

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

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 < 1,000

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

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.

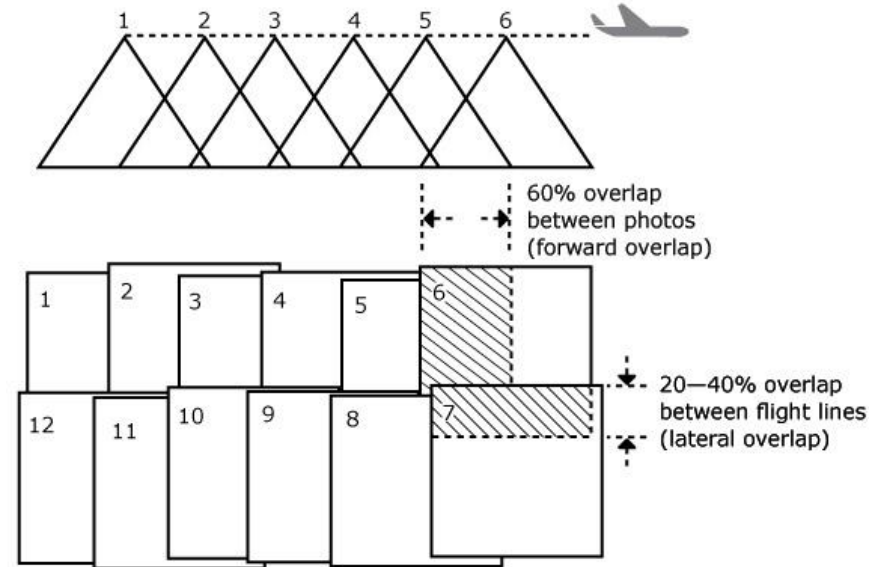


A cobertura fotográfica, deverá exceder os limites da zona a cobrir paralelos à direção de voo, em pelo menos 15% da largura da fiada. O primeiro e o último negativos de cada fiada que abranja os limites da área a fotografar deverão cobrir zonas situadas fora dessa área.

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:

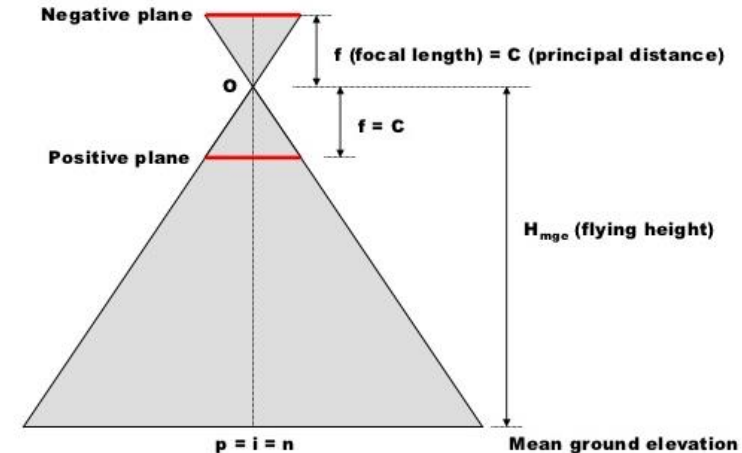
- Em voos acima dos 1500 m e em terreno plano 15% a 30%
- Em voos abaixo dos 1500 m e em terreno acidentado 15%

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 a fração representativa da escala fotográfica.



1.4 Época de fotografia

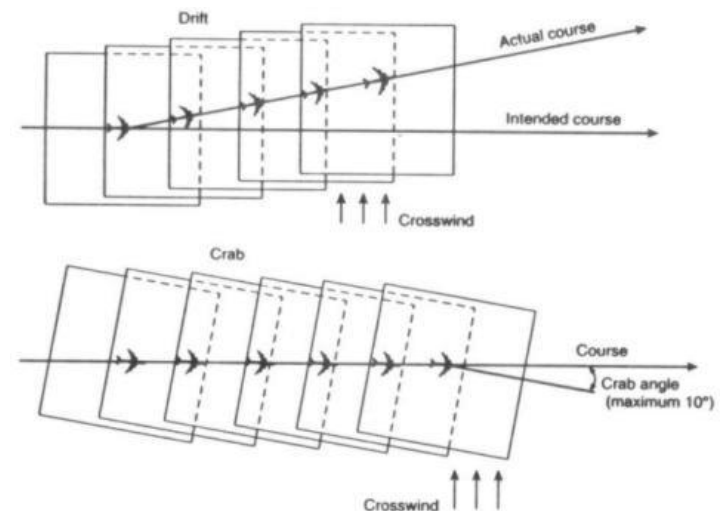
Na latitude de Portugal, a época própria para fotografia aérea destinada a estereorestituição poderá **estender-se de princípios de Fevereiro a meados de Novembro** (incluindo as Regiões Autónomas). As coberturas fotográficas de zonas densamente arborizadas por espécies de folhagem caduca **deverão ser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

1.5 Altura solar

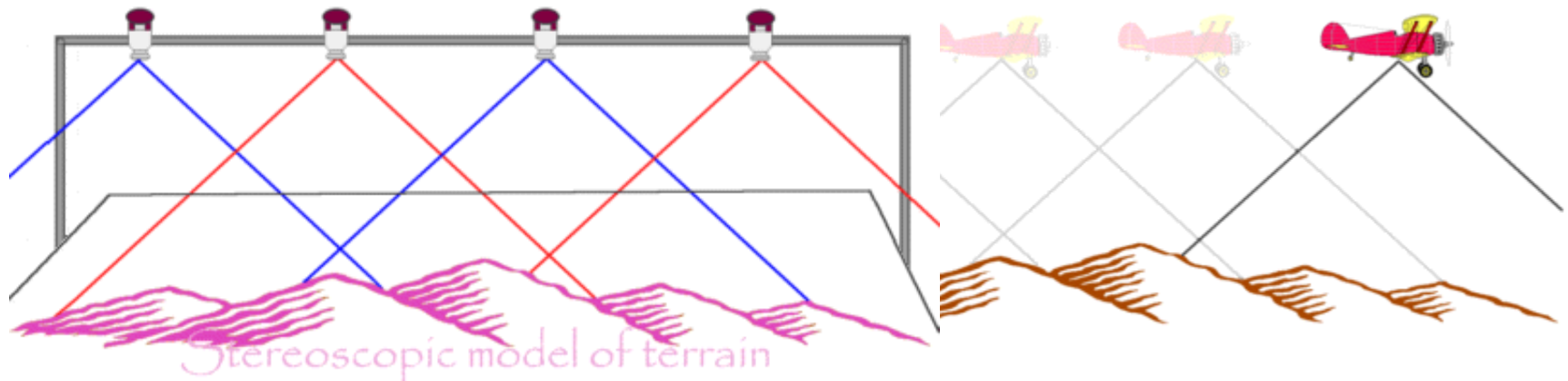
A altura do sol deve ser de pelo menos 30°, salvo se se tratar de aplicações especiais em que sejam requeridos outros limites mormente para que o ponto de reflexão direta do sol caia fora das fotografias, os quais constarão das condições específicas do projeto em questão.

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.



