

## **AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (RPAs) NOVOS DESAFIOS PARA O SANEAMENTO**

### **Roberto Abranches**

Tecnólogo e Analista de Sistemas de Saneamento/Sabesp e Professor de Ensino Superior/Departamento de Hidráulica e Saneamento /Fatec-SP.

**Endereço:** Avenida do Estado, 561 – Ponte Pequena - São Paulo - SP - CEP: 01107 - 900 - Brasil - Tel.: +55 (11) 99187-8067 - e-mail: [rabranches@sabesp.com.br](mailto:rabranches@sabesp.com.br).

### **João Batista Modeto Pereira**

Tecnólogo e Topógrafo do Departamento de Estudos e Projetos Regionais - EPR /Sabesp-SP.

**Endereço:** Avenida do Estado, 561 – Ponte Pequena - São Paulo - SP - CEP: 01107 - 900 - Brasil - Tel.: +55 (11) 98381-8468 - e-mail: [jbmpereira@sabesp.com.br](mailto:jbmpereira@sabesp.com.br).

### **Rubens Francisco dos Santos**

Engenheiro Civil e Gerente de Departamento de Estudos e Projetos Regionais - EPR /Sabesp-SP.

**Endereço:** Avenida do Estado, 561 – Ponte Pequena - São Paulo - SP - CEP: 01107 - 900 - Brasil - Tel.: +55 (11) 98566-3908 - e-mail: [rubensfrancisco@sabesp.com.br](mailto:rubensfrancisco@sabesp.com.br).

### **Almir Ferreira da Silva Junior**

Engenheiro Civil e Sanitarista - SETEC HIDROBRASILEIRA Obras e Projetos Ltda.

**Endereço:** Avenida do Estado, 561 – Ponte Pequena - São Paulo - SP - CEP: 01107 - 900 - Brasil - Tel.: +55 (11) 98381-8468 - e-mail: [asilva.setec@sabesp.com.br](mailto:asilva.setec@sabesp.com.br)

## **RESUMO**

São inúmeros os produtos gerados relacionados à gestão do saneamento oriundos de operações de Aeronaves Remotamente Pilotadas - RPAs. Através da captação de imagens aéreas é possível gerar mapas cartográficos dos mais diversos. Por meio de recobrimentos aéreos realizados pode-se gerar mapas de elevação de superfície do terreno, mapas de curva de nível, como também auxilia no monitoramento ambiental, estudos de vegetação, levantamentos e estudos da qualidade da água das represas e áreas invadidas no entorno de mananciais. Nas obras de saneamento, auxilia na fiscalização, inspeções e monitoramento de estruturas, barragens, estações elevatórias e reservatórios. O uso de drones tem-se intensificado a cada ano, mas há desafios pela frente, o de tornar sua operação segura e procurando mitigar riscos operacionais correlatos.

**PALAVRAS-CHAVE:** aerofotogrametria, sistemas de aeronaves pilotadas remotamente, drone.

## **INTRODUÇÃO**

As Cidades Inteligentes ou *Smart Cities* são aquelas que integram informações de operações essenciais relacionadas à infraestrutura urbana e por meio de inovações tecnológicas de diversos níveis buscam gerar melhor qualidade de vida à população.

A operação de aeronaves não tripuladas ou remotamente pilotadas (RAPs) nas grandes cidades vem a contribuir com ações de monitoramento remoto dos equipamentos urbanos e avaliação de riscos de forma a subsidiar a tomada de decisão aos gestores. No vasto campo da engenharia de infraestrutura, os voos remotamente pilotados geram valor na operação de rodovias, ferrovias, saneamento, gasodutos, e barragens por exemplo. Pode-se ainda fazer uso de drones, em:

- Operação viária: monitoramento de infraestrutura de rede linear, como trilhos ferroviários,

- Operação de linhas de energia e dutos;
- Segurança Pública: vigilância e apreensões;
- Ações de Defesa Civil: exame visual, espectral e térmico de estruturas;
- Inspeção, vigilância e manutenção de estradas e inspeção de infraestrutura aeroportuária;
- Levantamentos aero fotográficos, videografia, cinematografia;
- Monitoramento Ambiental: levantamentos cartográficos; adubação agrícola e aplicação de produtos químicos; pesquisa atmosférica e documentação dos efeitos do aquecimento global.

