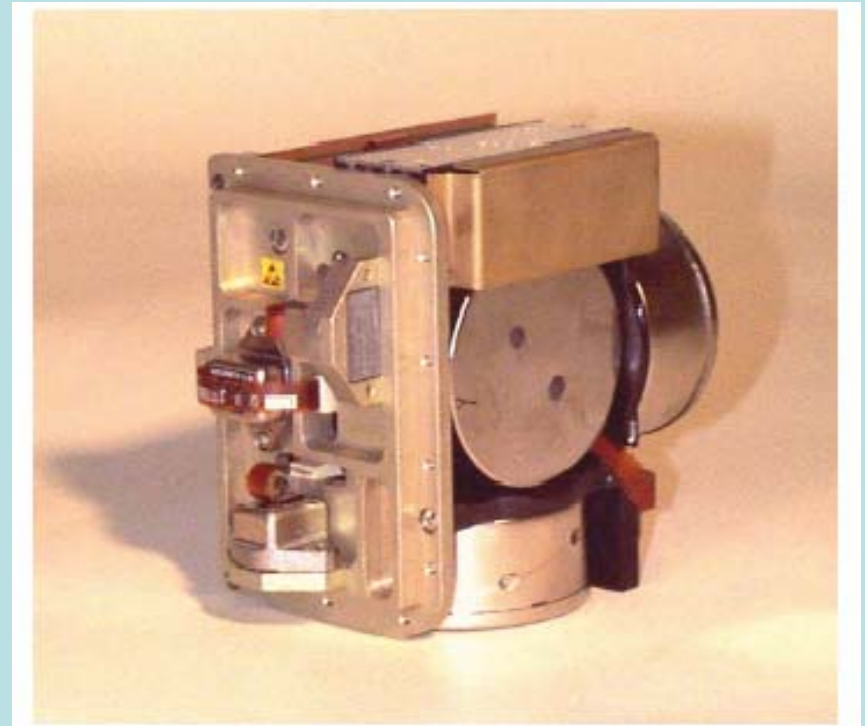
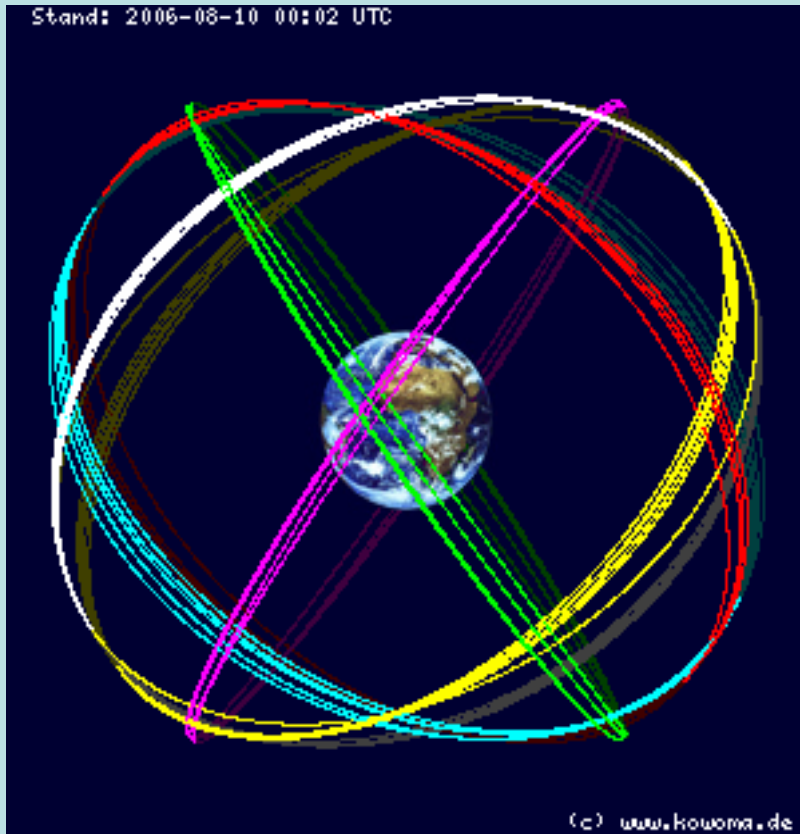


Voo Fotogramétrico com GPS/IMU

1. Introdução

Global Positioning System + Inertial Measuring System



IGI IMU-IIId

Um poderoso instrumento para o posicionamento e orientação de objectos em movimento

