

# Aplicação TROANTE

## Paulo Pires

Maj Cav, Eng. Informático  
Centro de Informação Geoespacial do Exército  
ppires@igeoe.pt

## Sofia Henriques

Alf RC, Eng. Geógrafo  
Centro de Informação Geoespacial do Exército  
shenriques@igeoe.pt

## André Oliveira

Asp RC, Eng. Geógrafo  
Centro de Informação Geoespacial do Exército  
aoliveira@igeoe.pt

## Paula Redweik

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa -  
Instituto Dom Luiz

## Resumo

O Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE) como órgão produtor de cartografia integra o desenvolvimento do projeto TROANTE com vista ao teste e operacionalização de um sistema UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) de pequena/média dimensão para utilização em ação de caráter militar e civil. Um projeto que visa criar competências, a nível nacional, envolvendo um conjunto de entidades para, em colaboração com as Forças Armadas (FFAA), se levarem a cabo iniciativas concretas como elaborar um road map que permita dar passos consistentes com vista à certificação de Sistemas UAV a nível nacional, não só no âmbito militar, mas também civil ou desenvolver tecnologia e *know-how* de operação tendo em vista a sua aplicação nos domínios da geografia, cartografia, hidrografia, oceanografia e ambiente marinho.

## Introdução

TROANTE é um projeto de investigação e desenvolvimento, orientado para diversos vetores sectoriais aplicáveis à tecnologia dos UAV, numa perspetiva de utilização dual, isto é, militar e civil. Um projeto nominado “Desenvolvimento de Tecnologia UAV Para Utilização de Âmbito Conjunto e Dual (TROANTE)” que envolve várias entidades das FFAA (Forças Armadas), da BTID (Base Tecnológica Industrial de Defesa), do Sistema Científico e Tecnológico Nacional (SCTN), entre outras.

Uma parceria entre diversas entidades com objetivos bem definidos: a) Testar e operacionalizar um sistema de UAV de pequena/média dimensão, para utilização não só em âmbito militar, mas também como civil; b) Criar competências, a nível nacional, envolvendo um conjunto de entidades de reconhecida competência e reputação para, em colaboração com as FFAA, se levarem a cabo iniciativas concretas; c) Elaborar um road map que permita dar passos consistentes com vista à certificação de Sistemas UAV a nível nacional, não só no âmbito militar, mas também civil e d) Desenvolver tecnologia e *know-how* de operação tendo em vista a sua aplicação nos domínios da geografia, cartografia, hidrografia, oceanografia e ambiente marinho.

Os UAV's proporcionam capacidades cujos benefícios e polivalência são reconhecidos e amplamente divulgados em estudos, publicações e roadmaps. Em Portugal, os potenciais operadores e/ou beneficiários são, principalmente, os três ramos das FFAA, as FFSS (Forças e Serviços de Segurança) e uma série de outras entidades públicas e privadas, destacando-se as que estão relacionadas com funções de autoridade, pesquisa científica, topografia e fotografia. Entidades como a Defesa nas FFAA em Operações militares como ISTAR (*Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance*), Proteção da Força ou Guerra

Eletrónica, em Missões de Interesse Público em Apoio à Busca e Salvamento ou mesmo na Administração Interna, na GNR (Guarda Nacional Republicana), PSP (Polícia de Segurança Pública), SEF (Serviço de Estrangeiros e Fronteiras) na Manutenção da ordem pública, Proteção ambiental, Vigilância e Controlo da fronteira marítima, Apoio a Operações Policiais, Proteção das forças de segurança, Segurança de instalações de áreas sensíveis, etc.

## Voos Fotogramétricos

Pretende-se a aquisição de dados geoespaciais recolhidos a partir de um UAV de modo a que, conjuntamente com o processamento adequado, seja possível obter, de forma mais rápida e economicamente mais vantajosa, relativamente aos métodos tradicionais, informação útil para a representação, observação e monitorização da Terra, com vista à sua aplicação, entre outros, nos seguintes contextos:

- ✓ Produção de Sistemas de Informação Geográfica (SIG);
- ✓ Produção de Modelos Digitais do Terreno/ de Superfície (MDT/MDS);
- ✓ Produção de Ortofotomapas;
- ✓ Produção de Modelos 3D urbanos;
- ✓ Monitorização de arribas rochosas ao longo da orla costeira.