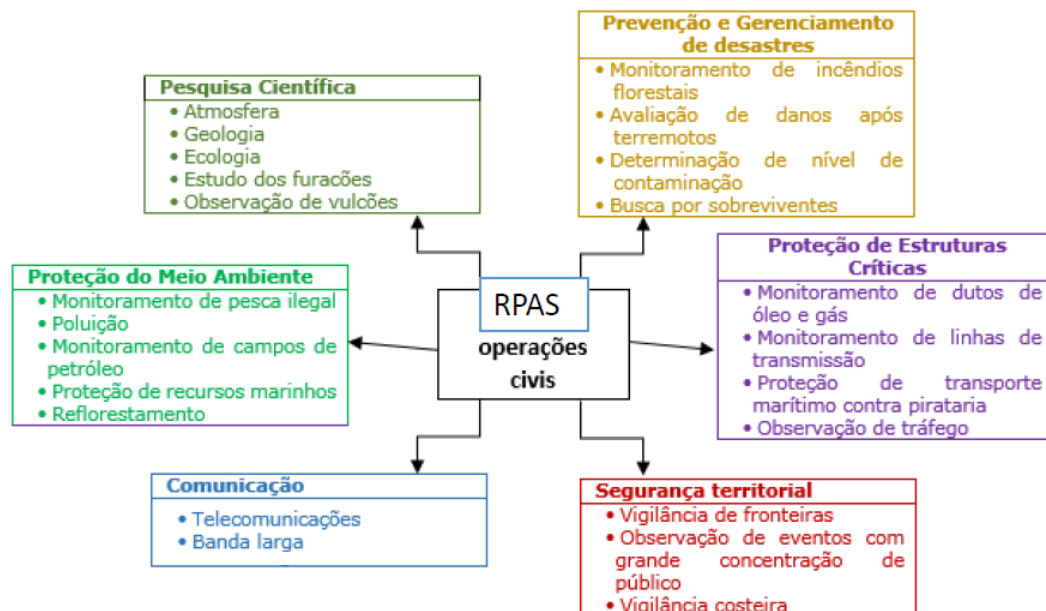
### A tecnologia da operação remota por meio de drones no Saneamento

A atuação da engenharia voltada ao Saneamento na busca por melhoria contínua requer novos desafios de planejamento e crescimento.

Ao se fazer uso de aeronaves pilotadas remotamente, as empresas de saneamento buscam por inovação tecnológica integrada, por meio de captação e geração de imagens e informações georreferenciadas, criando-se um sistema único, um banco de informações com qualidade digital e georreferenciadas para que possam ser usadas no planejamento estratégico e operacional por exemplo.

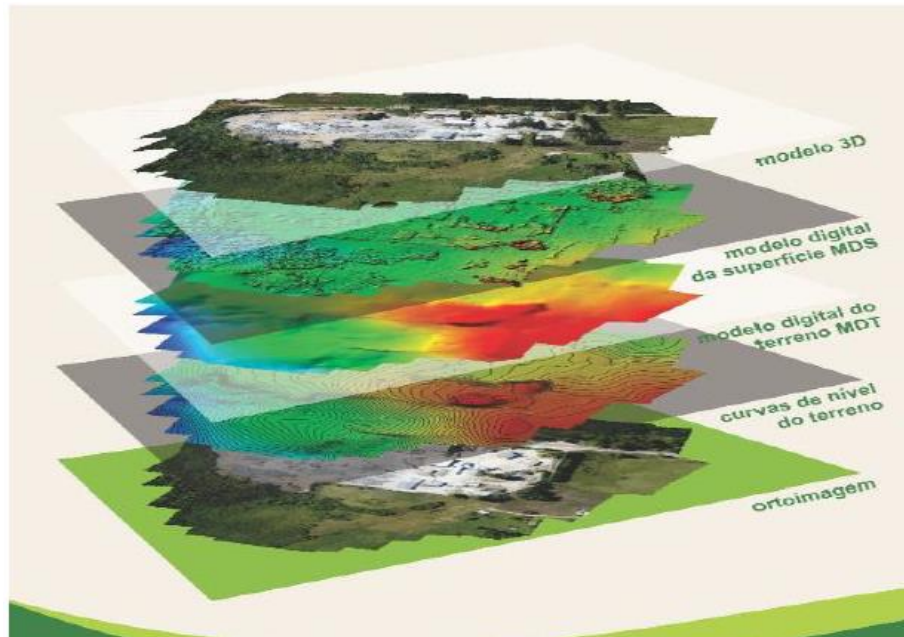
### Possibilidades e Aplicações relacionadas às Operações de RAPs

**Figura 1** – Possibilidades de Uso de RAPs



Fonte: Divisão de Tecnologias Geoespaciais/Dronepol – SMSU/PMSP, 2023.

