.5	12	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.7	-0.4	158.5	0	1	0
18	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07	1702.43536	4353.6	12	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.8	-0.3	158.5	0	1	0
19	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07	1798.43536	4353.6	12	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.9	-0.2	158.5	0	1	0
20	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.05	0.5	0.5	0.2	0.07	1906.43538	4353.8	12	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.9	-0.2	158.5	0	1	0
21	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.05	0.5	0.5	0.2	0.07	2002.43539	4353.9	12	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.9	-0.2	158.5	0	1	0
22	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.05	0.5	0.5	0.2	0.07	2099.43539	4353.9	12	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.9	-0.2	158.5	0	1	0
23	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.05	0.5	0.5	0.2	0.07	2192.43540	4354.0	12	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.0	-0.2	158.6	0	1	0
24	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	2282.43541	4354.1	13	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.0	-0.2	158.5	0	1	0
25	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	2402.43543	4354.3	13	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.0	-0.1	158.6	0	1	0
26	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.06	0.5	0.5	0.2	0.07	2530.43544	4354.4	13	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.1	0.0	158.6	0	1	1
27	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	2662.43545	4354.5	13	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.1	0.1	158.7	0	1	1
28	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.08	0.5	0.5	0.2	0.08	2701.43546	4354.6	13	0	0	16.617	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.1	0.1	158.7	0	1	1
29	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.08	0.5	0.5	0.2	0.08	2797.43547	4354.7	13	0	0	16.587	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.1	0.1	158.7	0	1	1
30	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.09	2905.43548	4354.8	13	0	0	16.567	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.1	0.1	158.8	0	1	1
31	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.09	3005.43549	4354.9	13	0	0	16.567	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.1	0.1	158.8	0	1	1
32	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.09	3101.43550	4355.0	13	0	0	16.587	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.0	0.1	158.9	0	1	0
33	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.09	3207.43551	4355.1	13	0	0	16.567	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.0	0.1	158.9	0	1	0
34	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.2	0.1	3297.43552	4355.2	13	0	0	16.587	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.9	0.1	159	0	1	0
35	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.2	0.1	3403.43553	4355.3	13	0	0	16.587	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.9	0.1	159	0	1	0
36	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.2	0.1	3493.43553	4355.3	13	0	0	16.567	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.9	0.1	159	0	1	0
37	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.2	0.1	3591.43554	4355.4	13	0	0	16.587	0.000000	0	0	0	0	0	0	-0.9	0.1	159	0	1	0
38	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.1	3702.43555	4355.5	12	0	0	16.587	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.1	0.1	159.1	0	1	0
39	29.447898	-53.285895	0.5	0.5	0.1	0.5	0.5	0.2	0.1	3803.43557	4355.7	12	0	0	16.566	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.1	0.1	159.1	0	1	0
40	29.447897	-53.285895	0.5	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.1	3905.43558	4355.8	12	0	0	16.566	0.000000	0	0	0	0	0	0	-1.1	0.1	159.1	0	1	0

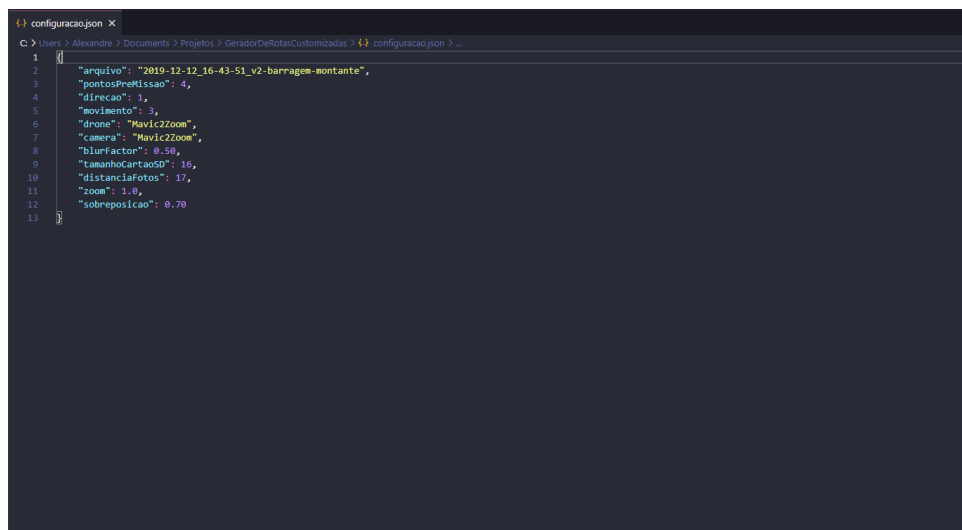
Figura 50 – Arquivo de Voo

Fonte: O autor

Passo 2

Após realizar o voo manual, é necessário preencher corretamente todos os parâmetros do arquivo de configuração (*configuracao.json*), esses parâmetros são: arquivo, pontosPreMissão, direção, movimento, drone, câmera, blurFacotr, tamanhoCartãoSD, distânciaFotos, zoom e sobreposição.