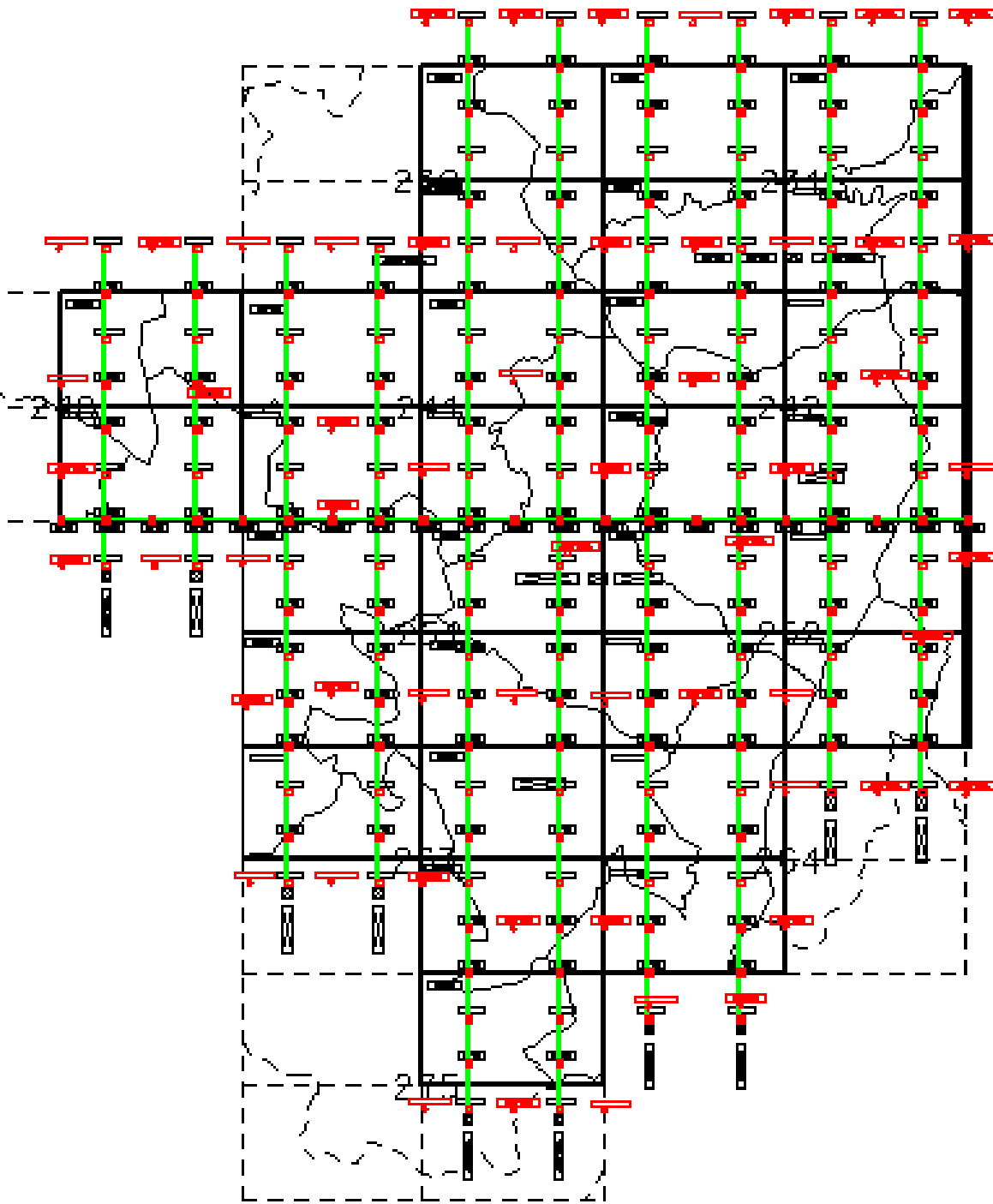
Realização do voo fotogramétrico



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

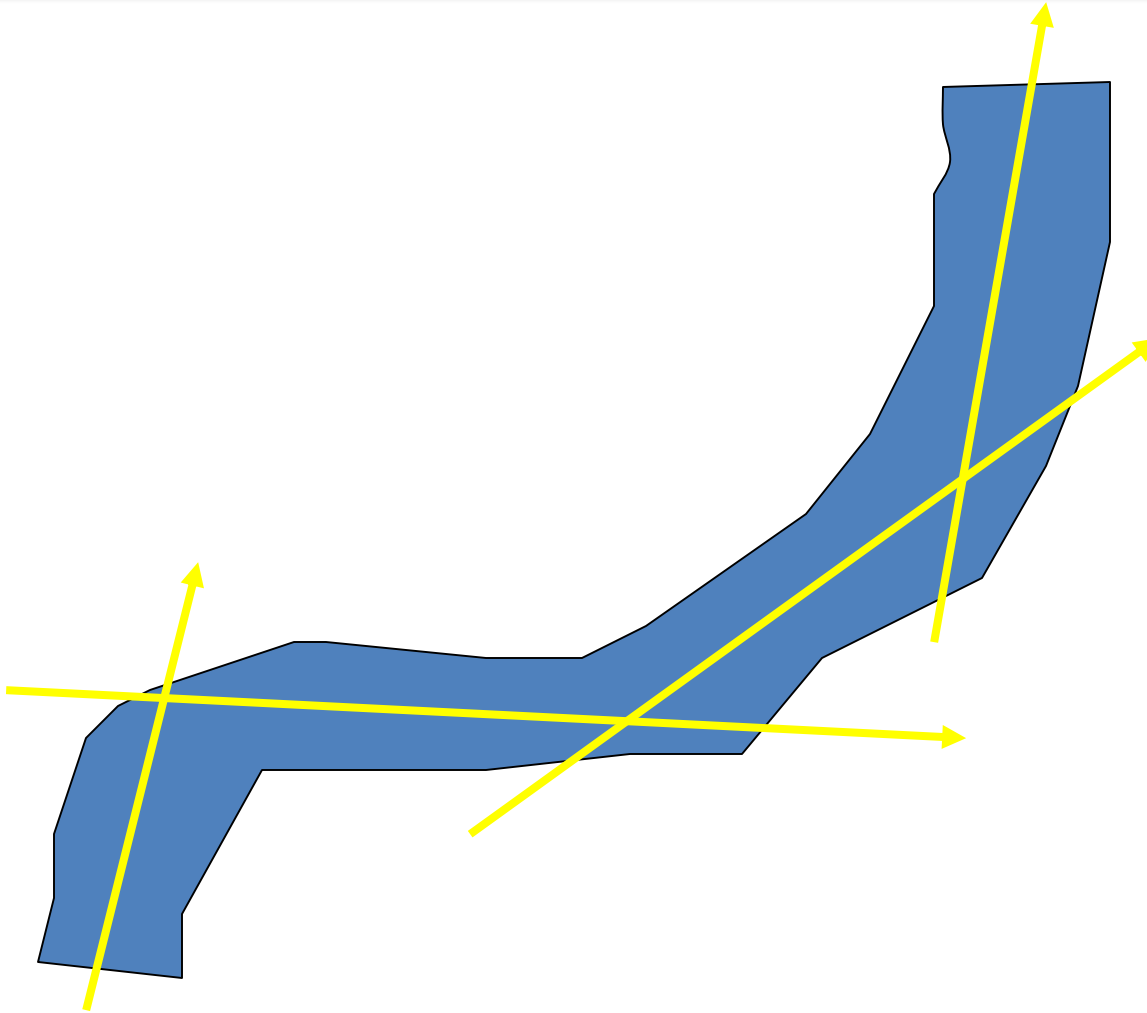
Planeamento do Voo Fotogramétrico

- A escala do voo é por norma um dado do caderno de encargos.
- Em situações não regulamentadas a escala do voo deverá obedecer aos critérios anteriores, contemplando a solução que optimize o compromisso entre a precisão exigida, tempo de execução e custos do projeto.
- Um incorreto planeamento do voo poderá ditar desde o primeiro momento o insucesso de um projeto cartográfico.



Planeamento do Voo Fotogramétrico

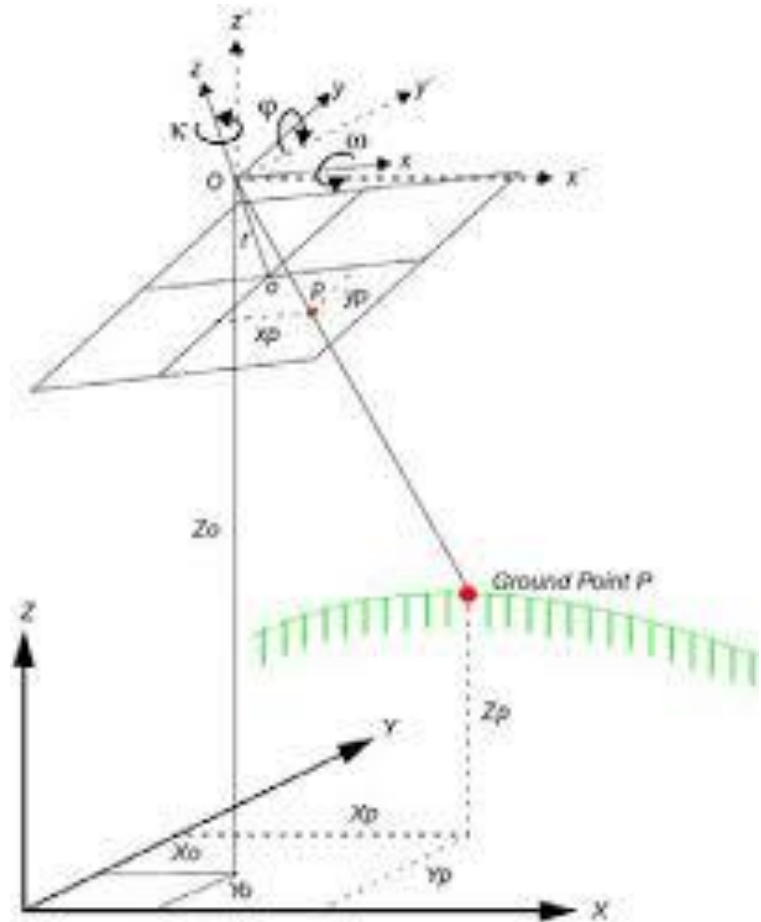
Planeamento do Voo Fotogramétrico



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.

$$x = -c \frac{m_{11}(X - X_0) + m_{12}(Y - Y_0) + m_{13}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)}$$

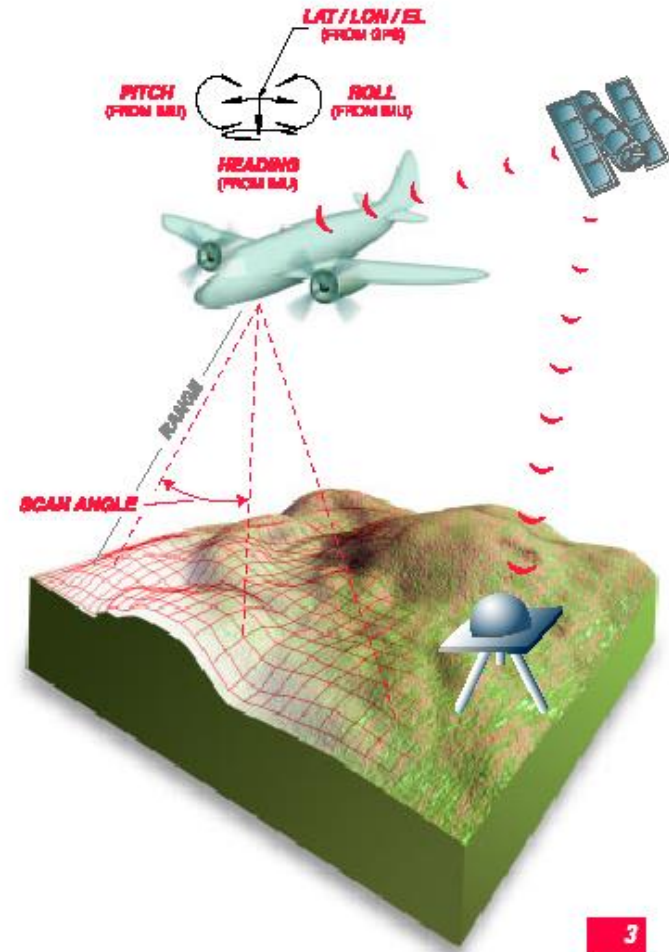
$$y = -c \frac{m_{21}(X - X_0) + m_{22}(Y - Y_0) + m_{23}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)}$$