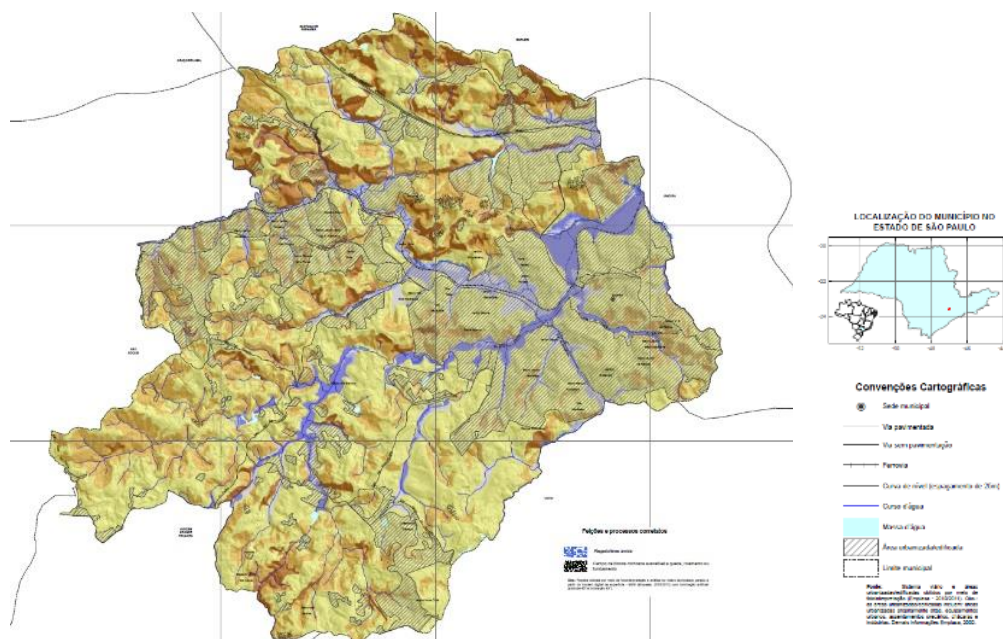
**Figura 2 - Mapeamento e Elaboração de Projetos Executivos**



Fonte: Divisão de Tecnologias Geoespaciais/Dronepol – SMSU/PMSP, 2023.

### Sustentabilidade Ambiental

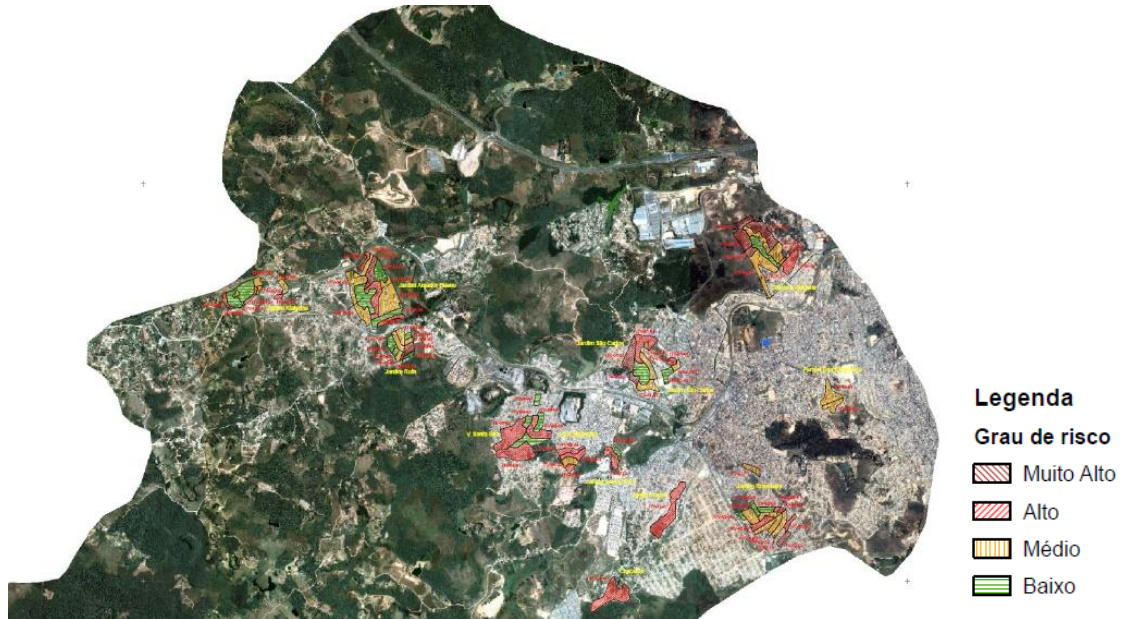
**Figura 3 - Cartas de Suscetibilidade de Movimentos Gravitacionais e Inundações – Itapevi – IPT**



Fonte: IPT Mar/2014.

