

Tema A3

Componentes técnicas do Processo de Produção Cartográfica

Planeamento e recepção do vôo
Apoio fotogramétrico + Triangulação aérea
Restituição fotogramétrica
Completagem
Edição cartográfica (geração do MNT e do MNC)
Impressão e reprodução

Componentes Técnicas e a escala de representação

Escala de Representação Cartográfica

> 1:1,000

Levantamento
Topográfico

Levantamento
com UAV

Apoio Topográfico

Restituição
monoscópica

Completagem

Edição

Impressão

**< 1:1,000 e
> 1:25,000**

Vôo

Apoio Topográfico

Restituição Fotogramétrica

Completagem

Edição

Impressão

< 1:25,000

Cartografia de
maior escala

Imagem
Satélite

Apoio Topográfico

Generalização

Restituição
monoscópica

Completagem

Edição

Impressão

Fases da produção Cartográfica

Escala $\leq 1/1,000$

- ☐ Realização do Voo
- ☐ Apoio de Campo
- ☐ Triangulação Aérea
- ☐ Restituição Fotogramétrica
- ☐ Completagem
- ☐ Edição (e Impressão)

Especificações técnicas (RTCAP)

1. REQUISITOS OPERACIONAIS

1.1 Direções de voo

As fiadas deverão ser voadas norte-sul ou este-oeste, com a tolerância de 5 graus em relação à direção cardinal respetiva, salvo se especificada outra direção nas condições especiais.

A cobertura fotográfica, deverá exceder os limites da zona a cobrir paralelos à direção de voo, em pelo menos 15% da largura da fiada. O primeiro e o último negativos de cada fiada que abranja os limites da área a fotografar deverão cobrir zonas situadas fora dessa área.

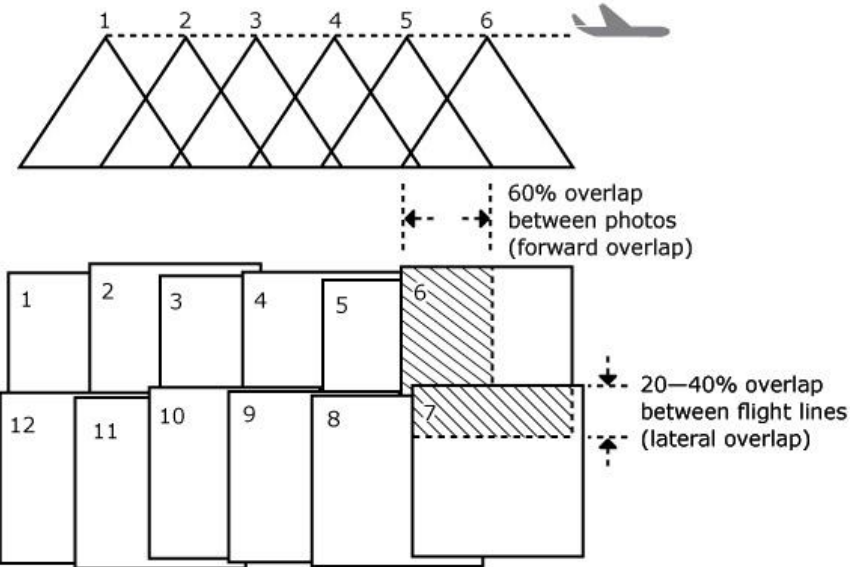


Especificações técnicas (RTCAP)

1.2 Sobreposições

1.2.1 Longitudinal

A sobreposição longitudinal deverá ser, em média, de aproximadamente 60% e qualquer sobreposição inferior a 55% ou superior a 65% constituirá razão suficiente para a rejeição de todas as fotografias dessa fiada.



1.2.2 Lateral

A sobreposição lateral entre fiadas paralelas e adjacentes da fotografia deve ser, regra geral e em média, salvo se de outro modo especificado nas condições técnicas especiais do projecto:

- Em voos acima dos 1500 m e em terreno plano 15% a 30%
- Em voos abaixo dos 1500 m e em terreno acidentado 15%

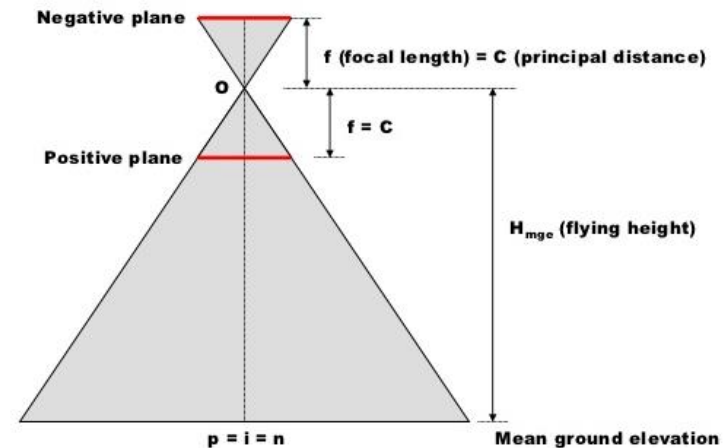
Especificações técnicas (RTCAP)

1.3 Altitude de voo

A altitude de voo acima da cota média do terreno, será calculada pela fórmula:

$$H = f \cdot s$$

f é a distância focal calibrada da câmara aérea e s o denominador da fração representativa da escala fotográfica média pretendida.



Exemplo: $H = 0.153 \cdot 4000 = 612 \text{ m}$

1.4 Época de fotografia

Na latitude de Portugal, a época própria para fotografia aérea destinada a estereorestituição poderá **estender-se de princípios de Fevereiro a meados de Novembro** (incluindo as Regiões Autónomas). As coberturas fotográficas de zonas densamente arborizadas por espécies de folhagem caduca **deverão ser executadas até fins de Abril**, sempre que se destinem a fins cartográficos.

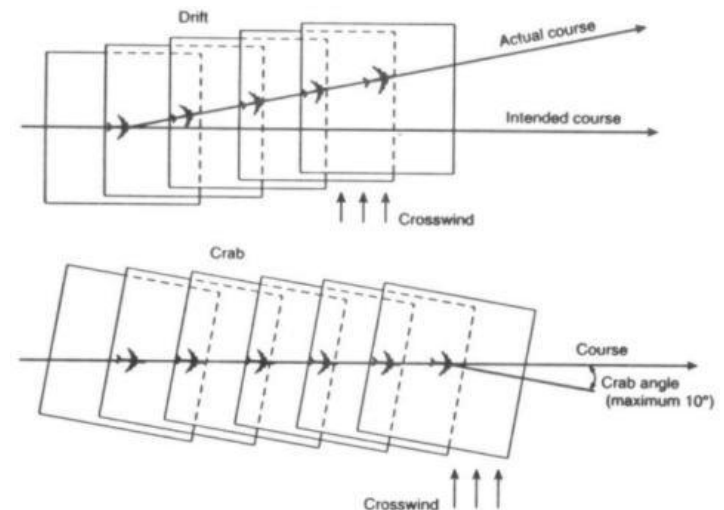
Especificações técnicas (RTCAP)

1.5 Altura solar

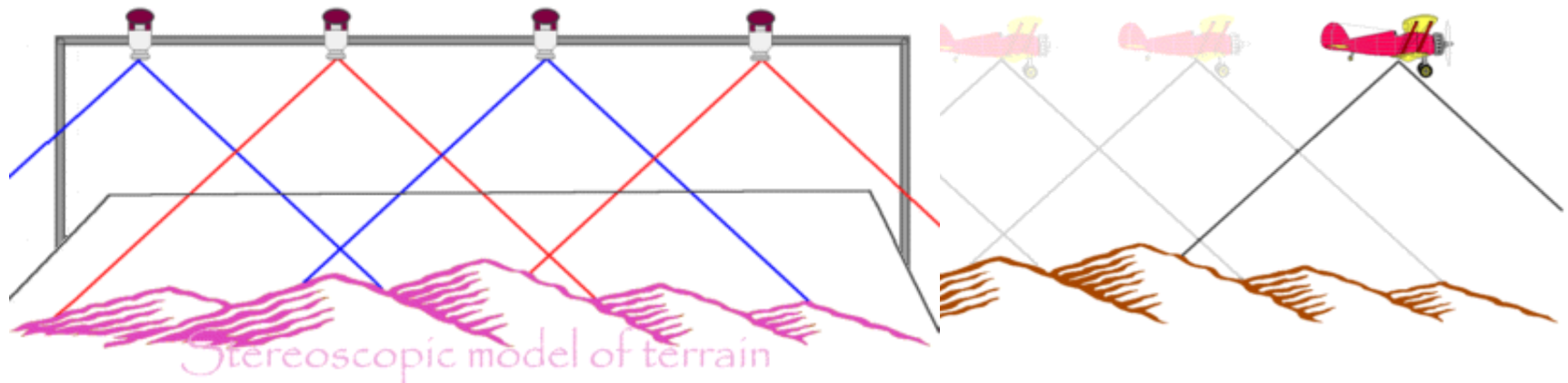
A altura do sol deve ser de pelo menos 30° , salvo se se tratar de aplicações especiais em que sejam requeridos outros limites mormente para que o ponto de reflexão direta do sol caia fora das fotografias, os quais constarão das condições específicas do projeto em questão.

1.6 Deriva

A câmara aérea deverá ser orientada durante o voo fotográfico por forma a que os lados da fotografia segundo a linha de voo sejam paralelos ao eixo da fiada dentro de 5 graus (desvio máximo), não devendo, em caso algum, comprometer as tolerâncias especificadas para a sobreposição lateral.



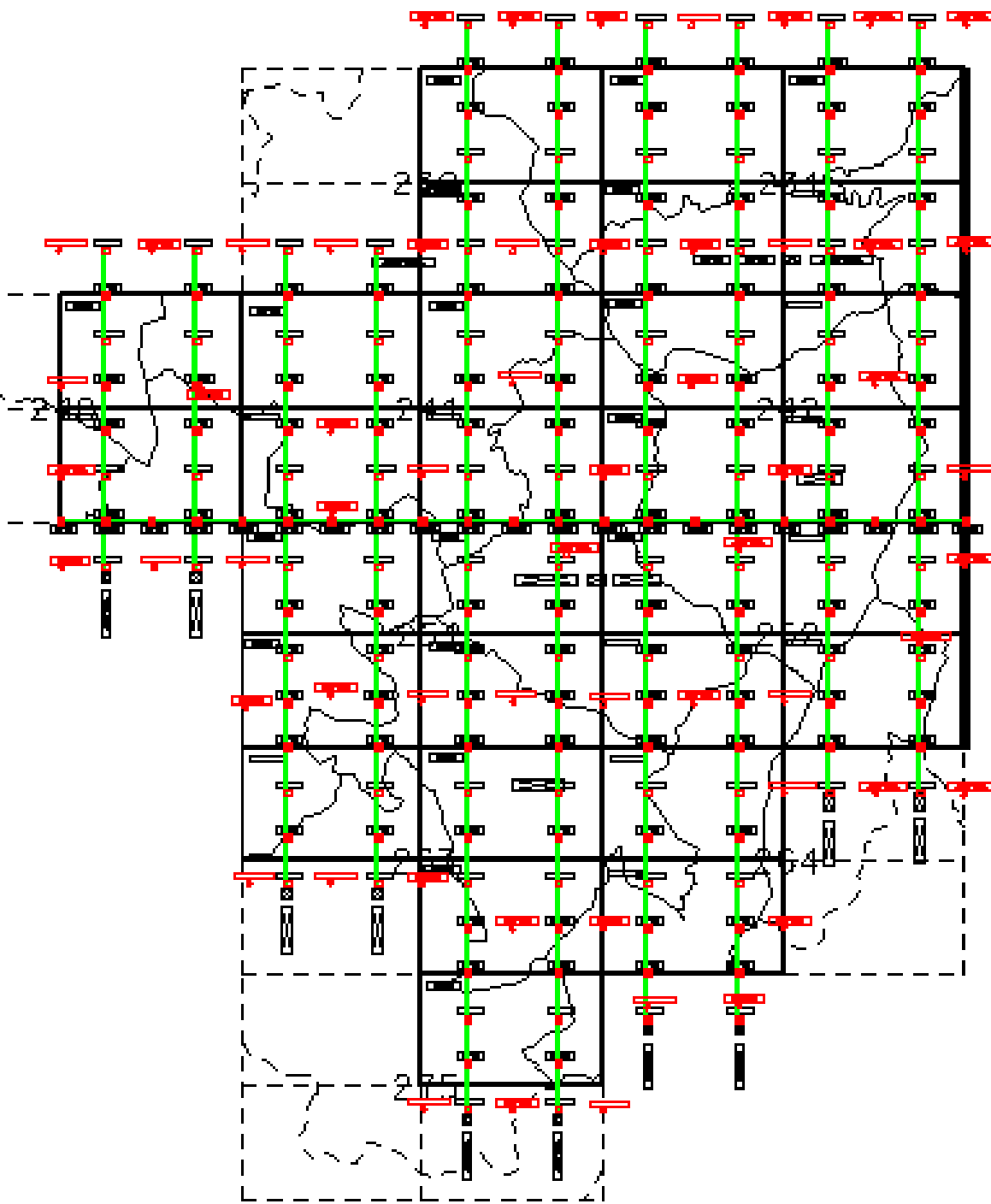
Realização do voo fotogramétrico



Escala do voo		Escala da Carta
1:4000	—————→	1:1000
1:7500	—————→	1:2000
1:15000	—————→	1:5000
1:22500	—————→	1:10000
1:30000	—————→	1:25000