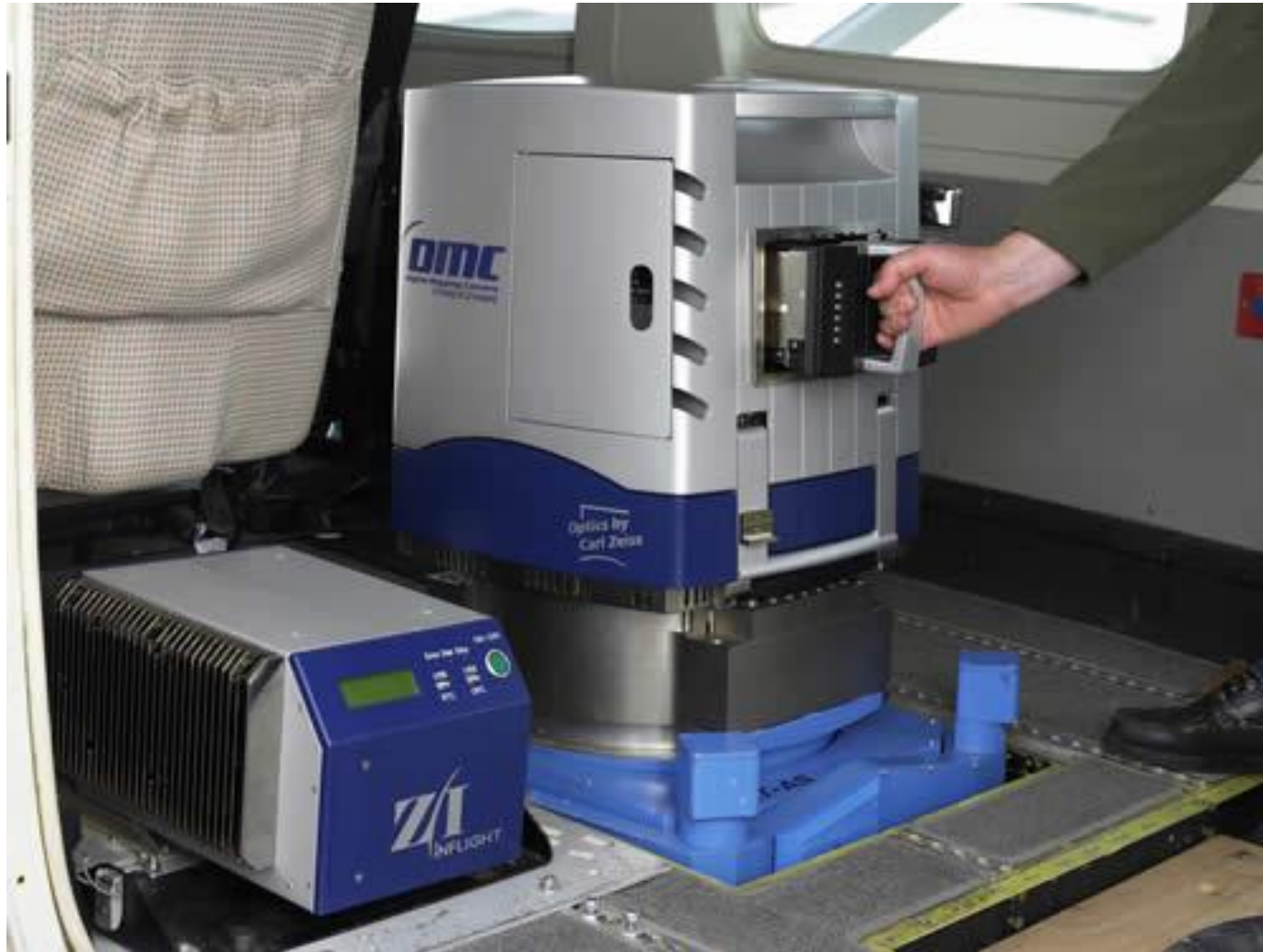
Voo com apoio de GPS a bordo

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

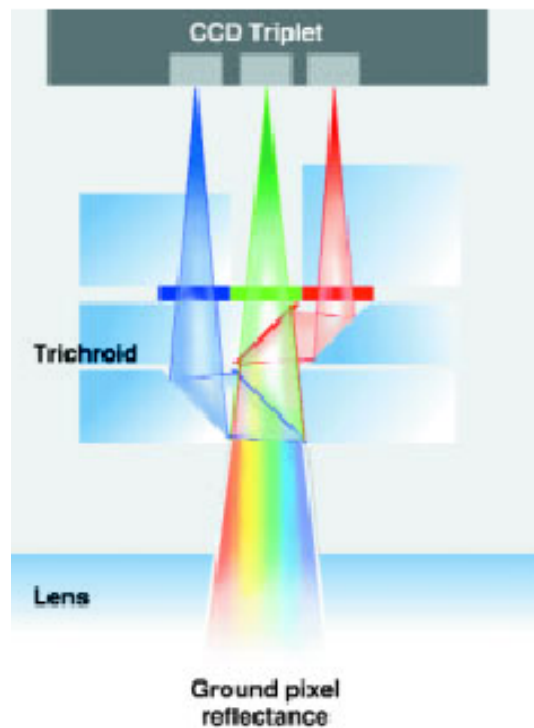
Facilidade no planeamento do voo e na automatização da realização do voo



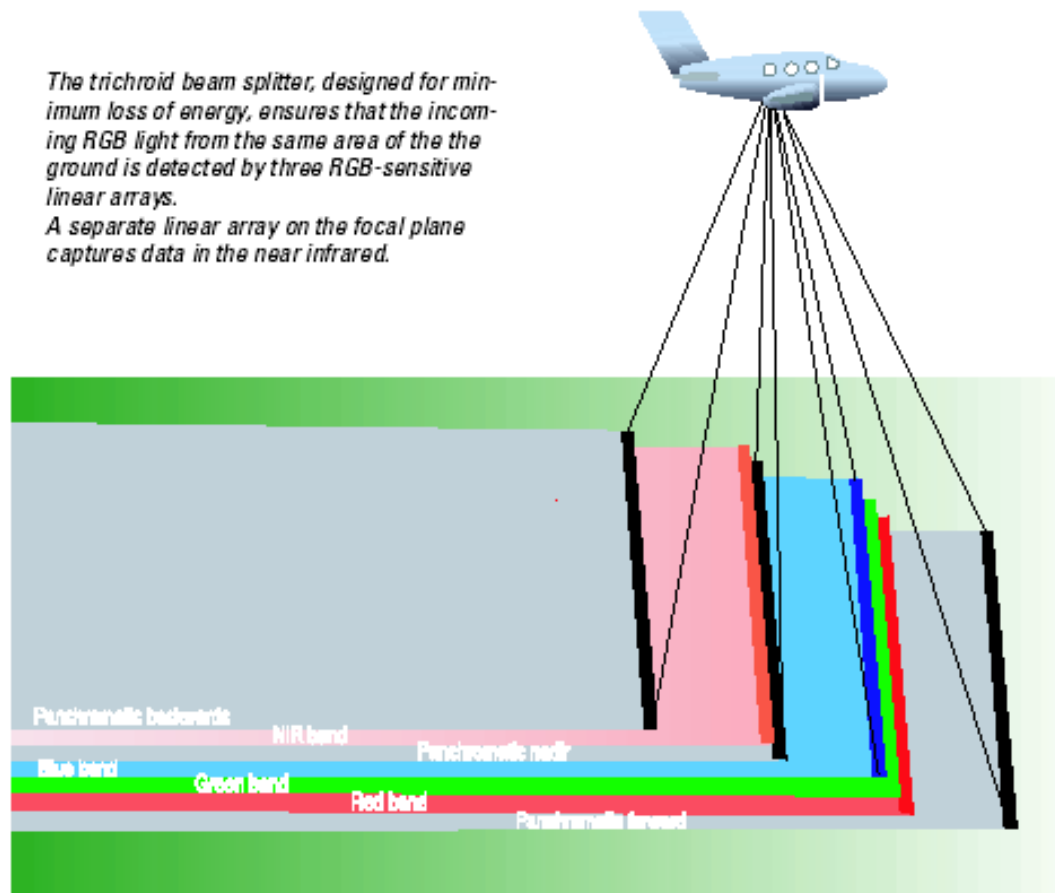
Câmara aérea Digital



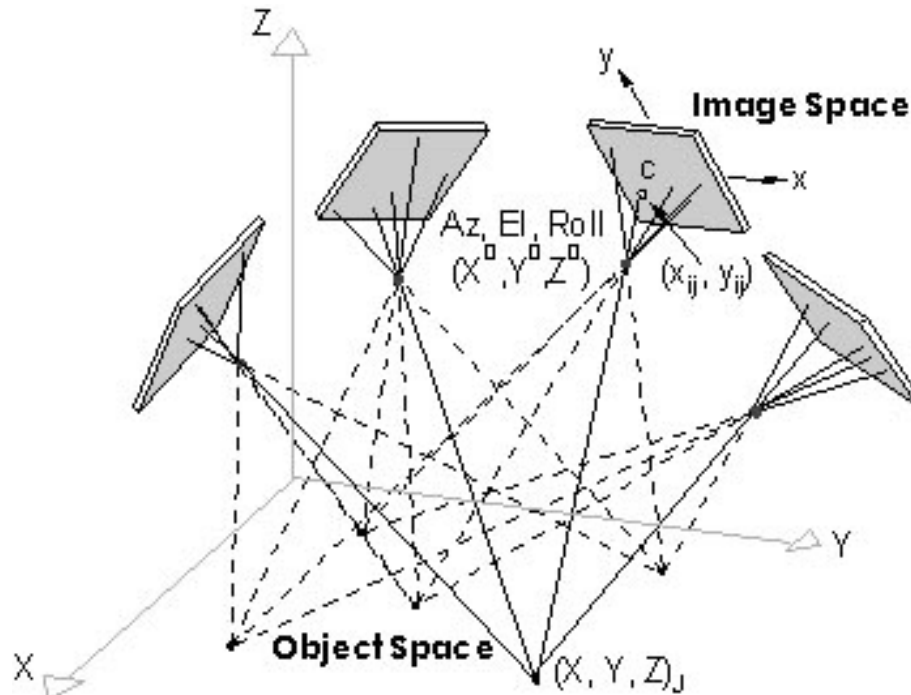
Câmara aérea Digital



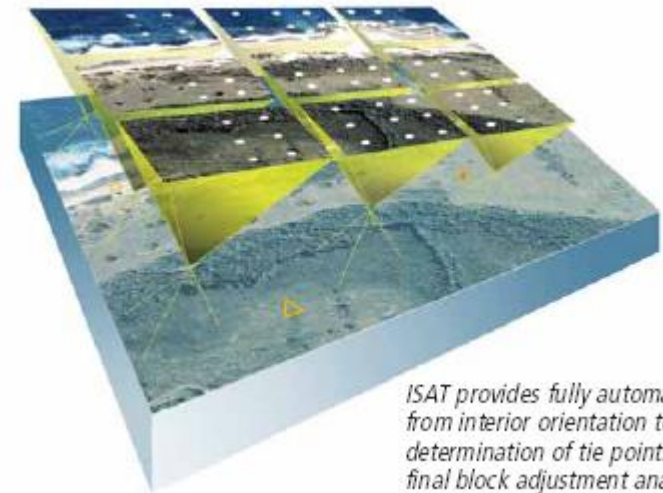
The trichroid beam splitter, designed for minimum loss of energy, ensures that the incoming RGB light from the same area of the ground is detected by three RGB-sensitive linear arrays.
A separate linear array on the focal plane captures data in the near infrared.



Triangulação Aérea



Geometria da Triangulação Aérea



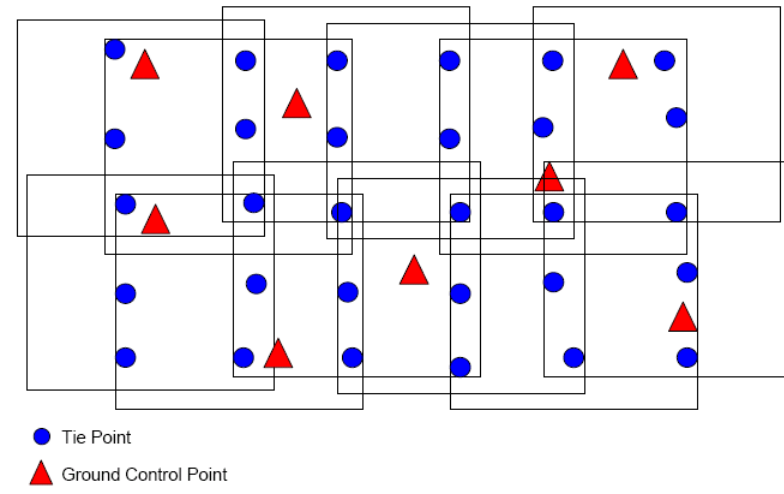
ISAT provides fully automated AT from interior orientation to the determination of tie points to final block adjustment analysis.