GPS na Fotogrametria

Resumo

- Para o apoio à aerotriangulação:
 - Necessários dois receptores de dupla frequência
 - Receptor no solo num raio de ~30km da área do projecto (se não houver rede GPS)
 - Método diferencial dinâmico com observação da fase da onda portadora
 - Determinação da trajectória da antena durante o voo fotográfico
 - Por interpolação para os momentos de exposição da câmara --> **Coordenadas objecto dos centros de projecção com precisão melhor que 50cm**

IMU na Fotogrametria

Como resultados da aplicação da IMU a um corpo em movimento obtém-se para cada momento t :

- A posição do corpo
- A velocidade do corpo
- Os ângulos de orientação do corpo

Estes resultados têm que ser transformados para o sistema de referência conveniente

GPS/IMU na Fotogrametria

Características dos dois sistemas

GPS	IMU
<ul style="list-style-type: none">•Boa precisão absoluta•Boa estabilidade ao longo do tempo•Falha quando há perda de sinal de satélites (min.4)•Necessita de ser reinicializado após falha (ambiguidades)•Baixa frequência de resultados	<ul style="list-style-type: none">•Boa precisão relativa•Deriva ao longo do tempo•Além da posição, fornece também ângulos de orientação do corpo•Alta frequência de resultados (disponibilidade quase constante dos valores)

Sistemas GPS/IMU comerciais

Precisão (status 2005 - dados dos produtores)

FIRMA	Applanix			IGI
MODELO	POS/AV-310	POS/AV-410	POS/AV-510	AEROcontrol-IIId
Posição [m]	0.05 – 0.3	0.05 – 0.3	0.05 – 0.3	<0.1 (X,Y) <0.2 (Z)
Velocidade [m/s]	0.075	0.005	0.005	0.005
Roll-Pitch [°]	0.015	0.008	0.005	0.004
Yaw [°]	0.035	0.015	0.008	0.01
Deriva [°/h]	0.5	0.5	0.1	0.1
Ruído [°/√h]	0.15	0.07	0.02	0.02

GPS/IMU na Fotogrametria

Prós

- Obtenção directa dos 6 elementos de orientação externa de cada foto
- Não necessita de PFs
- Não necessita de AT
- Redução de custos globais de produção
- Permite o processamento de blocos não regulares
- Permite a orientação em zonas de fraco contraste (água, desertos, florestas) onde a ATA falha
- Permite o processamento de fotos de pequeno formato

GPS/IMU na Fotogrametria

Contras

- Sistema dispendioso na aquisição
- **Necessita de calibração**
- Calibração exige conhecimento de causa e treino
- Calibração não estável a longo prazo
- Processamento dos dados não habitual em cadeias de produção fotogramétrica estabelecidas

GPS/IMU nas Ciências Geográficas

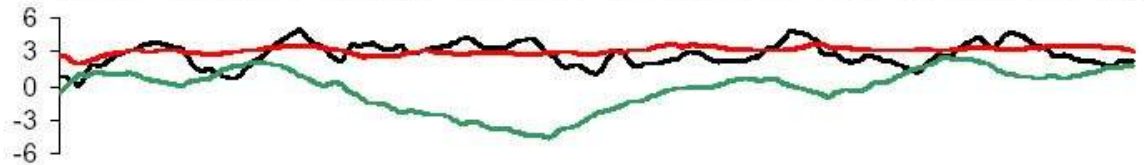
Câmaras aéreas digitais (CCD-line sensors)

Original Scene

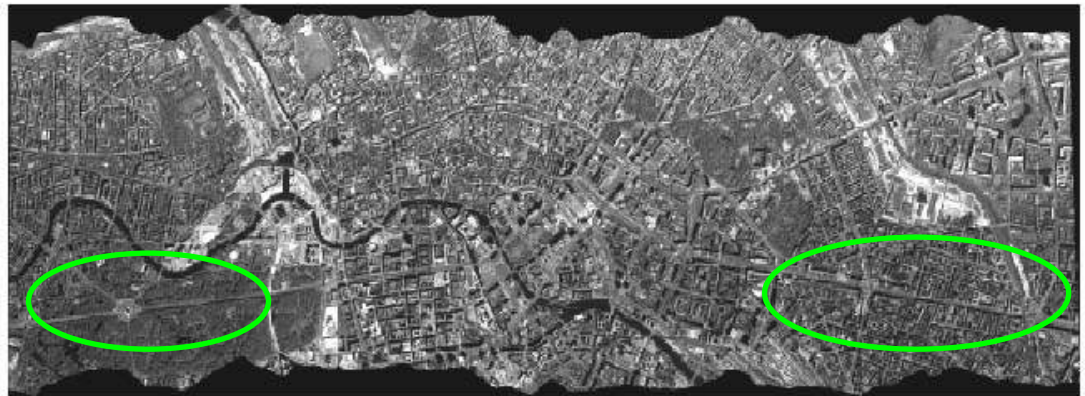
(without gyro stabilization)