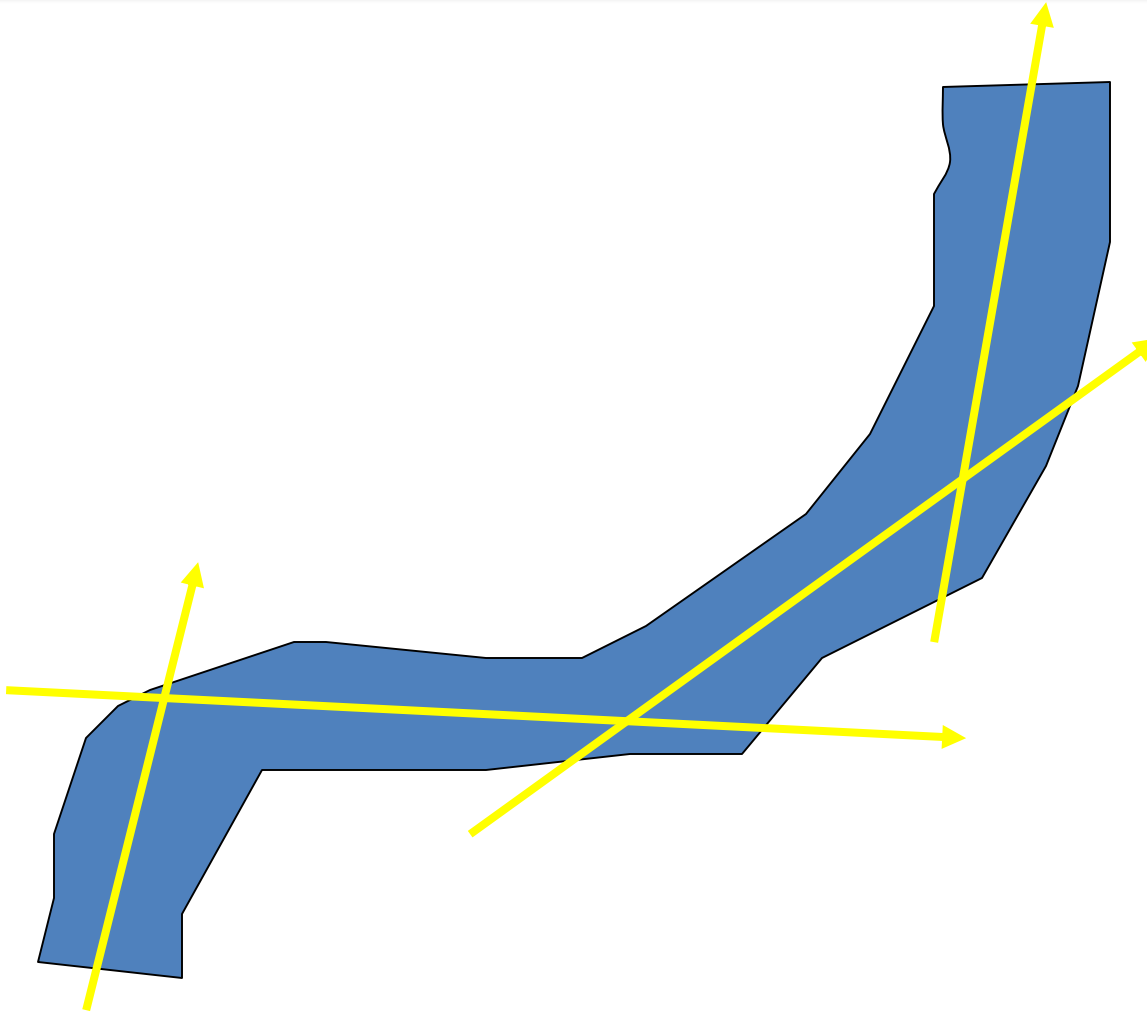
Cartografia 1:10000 do Vale do Ceira e Dueça

230	231
240	241
251	252
263	264
275	



Planeamento do Voo Fotogramétrico

Planeamento do Voo Fotogramétrico

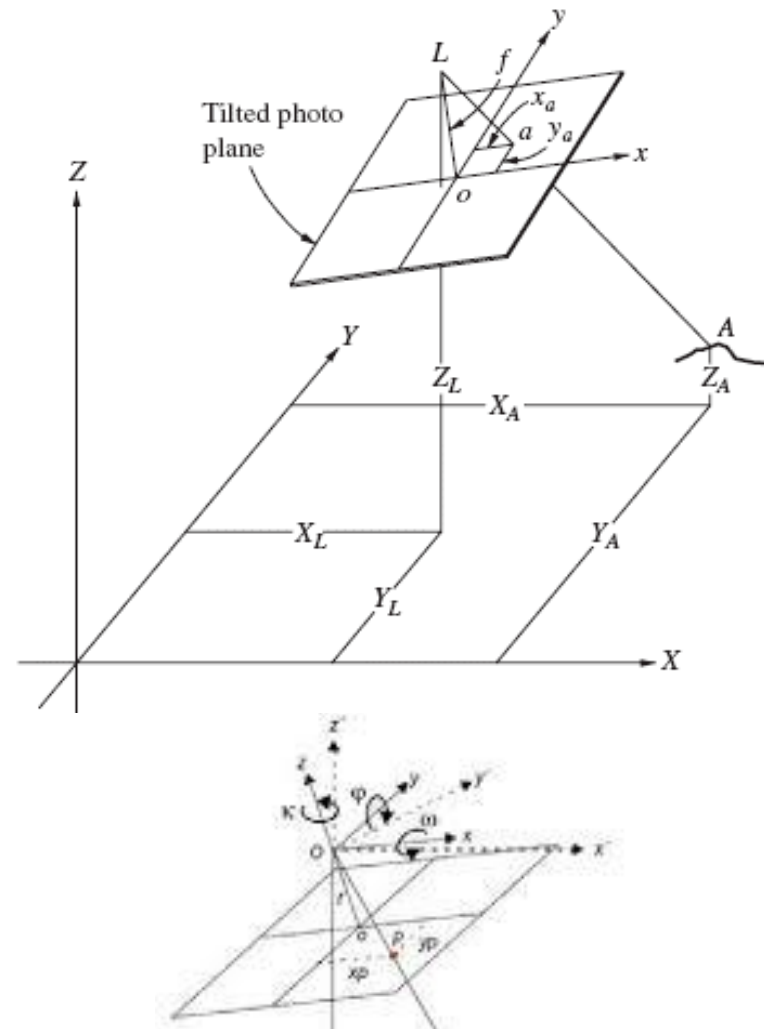


Geometria da Imagem

No processo de produção cartográfico, o apoio de campo (topográfico) e a triangulação aérea têm como principal objetivo a obtenção da posição e orientação da câmara fotográfica no instante da tomada da fotografia.

$$x_a = x_o - f \left[\frac{m_{11}(X_A - X_L) + m_{12}(Y_A - Y_L) + m_{13}(Z_A - Z_L)}{m_{31}(X_A - X_L) + m_{32}(Y_A - Y_L) + m_{33}(Z_A - Z_L)} \right]$$

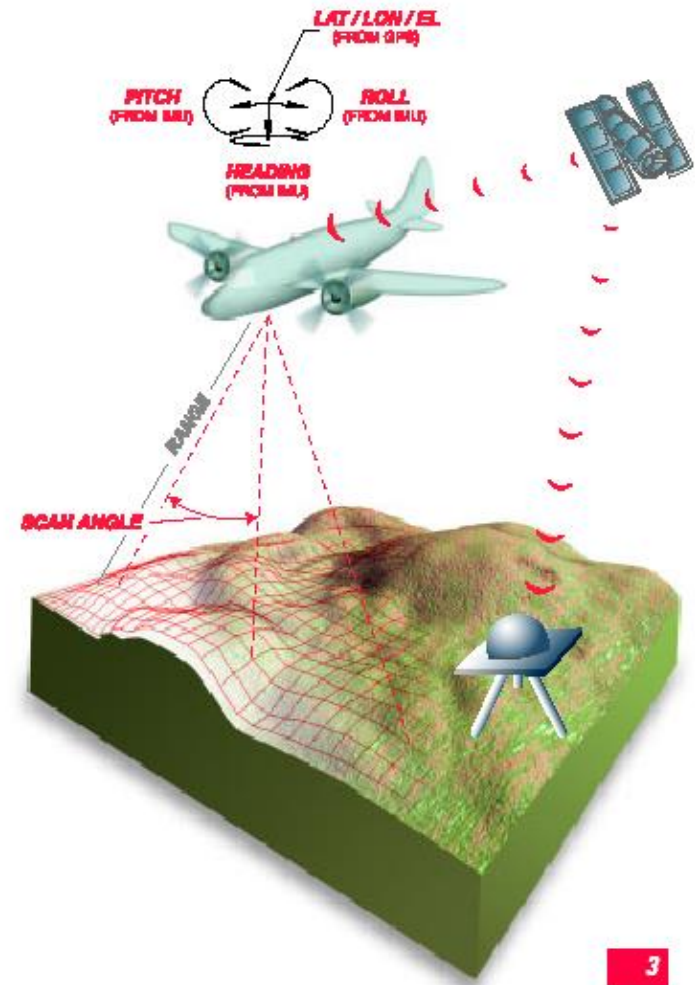
$$y_a = y_o - f \left[\frac{m_{21}(X_A - X_L) + m_{22}(Y_A - Y_L) + m_{23}(Z_A - Z_L)}{m_{31}(X_A - X_L) + m_{32}(Y_A - Y_L) + m_{33}(Z_A - Z_L)} \right]$$



