Mostra de Instrumentos Científicos
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica
WebGis e Mobile Mapping

Ordem dos Engenheiros
REGIÃO NORTE

Sistema Móvel de Levantamento Terrestre

FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Sérgio Madeira *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro*

José Alberto Gonçalves

Luísa Cerqueira Bastos

Universidade do Porto

Patrocínios:

INTERGRAPH novageo solutions

Interveniente:

Sistema Móvel de Levantamento (SML) - Uma definição

Sistema de levantamento compacto em plataforma móvel, sobre qual se colocaram sensores integrados e sincronizados relativamente ao tempo, de forma a proporcionar posicionamento tri-dimensional georreferenciado contínuo, da plataforma e da informação geo-espacial obtida pelos sensores (Grejner-Brzezinska, 2001)..

Sensores de Levantamento

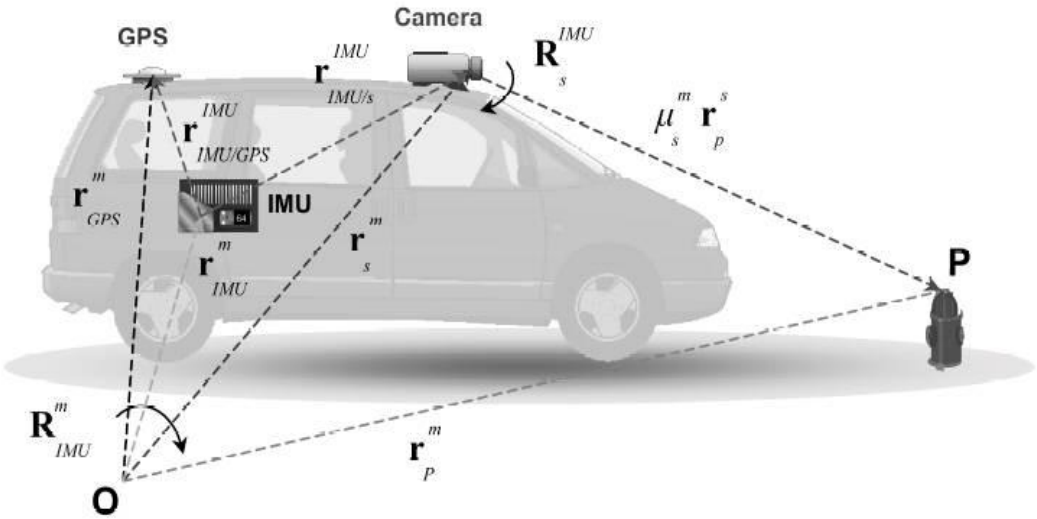
- Câmara Fotográfica Digital
- Câmara de Vídeo Digital
- Câmara de Vídeo VHS
- Laser Scanner
- Outros ...

Sensores de posição/orientação directa

- GPS
- Sistema de Navegação Inercial (INS)
  - Acelerómetros
  - Giroscópios
  - Unidade de Medição Inercial (IMU)
- Odómetro
- Bússola Digital
- Giroscópio
- Inclinómetro
- Outros ...

Descrição geométrico-analítica

Retirado de Cameron Ellum e Naser El-Sheimy, 2002



$$\mathbf{r}_P^m = \mathbf{r}_s^m + \mu_s^m \mathbf{R}_s^m \mathbf{r}_P^s$$

$$\mathbf{r}_P^m = \left(\mathbf{r}_{GPS}^m - \mathbf{r}_{IMU/GPS}^m + \mathbf{r}_{IMU/s^i}^m\right) + \mu \mathbf{R}_{IMU}^m \mathbf{R}_{s^i}^{IMU} \mathbf{r}_p^{s^i}$$

$$\mathbf{r}_P^m = \left(\mathbf{r}_{GPS}^m - \mathbf{R}_{IMU}^m \mathbf{r}_{IMU/GPS}^{IMU} + \mathbf{R}_{IMU}^m \mathbf{r}_{IMU/s^i}^{IMU}\right) + \mu_s^m \mathbf{R}_{IMU}^m \mathbf{R}_{s^i}^{IMU} \mathbf{r}_p^{s^i}$$

$$\mathbf{r}_P^m = \mathbf{r}_{GPS}^m + \mathbf{R}_{IMU}^m \left(\mathbf{r}_{IMU/s^i}^{IMU} - \mathbf{r}_{IMU/GPS}^{IMU} + \mu_s^m \mathbf{R}_{s^i}^{IMU} \mathbf{r}_p^{s^i}\right)$$