## Mapeamento de Áreas de Risco

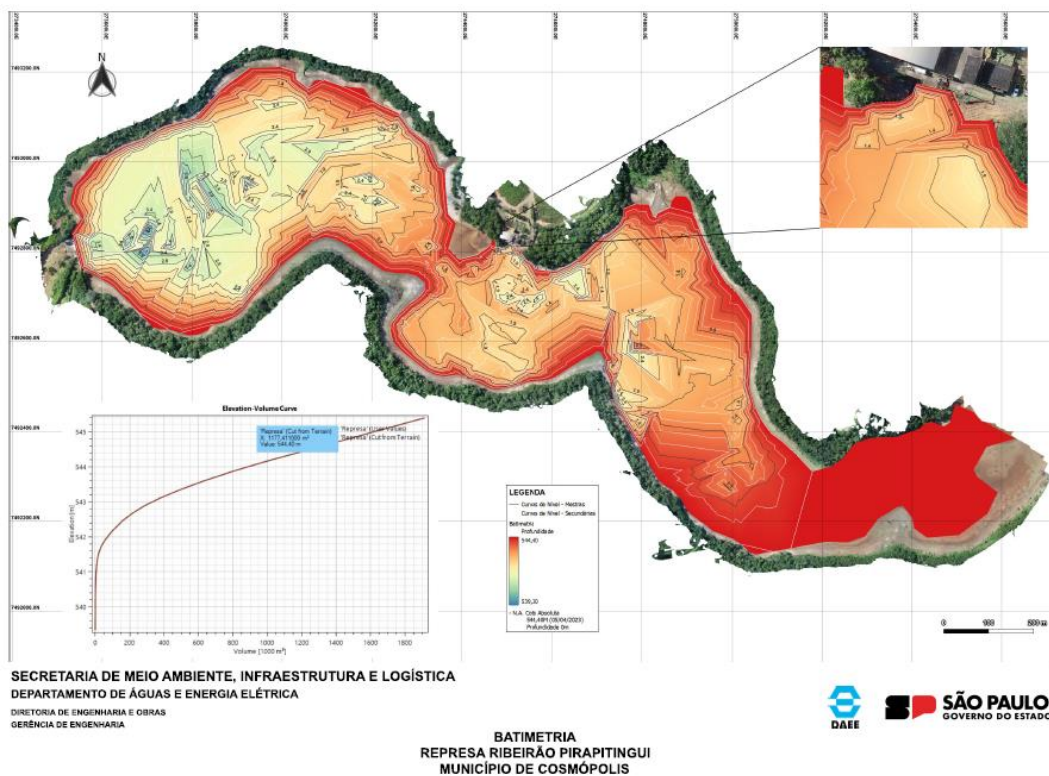
**Figura 4** - Mapa de Áreas de Risco de Escorregamento no Município de Itapevi – IPT



Fonte: IPT Dez/2006.

## Levantamentos de Batimetria de Monitoramento de Mananciais

**Figura 5** – Batimetria na Represa de Ribeirão de Piratininga – Município de Cosmópolis



Fonte: DAE/ Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, 2023.

## **Aerofotogrametria ou Levantamentos Topográficos por meio de Drones**

Os levantamentos topográficos com drone têm por objetivo mapear as superfícies dos terrenos, destacando seus relevos com as suas particularidades.

Hoje, encontra-se disponível no mercado os mais diversos tipos e modelos de DRONES, cada qual com sua característica, permitindo ao profissional a escolha do modelo que melhor se adapte as suas necessidades, mas de forma geral esses equipamentos possuem alta tecnologia e são capazes de registrar todas as características tridimensionais de uma área, possibilitando a sua exibição em representações extremamente precisas, por meio do processamento das imagens, que são realizados através de softwares específicos a essa função.

A execução dos levantamentos aerofotogramétricos são úteis aos serviços de licenciamento junto a órgãos públicos, serviços de regularização ambiental, projetos da construção civil e demais levantamentos como a elaboração de projetos executivos, entre outros.

A obtenção de imagens aéreas georreferenciadas por meio de drones reduz significativamente o tempo de permanência dos profissionais em agrimensura nos trabalhos de campo, principalmente nos levantamentos de áreas em locais de difícil acesso. Além de tornar o trabalho mais ágil e preciso, proporciona uma redução significativa no custo deste serviço.

### **Caso da de ETA Paraisolândia, Município de Charqueada, SP**

No Município de Charqueada, vizinho à cidade de Piracicaba, interior do Estado de São Paulo, utilizamos o drone Mavic 2 Enterprise, cujo voo possibilitou o levantamento topográfico que serviu de base para elaboração de estudo para tratamento de lodos da ETA do Município, especificamente na Estação de Tratamento de Água de Paraisolândia.

A partir de um plano de voo pré-determinado, é configurado a altura de voo e níveis da sobreposição das fotos, o resultado é uma Orthophoto com informações de coordenadas e elevação, é determinado pontos de apoio no terreno utilizando um receptor geodésico. As imagens tipo Orthophoto são processadas no software WebODM (ver ANEXO 1 - ODM Quality Report) e com a utilização do ReCap da Autodesk é exportado um arquivo de nuvens de pontos para tratamento no software Civil 3D, gerando-e aassim as curvas de nível como podemos ver nas figuras 6 e 7 a seguir:

**Figura 6** – Orthophoto gerada da ETA Paraisolândia pelo WebODM



Fonte: Sabesp/Departamenmto de Estudos e Projetos Regionais - EPR, 2024.