O parâmetro arquivo consiste em preencher o nome do arquivo de voo obtido anteriormente. A informação pontosPreMissão é responsável por informar quantos pontos (coordenadas geográficas) consiste a pré-missão. Pode ser observado um exemplo de arquivo de configuração na imagem 51.



```
1 {
2   "arquivo": "2019-12-12_16-43-51_v2-barragem-montante",
3   "pontosPreMissao": 4,
4   "direcao": 1,
5   "movimento": 3,
6   "drone": "Mavic2Zoom",
7   "camera": "Mavic2Zoom",
8   "blurFactor": 0.50,
9   "tamanhoCartaoSD": 16,
10  "distanciaFotos": 17,
11  "zoom": 1.0,
12  "sobreposicao": 0.70
13 }
```

Figura 51 – Arquivo de Configuração do Algoritmo Gerador de Rotas

Fonte: O autor

Já os parâmetros direção e movimento são importantes, pois são responsáveis para informar ao algoritmo qual o movimento e a direção que o drone irá realizar, então no arquivo de configuração o parâmetro direção é possível preencher com dois valores, 1 ou 2, o valor 1 consiste em uma direção horizontal e o valor 2 consiste na direção vertical que o drone vai percorrer. No parâmetro movimento, os valores possíveis para ser preenchido são 3 ou 4. O valor 3 do parâmetro movimento consistem em um movimento para frente e o valor 4 consiste em um movimento para trás.

O parâmetro drone consiste em informar qual drone será utilizado na missão, os valores disponíveis para drone são: Mavic2Zoom e MavicPro1, resumindo nos dois modelos testados da marca DJI.

Como entrada de câmera também consiste em informar qual câmera será utilizada na missão, as câmeras disponíveis para preencher são: Mavic2Zoom, MavicPro1.

A informação blurFactor consiste em uma característica de cada câmera, é necessário informar ela pois pode alterar o cálculo da missão.

O tamanhoCartaoSD consiste na em quantos GB de espaço tem o cartão aco-plado no drone para armazenar as imagens obtidas durante a missão.

O parâmetro distanciaFotos é uma base de quantos metros o drone vai estar da estrutura de interesse.

O zoom consiste em informar se o quanto de zoom o drone vai estar utilizando durante a missão.

E por fim, o último parâmetro consiste em informar o quanto de sobreposição o usuário vai querer nas imagens.

Passo 3

Com o arquivo de configuração preenchido corretamente com todas as informações necessárias, basta executar o algoritmo utilizando uma IDE ou executando o

JAR.

Passo 4

Após executar o algoritmo temos como saída o arquivo CSV que consiste na rota customizada e completa pronta para ser executada com o auxílio do aplicativo Litchi.

Passo 5

No último passo é necessário realizar o *upload* do arquivo da rota customizada completa diretamente no site do aplicativo Litchi, esse arquivo que é o obtido como saída do algoritmo no **passo 4**. Após realizar o *upload* e salvar dando um nome para a missão, a mesma irá estar disponível no aplicativo Litchi.

APÊNDICE C –

Gerador de Rotas Customizadas para Inspeção de Barragens e Estruturas com Drone

Alexandre Augusto Anhaia¹

¹INE – Departamento de Informática e Estatística, CTC – Centro Tecnológico –
Universidade Federal de Santa Catarina - Caixa Postal 476 – 88.010-970 -
Florianópolis - SC - Brasil

Abstract. *The present work aims to present the state of the art about applications, which help in the execution of missions with the use of drones. It will also be presented how the inspection and monitoring of dams and inclined structures is carried out today. Therefore, the present work intends to present the difficulties of inspecting and monitoring inclined structures, to present the advantages of using drones to perform these missions and also to support, based on the research carried out, the use of drones for this category of task.*

Resumo. *O presente trabalho visa apresentar o estado da arte sobre aplicativos, que auxiliam na execução de missões com a utilização de drones. Também será apresentado como é realizado hoje em dia a inspeção e monitoramento de barragens e estruturas inclinadas. Portanto, o presente trabalho pretende apresentar as dificuldades de inspecionar e monitorar estruturas inclinadas, apresentar as vantagens de se utilizar drones para executar essas missões e também apoiar com base na pesquisa feita a utilização de drones para essa categoria de tarefa.*

1. Introdução

Atualmente o uso de drones está cada vez mais comum no dia a dia, apesar de essa ideia pode espantar muita gente, ainda assim, isso está ficando cada vez mais utilizado em diversas tarefas hoje em dia. Tarefas essas que podem ser para mapeamento geográfico de lugares com difícil acesso [Nunes et al. 2017], instrumento de monitoramento em lavouras e grandes fazendas [SENAR 2018], inspeção de estruturas com difícil acesso, por exemplo, barragens, ou mesmo para realização de entrega comercial do E-Commerce da Amazon [Silva 2019] e entre outras diversas aplicações [SHIRATSUCHI 2014]. Para realizar essas atividades com a utilização de drones, é necessário o auxílio que algum aplicativo. O aplicativo é utilizado para criar e executar a rota desejada, porém, a criação de rotas customizadas para elevar a segurança no momento de execução é uma tarefa difícil.