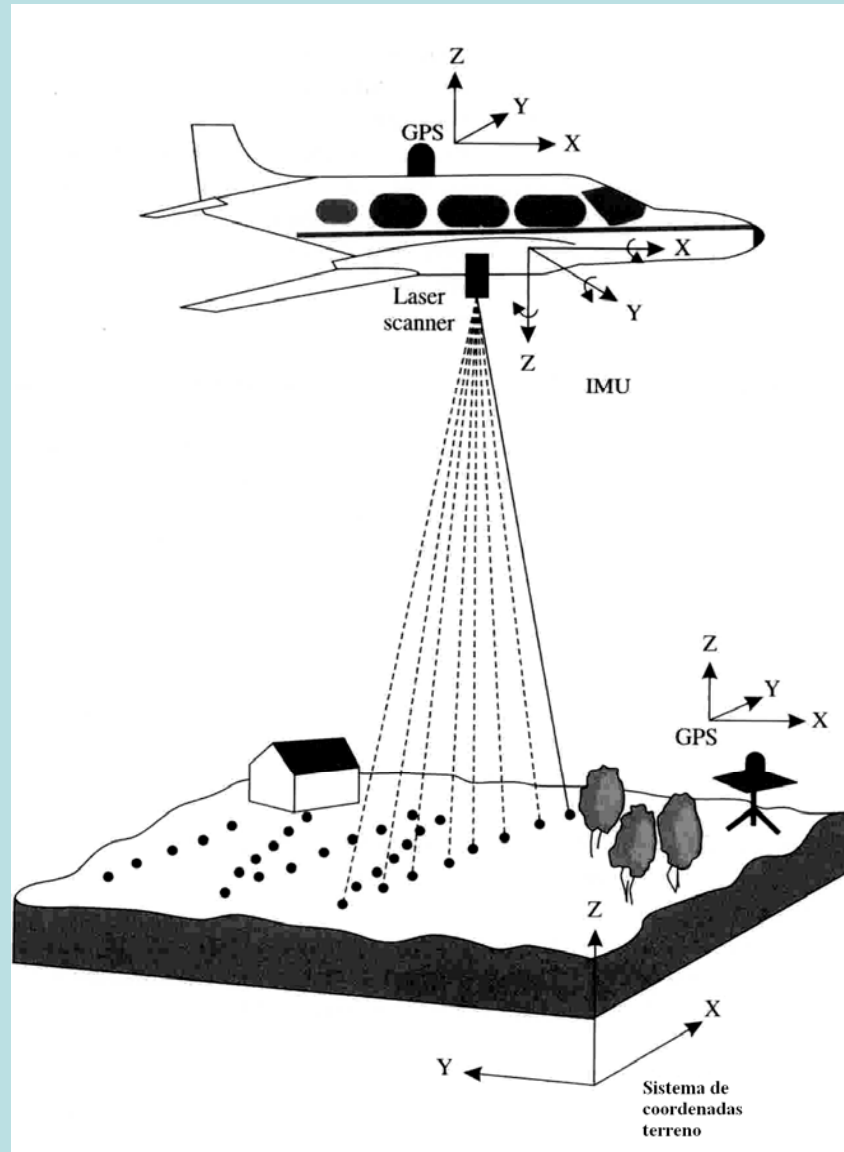
— Roll
— Pitch
— Yaw



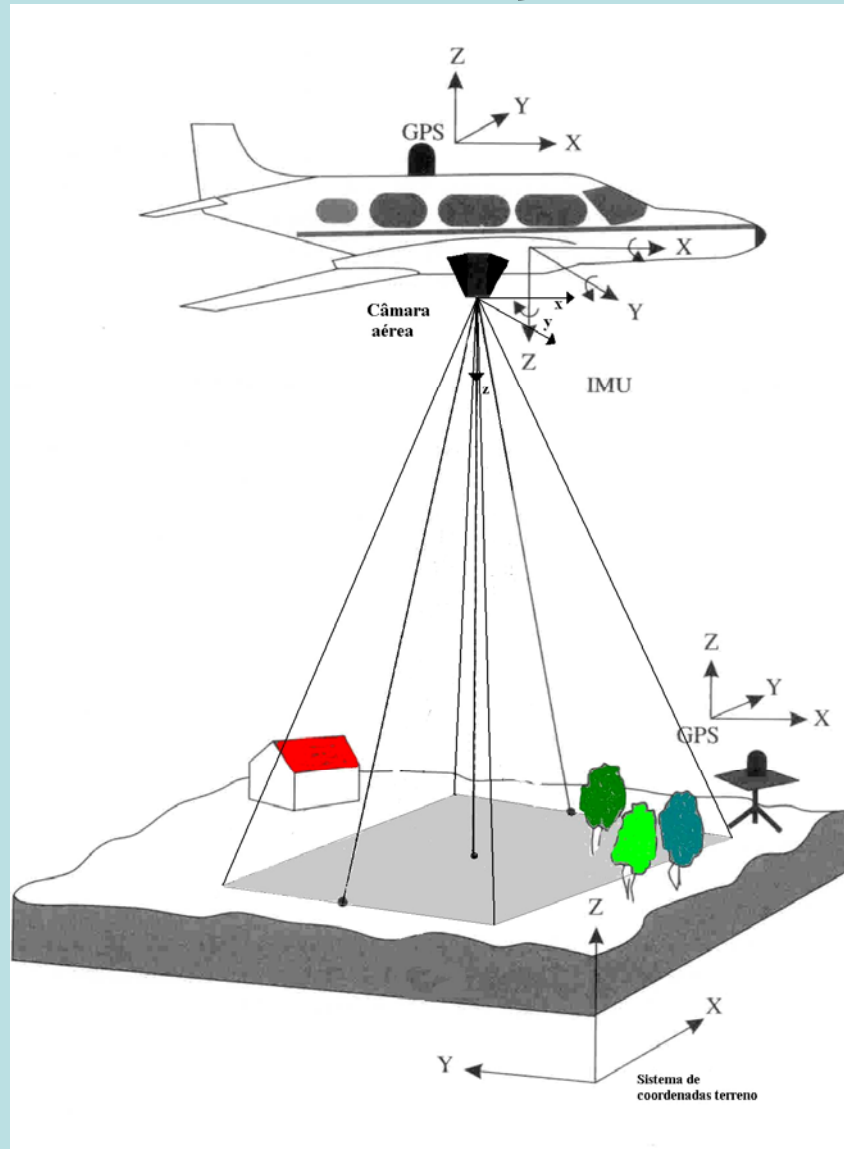
Rectified Scene



LIDAR – Altimetria por Laser



Georreferenciação directa