Variável	*Descrição*
$\mathbf{r}_P^m$	Vector posição do ponto a levantar no referencial cartográfico.
$\mathbf{r}_P^s$	Vector posição do ponto no referencial câmara.
$\mathbf{r}(t)_{GPS}^m$	Vector posição da antena GPS no referencial cartográfico obtido no instante *t*.
$\mathbf{R}(t)_{IMU}^m$	Matriz de rotação entre o referencial IMU e o referencial cartográfico.
$\mathbf{r}_{IMU/s}^{IMU}$	Vector diferença entre IMU e câmara no referencial IMU. Obtido por calibração.
$\mathbf{r}_{IMU/GPS}^{IMU}$	Vector diferença entre IMU e antena GPS no referencial IMU. Obtido por calibração.
μ_s^m	Factor escala entre o espaço câmara e o espaço objecto, obtido por técnicas fotogramétricas.
$\mathbf{R}_s^{IMU}$	Matriz de rotação entre o IMU e o referencial câmara. Obtido por calibração.

Principais dificuldades na implementação de um MMS

- A obtenção da posição e orientação do sensor em cada medição é crucial.
- O GPS está vocacionado para obtenção de posições. *No entanto* em zonas urbanas ou de vegetação densa é normal ocorrer perca de sinal originando lacunas na solução GPS.
- Os Sistemas de Navegação Inercial permitem obter posição/orientação/velocidade autonomamente de forma precisa medindo acelerações e rotações relativas. *No entanto* a acumulação de erros faz com que sejam efectivos durante pouco tempo.
- Os sensores de levantamento e de posição/orientação terão de obter informação de forma sincronizada uma vez que o sistema está em movimento.

Formas de contornar as principais dificuldades

- **Nos sistemas em que é requerida maior precisão usa-se um sistema integrado GPS / INS. Neste caso o INS permite colmatar as lacunas *GPS.* Usando um *filtro Kalman* é possível modelar os erros sistemáticos GPS e INS incrementando ainda o nível de precisão.**

- **Nos sistemas menos exigentes ao nível da precisão usam-se combinações do tipo odómetro / inclinómetro / giroscópio, ou outras para colmatar as falhas GPS.**

- **O problema da sincronização pode ser resolvido descarregando os dados num processador central, usando interrupções de hardware de um deles (normalmente um GPS) para provocar o envio de sinal por parte dos outros aparelhos.**

Perspectiva Histórica ...

- Disponibilização do sistema GPS - início dos anos 80.

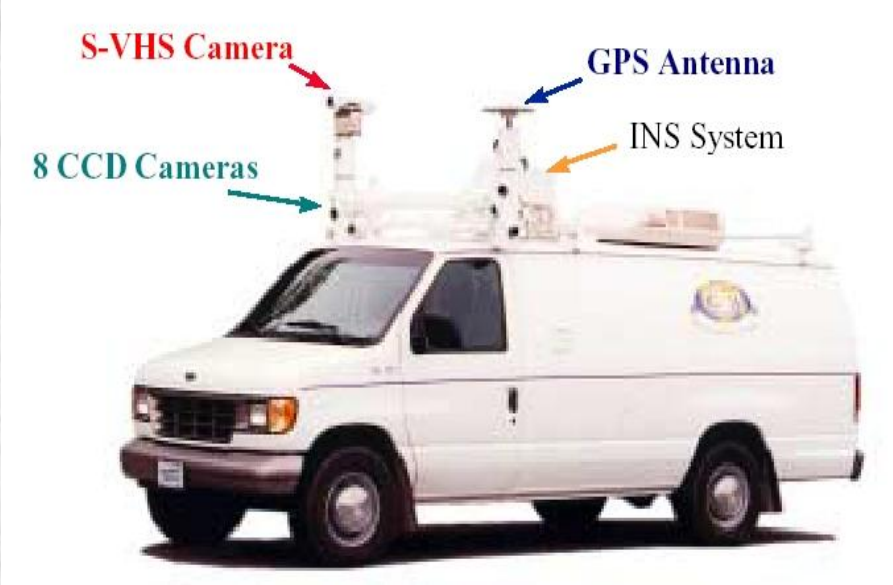
- Criação do *Center for Mapping* na Universidade de Ohio (EUA), com o patrocínio da NASA - 1986.
  - Estudo e desenvolvimento das tecnologias de orientação directa nos anos posteriores.

- Desenvolvimento do *Mobil Highway Inventory System* – Alberta, Canadá.
  - Sistema de Levantamento Cinemático, GPS L1,L2 + INS do Tipo *strapdown*.

VISAT, universidade de Calgary, Canadá - 1992.

Características:

- 2 receptores GPS de dupla frequência, + INS (*strapdown*) + odómetro
- Integração GPS/INS/Odómetro através de filtro Kalman
- Zero updates system (ZUPT).
- Sistema de navegação com precisão sub-métrica.
- 8 câmaras de vídeo digitais tipo CCD
- Computador para recolha de dados especialmente desenvolvido denominado VLOG.