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:

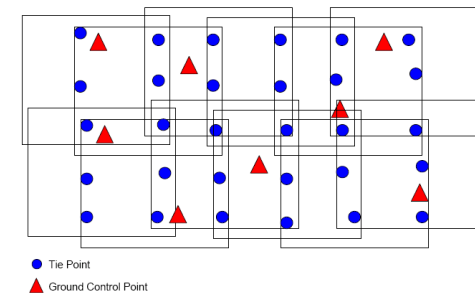
- Apoio total, apoio para triangulação aérea com voo simples,
- Apoio para triangulação aérea com voo assistido com GPS,
- Apoio para triangulação aérea com voo assistido com GPS e INS.



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.
- 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.

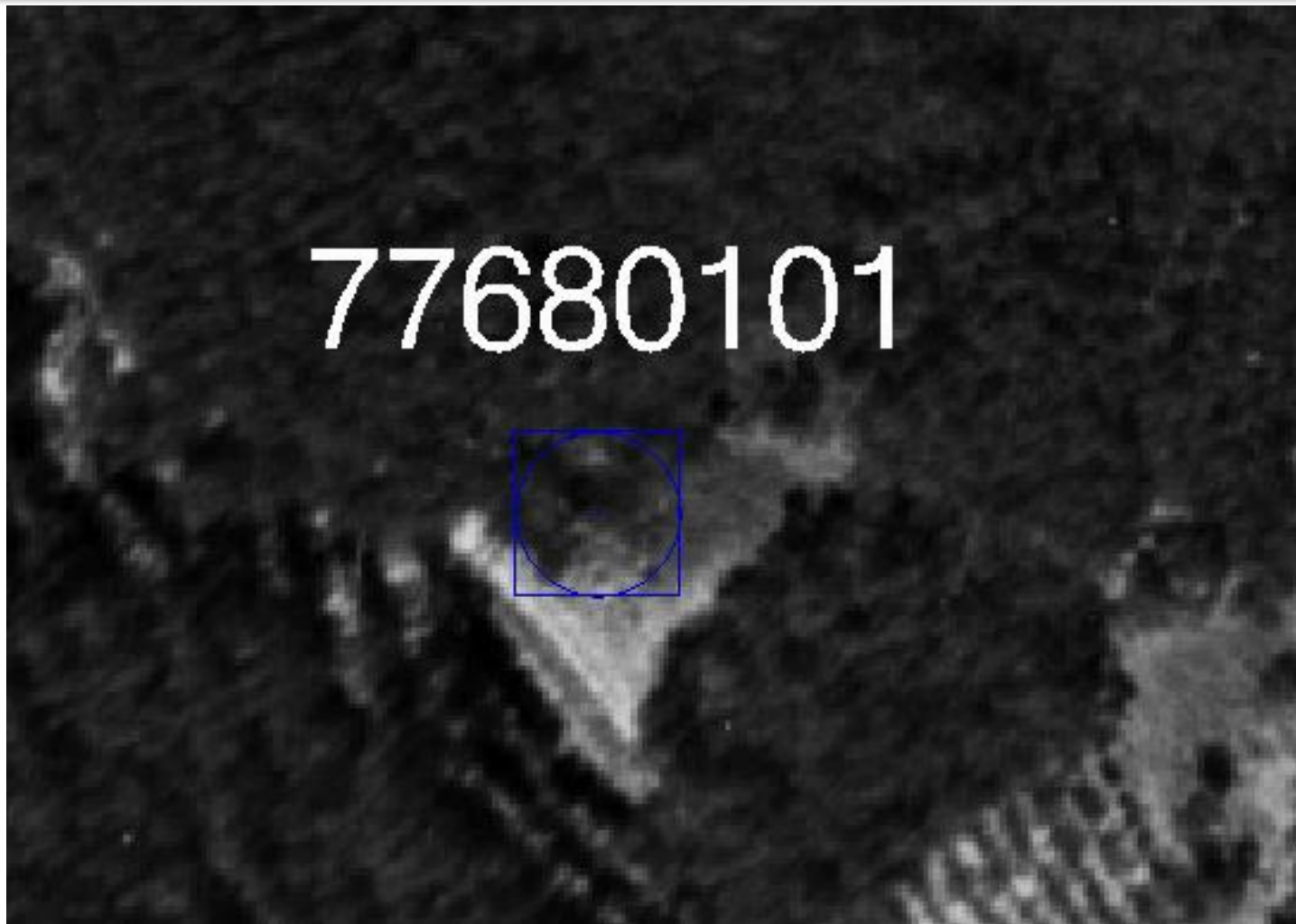


Esboço



Fotografia

Pontos Fotogramétricos



PF nº

802301

Coordenadas Rectangulares

M = -12033.737

P = 61737.328

H = 142.623

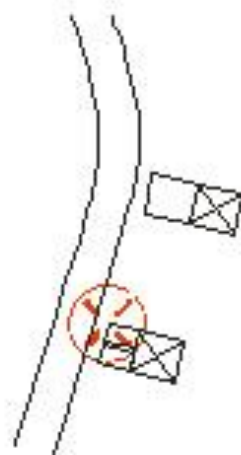
H' = 143.523

Descrição

Pilar na esquina de canteiro.

Cota no terreno.

Altura do pilar é de 0.90m.