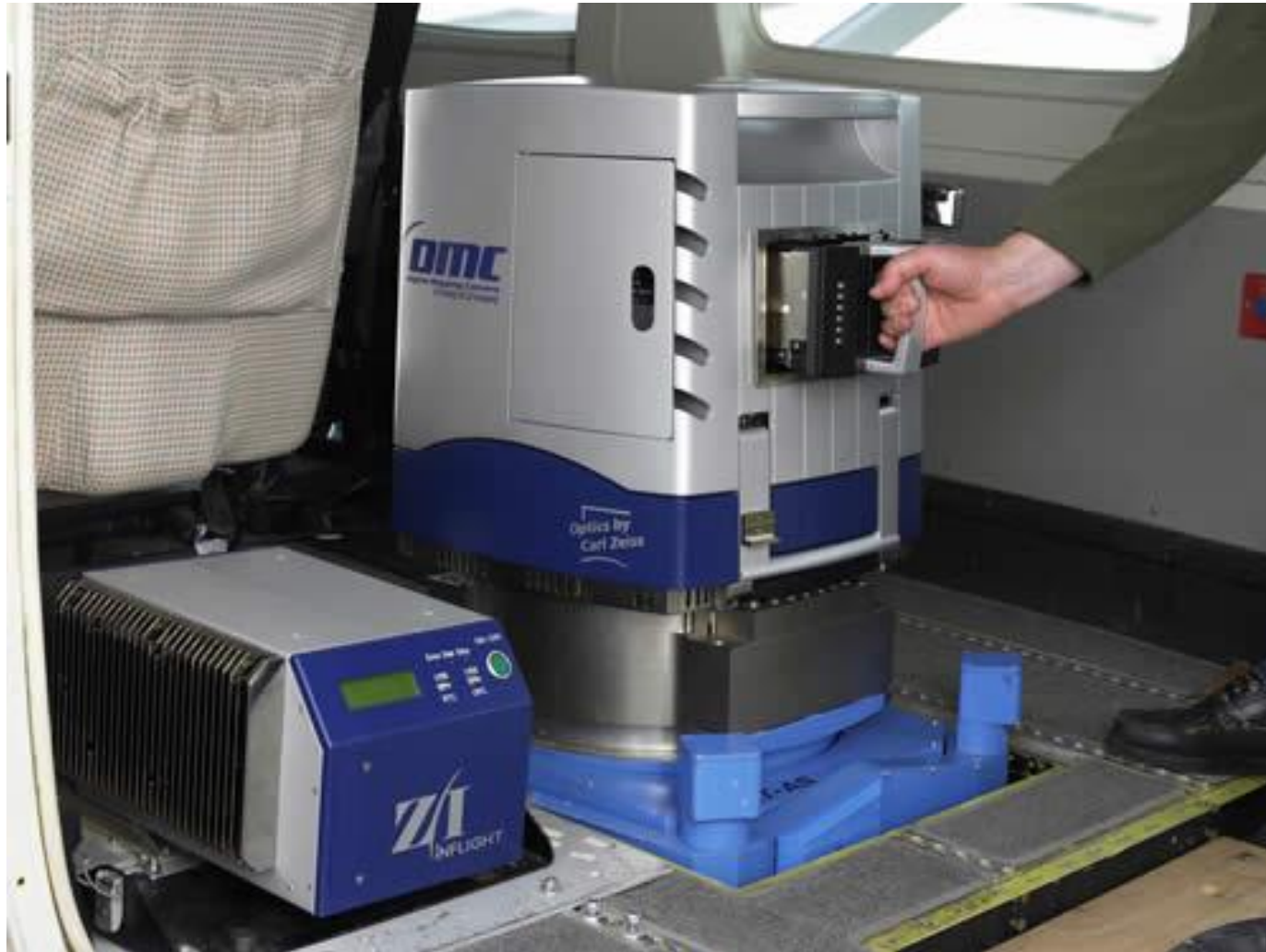
Voo com apoio de GPS a bordo

Obtenção das coordenadas do centro de perspectiva da câmara aérea em simultâneo com o registo fotográfico

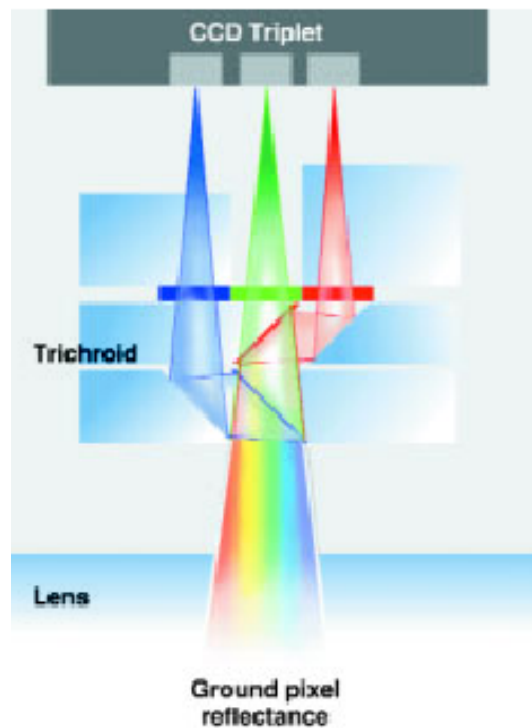
Facilidade no planeamento do voo e na automatização da realização do voo



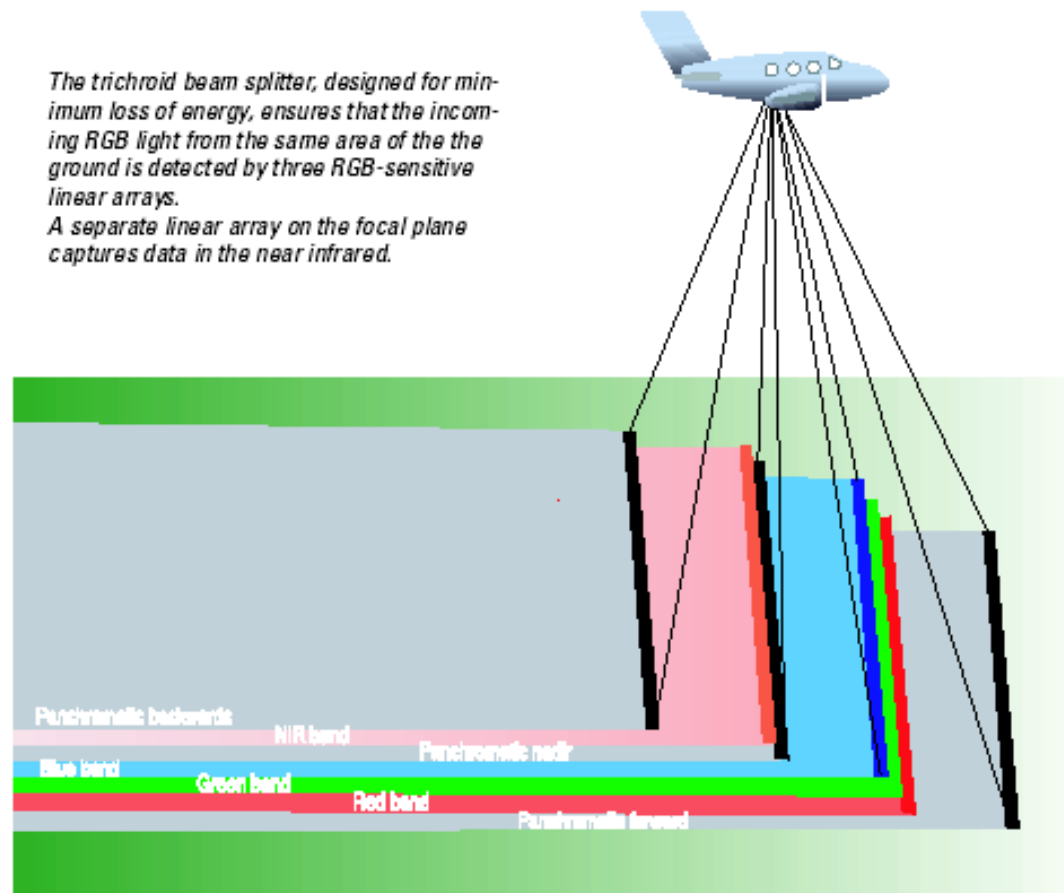
Câmara aérea Digital



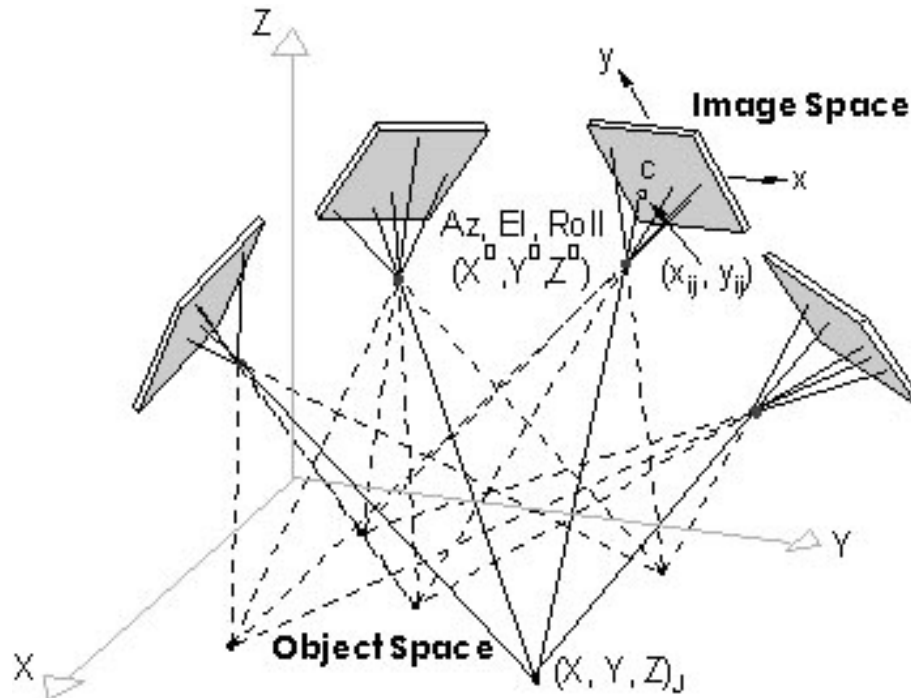
Câmara aérea Digital



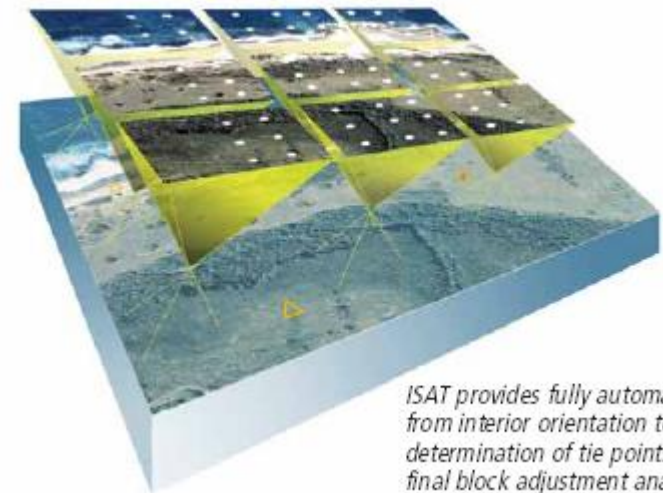
*The trichroid beam splitter, designed for minimum loss of energy, ensures that the incoming RGB light from the same area of the ground is detected by three RGB-sensitive linear arrays.
A separate linear array on the focal plane captures data in the near infrared.*



Triangulação Aérea



Geometria da Triangulação Aérea



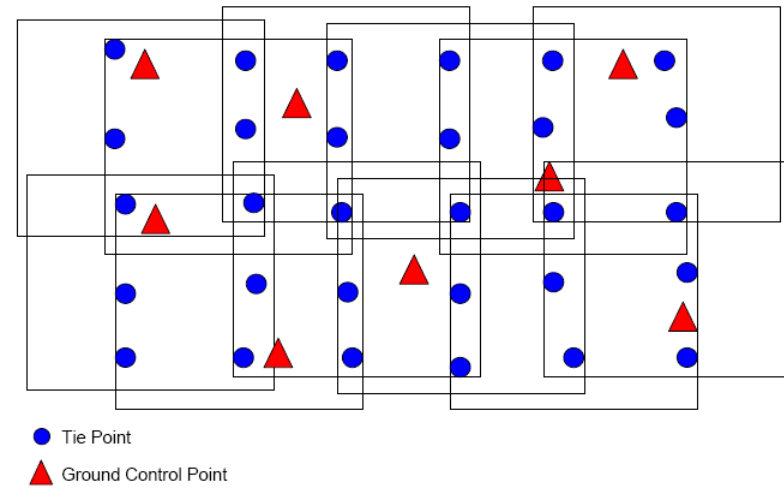
ISAT provides fully automated AT from interior orientation to the determination of tie points to final block adjustment analysis.