GPSVan, 2ª geração, Universidade de Ohio, EUA - 1993.

Características:

- GPS diferencial de dupla frequência.
- INS do tipo *strapdown*
- Integração GPS + INS através de filtro Kalman
- Precisão do sistema de navegação: decimétrica.
- 2 câmaras CCD PulnixTMC-9700 (color)
- Processamento dos pares estereoscópicos

em pós-missão com o software StereoMAP.

GPSVan, 3ª geração (ON-SIGHT) – 1995.

Características:

- GPS diferencial de dupla frequência.
- GPS/strapdown INS LN-200 com uso de filtro Kalman para modelação dos erros do sistema.
- Precisão de decimétrica.
- 4 câmaras CCD PulnixTMC-9700 (color)
- Processamento dos pares estereoscopicos em pós-missão com o software STEPS.

Figure 1. Third generation of GPSVan™ – ON-SIGHT™ (courtesy TransMap, Inc.)

Em meados dos anos 90 a utilização da tecnologia GPSVan foi licenciada a várias empresas norte americanas, passando os posteriores desenvolvimentos a ser feitos em parceria. Apareceram assim sistemas comerciais com várias nomenclaturas:

- ***TransVision*** da Global Vision (adapatação do GPSVan a carris).
- ***GPSVision*** da Lambda Tech International.
- ***ON-SiGHT*** da Transmap Corporation

Entretanto outros sistemas têm sido desenvolvidos:

- **VISAT (University of Calgary, 1993)**

  Navegação: GPS de dupla frequência, IMU
  Levantamento: 8 câmaras CCD, monocrómaticas
  Plataforma: carrinha.

- **GIM (NAVSYS Corp, 1994)**

  Navegação: GPS, IMU de baixo custo.
  Levantamento: 1 câmara CCD, 1 câmara VHS
  Plataforma: camião.

- **KiSS (University of the Federal Armed Forces Munich, 1995)**

  Navegação: GPS, IMU, Odómetro, Barómetro, Inclinómetro, Bússola Digital.
  Levantamento: 2 câmaras CCD, 1 câmara VHS
  Plataforma: carrinha.

CDSS (Geodetic Institute Aachen, 1998)

Navegação: C/A code GPS, 2 odómetros, 1 barómetro.
Levantamento: 2 câmaras CCD monocromáticas.
Plataforma: carrinha.

Laser Scanner MMS (Wuhan Technical University, 2001)

Navegação: GPS.
Levantamento: 1 câmara CCD, Laser Scanner
Plataforma: camião.

Backpack MMS (University of Calgary, 2001)

Navegação: GPS, Bússola digital, Inclinómetro.
Levantamento: 1 vídeo-câmara digital
Plataforma: uma pessoa.

SML, Universidade de São Paulo, Brasil - 2003

Navegação: 1 GPS de dupla frequência
Levantamento: 2 câmaras de vídeo tipo cam-corder.
Plataforma: carrinha.

Backpack MMS (Universidade de Pádua, 2007)

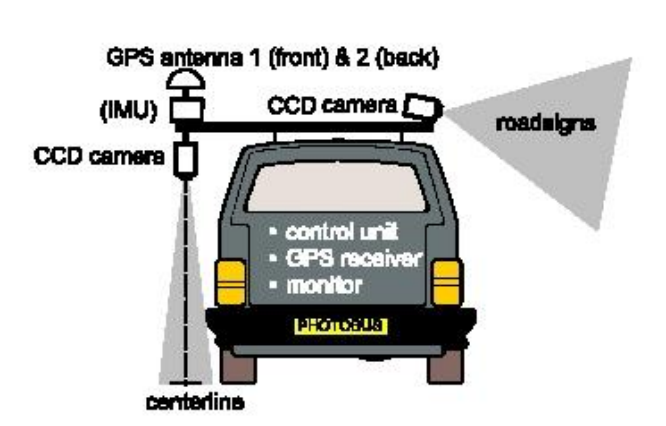
Navegação: GPS 2f, Bússola digital, Inclinómetro.
Levantamento: 1 câmara fotográfica digital
Plataforma: uma pessoa.

Universidade de Ohio (Toth & Brzezinska, 2002)

Navegação: 1 GPS 2f + INS (filtro Kalman)
Levantamento: 1 câmaras de vídeo (orientada p/baixo).
Plataforma: carrinha.

Instituto Federal Suíço de Tecnologia, 2004

Navegação: 2 GPS 2f + INS + Odómetro.
Levantamento: 2 câmara digitais
Plataforma: carrinha.



Desenvolvimento de um SML como projecto de investigação – Universidade do Porto

Dado que existia trabalho prévio ao nível dos Sistemas de Georreferenciação Directa, por associação de GPS + INS, decidiu-se desenvolver um SML, que tirasse partido desse mesmo trabalho.