**Figura 7** – Resultado da nuvem de pontos 3D obtida do voo sobre a ETA Paraisolândia



Fonte: Sabesp/Departamenmto de Estudos e Projetos Regionais - EPR, 2024.

**Figura 8** – Resultado da área por curvas de nível geradas por meio do Civil 3D da ETA Paraisolândia



Fonte: Sabesp/Departamenmto de Estudos e Projetos Regionais - EPR, 2024.

A seguir, relacionamos as principais vantagens para levantamentos topográficos com uso de drones:

- Baixo custo para a execução do levantamento;
- Alta capacidade de obtenção de dados sobre a área objeto de estudo;

- Capacidade para o mapeamento ágil, mesmo em locais sem acesso por vias terrestres.

### Mas e os RPAs, o que são mesmo?

*Remotely Piloted Aircraft Systems* ou Sistemas de Aeronaves Pilotadas Remotamente (RPA/RPAS), ou ainda Sistema de Aeronaves Não Tripuladas (UA/UAS), é o termo adotado pela Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO) para atribuir ao conjunto de operações necessárias de planejamento para garantir um voo seguro aos equipamentos não tripulados, ou Drones, nada mais que um apelido para as aeronaves não tripuladas ou remotamente pilotadas.

Segundo a ICA 100-40, no Brasil, as Aeronaves Não Tripuladas ainda são amplamente conhecidas como drones (do inglês Zangão, termo muito utilizado pelos órgãos de imprensa), Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), nomenclatura oriunda do termo Unmanned Aerial Vehicle (UAV) e considerado obsoleto na comunidade aeronáutica internacional, ou Aeronave Remotamente Pilotada (ARP).

### Legislação aplicada às Operações de RPAs:

- REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL - RBAC-E Nº 94: este Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial aborda os requisitos gerais de competência da ANAC para aeronaves não tripuladas;

- INSTRUÇÃO SOBRE AERONAVES NÃO TRIPULADAS E O ACESSO AO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO – ICA 100-40: Regulamento do DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo.

### Classificação das RPAs e da RPA – RBAC-E 94:

(a) O RPAS e a RPA são classificados de acordo com o **peso máximo de decolagem** (PMD) da RPA da seguinte maneira:

- (1) Classe 1: RPA com peso máximo de decolagem maior que 150 kg;
- (2) Classe 2: RPA com peso máximo de decolagem maior que 25 kg e menor ou igual a 150 kg; e
- (3) Classe 3: RPA com peso máximo de decolagem menor ou igual a 25 kg.

(b) Os RPAS durante a aplicação de agrotóxicos e afins, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes sobre áreas desabitadas são classificados para fins deste regulamento como Classe 3, independentemente do peso máximo de decolagem da RPA, desde que operando VLOS ou EVLOS e até 400 pés AGL

**Figura 9 - Legislação aplicada às Operações de RPAs**



**CURSO DE OPERAÇÃO DOS SISTEMAS DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS**

**Legislação:**

- 2.1. RBAC-E nº 94 (ANAC);
- 2.2. ICA 100-40/2018 (DECEA);
- 2.3. MCA 56-1 (DECEA) – Situações Emergenciais;
- 2.4. MCA 56-2 (DECEA) – Recreativo – Aeromodelos;
- 2.5. MCA 56-3 (DECEA) – Órgãos ligados aos governos;
- 2.6. MCA 56-4 (DECEA) – Órgãos de Segurança Pública, da Defesa Civil e Receita Federal;
- 2.7. CBA – Lei nº 7565 – Código Brasileiro de Aeronáutica;
- 2.8. ISE 94-003A (ANAC) – Avaliação de Risco Operacional;
- 2.9. DOC 10019 sobre Aeronaves Remotamente Pilotadas (ICAO) – Convenção de Chicago;
- 2.10. Cód. Penal, Cód. Processo Penal, Constituição Federal;
- 2.11. Homologação ANATEL, Registro de RPA (ANAC), Registro de Piloto (DECEA), Registro de RPA (DECEA), Solicitação de Voo (SARPAS);
- 2.12. Fiscalização de Aeronaves Remotamente Pilotadas.

Fonte: Divisão de Tecnologias Geoespaciais/Dronepol – SMSU/PMSP, 2023.

### **Planejamento do Voo segundo a ICA 100-40:**

Antes de iniciar um voo, o operador do Sistema deve ter ciência de todas as informações necessárias ao planejamento do voo, bem como conhecimento do manual de operação do equipamento.

As informações necessárias ao voo deverão incluir, pelo menos, uma avaliação criteriosa dos seguintes aspectos:

- a) condições meteorológicas (informes e previsões meteorológicas atualizadas) dos aeródromos envolvidos, das áreas e da rota a ser voada;
- b) cálculo adequado de combustível, ou autonomia de bateria, previsto para o voo;
- c) planejamento alternativo para o caso de não ser possível completar o voo; e
- d) condições pertinentes ao voo previstas na Documentação Integrada de Informações Aeronáuticas (IAIP) e no ROTAER.