Objetivo:
Reduzir o número de pontos fotogramétricos

Apoio de Campo e TA

A seleção do número de pontos fotogramétricos é função da estratégia adotada para a realização do trabalho garantindo sempre o compromisso de qualidade posicional consentâneo com a escala de representação. O número de pontos fotogramétricos decresce com os seguintes procedimentos:

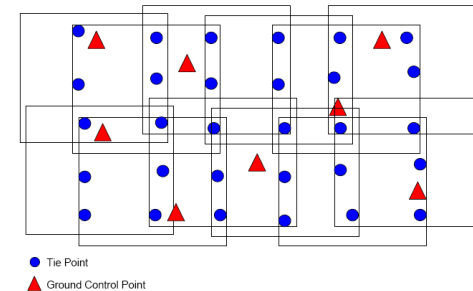
- Apoio total, apoio para triangulação aérea com voo simples,
- Apoio para triangulação aérea com voo assistido com GPS,
- Apoio para triangulação aérea com voo assistido com GPS e INS.



Pontos Fotogramétricos

No caso de se realizar um voo simples, haverá pontos de apoio fotogramétrico de campo tridimensionais na periferia da área a triangular, com espaçamento máximo de 1 ponto de 3 em 3 bases fotográficas.

Deverão ser coordenados, de forma independente, 2 pontos fotogramétricos de campo em cada canto da área a triangular.



Leitura e marcação de pontos de triangulação

Em cada fotograma triangulado deverão figurar, pelo menos, 9 pontos coordenados por qualquer dos processos (pontos de apoio fotogramétrico ou pontos determinados por triangulação aérea), 3 em cada lado do fotograma perpendicular à linha de voo e 3 na linha central.

Apoio de Campo e TA

Os pontos de apoio fotogramétrico deverão ser apoiados na **rede geodésica** para coordenadas planimétricas e, sempre que possível, na rede de nivelamento de precisão ou alta precisão para coordenadas altimétricas.

Usando o GPS (em modo estático) o recetor base deverá ser sempre estacionado num vértice geodésico e o recetor rover não se deverá afastar mais de 10 a 15 km do recetor base. O tempo de aquisição de dados no recetor móvel não deverá ser inferior a 10 minutos com 6 satélites visíveis na totalidade do tempo de aquisição.

Precisão do Apoio de Campo

- 1 - Os valores das coordenadas planimétricas de pontos fotogramétricos de campo deverão ser determinadas com um e.m.q inferior a 0.04 mm à escala do levantamento. (escala 1:1000 :: 4 cm)
- 2 - 90% de uma amostra representativa destas coordenadas não deverá ter discrepâncias com pontos de verificação maiores que 0.07 mm à escala do levantamento.
- 3 - As cotas dos pontos fotogramétricos de campo deverão ter uma discrepância com pontos de verificação menor que 1/10 da equidistância das curvas de nível.
- 4 - 90% de uma amostra representativa das cotas não deverá ter discrepâncias com pontos de verificação maiores que 1/5 da equidistância das curvas de nível.

PF nº 776801

Coordenadas Rectangulares:

M = -15554.044

P = 62166.220

H = 382.136

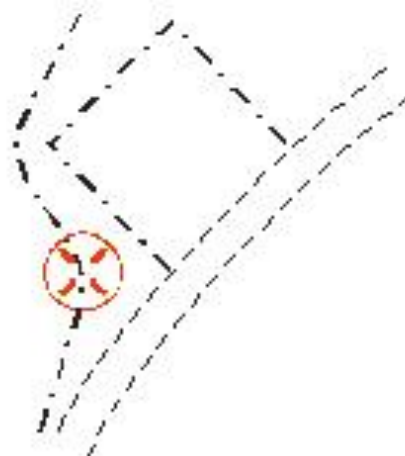
H' = 382.136

Descrição:

Canto de limite de eucaliptos.

Cota no terreno.

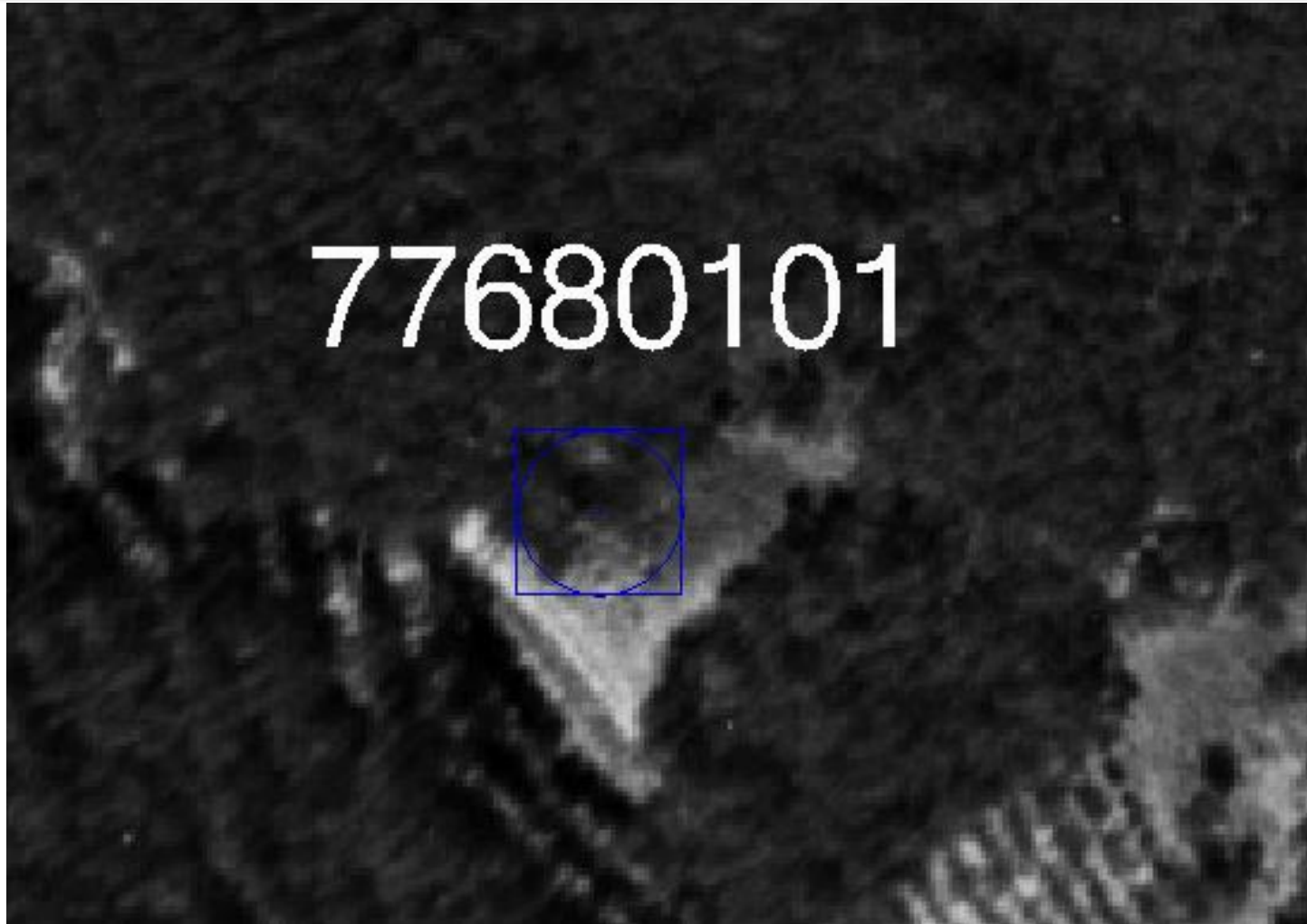
Esboço:



Fotografia:



Pontos Fotogramétricos



PF nº 802301

Coordenadas Rectangulares

M = -12033.737

P = 61737.328

H = 142.623

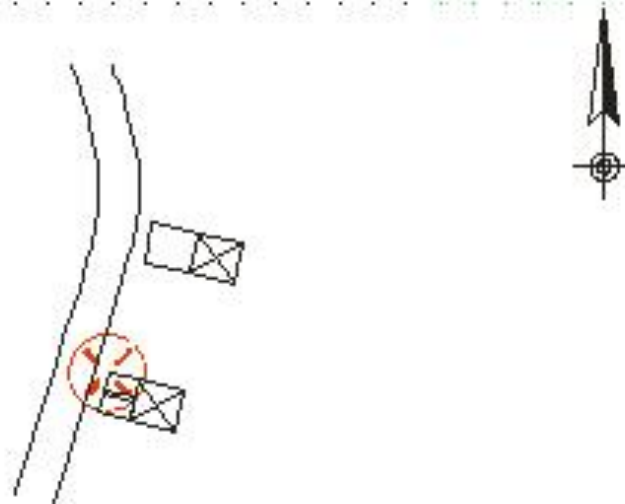
H' = 143.523

Descrição

Pilar na esquina de canteiro.

Cota no terreno.

Altura do pilar é de 0.90m.