Esboço



Fotografia

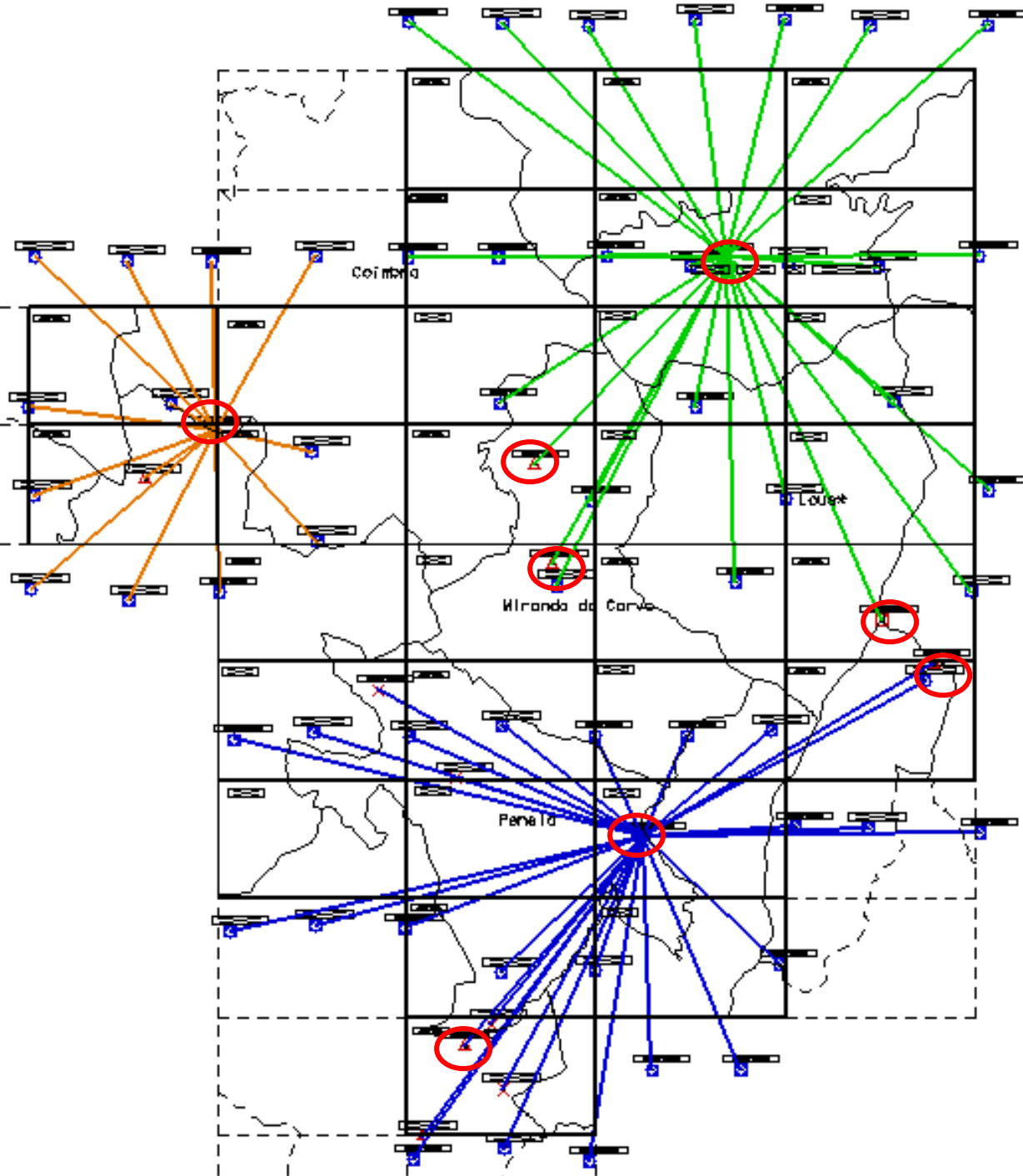
Pontos Fotogramétricos



Pontos Fotogramétricos







Geodésicos

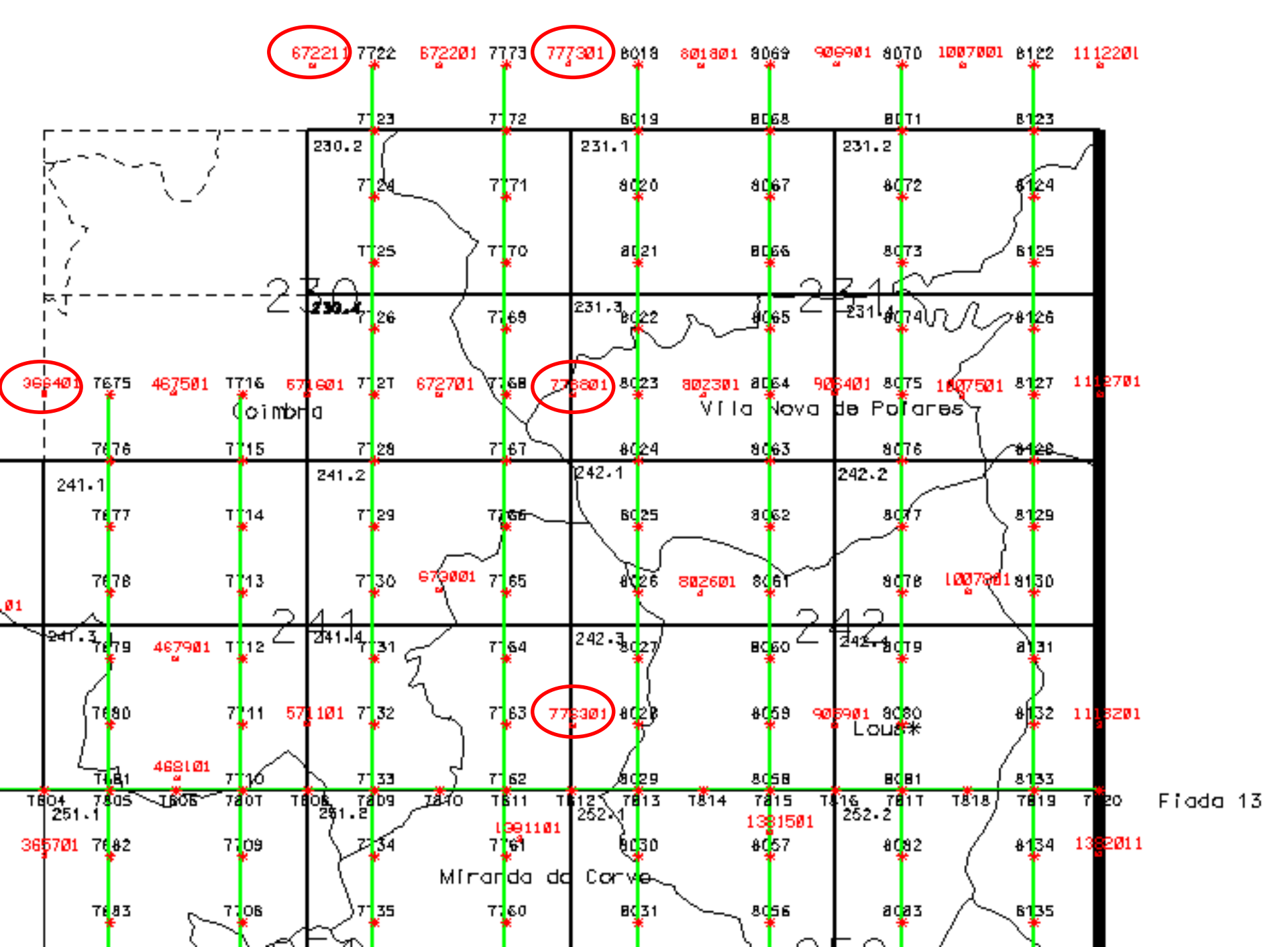
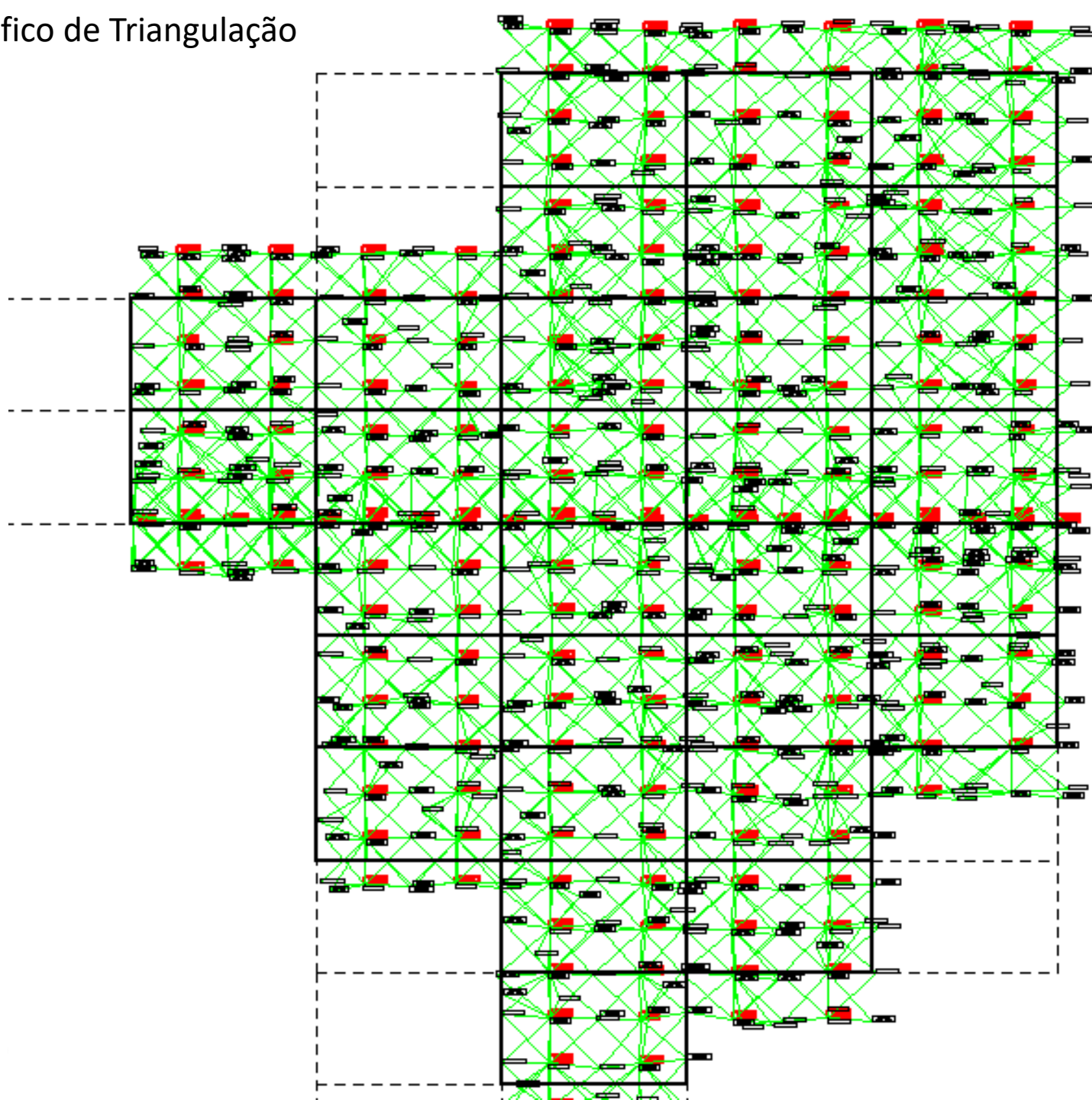
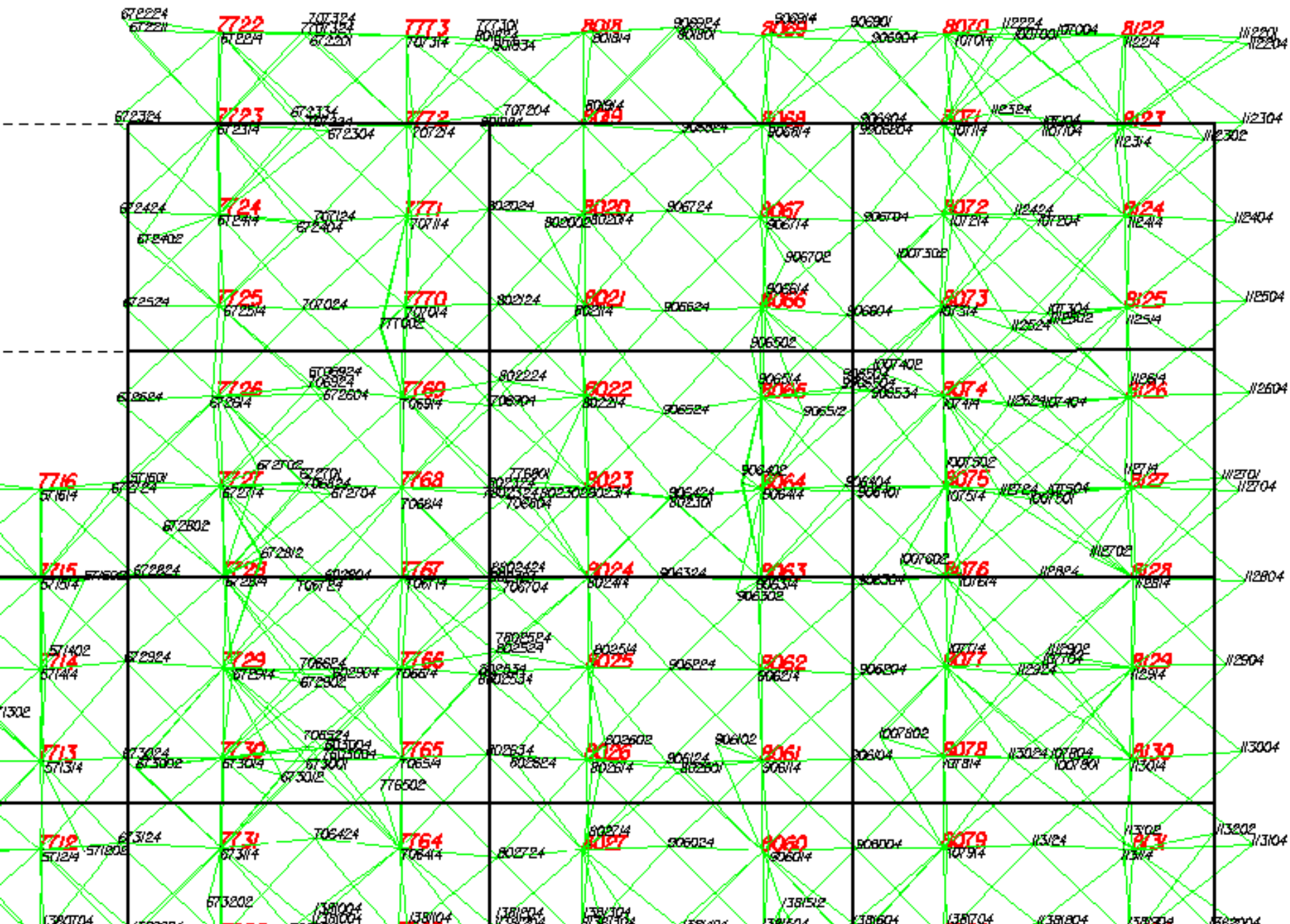