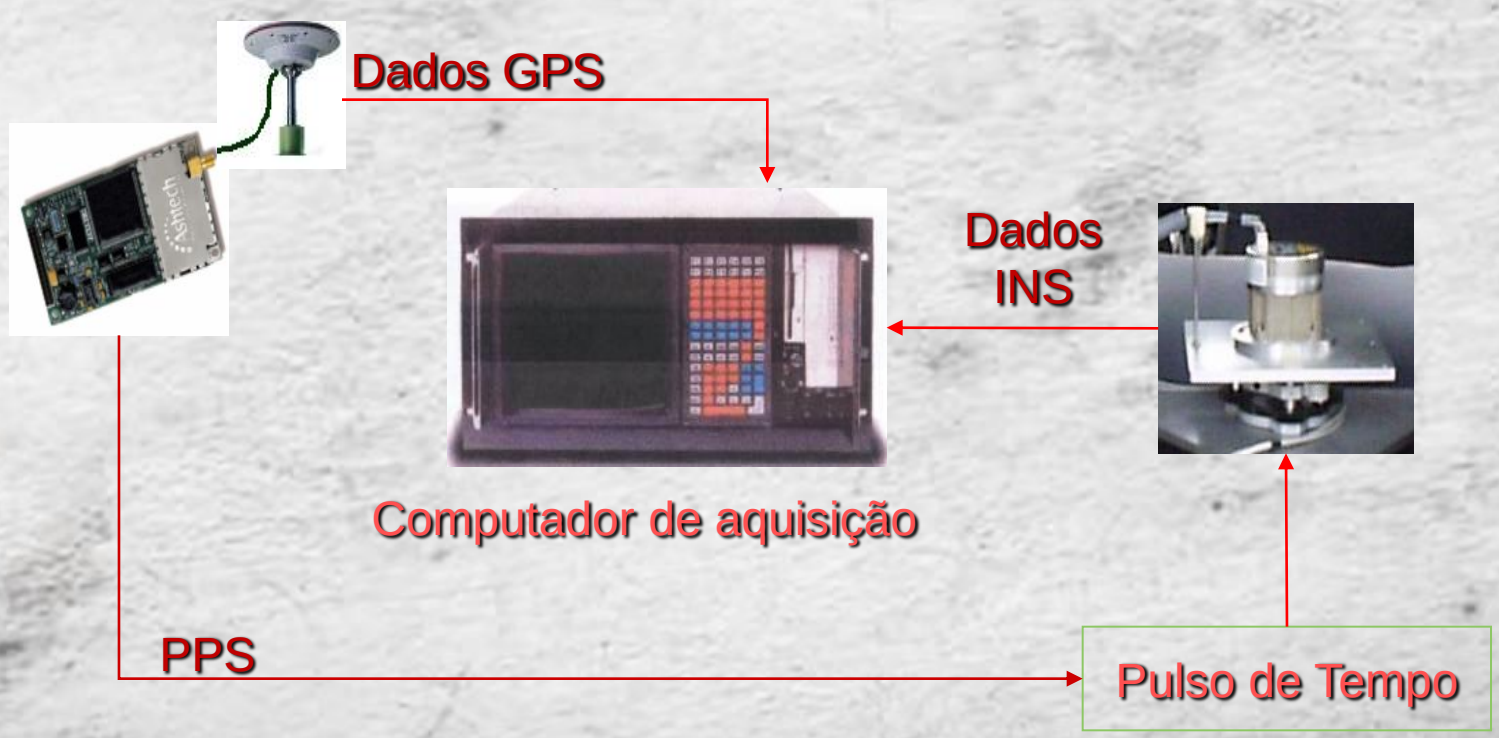
Os sistemas existentes então, desenvolvidos por universidades ou empresas, apresentavam:

- Custos muito altos ao nível do equipamento
- Complexidade e exigência de pessoal especializado ao nível do Levantamento

Decidiu-se optar pela linha do baixo custo e da simplicidade ao nível do levantamento e do pós-processamento.

Motivação

- A existência de um Sistema de Georreferenciação Directa desenvolvido previamente na Universidade do Porto (Bastos, Tomé, Cunha, 2002).



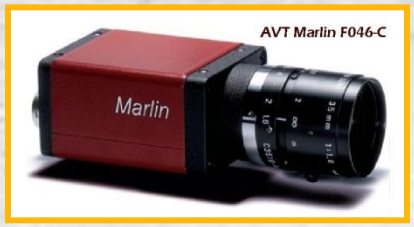
Motivação

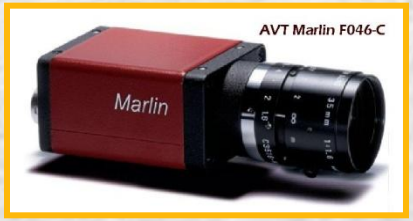
- O desafio de adicionar ao Sistema de Georreferenciação directa existente, sensores de imagem que permitissem extrapolar as posições obtidas para os objectos existentes no espaço envolvente.