Esboço



Fotografia

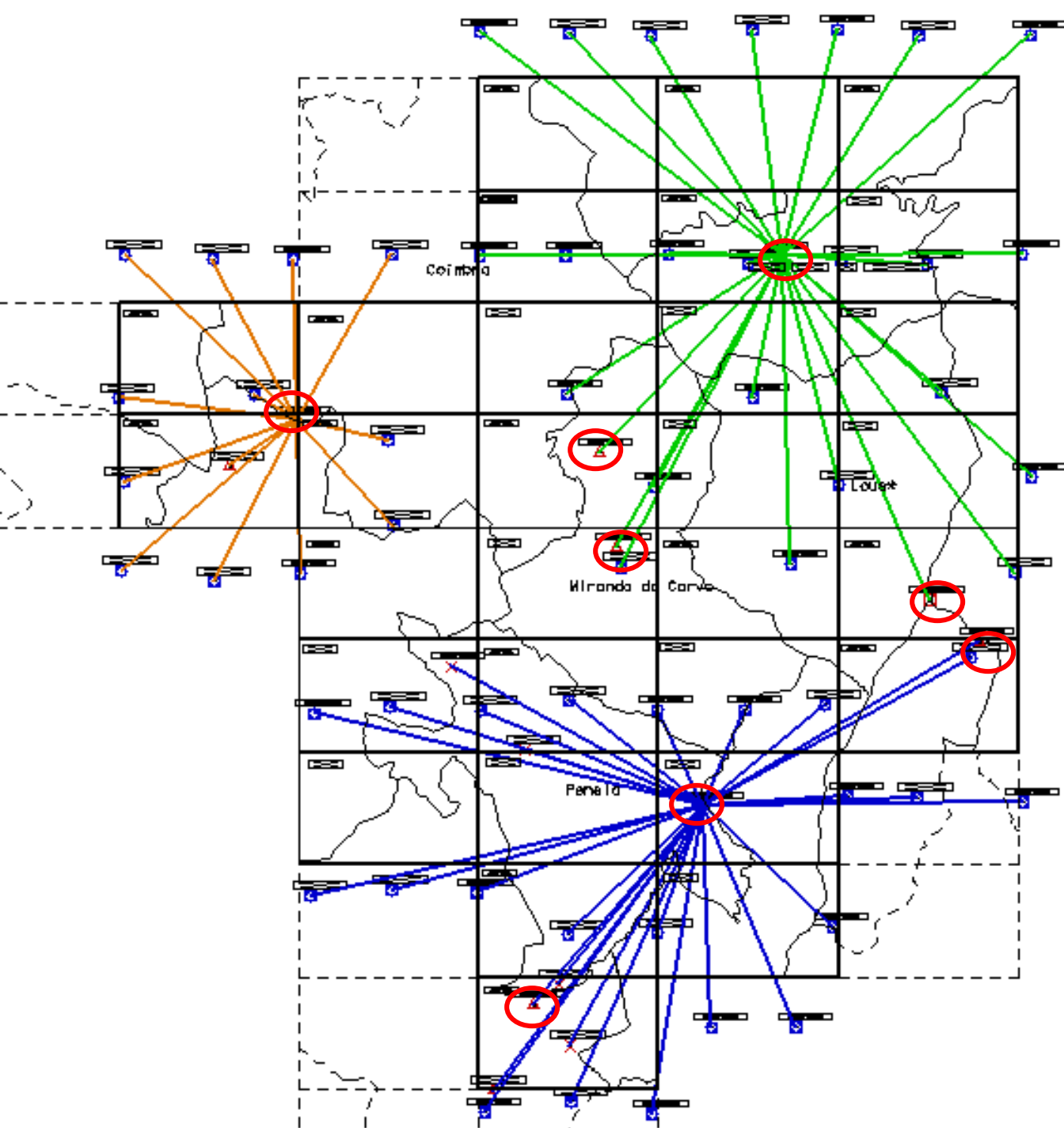
Pontos Fotogramétricos



Pontos Fotogramétricos







Geodésicos

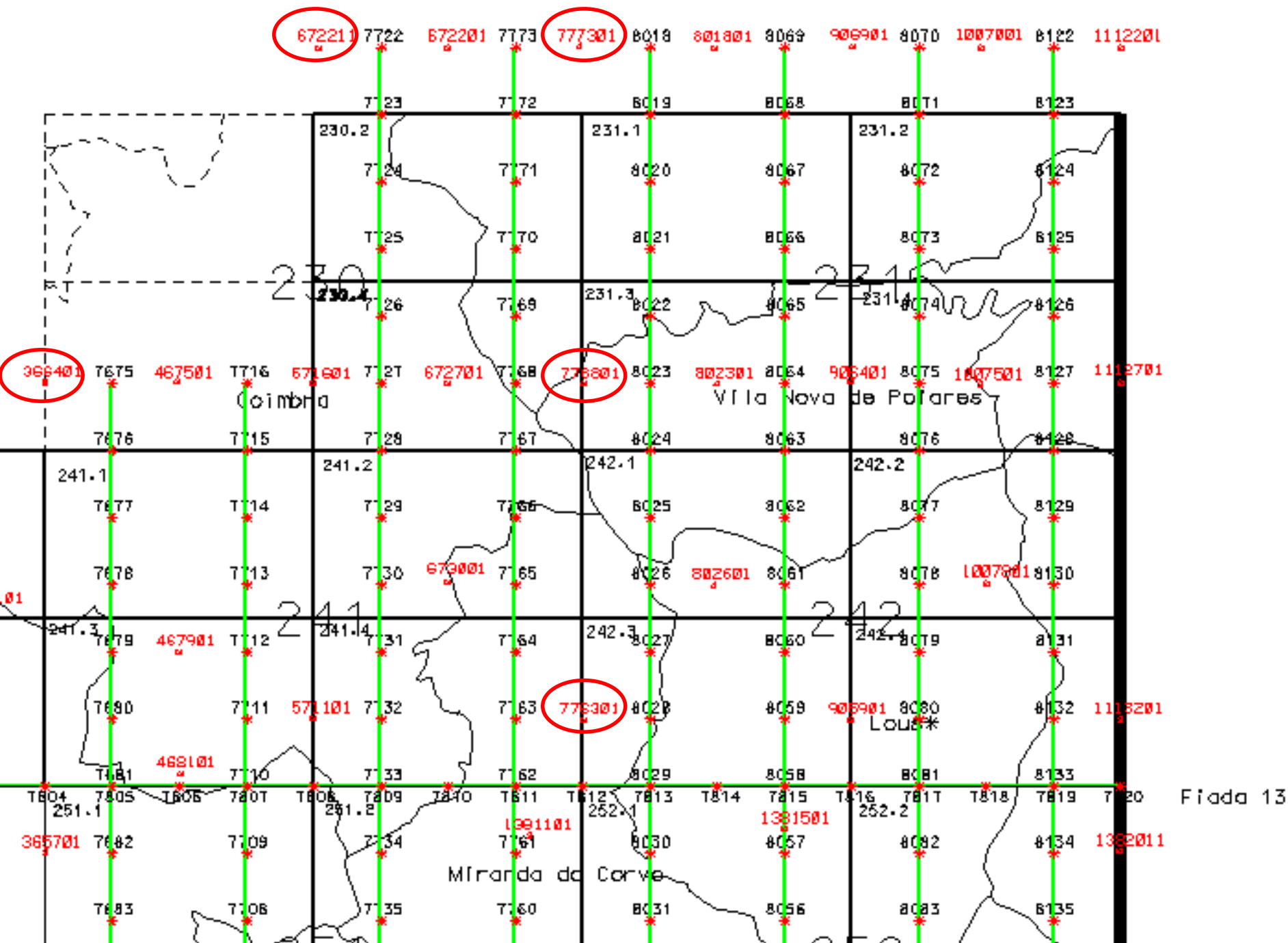
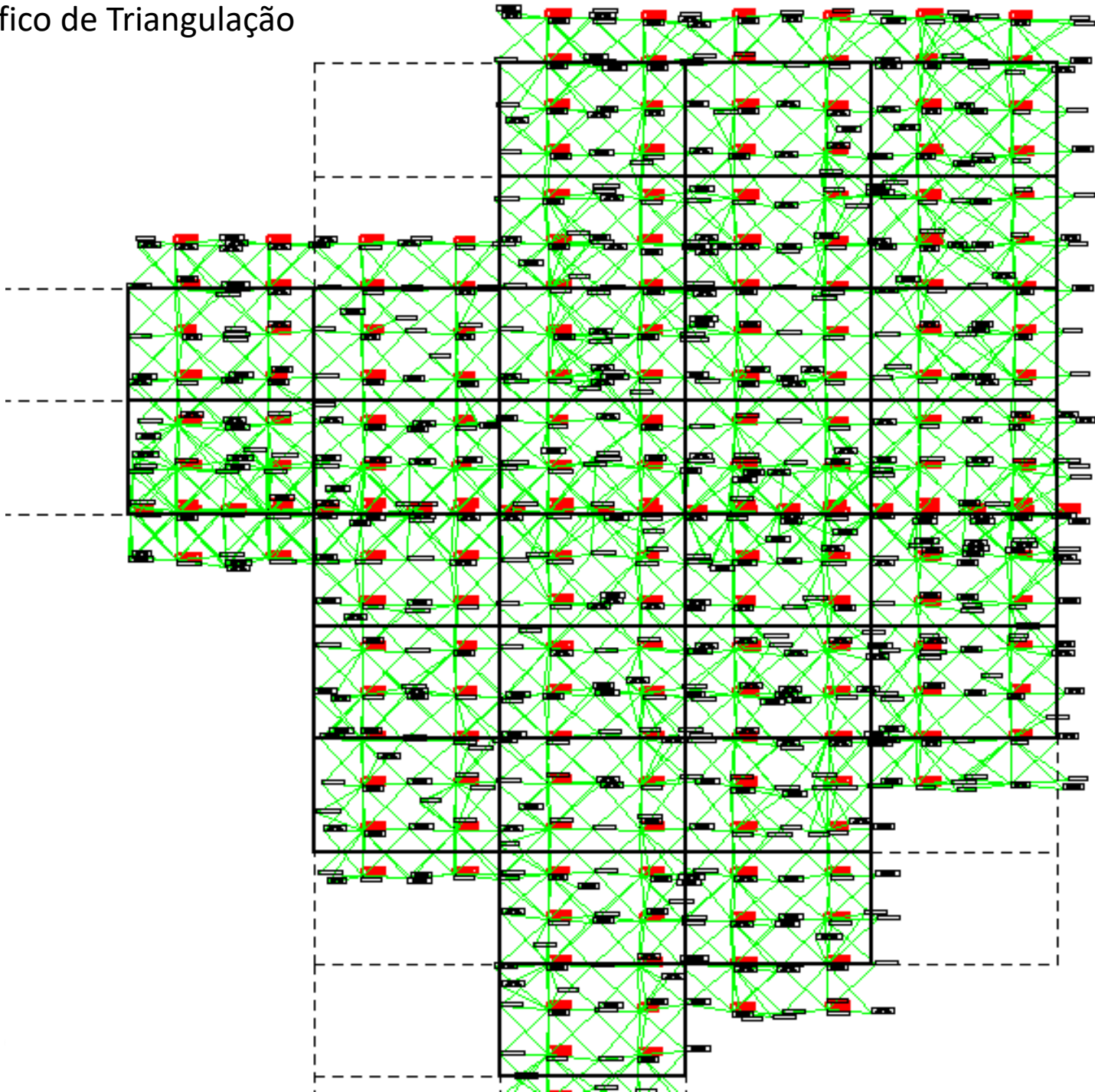
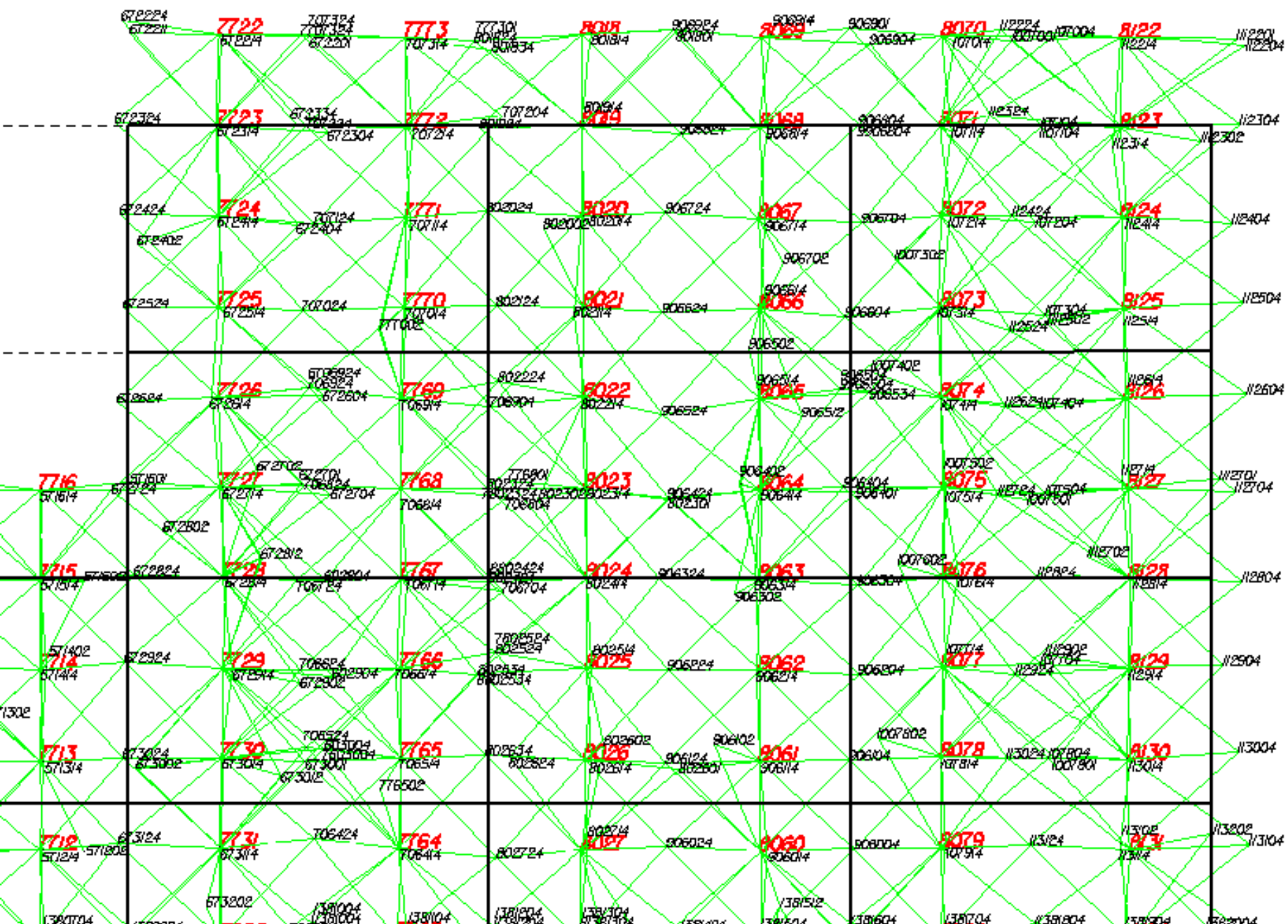


Gráfico de Triangulação





Restituição Fotogramétrica

A restituição fotogramétrica estereoscópica tem como objetivo a aquisição de dados tridimensionais georeferenciados e é presentemente efetuada em estações digitais por técnicos com habilitação específica para este fim.