### Realização de voos fotogramétricos

O voo fotogramétrico tem por objetivo a aquisição da cobertura fotográfica aérea de uma zona que se pretende cartografar em que as respetivas imagens devem obedecer a um conjunto de características que possibilitem a sua aerotriangulação e consequente construção de modelos estereoscópicos georreferenciados no referencial pretendido. Para tal, no âmbito do projeto, desenvolveu-se, de forma interativa, uma aplicação para elaboração de planos de voos fotogramétricos que, dependendo das características pretendidas (escala, sobreposição entre as imagens, definição da área a fotografar, entre outros) e tendo em consideração as características da câmara utilizada, defina

parâmetros tais como a altitude de voo e as coordenadas de cada um dos pontos de tomada de foto.

Definido o plano de voo, este deve ser transmitido à plataforma para que esta seja capaz de, de forma autónoma, realizar a cobertura fotográfica sem qualquer lacuna, garantindo a sobreposição pretendida, quer entre fotos sucessivas da mesma fiada, quer entre fiadas, e em condições de estabilidade que, no caso do voo vertical, garantam uma orientação vertical do eixo da câmara fotográfica no momento em que a imagem é captada. Captadas as imagens nas condições atrás referidas, será necessária a transferência dos dados adquiridos, sendo fundamental, para além das próprias fotografias, a informação sobre o comportamento da aeronave no momento exato em que cada uma delas é captada (três ângulos de orientação do eixo fotográfico e as coordenadas tridimensionais do ponto de tomada de foto). Tal informação associada aos parâmetros de orientação interna da câmara (tamanho do sensor, constante da câmara, coordenadas foto do ponto principal e parâmetros para a correção das distorções radial e tangencial da objetiva que são obtidos por intermédio do processo de calibração da câmara) vai permitir reconstruir, de forma exata, a relação espacial que existia entre cada imagem e o terreno no momento da exposição, ou seja, a respetiva orientação espacial.

Com a orientação recuperada, passa a ser possível a extração de informação georreferenciada tridimensional das fotografias, quer a partir de pares estereoscópicos, quer a partir de imagens ortoretificadas ou de nuvens de pontos, a qual poderá ter os mais variados fins.

A qualidade posicional da informação obtida depende de vários fatores. Têm especial relevância a exatidão das coordenadas do centro de projeção e orientação do eixo ótico da câmara fotográfica no momento em que é capturada a imagem. Para minimizar o efeito de erros nesses parâmetros são utilizados pontos de controlo no terreno. Pretendem-se estudar e analisar soluções que incluem a determinação de coordenadas do centro de projeção recorrendo a sistemas de navegação global por satélite (*Global Navigation Satellite System – GNSS*) e correções em modo *Real Time*

*Kinematic* (RTK). Pretende-se, assim, reduzir a necessidade de pontos de controlo, e minimizar custos e tempo de execução do processo de produção cartográfica. A validação será efetuada através de pontos independentes, observados no terreno com tecnologia GNSS com correções RTK.

## Desenvolvimento

### Modelação 3D Urbana (Voo oblíquo 4x)

Um dos produtos mais recente das técnicas geoespaciais são os modelos 3D urbanos com um vasto leque de aplicações civis e militares, como por exemplo o cadastro 3D da propriedade urbana e suas infraestruturas, a gestão de situações de emergência em meio urbano e a simulação ou gestão de cenários de guerra urbana. Um modelo 3D urbano envolve duas componentes: a geometria do espaço urbano e a sua semântica, descrita por atributos. A associação das duas componentes permite realizar operações de análise espacial complexa sobre os modelos, tornando-os numa ferramenta 3D de geodesição.