Portanto, o estudo e o desenvolvimento que será realizado no presente trabalho, visa apresentar uma fundamentação teórica no assunto Drone/VANTs, apresentar as dificuldades em algumas atividades exercidas por humanos e apresentar os benefícios através da utilização de aeronaves remotamente pilotadas e não tripuladas, de maneira que facilite essas atividades em diversos sentidos como, facilidade, segurança e diminuição de custos, e principalmente criar uma solução que simplifique a complexidade existente na criação de uma rota customizada para a inspeção e monitoramento de estruturas inclinadas.

2. Escopo

A ferramenta que vai ser produzida neste trabalho consiste em um algoritmo, desenvolvido na linguagem Java, com apoio de um arquivo de configuração no formato JSON (JavaScript Object Notation) [Media 2011]. Este arquivo de configuração, é onde é feita a troca de informações necessárias para criar a rota customizada completa, desta maneira, os parâmetros necessários são passados para o algoritmo.

Como saída do algoritmo proposto, é gerado um arquivo CSV (Comma-Separated-Values), sendo a rota completa da missão desejada. Portanto, com a rota customizada completa é possível executar com o auxílio do aplicativo Litchi.

O presente trabalho visa principalmente criar um algoritmo que gere rotas customizadas, de uma maneira mais fácil do que através da interface gráfica do aplicativo Litchi. Também vai ser abordado a importância de utilizar drone para estas tarefas, além de apresentar as dificuldades de executar o monitoramento e inspeções de modo tradicional e por último apresentar as vantagens de se utilizar drones para executar estas tarefas de inspeção e monitoramento de estruturas inclinadas, como barragens principalmente.

3. Estado da Arte

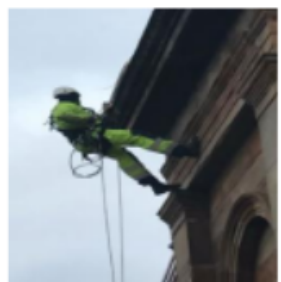
Hoje em dia, há diversos métodos para manter a segurança de barragens e grandes construções, sendo a inspeção um dos métodos mais importantes, pois "as boas condições de segurança de uma barragem não dependem apenas de um bom projeto de instrumentação de auscultação devendo ser complementado com inspeções visuais periódicas de campo que têm por objetivo detectar deteriorações em potencial e alertar sobre condições que podem comprometer a segurança das estruturas associadas das barragens" [Machado 2007].



(a) Inspeção visual através de andaime



(b) Inspeção visual através de corda/rapel



(c) Inspeção visual através de corda/rapel



(d) Inspeção visual através de veículo especial

Figure 1. Modo tradicional de inspeções, Fonte:[Ciampa et al. 2019]

Em grandes construções como barragens e pontes necessitam de inspeções visuais em certos lugares com difícil acesso, pois para realizar essas inspeções de modo tradicional é utilizado andaimes como na imagem "a" na figura 1, cordas (rapel) como pode ser observado através na figura "b" e "c" da imagem 1, plataformas elevatórias ou veículos especiais como pode ser observado na imagem "d" da figura 1 [Miraldes].

Portanto, como foi abordado a grande importância de inspeções e monitoramento de estruturas inclinadas, por exemplo, barragens, o presente trabalho apoia e apresenta as vantagens de se utilizar essas aeronaves para realizar tais tarefas.

Na imagem 2 pode ser observado na figura 2 mais alguns benefícios da utilização de drones para a inspeção visual comparada com a inspeção visual realizada de modo tradicional.

<i>Vantagens da utilização de drones</i>	
Comparativamente a outras soluções que necessitam de operador	<ul style="list-style-type: none"> • Drones podem voar em zonas de difícil acesso; • São económicos quando comparados com outros equipamentos de inspeção, principalmente por apresentarem um custo de operação baixo; • Os drones apenas precisam de um único controlador para operar o aparelho e a câmara, pode eventualmente ser necessário um observador auxiliar; • Podem ser utilizados em operações de perigosas sem colocar em risco a vida do seu operador;
Benefícios ambientais	<ul style="list-style-type: none"> • Devido ao seu tamanho reduzido comparativamente a outros equipamentos utilizados na inspeção de construções, estes também têm reduzido impacto ambiental, como por exemplo: <ul style="list-style-type: none"> ○ Ruído – Sendo alimentados por energia elétrica o único ruído provém dos rotores e das hélices, que é significativamente mais baixo quando comparado a outros equipamentos de inspeção, nomeadamente plataformas elevatórias ou veículos especiais; ○ Combustível – Sendo alimentados apenas por baterias, os drones não consomem qualquer tipo de combustível proveniente de fontes petrolíferas e consequentemente não produz qualquer tipo de poluição;
Vantagens para os utilizadores	<ul style="list-style-type: none"> • Rapidez e agilidade de trabalho quando comparado a outros equipamentos; • Captura de dados de alta resolução e de extrema qualidade; • Leves e fáceis de transportar; • Custo/benefício claramente mais favorável;