### **Documentos Necessários para o Piloto:**

Voo Recreativo:

- Homologação da Anatel;
- Matrícula ANAC;
- Plano de Voo - SARPAS.

Voo Não Recreativo:

- Homologação da Anatel;
- Matrícula ANAC;
- E-mail do SARPAS;
- Seguro RETA;
- Manual de Voo;
- Relatório de Avaliação de Risco Operacional.

**Fonte:** Divisão de Tecnologias Geoespaciais/Dronepol – SMSU/PMSP, 2023.

### **Unidade Específica de Projeto com Uso de Drones, ou EPU 4.0**

Segundo a Wilfly, uma das maiores empresas de monitoramento com drones localizada em Fortaleza – CE, o uso de drones nas inspeções em empresas de saneamento facilita desde a fiscalização mais rápida de captações irregulares de água, monitoramento de mananciais, prevenção de vazamentos e até facilita a análise e comparação de etapas de obras, gerando um relatório técnico rico para todos os envolvidos nas execuções.

Ainda segundo a Wilfly, com os drones é possível inspecionar condições de equipamentos maiores e mais caros, com manutenção perigosa em áreas de difícil acesso. Além da economia das empresas, o resultado do uso de drones na indústria de saneamento é a modernização dos sistemas e melhoria contínua na entrega de água e coleta de esgoto à população.

No caso da Sabesp, tais ações de caráter preventivo, podem ser associadas à fiscalização de obras, inspeção e mitigação de riscos por exemplo, e quando associados à expansão de sua infraestrutura, podemos citar a Operação do Sistema Integrado Metropolitano (SIM), por exemplo.

Portanto, se justifica a criação uma unidade específica integrada que poderia centralizar as Operações dos RPAs, tanto na Região Metropolitana de São Paulo quanto para a Baixada Santista, Interior e Litoral Norte, Estudos e Projetos com Uso de Drones - EPU 4.0, por exemplo.

O investimento e a criação de uma área específica de Estudo e Projetos para viabilizar a operação de aeronaves pilotadas remotamente na Sabesp se justifica pelas inúmeras atividades de responsabilidade institucional em relação à operação de voos não tripulados dentro do Ciclo do Saneamento, envolvendo o monitoramento de Mananciais até a entrega do produto ao Cliente com qualidade e com responsabilidade social e ambiental.

As operações de voo por meio do uso dos RPAs atreladas aos processos visam agilizar a manutenção, fiscalização e expansão do sistema podendo ter por meta a diminuição de sanções oriundas do Ministério Público e Prefeituras.

### **CONCLUSÃO E EXPECTATIVAS**

São diversas as aplicações dos RPAs no setor de saneamento, levantamentos aerofotogramétricos para serviços de licenciamento e regularização ambiental, projetos de implantação de infraestrutura, e levantamentos diversos para elaboração de projetos executivos, entre outros.



No entanto é preciso ater-ser a aspectos legais e de segurança para um voo bem sucedido.

Espera-se no futuro a criação de uma área específica de Estudos e Projetos com Uso de Drones - EPU 4.0, por exemplo, onde a empresa por meio de uma regulação específica possa planejar as operações de voo de forma segura, subsidiando informações suficientes para melhor estruturar os critérios de decisão de voo, de forma a identificar os riscos para melhor atender aos princípios e objetivos do projeto e avaliar soluções alternativas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, disponível em <https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/ReprCredenc/ReprCredenc.asp>. Acesso em 18/07/24.
2. DAEE. Batimetria na Represa de Ribeirão de Piratininga no Município de Cosmópolis. São Paulo, 2023.
3. IPT. Mapa de Áreas de Risco de Escorregamento no Município de Itapevi. São Paulo, 2006.
4. \_\_\_\_\_. Cartas de Suscetibilidade de Movimentos Gravitacionais e Inundações no Município de Itapevi. São Paulo, 2014.
5. PMSP/SMSU. Divisão de Tecnologias Geoespaciais/Dronepol. Curso de Operação de Aeronaves Remotamente Pilotadas, 2023.
6. Sabesp/Departamento de Estudos e Projetos Regionais – EPR, 2024.