Gráfico de Triangulação







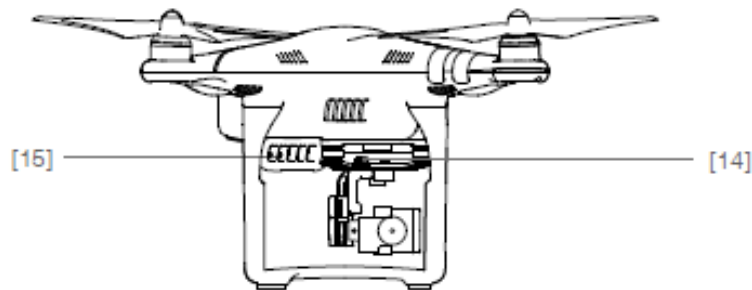
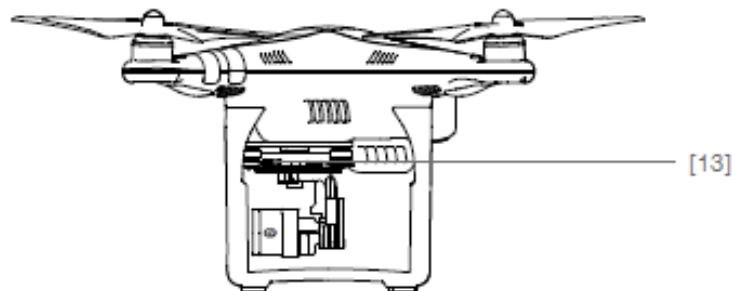
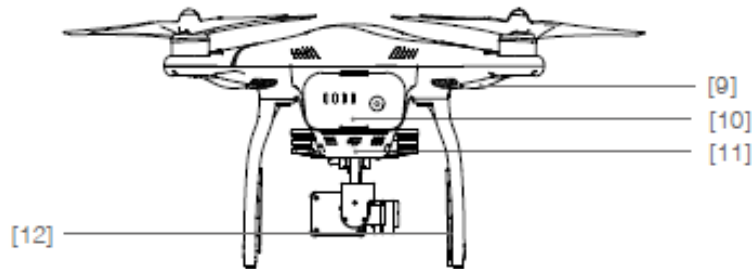
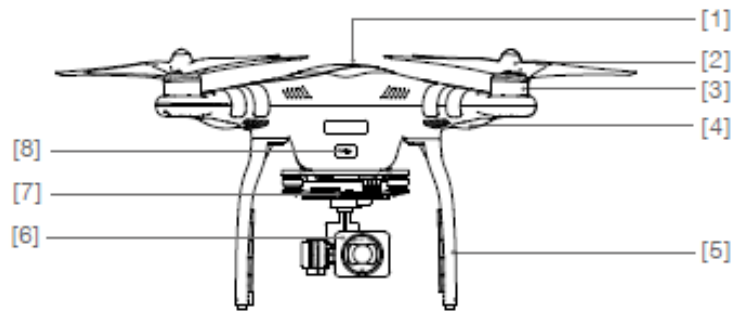
Ciências
ULisboa

Restituição Fotogramétrica

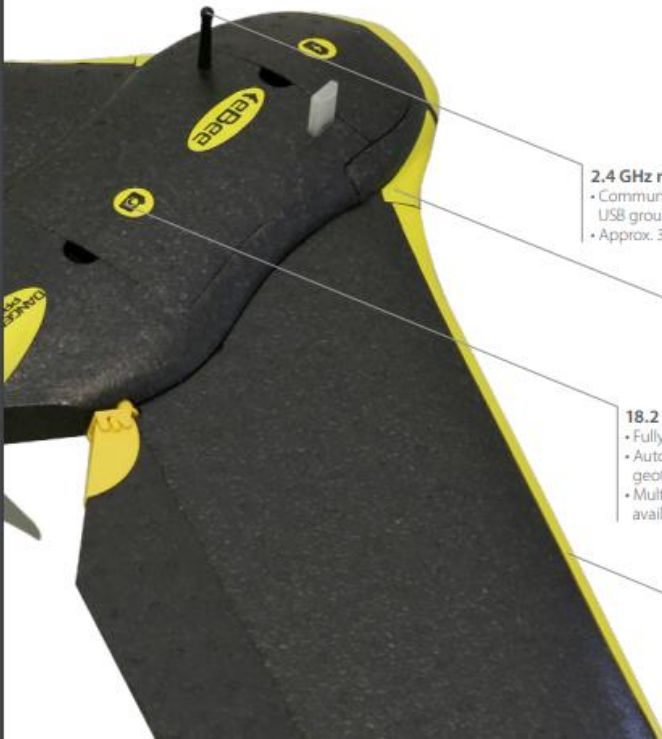


DJI Phantom 3 Professional + eBee





- [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



2.4 GHz radio link
• Communicates with eMotion via USB ground modem
• Approx. 3 km (1.86 mile) range

18.2 MP RGB camera
• Fully controlled by eBee's autopilot
• Automatic image acquisition & geotagging
• Multiple additional camera options available (inc. thermal)

Onboard artificial intelligence
• Analyses data from inertial measurement unit & onboard GPS
• Optimises every aspect of eBee's flight

Lightest in its class
• Ultra-light EPP foam body & wings
• 0.69 kg (1.52 lb) take-off weight
• Less kinetic energy than a kicked football

Supplied*



senseFly S.O.D.A.

The senseFly S.O.D.A. is the first camera to be designed for professional drone photogrammetry. It captures amazingly sharp aerial RGB images, across a range of light conditions, allowing you to produce detailed, vivid orthomosaics and highly precise digital surface models.



Sequoia

Sequoia by Parrot is the smallest, lightest multispectral sensor ever released. It captures images across four bands defined, visible and non-visible spectral bands, plus RGB imagery, in just one flight. Sequoia is immediately compatible with the eBee courtesy of senseFly's proprietary eBee Integration Kit.

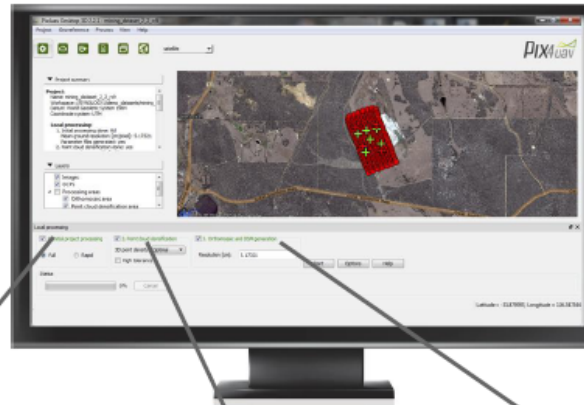
Processamento dados UAV

Pix4D converts thousands of images into

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



Processamento dados UAV



Step 1: initial processing

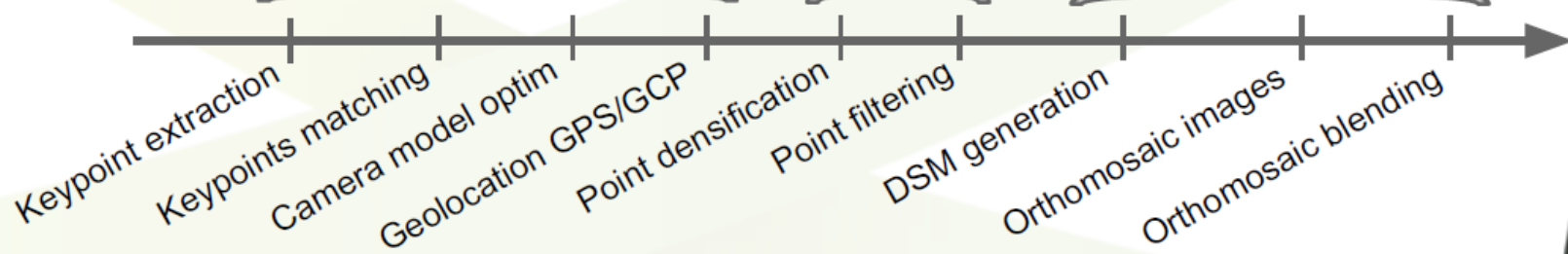
Images
 => calibrate cameras +
 exterior orientation