Figure 2. Benefícios na utilização de drones para inspeção visual, Fonte:[Falorca and Lanzinha 2019]

Deste modo, com base no que foi apresentado as vantagens e a importância de se realizar essas inspeções e monitoramentos visuais, é necessário realizar uma pesquisa de aplicativos. Esses aplicativos são utilizados para realizar a criação e a execução das missões, então foi feita uma pesquisa de aplicativos e também foram realizados testes de quatro aplicativos, sendo eles: Drone Deploy [droneDeploy 2021], Pix4D Capture [pix4DCapture 2021], Dji Go 4 [DJI 2021] e o aplicativo Litchi [Litchi 2021].

Cada aplicativo apresentou vantagens e desvantagens, desta maneira vai ser apresentado uma tabela comparativa entre eles.

4. Desenvolvimento

Com base nas pesquisas realizadas e no que foi apresentado anteriormente, foi demonstrado a grande importância de realizar os monitoramentos e inspeções visuais em estruturas inclinadas, como barragens. Porém, a tarefa de criar rotas customizadas, que aumentam a segurança e a precisão é uma tarefa difícil e complexa, deste modo o trabalho atual

Nome do aplicativo	Valor	Desempenho em áreas planas/verticais	Compatibilidade
Drone Deploy	Pagamento mensal	Bom	Drones da DJI e Skydio
Pix4D Capture	Pagamento mensal	Bom	Drones da DJI, Parrot e Yuneec
DJI GO 4	Aplicativo gratuito	Razoável	Apenas Drones DJI
Litchi	Pagamento único	Ótimo	Apenas Drones DJI

Table 1. Tabela comparativa de aplicativos

propõe um algoritmo que gere essa rota customizada com base nos parâmetros passados como entrada do algoritmo. Pode ser visto, como uma visão geral a imagem 3.

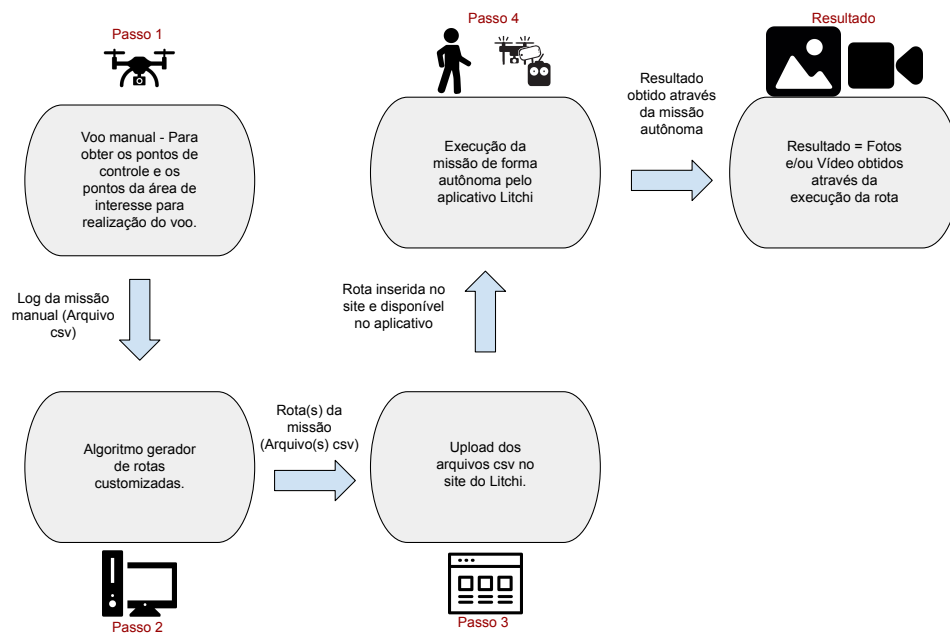


Figure 3. Visão Geral, Fonte:O autor

No trabalho realizado, escolhi a utilização do aplicativo Litchi. Desta maneira, o algoritmo aqui proposto e desenvolvido vai conseguir entregar uma rota completa e customizada para que com o auxílio do aplicativo Litchi seja executada a missão de inspeção e monitoramento.