Os dados de entrada são um par de imagens em formato digital, as coordenadas cartográficas dos pontos fotogramétricos e as coordenadas cartográficas dos pontos de triangulação.

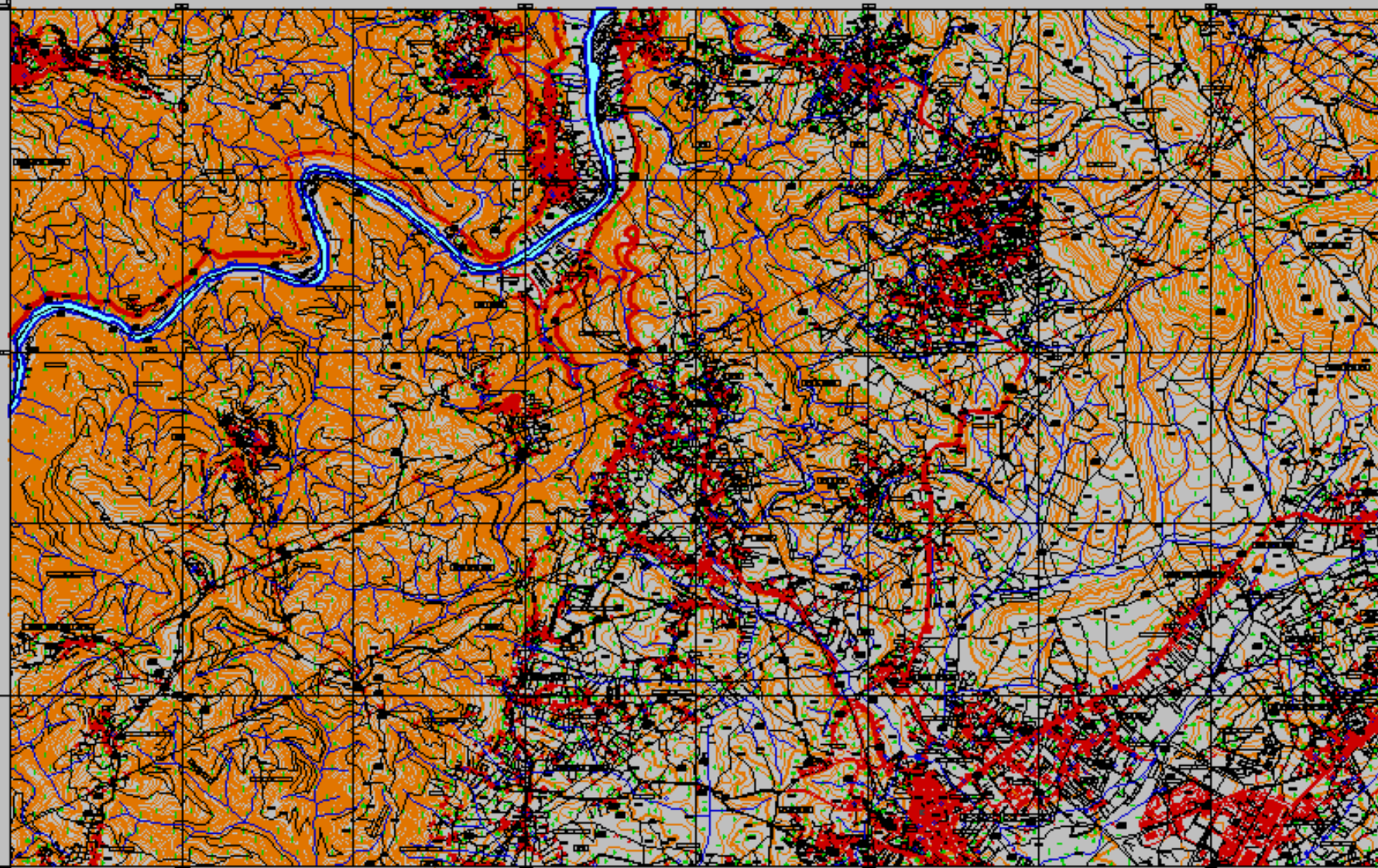
Restituição Fotogramétrica



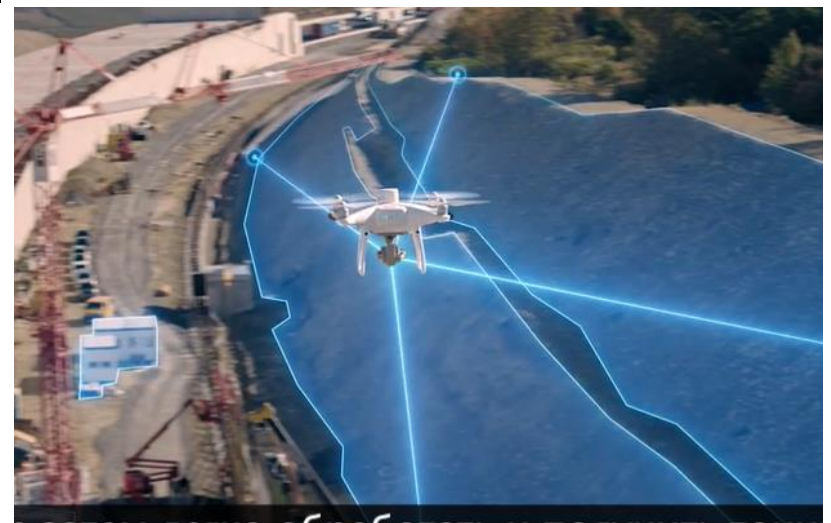
Completagem

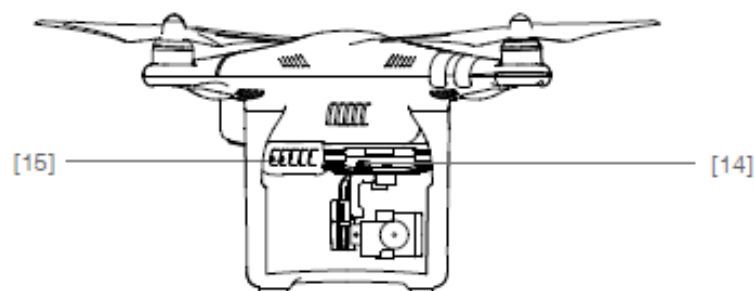
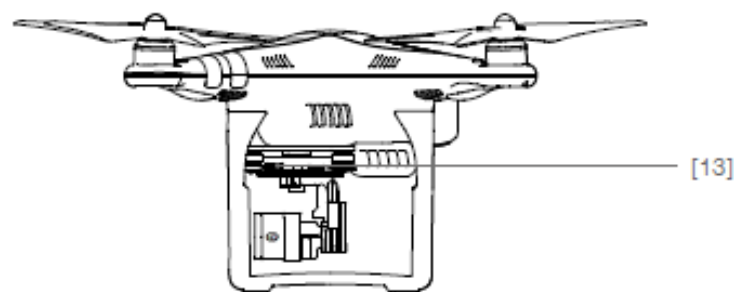
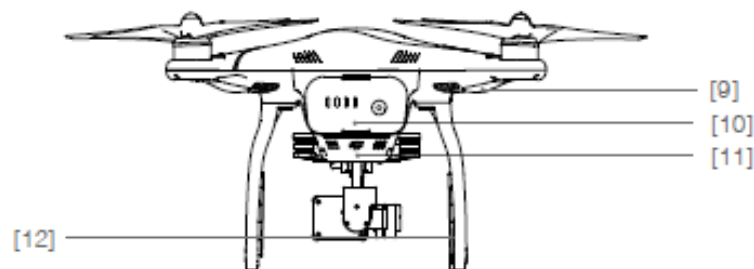
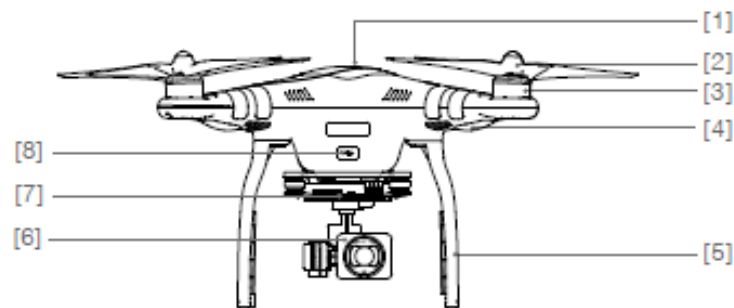
Após a restituição fotogramétrica os dados adquiridos deverão ser confrontados com a verdade terreno procedendo-se ao seu completamento de campo no qual se validam os dados adquiridos e se introduzem novos elementos não adquiridos. Nesta fase são também recolhidos os topónimos e procede-se á identificação de edifícios e lugares susceptíveis de ser representados nessa escala (Câmara, escolas, institutos, bombeiros, etc.)