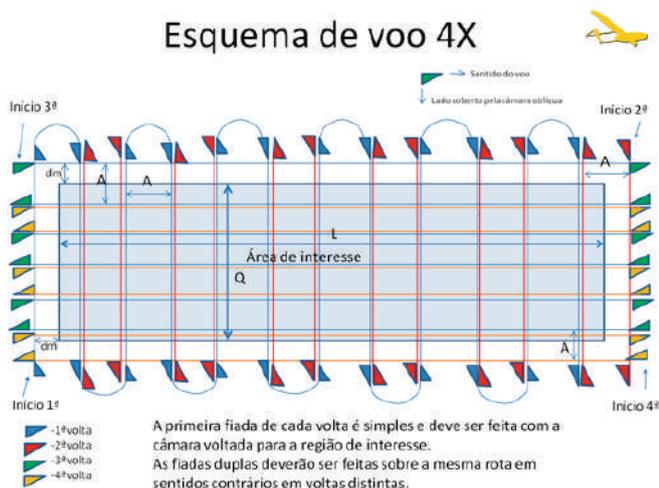


Figura 1 – Esquema de voo oblíquo 4X.

A cobertura por fotografia aérea obtida, a baixa altitude, com câmaras orientadas obliquamente, fornece, não só informação tridimensional, desde que devidamente georreferenciada, mas também uma mais-valia relacionada com a informação da textura das fachadas dos edifícios e objetos verticais, as quais se apresentam deficientemente representadas em fotografias aéreas orientadas com o eixo fotográfico na vertical.

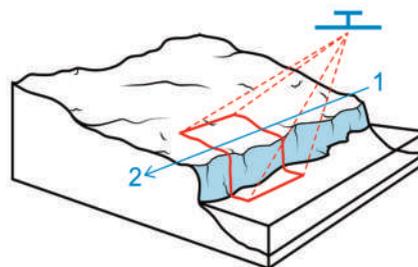
Numa missão fotográfica para este fim, o trajeto de voo deverá contemplar fiadas paralelas sobre a zona urbana a modelar, as quais deverão ser voadas, cada uma nos dois sentidos, e fiadas perpendiculares às primeiras, também voadas cada uma nos dois sentidos. Deste modo, pretende-se que cada objeto seja captado, pelo menos, de quatro perspetivas diferentes.

### Monitorização de arribas rochosas (Voo oblíquo 1x)

A monitorização de arribas é uma operação fundamental para a tomada de decisão nas áreas costeiras, com o intuito de proteger pessoas e bens. Tal monitorização tem sido realizada por fotografia aérea de avião tripulado e, em arribas limítrofes de praias com zona balnear, por fotogrametria terrestre e laser *scanner* terrestre. Estas técnicas, apesar de providenciarem resultados muito importantes, apresentam limitações espaciais, visto que das fotografias aéreas verticais não é possível obter informação da parede da arriba, apenas do topo da mesma. Por outro lado, mas fotografias terrestres, há oclusões da parte superior da arriba e apenas se podem obter em zonas com praia acessível. Toda a parede da arriba sem praia não pode ser monitorizada pelas técnicas atuais.

A utilização de UAV, neste contexto, colmataria esta lacuna, servindo de plataforma para uma câmara montada obliquamente, de modo a cobrir toda a parede da arriba numa só fiada de imagens. O voo seria constituído por uma fiada simples de percurso paralelo à arriba. O objetivo desta tarefa consistirá em produzir nuvens de pontos 3D para comparação periódica, deteção e medição de alterações na parede da arriba.

### Esquema de voo 1X



Voo composto por uma única fiada, com a câmara direcionada para a região de interesse. A fiada deverá ser feita sobre rota paralela à direita na direção do ponto 1 para o ponto 2.

Figura 2 – Esquema de voo oblíquo 1X.