4.1. Descrição do Algoritmo

A solução proposta é um gerador de rotas customizadas para inspeção de barragens e estruturas inclinadas com a utilização de drones. O algoritmo que vai ser desenvolvido vai receber como parâmetro algumas informações que vão ser passadas para o código através de um arquivo de configuração JSON (JavaScript Object Notation) [Media 2011]. Essas informações são, por exemplo, drone, câmera entre outros, estas informações são necessárias para realizar a criação e a configuração da rota completa. Pode ser observado na figura 4 o arquivo JSON de configuração, onde contém todas as informações

necessárias que precisam ser passadas para o algoritmo pode gerar a rota customizada completa.

```

1  {
2    "arquivo": "2019-12-12_16-43-51_v2-barragem-montante",
3    "pontosPreMissao": 4,
4    "direcao": 1,
5    "movimento": 3,
6    "drone": "Mavic2Zoom",
7    "camera": "Mavic2Zoom",
8    "blurFactor": 0.50,
9    "tamanhoCartaoSD": 16,
10   "distanciaFotos": 17,
11   "zoom": 1.0,
12   "sobreposicao": 0.70
13 }

```

Figure 4. Arquivo de Configuração do Algoritmo Gerador de Rotas, Fonte: O autor

Um dos parâmetros necessários é o arquivo de voo, este arquivo de voo é gerado pelo programa Litchi quando é feito um voo. Este arquivo vai conter as coordenadas geográficas de todos os pontos que interessam para criar a rota, sendo eles os pontos de controle, da pré-missão e da pós-missão, e também os da área de interesse, a própria missão. Pode ser observado na figura 5 um exemplo de arquivo gerado quando realizado um voo, que possui as coordenadas geográficas necessárias.

L	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	
1	29.447897	-51.285895	0.5	0.00	0.5	0.5	0.2	0.07		942519	43219	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0.02	0.9	0.0	0.0	0.1	0.4	0.587	0	1	0	
2	29.447898	-51.285895	0.5	0.00	0.5	0.5	0.2	0.06		1014322	43219	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0	0.11	-0.3	0.4	0.1	0.3	0.587	0	1	0	
3	29.447897	-51.285895	0.5	0.00	0.5	0.5	0.2	0.06		2914321	43211	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0	0.12	-0.2	0.2	0.1	0.2	0.587	0	1	0	
4	29.447897	-51.285895	0.5	0.1	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	4054323	43213	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0.01	-1.3	-0.3	0.3	0.58	0	1	0	0		
5	29.447897	-51.285895	0.5	0.1	0.06	0.5	0.5	0.2	0.07	7004323	43216	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0.1	-1.3	-0.3	0.3	0.58	0	1	0	0		
6	29.447897	-51.285895	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07		6094325	43215	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0	0.12	-0.4	0.4	0.1	0.3	0.58	0	1	0	
7	29.447897	-51.285895	0.4	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07	7004326	43216	11	0	0	16.779	0.000000	0.000000	0	0	0.12	-0.6	0.6	0.1	0.3	0.58	0	1	0	
8	29.447898	-51.285895	0.4	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07	9314328	43218	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.08	-1.3	0.4	0.1	0.3	0.58	0	1	0	
9	29.447898	-51.285895	0.4	0.5	0.03	0.5	0.5	0.2	0.07	11054320	43210	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.7	-1.3	0.4	0.1	0.3	0.58	0	1	0	
10	29.447898	-51.285895	0.4	0.5	0.03	0.5	0.5	0.2	0.07	12014331	43211	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.7	-0.9	0.5	0.1	0.3	0.58	0	1	0	
11	29.447898	-51.285895	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07		14114313	43213	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.6	-0.8	0.8	0.1	0.3	0.58	0	1	0	
12	29.447898	-51.285895	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07		15024314	43214	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.7	-0.6	0.6	0.1	0.3	0.58	0	1	0	
13	29.447898	-51.285895	0.5	0.03	0.5	0.5	0.2	0.07		18014315	43215	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.7	-0.4	0.4	0.1	0.3	0.58	0	1	0	
14	29.447898	-51.285895	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07		17054316	43216	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.8	-0.3	0.3	0.1	0.3	0.58	0	1	0	
15	29.447898	-51.285895	0.5	0.04	0.5	0.5	0.2	0.07		17944316	43216	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.9	-0.2	0.2	0.1	0.3	0.58	0	1	0	
16	29.447898	-51.285895	0.5	0.05	0.5	0.5	0.2	0.07		19054318	43218	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.9	-0.2	0.2	0.1	0.3	0.58	0	1	0	
17	29.447898	-51.285895	0.5	0.05	0.5	0.5	0.2	0.07		20024319	43219	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.9	-0.2	0.2	0.1	0.3	0.58	0	1	0	
18	29.447898	-51.285895	0.5	0.05	0.5	0.5	0.2	0.07		20924320	43220	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.9	-0.2	0.2	0.1	0.3	0.58	0	1	0	
19	29.447898	-51.285896	0.5	0.05	0.5	0.5	0.2	0.07		21924320	43240	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.0	0.2	0.6	0.1	0.3	0.58	0	1	0
20	29.447898	-51.285896	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07		22924341	43241	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.0	0.2	0.6	0.1	0.3	0.58	0	1	0
21	29.447898	-51.285896	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07		24024343	43243	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.0	0.2	0.6	0.1	0.3	0.58	0	1	0
22	29.447898	-51.285896	0.5	0.06	0.5	0.5	0.2	0.07		25104344	43244	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1
23	29.447898	-51.285896	0.5	0.07	0.5	0.5	0.2	0.07		26024345	43245	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1
24	29.447898	-51.285896	0.5	0.08	0.5	0.5	0.2	0.08		27014346	43246	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1
25	29.447898	-51.285896	0.5	0.08	0.5	0.5	0.2	0.08		27974347	43247	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1
26	29.447898	-51.285896	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.09		29054348	43248	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1
27	29.447898	-51.285896	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.09		30054349	43249	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1
28	29.447898	-51.285896	0.5	0.10	0.5	0.5	0.2	0.09		31014350	43250	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1
29	29.447898	-51.285896	0.5	0.10	0.5	0.5	0.2	0.09		32074351	43251	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1
30	29.447898	-51.285896	0.5	0.11	0.5	0.5	0.2	0.1		32974352	43252	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.05	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1	
31	29.447898	-51.285896	0.5	0.11	0.5	0.5	0.2	0.1		34034353	43253	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.05	0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1
32	29.447898	-51.285896	0.5	0.11	0.5	0.5	0.2	0.1		34924353	43253	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.05	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1	
33	29.447898	-51.285896	0.5	0.11	0.5	0.5	0.2	0.1		35914354	43254	13	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0.05	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1	
34	29.447898	-51.285896	0.5	0.12	0.5	0.5	0.2	0.1		37004356	43256	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1
35	29.447898	-51.285896	0.5	0.11	0.5	0.5	0.2	0.1		38014357	43257	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1
36	29.447898	-51.285896	0.5	0.09	0.5	0.5	0.2	0.1		39054358	43258	12	0	0	16.817	0.000000	0.000000	0	0	0	-1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.58	0	1	1