- Recentes desenvolvimentos ao nível da tecnologia dos sensores CCD que permitiram obter material de baixo custo mas com as características adequadas ao pretendido.

- Recentes desenvolvimentos ao nível da tecnologia dos computadores portáteis que largamente incrementaram as capacidades de processamento, armazenamento e transferência de dados.

Sensores imagem





Características:

Aquisição digital através de CCD ½” a cores.

Resolução de 640 x 480 pixeis

Taxa de aquisição até 30 Hz

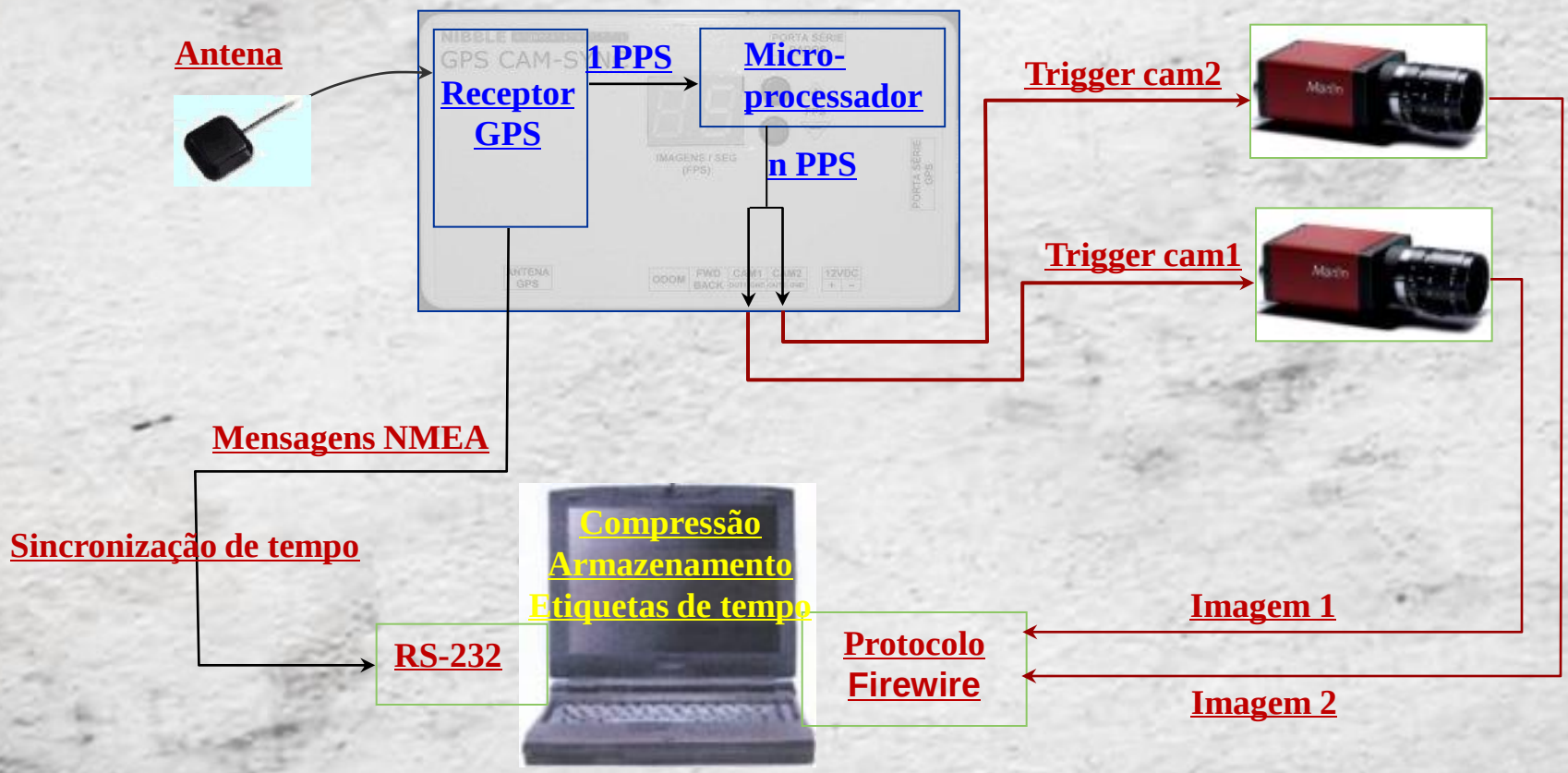
Transferência e controlo através de protocolo *FireWire*