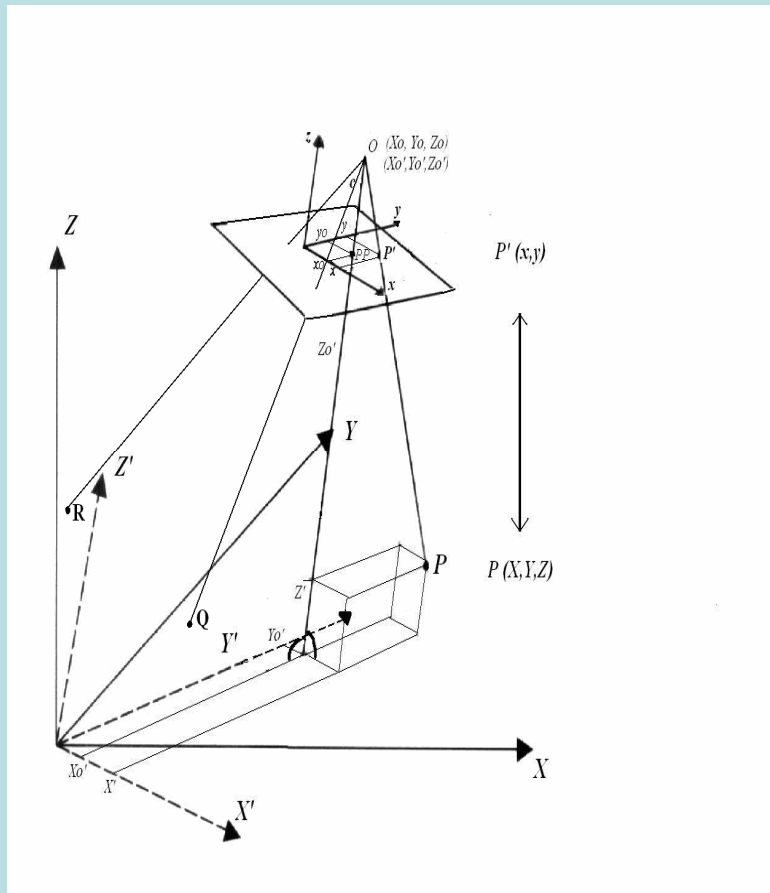
- O conhecimento da orientação externa das fotografias é absolutamente necessário quando se pretende gerar:
 - ortofotocartas
 - cartografia de traço
 - modelos 3D do objecto