Figure 5. Arquivo de Voo, Fonte: O autor

Então, com o arquivo de voo obtido durante o voo manual e o arquivo de configuração preenchido corretamente, é possível executar o algoritmo utilizando um IDE (Integrated Development Environment) ou até mesmo o JAR gerado do algoritmo.

No processamento do algoritmo, é criado um objeto denominado *AreaGeografica* com a utilização das coordenadas geográficas contidas no arquivo de voo, esse objeto é convertido em outro chamado *AreaCartesiana* transformando as coordenadas geográficas em pontos cartesianos. Com a *AreaCartesiana* o algoritmo irá trabalhar para calcular todas as informações necessárias, como ângulo da câmera, quantidade de rotas com base

na duração da bateria entre outros. Após o algoritmo realizar todos os cálculos o objeto é convertido em uma *Rota* com pontos cartesianos. Por fim, a *Rota cartesiana* é convertida em uma *Rota geográfica*, sendo a rota customizada final e completa. Após o processamento das informações recebidas através do arquivo de configuração, o algoritmo converte a *Rota geográfica* em um arquivo (CSV) ou mais dependendo do tamanho da rota final, este(s) arquivo(s), sendo a rota customizada final e completa. Pode ser observado um exemplo de saída do algoritmo sendo a rota customizada e completa na figura 6.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC		
1	Litchi																													
2	-53.285896	-2.6161	29764262735.6	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	-53.448008089977415	-53.285812920619394	3.8517312434761406	161	2070640207753	0	0	-1	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 6. Arquivo CSV da Rota Customizada, Fonte: O autor

Com o arquivo de saída da rota customizada, é possível fazer o *upload* da rota no site do aplicativo Litchi, desta maneira a rota vai ficar disponível no aplicativo Litchi do celular.

Portanto, com a rota customizada pronta e configurada é possível executar com o auxílio do aplicativo Litchi [Litchi 2021].

4.2. Ferramentas de Desenvolvimento

Para realizar o desenvolvimento do algoritmo proposto foi utilizado algumas ferramentas/bibliotecas, algumas linguagens que serão citadas a seguir. Foi utilizado a linguagem de programação Java [Indrusiak 1996] para desenvolver todo o algoritmo. O arquivo de configuração, que vai ser utilizado para a troca de informações com o código é no formato JSON (JavaScript Object Notation), pois é uma maneira leve e mais simples de troca de informações [ORG 2022]. Para realizar o desenvolvimento do código Java, foi utilizado a ferramenta Inteli J [IntelliJ 2022], também foi utilizado o Maven [Project 2022] para gerenciar e automatizar a construção de projetos Java, por um arquivo de configuração é possível obter as dependências do projeto. Para conseguir trabalhar com o arquivo de configuração de geração de rotas, foi utilizado a biblioteca GSON [Apache 2022], capaz de serialização/desserialização, tornando possível converter arquivos no formato JSON em Objetos Java com as propriedades passadas pelo arquivo.