## Aplicação desenvolvida

O desenvolvimento da aplicação TROANTE foi direcionada à interação com o utilizador, sendo uma app simples e intuitiva e de rápido manuseamento e acesso aos dados. O acesso à aplicação é feita por “Window Form” através da linguagem python, uma linguagem de muito alto nível (VHLL - *Very High Level Language*), de sintaxe muito apelativa, de fácil aprendizagem e de implementação aberta, orientada a objetos e interpretada (bytecode) e a biblioteca PyQt, como ponte entre python e a biblioteca QT, disponível para todas as plataformas suportadas pela QT da TrollTech, incluindo Windows, Linux, UNIX, MacOS/X, entre outros.

O utilizador seleciona previamente os pontos cuja área pretende levantar (voo oblíquo 1x: 2 pontos, voo oblíquo 4x ou voo vertical: 4 pontos). Os pontos são introduzidos na aplicação segundo uma variedade de formatos disponíveis: a) Coordenadas Retangulares; b) Coordenadas em Graus, Minutos e Segundos; c) Coordenadas em Graus decimais; d) Coordenadas em formato KML/KMZ; e) Coordenadas em *Shapefile*; f) Coordenadas em TXT e g) Coordenadas pelos cantos das folhas, segundo cartograma da série M888 do CIGeoE.

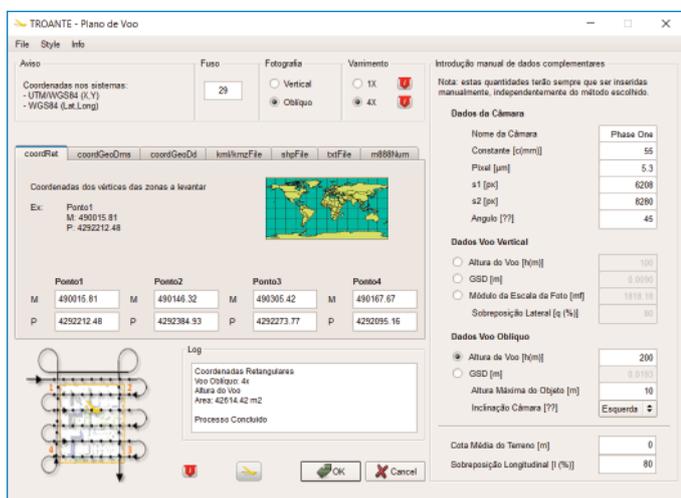


Figura 3 – Interface da aplicação TROANTE - Plano de Voo.

Introduzidos os pontos representativos da área a levantar, seleciona-se o Fuso, o tipo de Voo e posteriormente os dados relativos a esse tipo de Voo, sendo em seguida calculado o Plano de Voo com as tomadas de fotografias, segundo um TXT, KML e KML como output.

CENTRO DE INFORMACAO GEOESPACIAL DO EXERCITO

(2017-07-13 13:10:55)

\*\*\*\*\* DADOS CAMARA \*\*\*\*\*

nomeCamara: Phase One  
 constante: 0.055 m  
 pixel: 5.3e-06 m  
 s1: 0.0329024 m  
 s2: 0.043884 m

\*\*\*\*\* DADOS VOO \*\*\*\*\*

tipo: Oblíquo 4x

\*\*\*\*\* DADOS COMPLEMENTARES \*\*\*\*\*

L: 365.04 m  
 Q: 322.92 m  
 alfa: 0.7854 rad  
 beta: 0.4468 rad  
 h: 200.0 m  
 gsd: 0.02 m  
 di: 282.84 m  
 dp: 70.43 m  
 dm: 200.0 m  
 da: 567.93 m  
 S1Di: 169.20 m  
 S2: 497.50 m  
 A: 70.43 m  
 B: 33.84 m  
 NfxQ: 6  
 NfxL: 6  
 nFotos: 276  
 cTotal: 8527 m