Após o completamento de campo, toda a informação é integrada num único ficheiro procedendo-se á sua edição com o objectivo de produzir o MNT e posteriormente o MNC



DJI Phantom 3 Professional / DJI Phantom 4 RTK





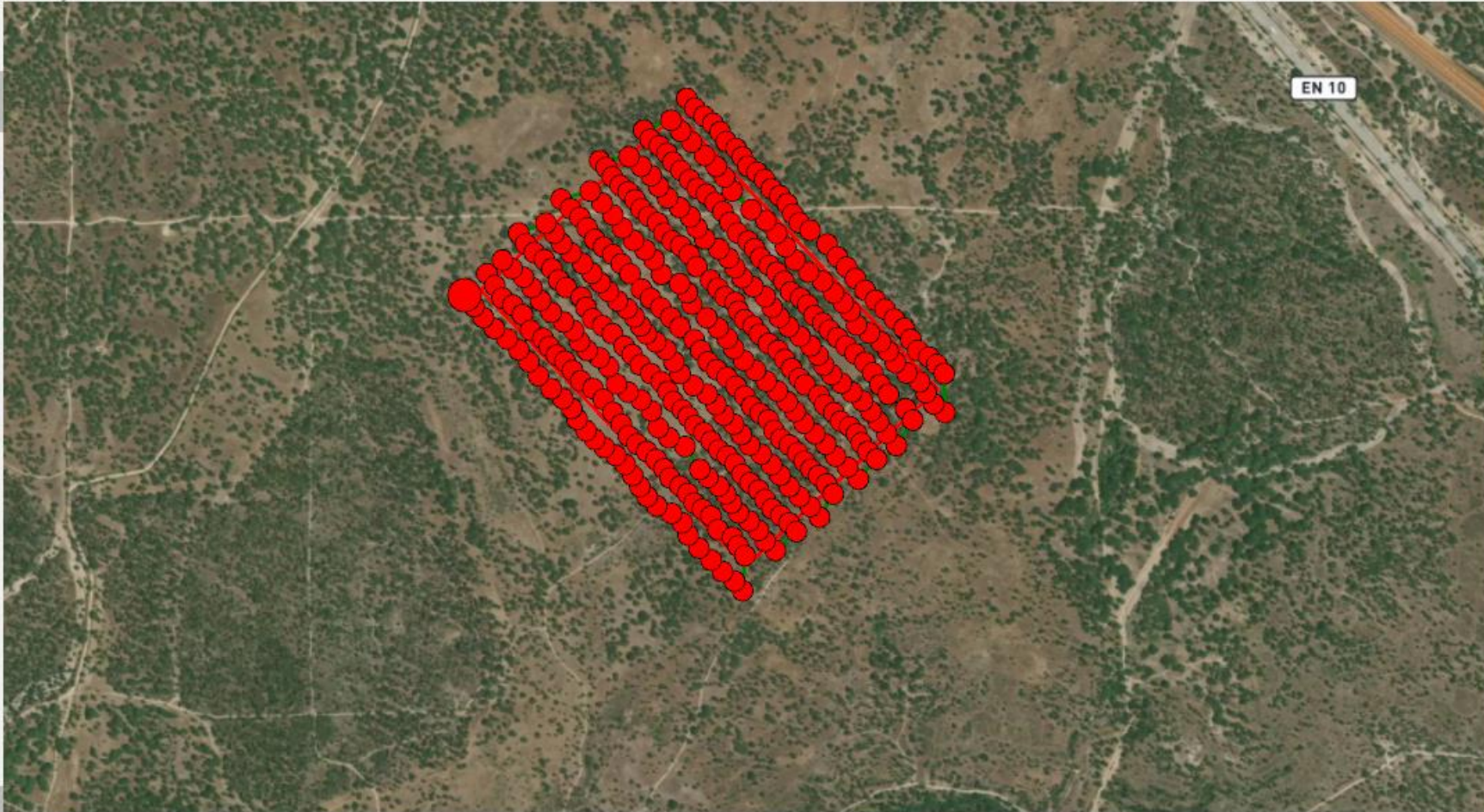
- [1] GPS
- [2] Propeller
- [3] Motor
- [4] Front LED Indicator
- [5] Landing gear
- [6] Gimbal and Camera
- [7] Camera Status Indicator
- [8] Aircraft Micro-USB Port
- [9] Aircraft Status Indicator
- [10] Intelligent Flight Battery
- [11] Vision Positioning Sensors
- [12] Antennas
- [13] Camera Micro-SD Card Slot
- [14] Camera Micro-USB Port
- [15] Link Button

Processamento dados UAV

Pix4D converts thousands of images into

- 3D Point Cloud
- 3D Digital Surface Model
- Orthomosaic





Processing

- Processing
- ☒ 1. Initial Processing
 - ☒ 2. Point Cloud and Mesh
 - ☒ 3. DSM, Orthomosaic and Index

Log Output

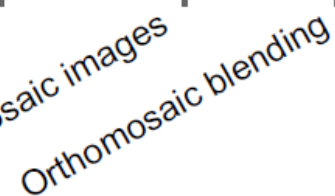
Current: 0%

Total: 1. 2. 3. 0/13

Processing Options

Output Status...

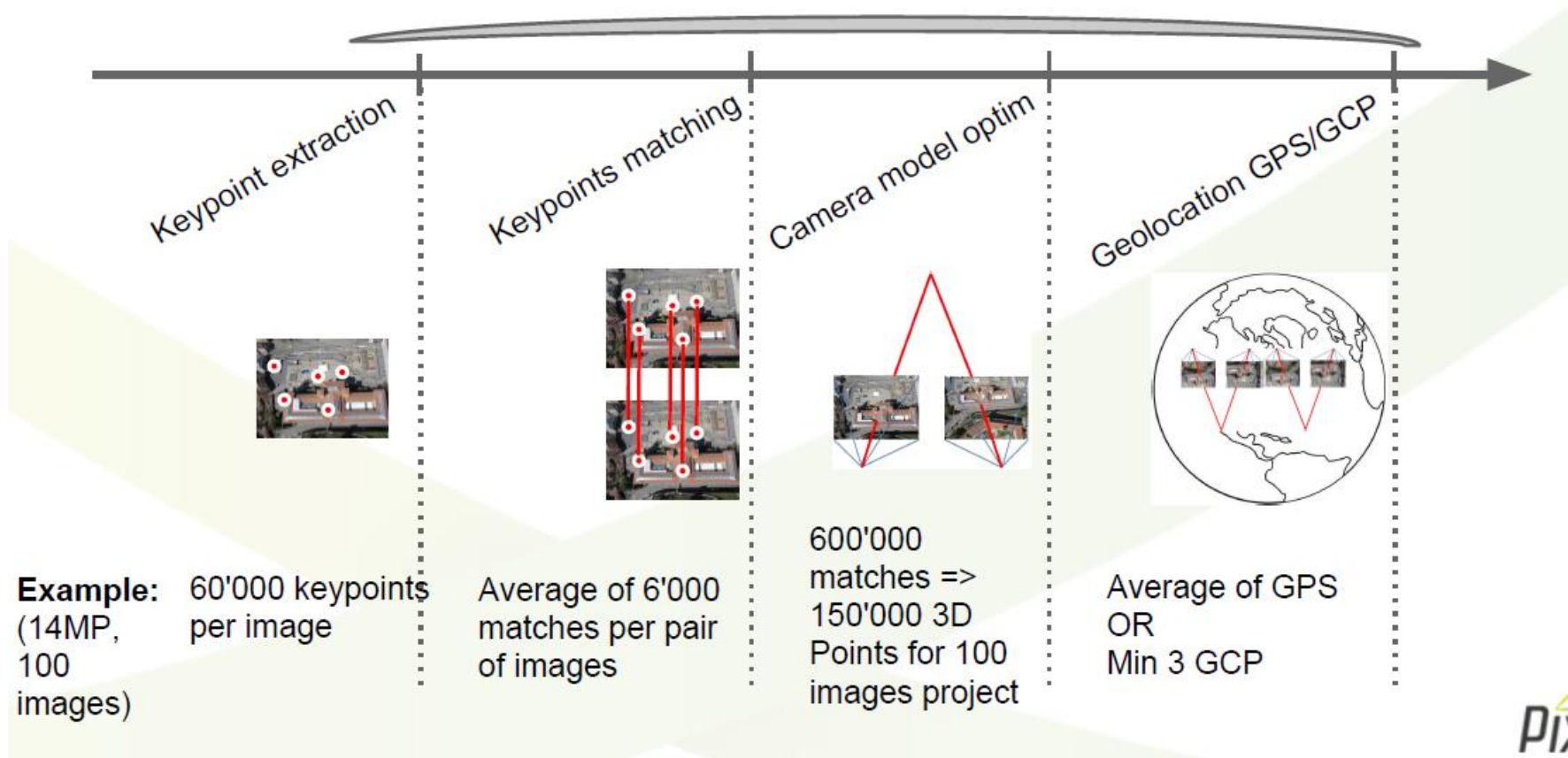
Start Cancel Help



Processamento dados UAV

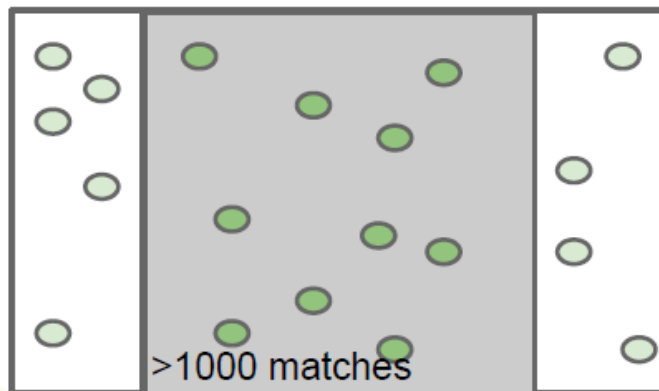
Step 1: initial processing

Images => calibration + exterior orientation

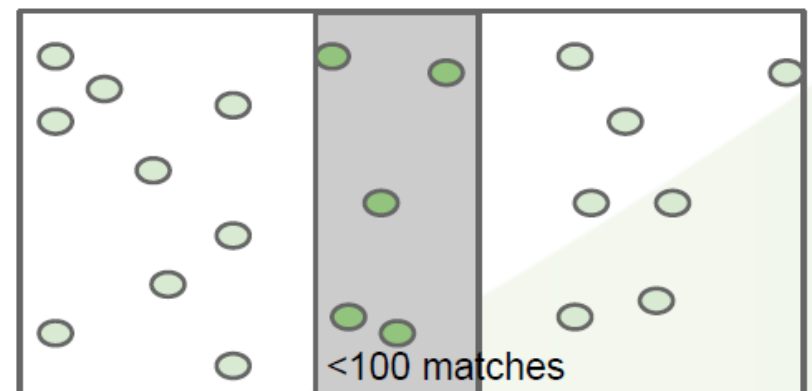


Pontos triangulação aérea

Enough matches:



75% overlap
enough matches



20% overlap
not enough matches



Pontos triangulação aérea

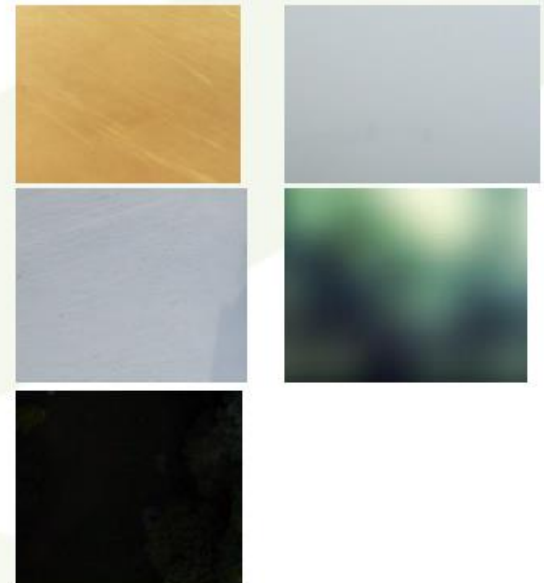
Good image:

- rocks, bushes, dirt
- buildings, urban
- more than 10MP
- extract > 10'000 keypoints



Difficult images:

- sand, snow, fog
- blurry, out of focus
- Overexposed, underexposed
- less than 3MP
- extract < 100 keypoints



Pontos triangulação aérea

Easy to match

- images with high # keypoints
- images with high overlap



Hard to match

- images with low # keypoints
- trees at low altitude
- extreme angle with no transition
- low overlap



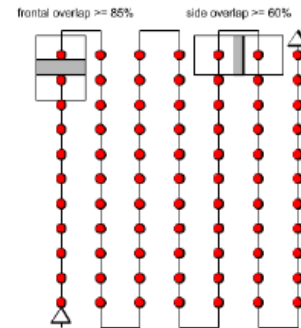
Impossible to match

- Reflective surface like water
- Moving objects



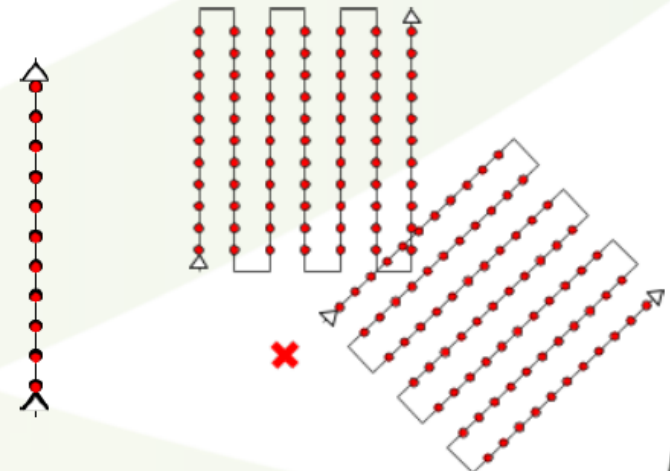
Ideal flight plan

- regular grid flight plan
- easy terrain: 75% frontal, 50% side
- difficult terrain: 85% frontal, 60% side