4.3. Fluxograma da Arquitetura Final

O fluxo final da proposta do presente trabalho pode ser observada na imagem 7;

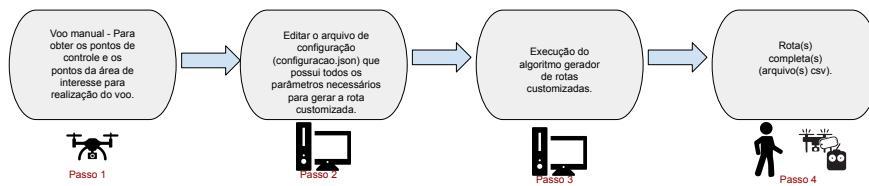


Figure 7. Fluxograma para gerar rotas, Fonte: O autor, Ícones: anexoA

Com base no fluxograma 7, pode ser observado o seguinte:

1. Realizar um voo de modo manual para obter os pontos de controle e os pontos de interesse da estrutura, que vão estar contidos no arquivo de voo gerado pelo aplicativo Litchi. Pode ser observado na figura 8 um exemplo de arquivo gerado durante um voo manual.

Time	Altitude	Latitude	Longitude	Heading	Roll	Pitch	Yaw	Bank	Speed	Altitude	Latitude	Longitude
2.20447000	10.200000	-53.0511	-53.0511	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.200000	-53.0511	-53.0511
3.20447000	10.200000	-53.0511	-53.0511	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.200000	-53.0511	-53.0511
4.20447000	10.200000	-53.0511	-53.0511	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.200000	-53.0511	-53.0511
5.20447000	10.200000	-53.0511	-53.0511	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.200000	-53.0511	-53.0511
6.20447000	10.200000	-53.0511	-53.0511	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.200000	-53.0511	-53.0511
7.20447000	10.200000	-53.0511	-53.0511	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.200000	-53.0511	-53.0511
8.20447000	10.200000	-53.0511	-53.0511	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.200000	-53.0511	-53.0511
9.20447000	10.200000	-53.0511	-53.0511	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.200000	-53.0511	-53.0511
10.20447000	10.200000	-53.0511	-53.0511	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.200000	-53.0511	-53.0511
11.20447000	10.200000	-53.0511	-53.0511	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.200000	-53.0511	-53.0511
12.20447000	10.200000	-53.0511	-53.0511	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.200000	-53.0511	-53.0511
13.20447000	10.200000	-53.0511	-53.0511	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.200000	-53.0511	-53.0511

Figure 8. Arquivo de Voo, Fonte: O autor

2. Editar o arquivo de configuração (*configuracao.json*) para informar os parâmetros necessários para gerar a rota, por exemplo: drone, câmera entre outros. Nesse arquivo de configuração é onde é passado todas as informações necessárias que o algoritmo necessita para criar a rota customizada completa. Pode ser observado um exemplo do arquivo de configuração na imagem 9.

```

{
  "arquivo": "2019-12-12_16-43-51_v2-barragem-montante",
  "pontosPreMissao": 4,
  "direcao": 1,
  "movimento": 3,
  "drone": "Mavic2Zoom",
  "camera": "Mavic2Zoom",
  "blurFactor": 0.50,
  "tamahoCartaoSD": 16,
  "distanciaFotos": 17,
  "zoom": 1.0,
  "sobreposicao": 0.70
}

```

Figure 9. Arquivo de Configuração do Algoritmo Gerador de Rotas, Fonte: O autor

3. Executar o algoritmo, na execução do algoritmo é pego as informações passadas através do arquivo de configuração e feito os cálculos necessários para criar a rota customizada completa.
4. Como resultado temos a(s) rota(s) completa (arquivo CSV), pronto para ser utilizado é executado com o auxílio do aplicativo Litchi. Pode ser observado um exemplo de rota customizada e completa na figura 10.

The image shows a spreadsheet with columns labeled A through Z. The rows contain numerical data representing drone flight coordinates and parameters. The data is organized into several columns, with some cells containing multiple values separated by commas. The rows are numbered from 1 to 30.

Figure 10. Arquivo CSV da Rota Customizada, Fonte: O autor

5. Conclusão

Com toda a evolução tecnológica atualmente, fica evidente o grande aumento de utilização de drones em diversas áreas. O trabalho tem como foco apoiar a utilização de drones para realizar inspeções e monitoramento, pois com o estudo apresentado, fica evidente as vantagens de se utilizar drones para inspeções e monitoramento comparado com as que são realizadas de modo tradicional. Essas vantagens são diversas envolvendo a segurança dos funcionários desempenhados para realizar essas atividades, dinheiro, tempo entre outras.