\*\*\*\* COORDENADAS RETANGULARES DO BLOCO A LEVANTAR [m] \*\*\*\*

ponto1: (490015.81, 4292212.48)  
 ponto2: (490146.32, 4292384.93)  
 ponto3: (490305.42, 4292273.77)  
 ponto4: (490167.67, 4292095.16)

\*\*\*\*\* COORDENADAS \*\*\*\*\*

ID	Long [graus]	Lat [graus]	Z [m]
00	-9.11630931	38.77816236	200.000
01	-9.11600074	38.77797618	200.000
02	-9.11569218	38.77779000	200.000
03	-9.11538362	38.77760382	200.000
...			
287	-9.11281999	38.77644193	200.000

\*\*\*\*\* NOTAS \*\*\*\*\*

- L - Dimensao maior do bloco retangular
- Q - Dimensao menor do bloco retangular
- alfa\_y - Inclinao do eixo fotografico perpendicular a linha de voo
- beta\_y - Angulo (FOV/2) perpendicular a linha de voo
- h - Altura de voo sobre o solo
- gsd - Ground Sample Distance
- di - Distancia inclinada a linha media da foto
- dp - Distancia proxima (da linha de voo) ao lado mais proximo do 'footprint' da foto
- dm - Distancia media (dist. horizontal a linha media)
- da - Distancia afastada (dist. horizontal) ao lado mais afastado do 'footprint' da foto
- S1Di - Comprimento no terreno ao longo da linha media da foto na direcao de voo, a distancia inclinada Di do sensor
- S2 - Comprimento no terreno ao longo da linha media da foto transversal a direcao de voo
- A - Distancia entre eixos de fiadas
- B - Base aerea/distancia entre disparos sucessivos
- NfxQ - Numero de fiadas perpendiculares a Q
- NfxL - Numero de fiadas perpendiculares a L
- nFotos - Numero de fotos total
- cTotal - Distancia total percorrida no bloco

Figura 4 – Exemplo de ficheiro .TXT de output com Voo Oblíquo 4x.



Figura 5 – Exemplos de ficheiros KML/KMZ com o plano de voo resultante da aplicação.

A aplicação dispõe igualmente de um conjunto de ajudas ao utilizador para a otimização do Plano de Voo.

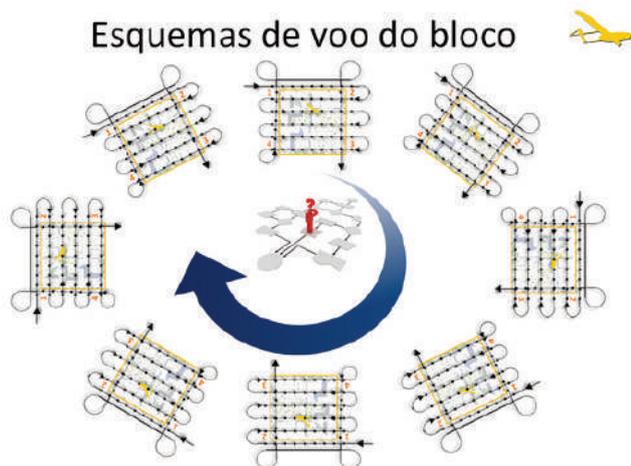


Figura 6 – Esquema de ajuda ao utilizador na definição e denominação dos pontos limite do bloco a levantar.

## Resumo

O TROANTE terá uma duração prevista de 3 anos e contempla o desenvolvimento de tecnologia UAV Classe-I, com ênfase na sua aplicação dual (militar e civil). Pretende-se uma evolução tecnológica no sentido da industrialização, comercialização e subsequente aplicação no âmbito da prestação de serviços.

Este projeto contribuirá para a satisfação de diversas necessidades no âmbito da utilização operacional de UAV, por intermédio de entidades nacionais (Forças Armadas, Forças e Serviços de Segurança, além de

outras entidades de carácter governamental e não-governamental), mas também estrangeiras. Estas últimas, particularmente, no contexto dos Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa (PALOP).



Figura 7 – Informação sobre a aplicação e as instituições participantes no desenvolvimento da mesma.