Step 2: point densification

Calibrated cameras
 => point clouds

Step 3: DSM and orthomosaic

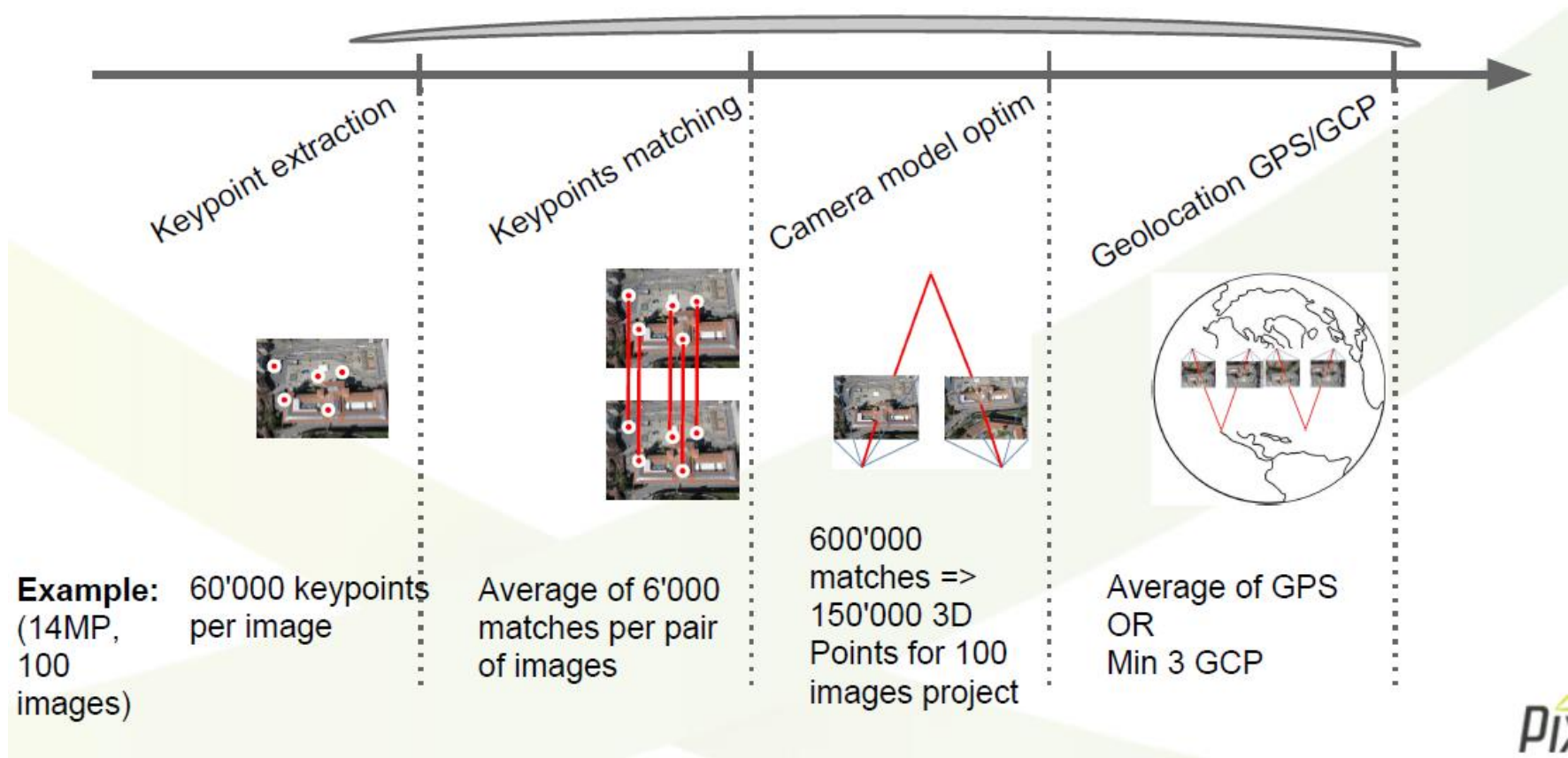
Point clouds
 => DSM and orthomosaic



Processamento dados UAV

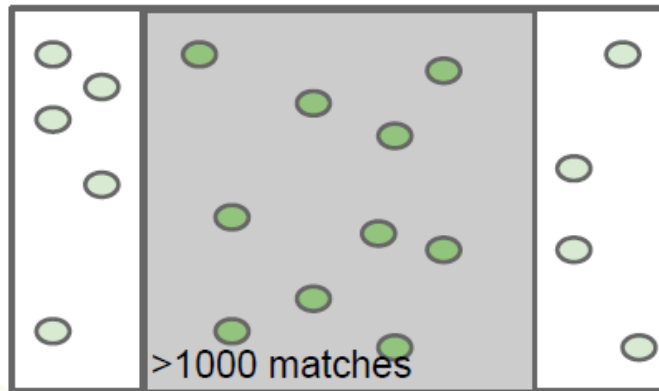
Step 1: initial processing

Images => calibration + exterior orientation

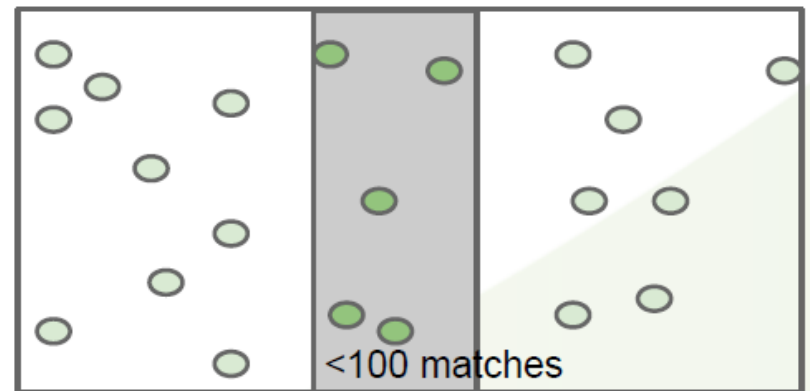


Pontos triangulação aérea

Enough matches:



75% overlap
enough matches



20% overlap
not enough matches



Pontos triangulação aérea

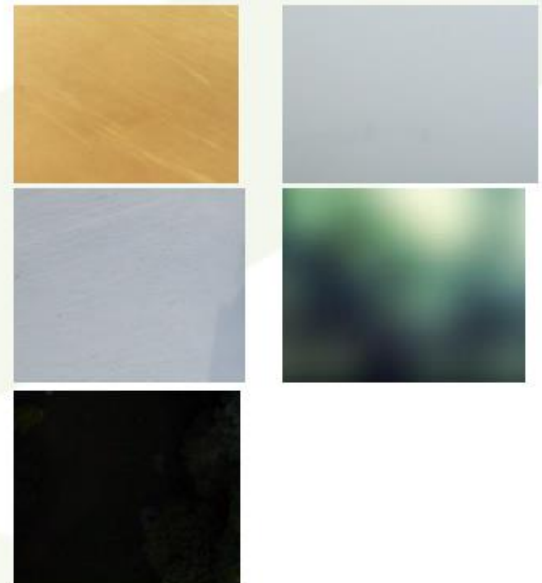
Good image:

- 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



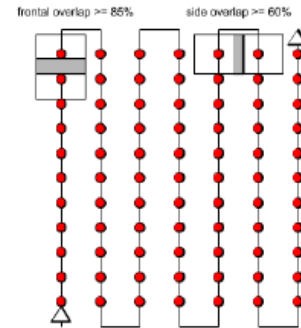
Impossible to match

- Reflective surface like water
- Moving objects



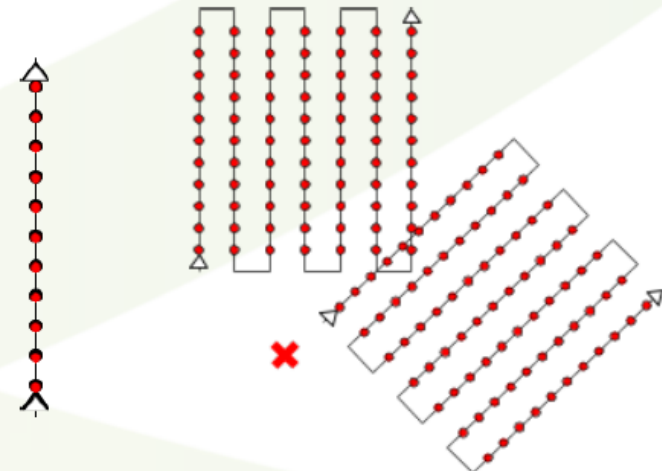
Ideal flight plan

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



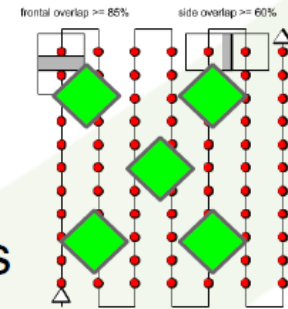
Difficult flight plan

- low overlap
- multiple images at same location
- corridor mapping
- high difference in altitude (>2xGSD)