## **ANEXO 1**

# ODM Quality Report

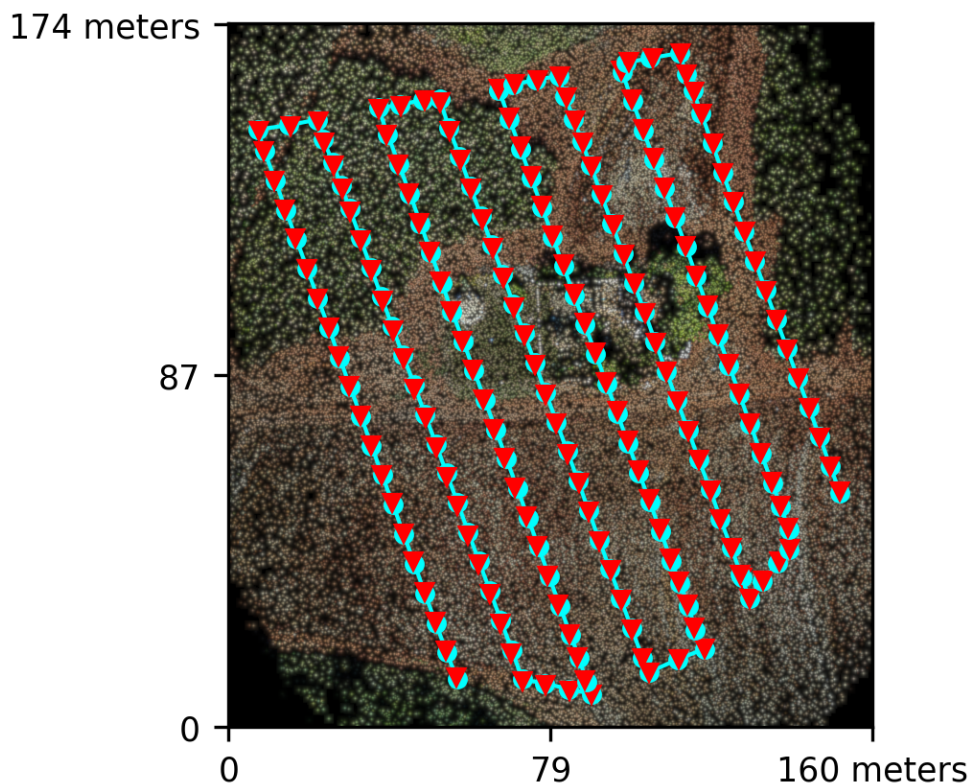
Processed with ODM version 3.1.7

## Dataset Summary

Date	03/06/2024 at 00:26:18
Area Covered	0.022972 km <sup>2</sup>
Processing Time	2.0h:40.0m:48.0s
Capture Start	29/05/2024 at 08:44:53
Capture End	29/05/2024 at 08:57:12

## Processing Summary

Reconstructed Images	173 over 173 shots (100.0%)
Reconstructed Points (Sparse)	167260 over 168464 points (99.3%)
Reconstructed Points (Dense)	24,177,842 points
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.9 cm
Detected Features	9,822 features
Reconstructed Features	5,076 features
Geographic Reference	GPS
GPS errors	0.61 meters