***Trigger* através de sinal externo, em modo assíncrono.**

Lentes:

- **Distância focal: 12 mm**
- **Iris 1.4 – C**
- **Campo de visão: 28º (H)**
- **Parafusos de fixação de focagem e iris**

Arquitectura do sistema de aquisição de imagens



Sistema de georreferenciação directa (alternativo)

- **Características**
  - Receptor U-blox SBR-LS
  - Apenas código C/A
  - Correcções Egnos
  - 1 PPS
  - Mensagens NMEA
  - Possibilidade de multiplicar o PPS
  - Integração com "Dead Reckoning", por filtro Kalman em tempo real, se ligado ao odómetro do carro. Neste caso:
    - (GPS + Gisroscópio + Odómetro)
  - Precisão horizontal (2 metros)

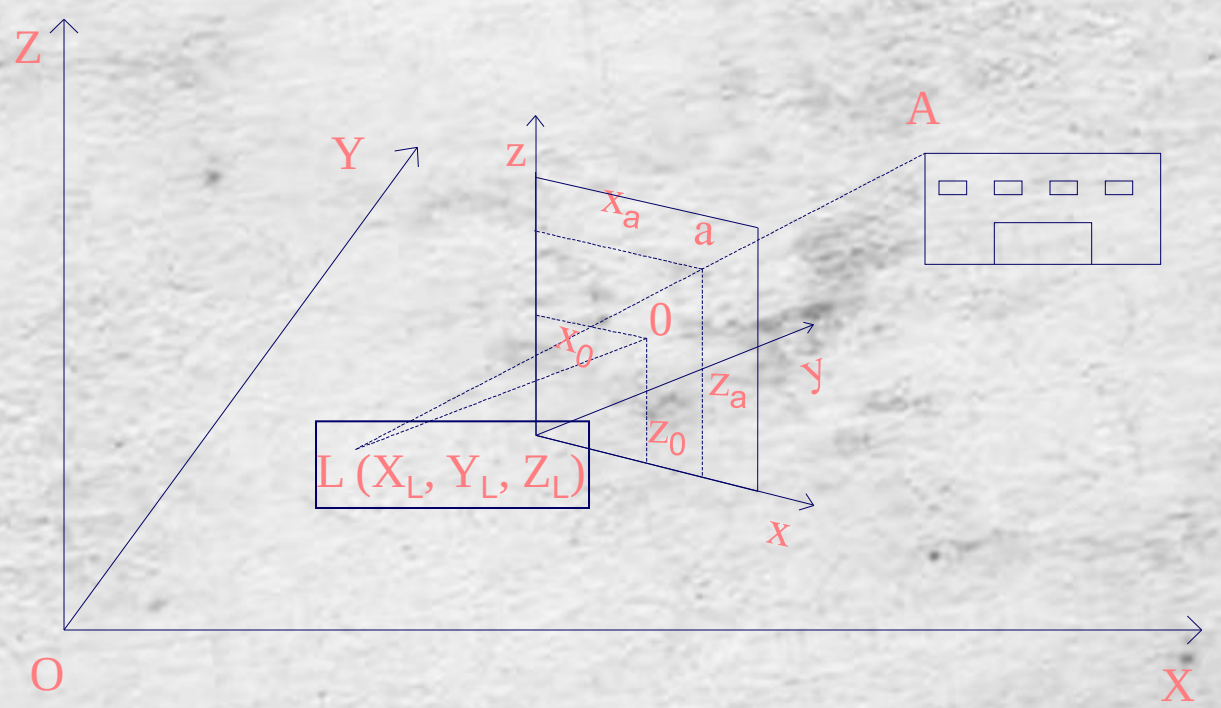
GPS CAM-SYNC

Modelo fotogramétrico

Referencial Imagem

e

Referencial Objecto



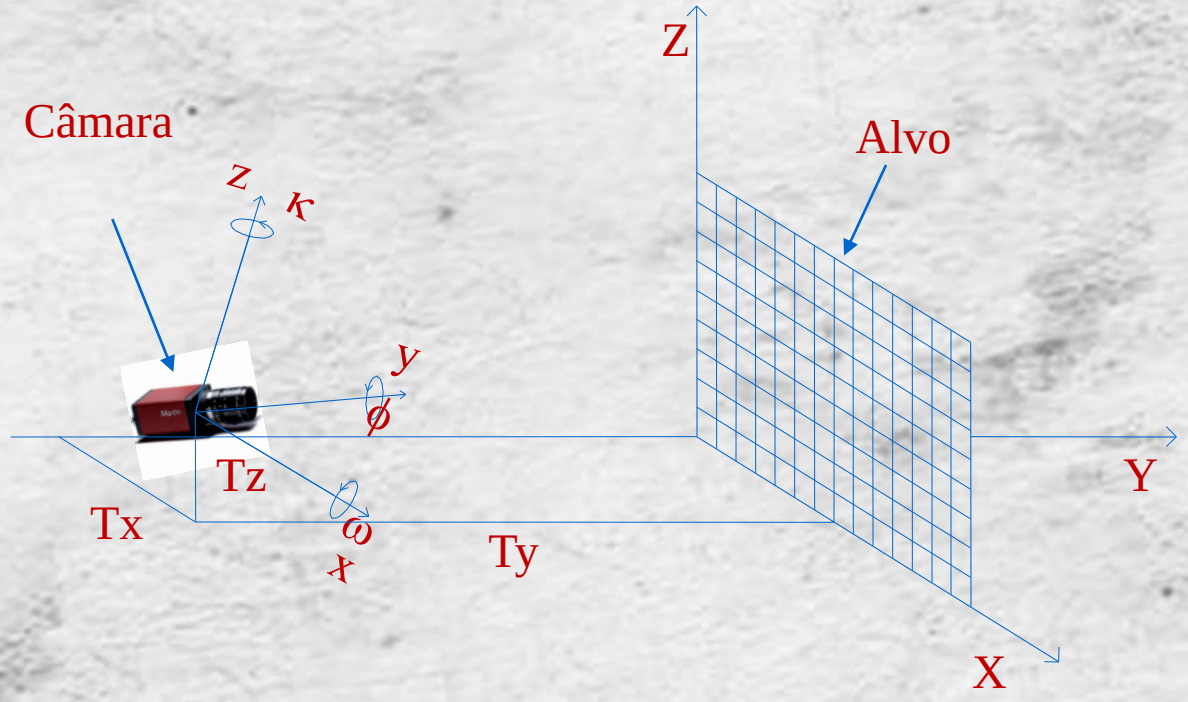
Equações de colinearidade

$$\begin{cases} \bar{x} = x_0 - \Delta x + f.\dfrac{r}{s} \\ \bar{z} = z_0 - \Delta z + \lambda.f.\dfrac{q}{s} \end{cases}$$

$$\begin{cases} r = m_{11}(X - X_L) + m_{12}(Y - Y_L) + m_{13}(Z - Z_L) \\ s = m_{21}(X - X_L) + m_{22}(Y - Y_L) + m_{23}(Z - Z_L) \\ q = m_{31}(X - X_L) + m_{32}(Y - Y_L) + m_{33}(Z - Z_L) \end{cases}$$