Orientação externa de fotografias aéreas – Como determiná-la?

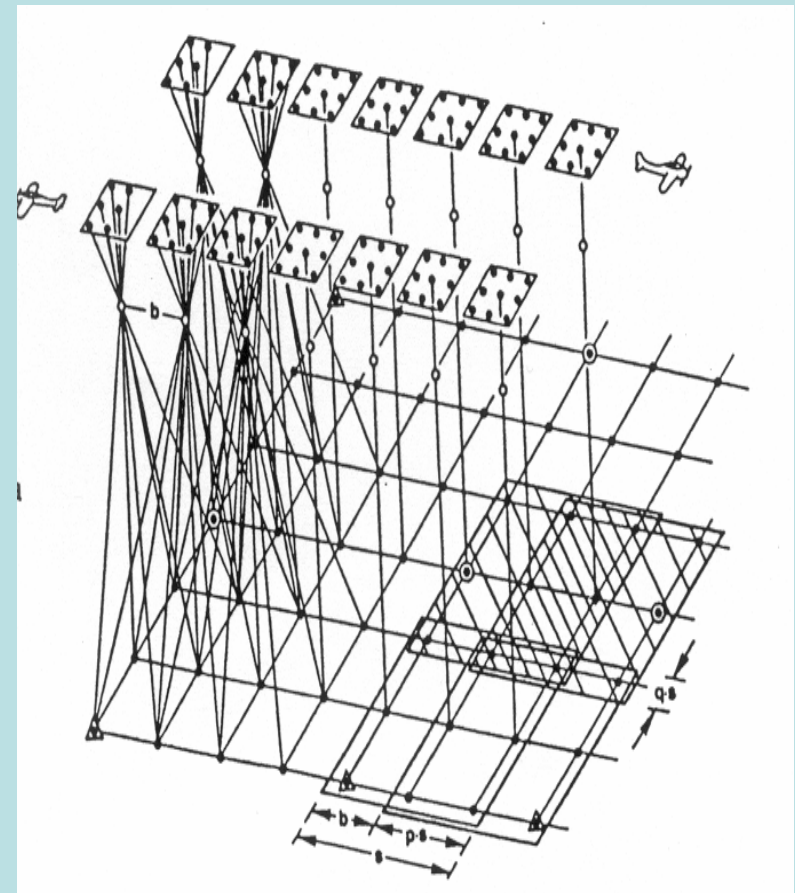
- *MODO INDIRECTO:*
 - **Intersecção inversa espacial** a partir de três pontos fotogramétricos (min.) em cada fotografia (foto a foto)
 - **Aerotriangulação clássica por feixes perspectivos** com base em determinada quantidade e distribuição de PFs num bloco regular de fiadas (em bloco)

Modo de determinação indirecta

Intersecção Indirecta Espacial



AT de feixes perspectivivos



- *MODO SEMI-DIRECTO (híbrido):*
 - **Aerotriangulação com apoio GPS:** posição espacial dos centros de projecção determinada via observações GPS em voo.
- *MODO DIRECTO:*
 - **Voo com apoio GPS/IMU:** posição espacial dos centros de projecção e atitude da câmara (avião) determinadas via observações GPS/IMU em voo.