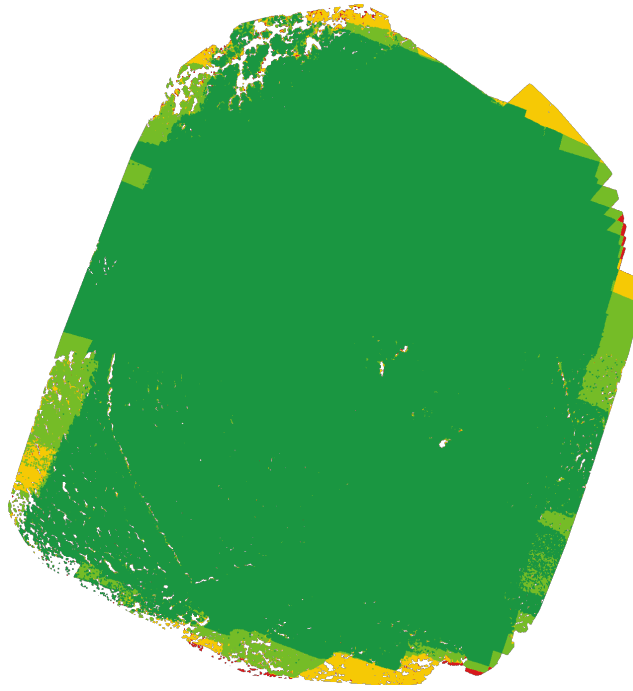


# Previews



Orthophoto

# Survey Data



■ 2 ■ 3 ■ 4 ■ 5+

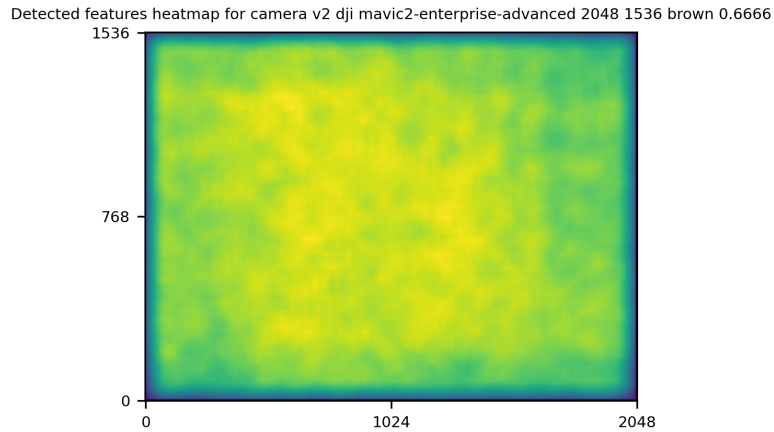
## GPS/GCP/3D Errors Details

GPS	Mean	Standard Deviation	RMS Error
X Error (meters)	-0.011	0.211	0.211
Y Error (meters)	-0.010	0.421	0.421
Z Error (meters)	-0.006	0.459	0.459
Total			0.613

3D	Mean	Standard Deviation	RMS Error
X Error (meters)	0.028	0.045	0.053
Y Error (meters)	0.025	0.045	0.051
Z Error (meters)	0.075	0.115	0.137
Total			0.089

	Absolute	Relative
Horizontal Accuracy CE90 (meters)	0.702	0.087
Vertical Accuracy LE90 (meters)	0.728	0.173

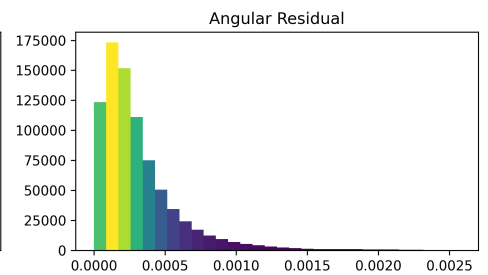
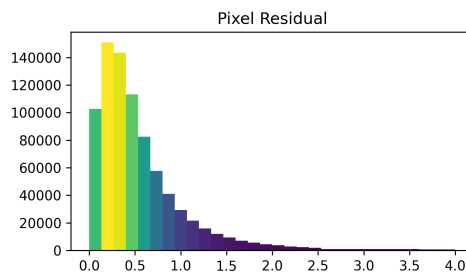
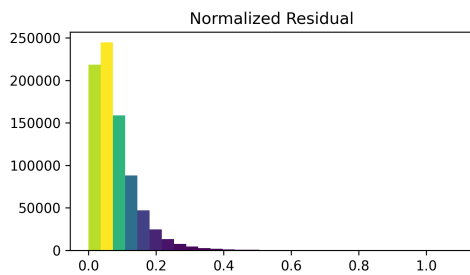
# Features Details



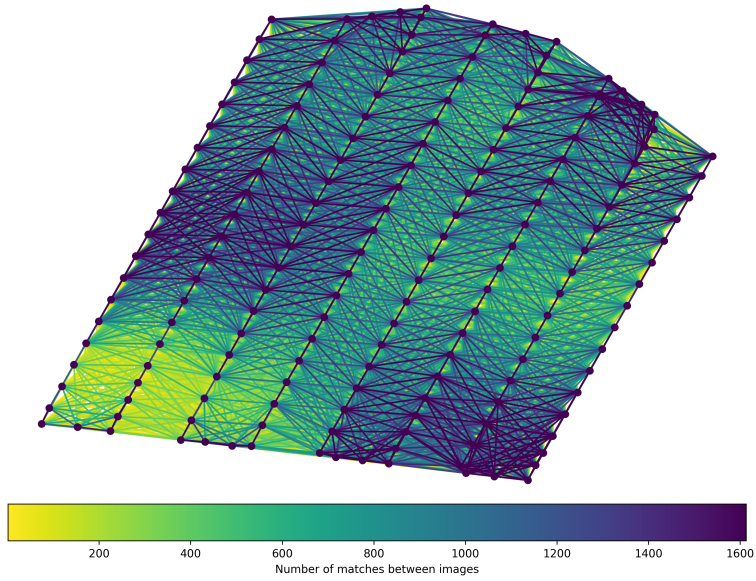
	Min.	Max.	Mean	Median
Detected	7067	10766	9354	9822
Reconstructed	2185	6283	4779	5076

# Reconstruction Details

Average Reprojection Error (normalized / pixels / angular)	0.08 / 0.55 / 0.00031
Average Track Length	4.94 images
Average Track Length (> 2)	7.28 images



# Tracks Details



Length	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Count	74062	27664	14858	9832	7124	5304	4145	3372	2828

# Camera Models Details

**v2 dji mavic2-enterprise-advanced 2048 1536 brown 0.6666**

	k1	k2	k3	p1	p2	focal	aspect_ratio	cx	cy
Initial	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6667	1.0000	0.0000	0.0000
Optimized	-0.0049	-0.0090	-0.0020	-0.0003	-0.0001	0.7540	1.0000	-0.0017	-0.0022