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



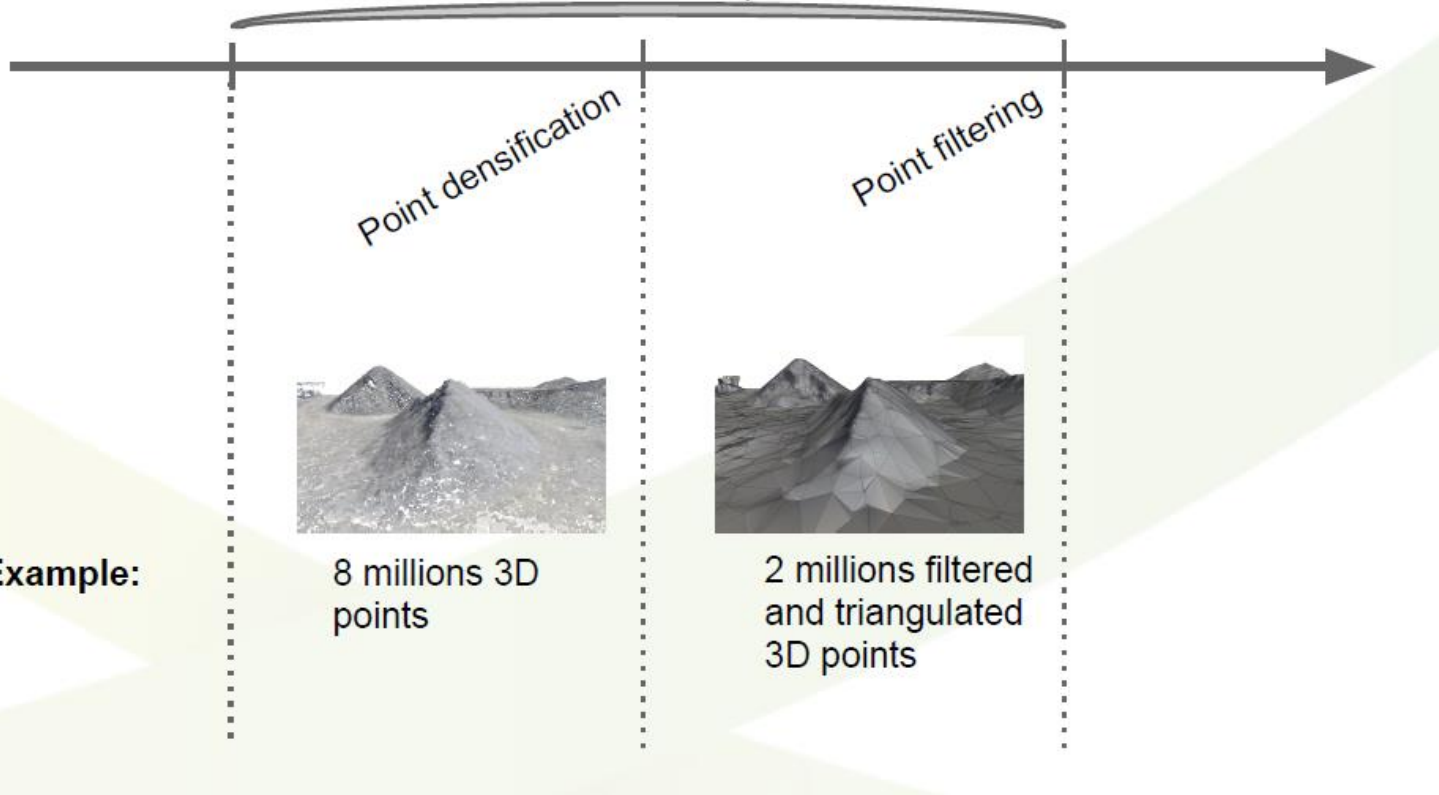
Verification points

- 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 => cloud of points



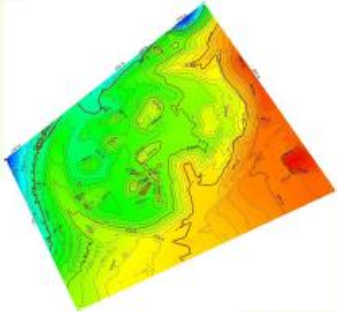
DSM e Ortoimagem

Step 3: DSM and orthomosaic

Point cloud

=> DSM and orthomosaic

DSM generation



Orthomosaic images



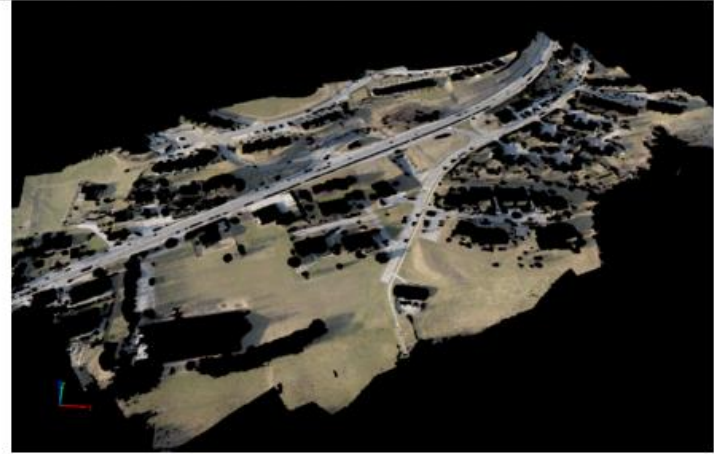
Orthomosaic blending



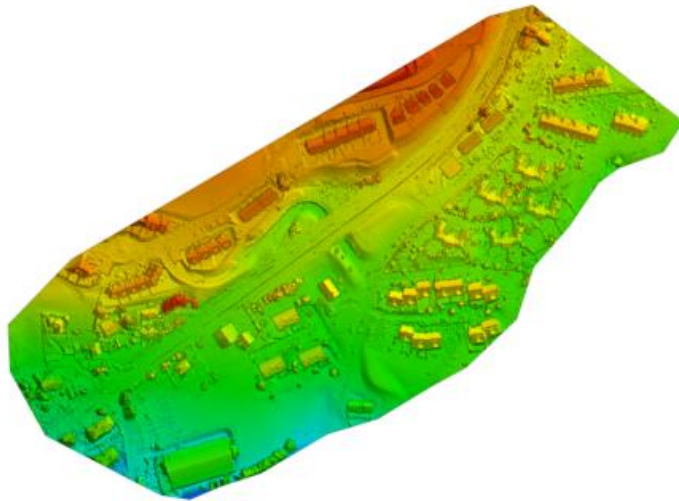
DSM vs DTM



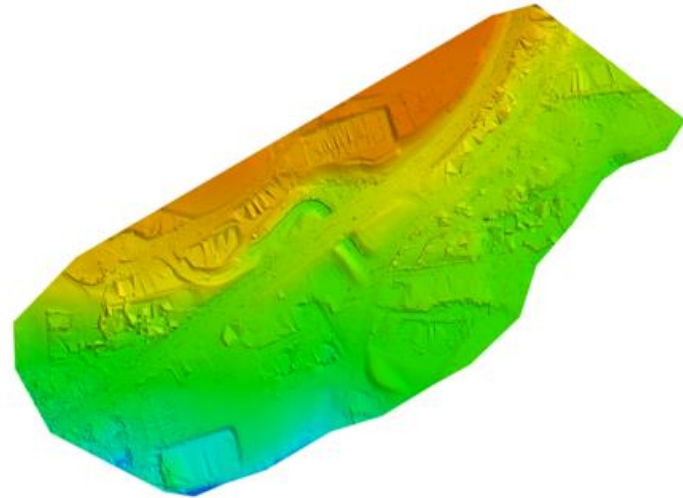
Objects Point Cloud



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

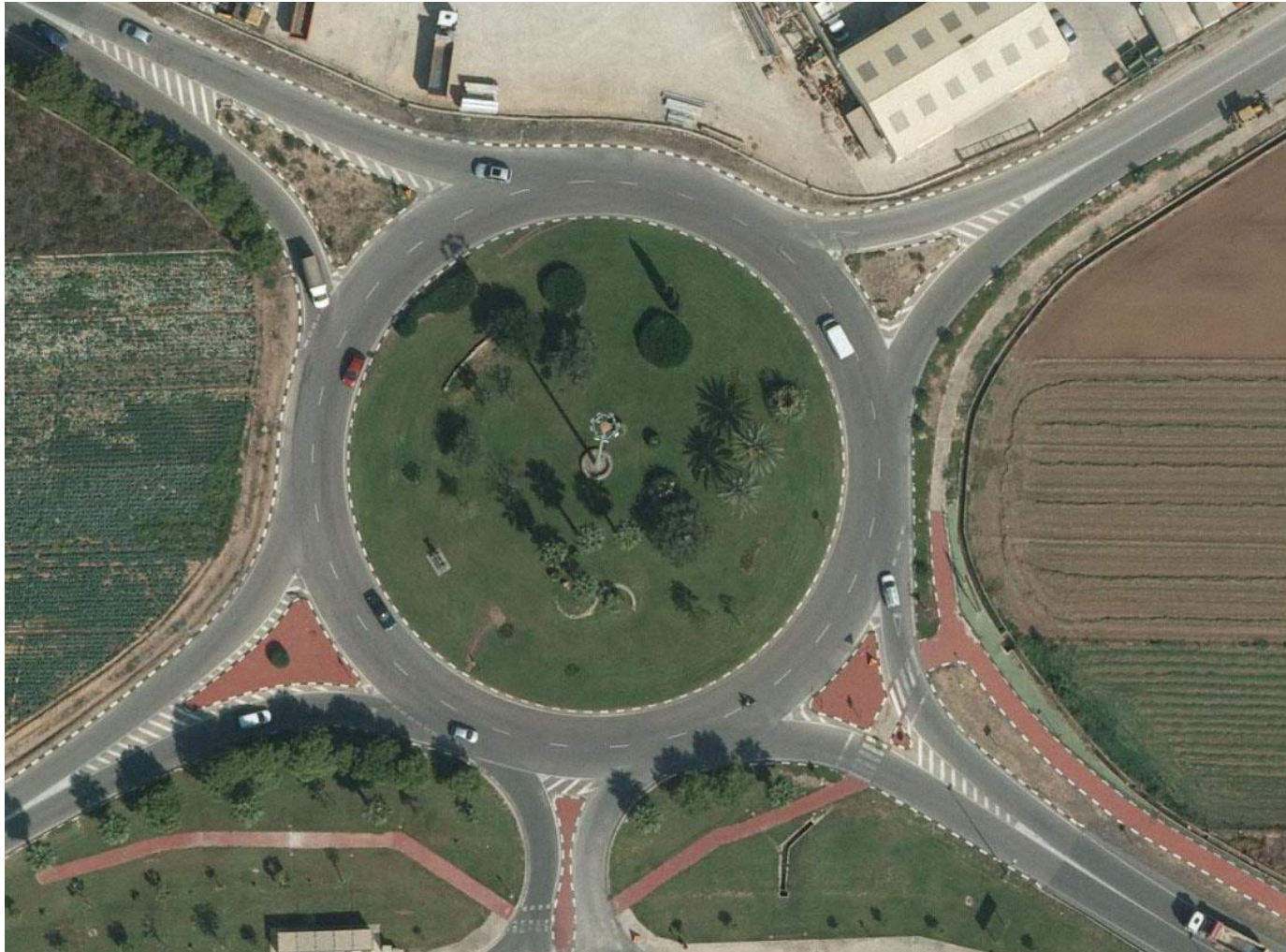
Orthorectification depends on surface model =>
artifacts at 3D model errors

Original image tilted: area not visible producing artefacts

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



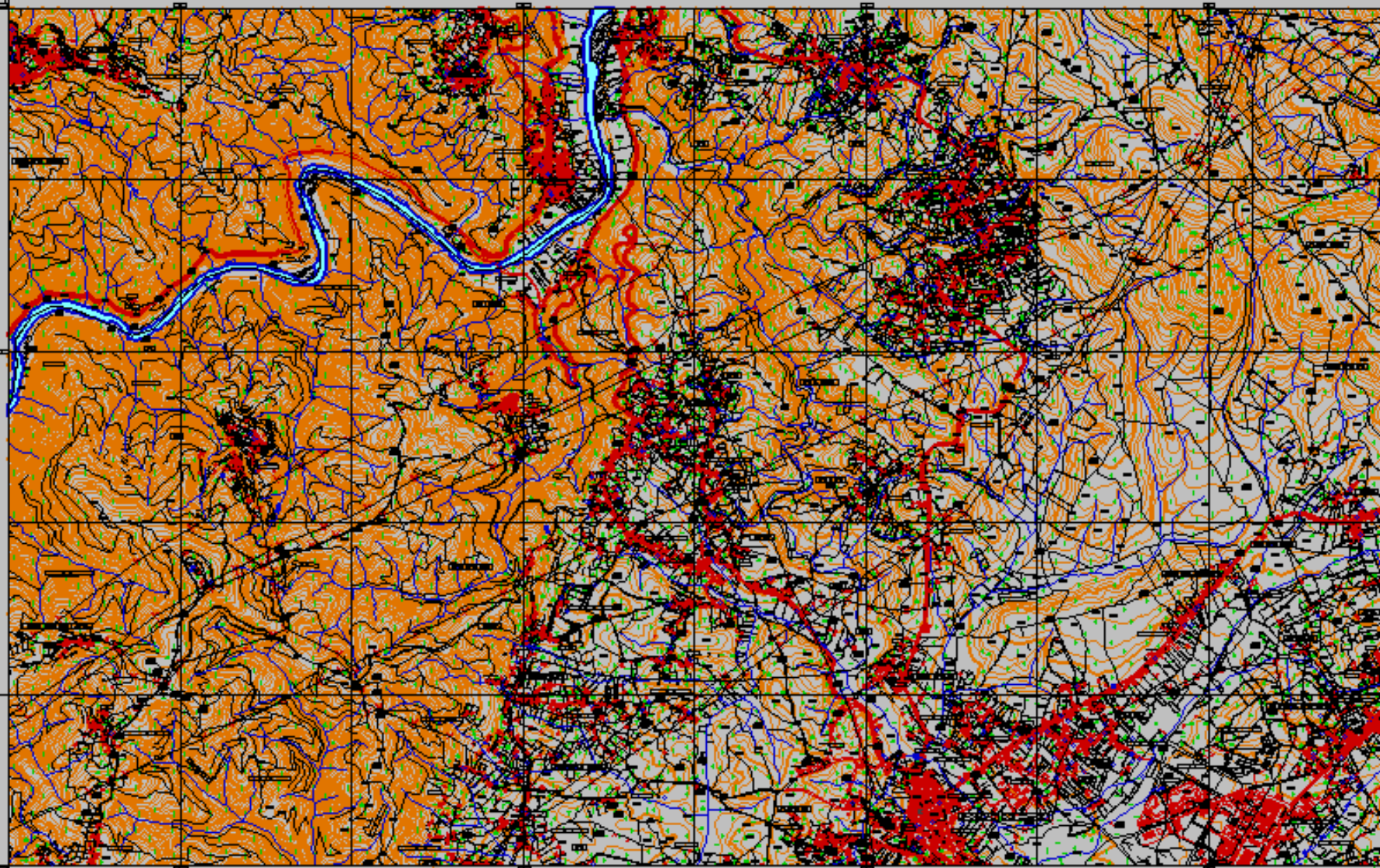
Restituição na Ortoimagem



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



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