P1

enquanto a aerotriangulação com apoio GPS encontrou grande aceitação por parte dos utilizadores, embora muitos não se arrisquem a utilizar o apoio geodésico recomendado, que é muito menor que no caso da aerotriangulação clássica, o voo com apoio GPS/IMU tem encontrado muita resistência por parte dos utilizadores.

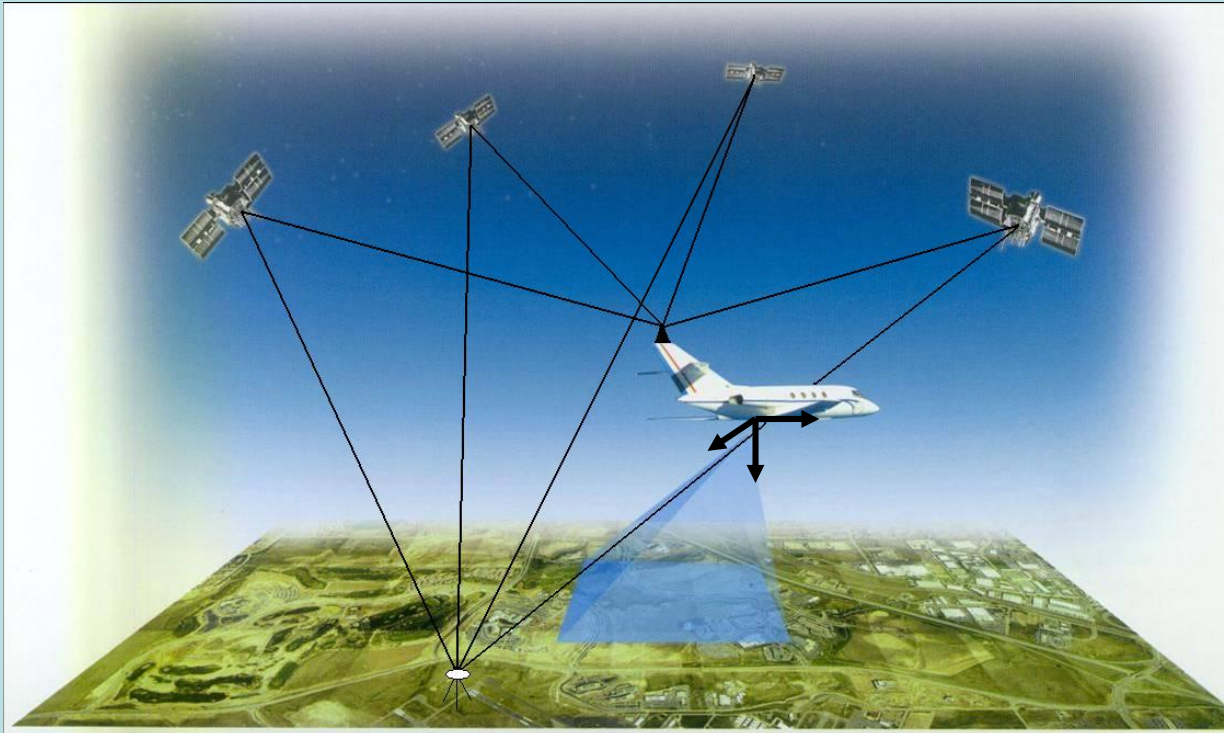
Paula; 27-07-2006

2. GEORREFERENCIAÇÃO DIRECTA

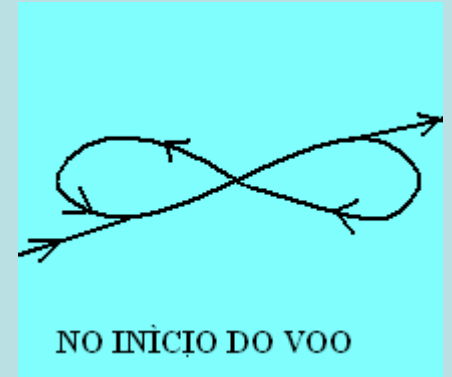
Um projecto de georreferenciação directa inclui duas fases:

- **VOO :**
 - sobre a área de calibração
 - sobre a área do projecto
- **CALIBRAÇÃO:**
 - determinação de offset, shift e misalignment
 - correcção dos dados GPS/IMU

Voo com GPS/IMU



- 2 receptores GPS + 1 IMU + Câmera c/registo de tempo
- Figura de inicialização do sistema