A proposta do presente trabalho consiste em criar uma solução que mitigasse a dificuldade de gerar rotas customizadas e com pontos de controle foi alcançada com êxito. O objetivo principal que é gerar rotas que possam ser executadas com o auxílio do aplicativo Litchi foi atingido. Realizando uma análise comparativa do algoritmo proposto e desenvolvido no trabalho atual com os aplicativos que criam as rotas através de sua interface gráfica, citados anteriormente, é notável a diferença e a facilidade na parte de criação de rotas customizadas. Pois, as rotas criadas através da interface de qualquer um dos aplicativos aqui citados, faz com que cada ponto da missão deve ser criado de forma manual clicando na tela, alterando algumas informações, por exemplo, altitude e velocidade. Com o auxílio da solução aqui desenvolvida, os pontos da rota são criados de forma automática, já setando as informações, como altitude e velocidade.

Portanto, com base no estudo apresentado e a ferramenta resultante do presente trabalho é possível gerar as rotas customizadas e também atingiu seu objetivo principal, foi desenvolvida utilizando 100% a linguagem Java e pode ser melhorada por qualquer pessoa que desejar. O presente trabalho, além de criar uma solução facilitando a criação de rotas complexas, com base no que foi apresentado, apoia a utilização de drones para inspeções e monitoramento de estruturas, visando suas grandes vantagens comparadas às inspeções de modo tradicional.

References

Apache, G. (2022). Gson. Last accessed 21 February 2022.

- Ciampa, E., De Vito, L., and Pecce, M. R. (2019). Practical issues on the use of drones for construction inspections. In *Journal of Physics: Conference Series*, volume 1249, page 012016. IOP Publishing.
- DJI (2021). Djigo4. Last accessed 04 September 2021.
- droneDeploy (2021). dronedeploy. Last accessed 04 September 2021.
- Falorca, J. and Lanzinha, J. (2019). Developments towards the use of drones in the building envelope condition assessment.
- Indrusiak, L. S. (1996). Linguagem java. *Grupo JavaRS JUG Rio Grande do Sul*, page 19.
- IntelliJ (2022). Por que intellij idea. Last accessed 02 February 2022.
- Litchi (2021). Litchi. Last accessed 13 September 2021.
- Machado, W. G. d. F. (2007). *Monitoramento de barragens de contenção de rejeitos da mineração*. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- Media, A. G. D. (2011). O que é json. Last accessed 31 January 2022.
- Miraldes, J. P. N. D. *Inspeção Técnica de Construções com Recurso a Drones*. PhD thesis.
- Nunes, T. J. et al. (2017). Aplicação da tecnologia através de drones no corpo de bombeiros militar de santa catarina.
- ORG, J. (2022). Introducing json. Last accessed 21 February 2022.
- pix4DCapture (2021). pix4dcapture. Last accessed 04 September 2021.
- Project, A. M. (2022). O que é maven? Last accessed 16 February 2022.
- SENAR (2018). Agricultura de precisão: operação de drones. *Coleção Senar, Brasília 2018*.
- SHIRATSUCHI, L. (2014). O avanço dos drones. *Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)*.
- Silva, V. H. (2019). Amazon apresenta drone que usará para fazer entregas. Last accessed 04 September 2021.

Anexos

ANEXO A – REFERÊNCIAS ÍCONES



Figura 52 – Ícone de Drone

Fonte: <https://icon-library.com/icon/drone-icon-21.html#>

Última vez acessado: 18 de Setembro de 2021

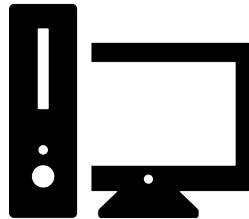


Figura 53 – Ícone de Computador

Fonte: https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/desktop-pc_71739

Última vez acessado: 18 de Setembro de 2021

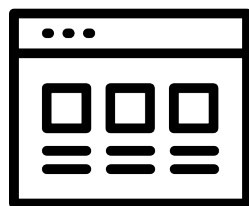


Figura 54 – Ícone de Página Web

Fonte: https://www.flaticon.com/free-icon/web-development_84471

Última vez acessado: 18 de Setembro de 2021



Figura 55 – Ícone de Piloto

Fonte: https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/one-man-walking_76905

Última vez acessado: 18 de Setembro de 2021

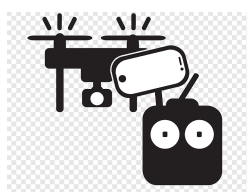


Figura 56 – Ícone de Controle

Fonte: <https://www.pngwing.com/pt/free-png-kphgg>

Última vez acessado: 18 de Setembro de 2021



Figura 57 – Ícone de Vídeo

Fonte: https://br.freepik.com/icones-gratis/icone-de-video_709405.htm

Última vez acessado: 18 de Setembro de 2021



Figura 58 – Ícone de Imagem

Fonte: https://br.freepik.com/icones-gratis/inserir-icone-de-imagem_750956.htm

Última vez acessado: 18 de Setembro de 2021



Figura 59 – Ícone de Rota Customizada Completa

Fonte: https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/resultado_2601628#

Última vez acessado: 10 de Março de 2022