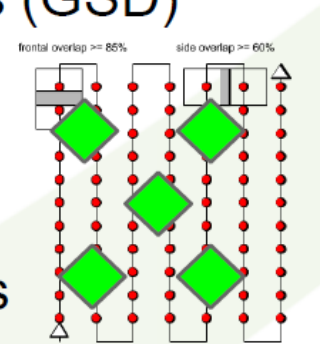
Difficult flight plan

- low overlap
- multiple images at same location
- corridor mapping
- high difference in altitude ($>2 \times \text{GSD}$)



GCPs

- well distributed in dataset, visible on the images (GSD)
- 5-8 usually enough for 1000 images
- Quality report shows reprojection error
- Good calibration + GCP: error at most 1-2 times the GSD



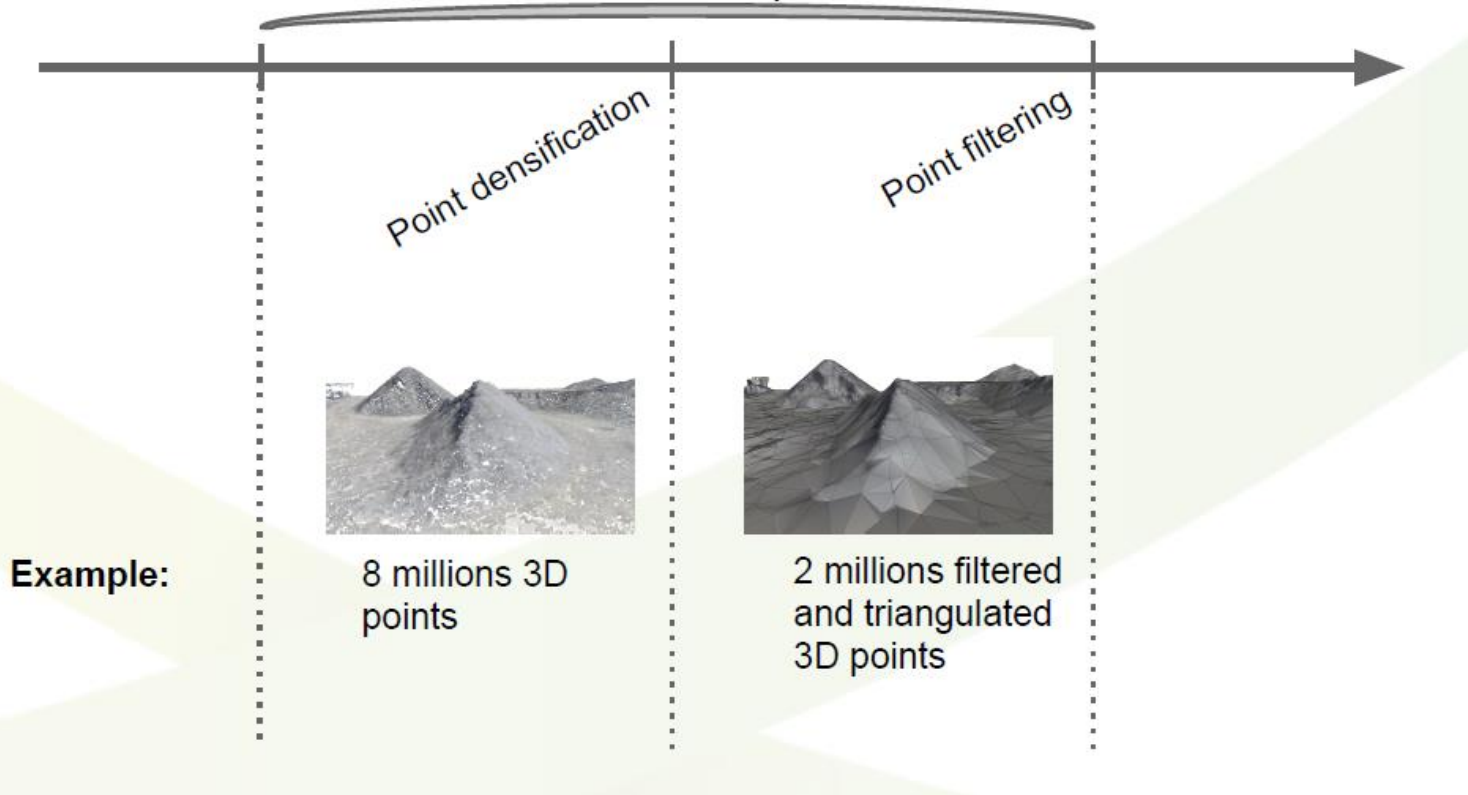
Verification points

- Error is minimized at GCPs: not optimal to assess global accuracy
- Verification points are not used during optimization

Nuvem de pontos

Step 2: point densification

Calibrated cameras + exterior orientation $\Rightarrow$ cloud of points



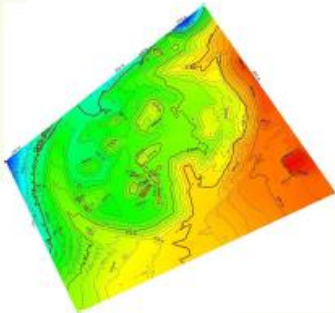
DSM e Ortoimagem

Step 3: DSM and orthomosaic

Point cloud

=> DSM and orthomosaic

DSM generation



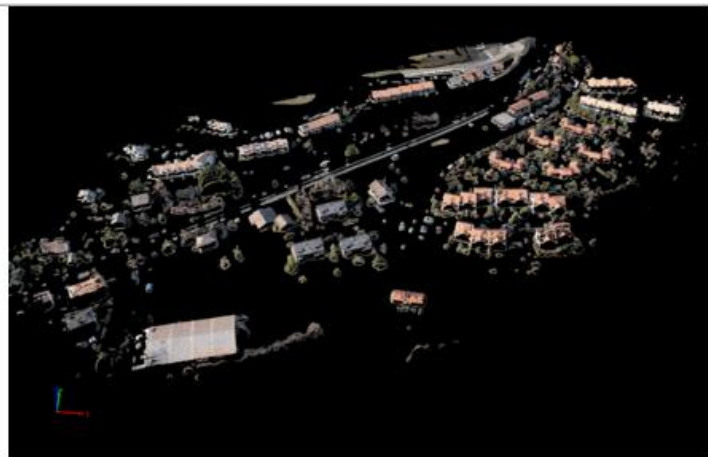
Orthomosaic images



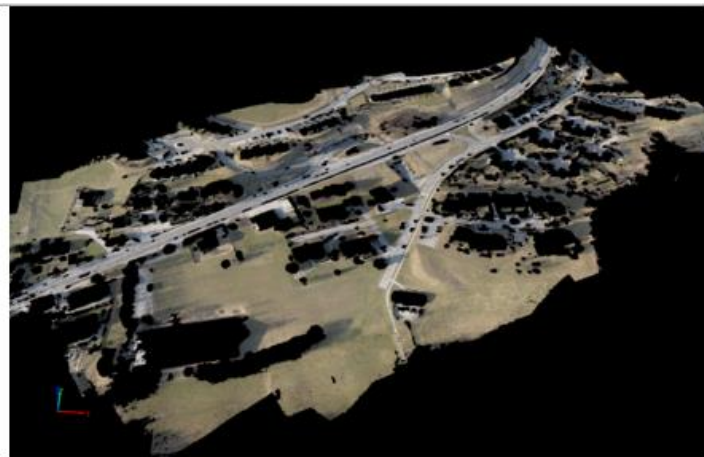
Orthomosaic blending



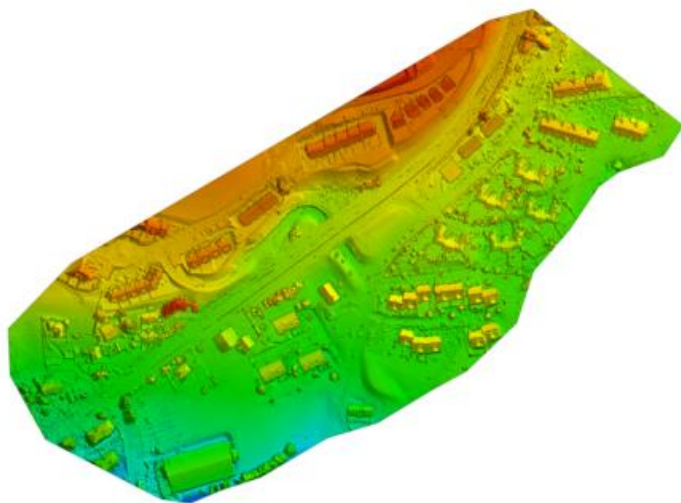
DSM vs DTM



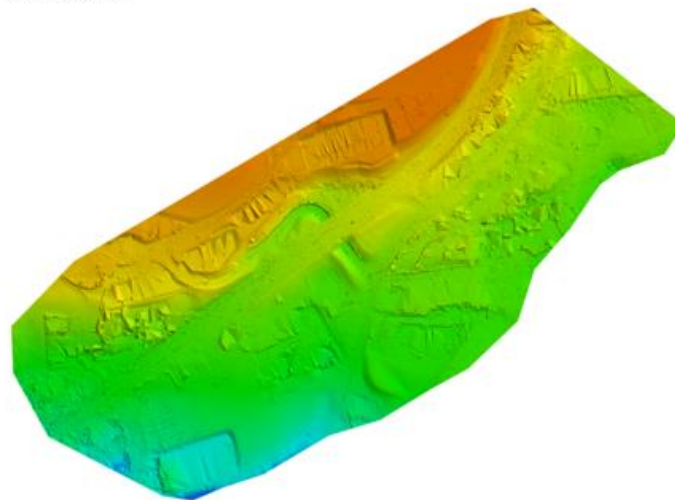
Objects Point Cloud



Terrain Point Cloud



Original DSM



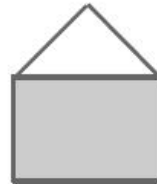
Terrain DTM

Orto-retificação

UAV image
with
perspective

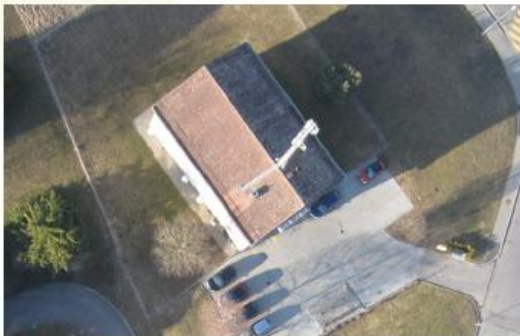


Orthorectify image
1) calibrate camera
2) project image on 3D model
3) generate ortho image by looking from above



UAV image with perspective

- Facade
- Roof not correct size



Computed 3D model



Undistorted orthoimage

- Same as satellite
- Roof correct size





Ortorectificação - Artefactos

3D model not always perfect

- Edges of buildings
- Small details
 - trees (branches smaller than pixels)
 - lamppost, fences

Orthorectification depends on surface model =>
artifacts at 3D model errors

Original image tilted: area not
visible producing artefacts

3D model not as precise as
texture, leading to "wobbly"
edges



Restituição na Ortoimagem