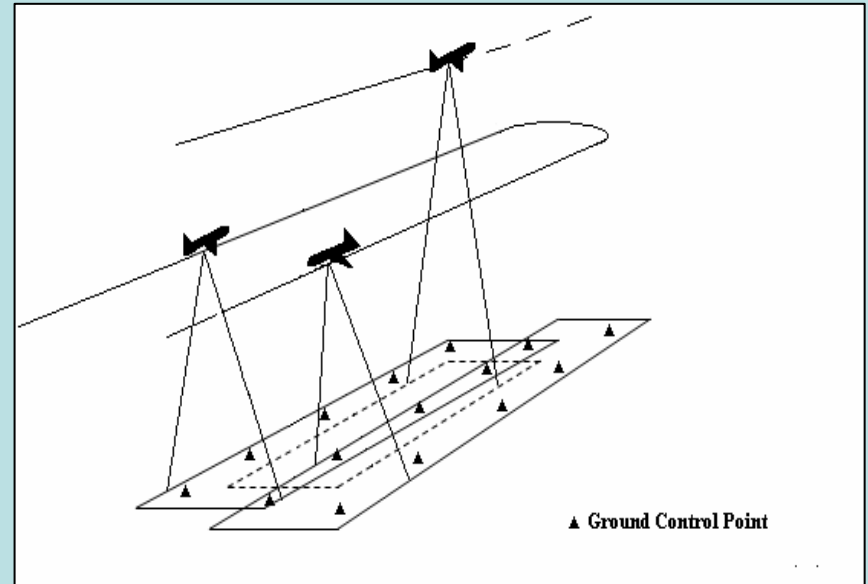
LOOPS EM FIADAS LONGAS
RECTILÍNEAS



DURANTE O VOO
À DISTÂNCIA DE 20 A 30 BASES

Voo de calibração

- O voo de calibração deve ser realizado imediatamente antes de ou após o voo do projecto.
- Deve incluir **duas faixas** paralelas voadas em sentidos contrários, da mesma escala do projecto (determinação do shift do CP e misalignment).
- Eventualmente uma terceira faixa a altura diferente, caso a escala difira da do projecto (determinação da orientação interna).
- A zona de referência coberta deve ter uma ocupação densa de pontos de referência (PFs distantes de 4 a 6 bases e pontos de controlo) de boa qualidade (pré-sinalizados) e boa precisão geométrica.



Área de calibração incluída ou não na área do projecto



Considerar na calibração :

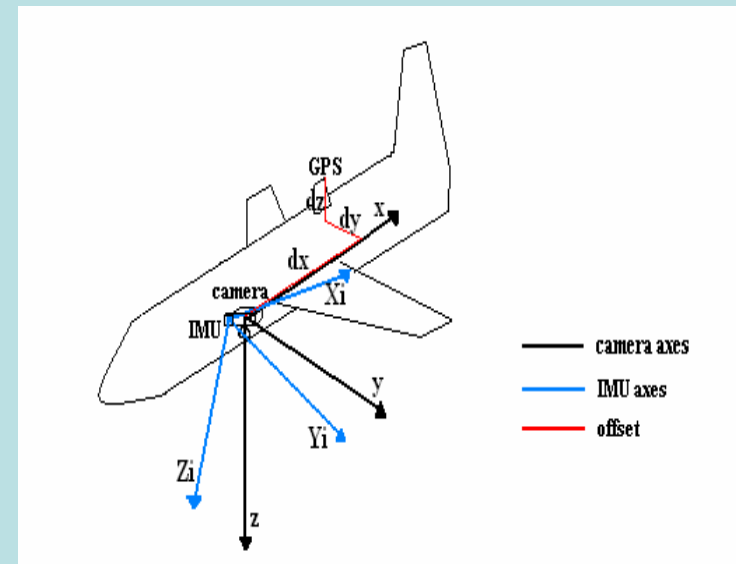
- variação da ondulação do geóide
- variação da escala local das coord.cartográficas

Voo da área do projecto

- A configuração das faixas sobre a área do projecto é livre.
- Pode incluir zonas costeiras, superfícies aquáticas, florestas, desertos...
- As fiadas de fotografias devem ser iniciadas com margem de segurança de duas fotos antes da área a cobrir (estabilização do IMU após a volta).
- A área do projecto não necessita de PFs, à excepção do ponto estação da antena GPS (caso não exista rede GPS).