$$\begin{cases} Fx(x_0, f, k_1, k_2, k_3, p_1, p_2, \omega, \phi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L, X, Y, Z) = x_0 - \Delta x + f.\dfrac{r}{s} \\ Fz(z_0, f, \lambda, k_1, k_2, k_3, p_1, p_2, \omega, \phi, \kappa, X_L, Y_L, Z_L, X, Y, Z) = z_0 - \Delta z + \lambda.f.\dfrac{q}{s} \end{cases}$$

Orientação Interna de uma câmara



Orientação Interna de uma câmara – modelação matricial

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{A1}_1 & \mathbf{A2}_1 & {}_{2N}0^6 & .. & {}_{2N}0^6 \\ \mathbf{A1}_2 & {}_{2N}0^6 & \mathbf{A2}_2 & .. & {}_{2N}0^6 \\ : & : & : & : & : \\ \mathbf{A1}_M & {}_{2N}0^6 & {}_{2N}0^6 & .. & \mathbf{A2}_M \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{X1} \\ \mathbf{X2}_1 \\ \mathbf{X2}_2 \\ : \\ \mathbf{X2}_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_1 \\ \mathbf{B}_2 \\ : \\ \mathbf{B}_M \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{X1} = [\Delta x_0, \Delta z_0, \Delta f, \Delta\lambda, \Delta k_1, \Delta k_2, \Delta k_3, \Delta p_1, \Delta p_2]^T$$