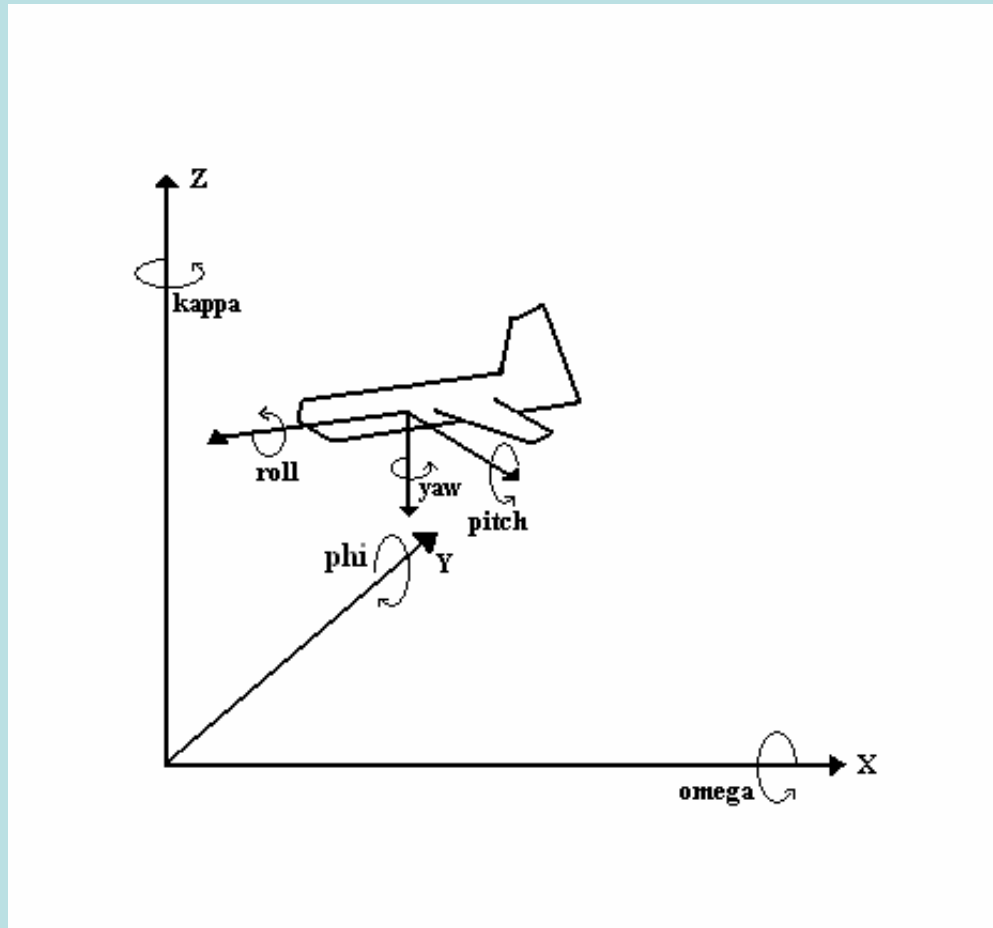
3. CALIBRAÇÃO DO SISTEMA GPS/IMU/CÂMARA

- Harmonização dos dados:
 - de sistemas de coordenadas planimétricos (PFs e dados GPS)
 - de superfícies de referência altimétrica (geoide e elipsoide)
 - de sistema de ângulos (navegação e orientação)
- AT clássica das fiadas de calibração apoiada nos PFs sinalizados
- Cálculo das diferenças na orientação externa das fotos (AT - GPS/IMU)
- Estimação das componentes do **mismatch** e do **shift** gerais



OFFSET e MISALIGNMENT do GPS/IMU

Ângulos de navegação vs. Ângulos de orientação



Aplicação dos resultados

- Correção dos dados GPS/IMU do voo do projecto
 - do offset da antena GPS (cada fiada independentemente)
 - do shift (coordenadas)
 - do misalignment (ângulos roll, pitch, yaw)
- Transformação dos resultados para
 - ângulos fotogramétricos ($\omega\phi\kappa$ ou $\phi\omega\kappa$)
 - sistema de coordenadas do cliente

- Cada foto i obtem assim os parâmetros de orientação externa respectivos

$$(X_o, Y_o, Z_o, \omega, \varphi, \kappa)_i$$

A georreferenciação está completa