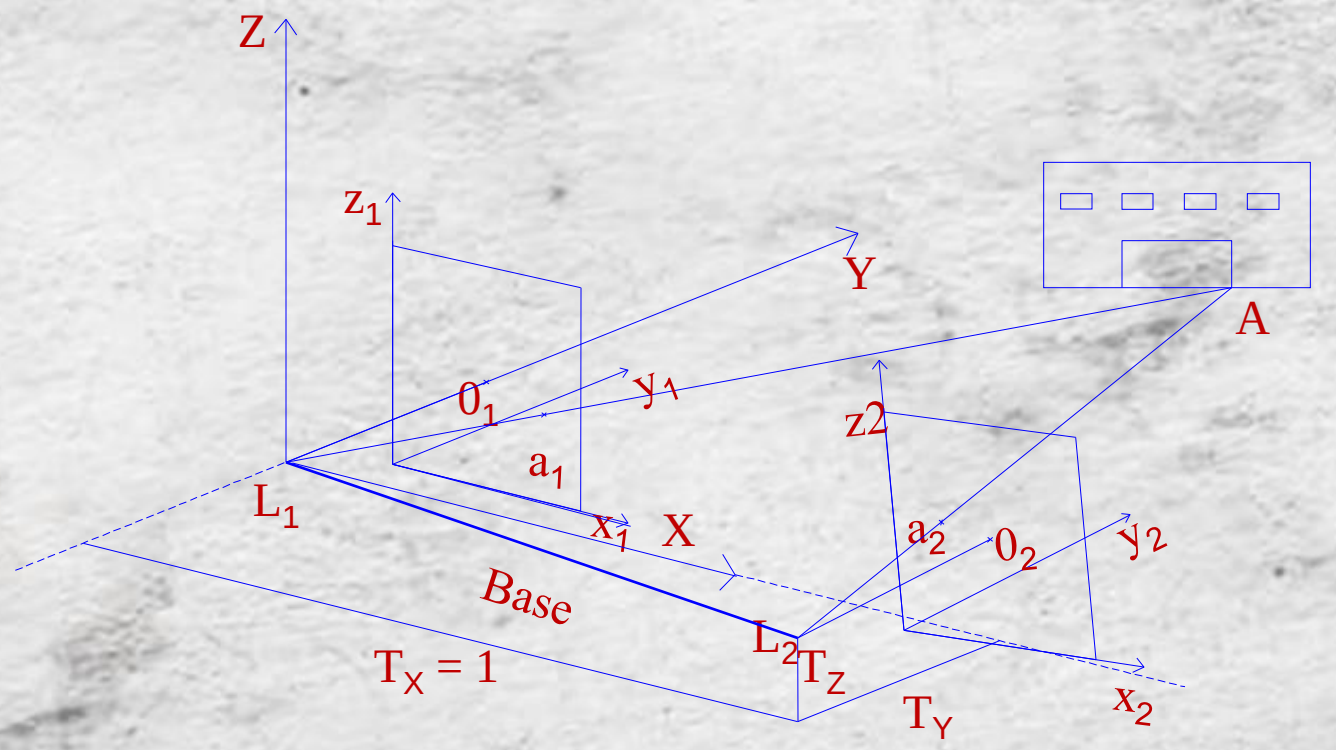
$$\mathbf{X2}_m = [\Delta\omega_m, \Delta\phi_m, \Delta\kappa_m, \Delta XL_m, \Delta YL_m, \Delta ZL_m]^T$$

$$\mathbf{A1}_m = \begin{bmatrix} a_{11}^{\ 1} & a_{12}^{\ 1} & a_{13}^{\ 1} & a_{14}^{\ 1} & a_{15}^{\ 1} & a_{16}^{\ 1} & a_{17}^{\ 1} & a_{18}^{\ 1} & a_{19}^{\ 1} \\ a_{21}^{\ 1} & a_{22}^{\ 1} & a_{23}^{\ 1} & a_{24}^{\ 1} & a_{25}^{\ 1} & a_{26}^{\ 1} & a_{27}^{\ 1} & a_{28}^{\ 1} & a_{29}^{\ 1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{11}^{\ N} & a_{12}^{\ N} & a_{13}^{\ N} & a_{14}^{\ N} & a_{15}^{\ N} & a_{16}^{\ N} & a_{17}^{\ N} & a_{18}^{\ N} & a_{19}^{\ N} \\ a_{21}^{\ N} & a_{22}^{\ N} & a_{23}^{\ N} & a_{24}^{\ N} & a_{25}^{\ N} & a_{25}^{\ N} & a_{26}^{\ N} & a_{27}^{\ N} & a_{29}^{\ N} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A2}_m = \begin{bmatrix} a_{1.10}^{\ 1} & a_{1.11}^{\ 1} & a_{1.12}^{\ 1} & a_{1.13}^{\ 1} & a_{1.14}^{\ 1} & a_{1.15}^{\ 1} \\ a_{2.10}^{\ 1} & a_{2.11}^{\ 1} & a_{2.12}^{\ 1} & a_{2.13}^{\ 1} & a_{2.14}^{\ 1} & a_{2.15}^{\ 1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1.10}^{\ n} & a_{1.11}^{\ n} & a_{1.12}^{\ n} & a_{1.13}^{\ n} & a_{1.14}^{\ n} & a_{1.15}^{\ n} \\ a_{2.10}^{\ n} & a_{2.11}^{\ n} & a_{2.12}^{\ n} & a_{2.13}^{\ n} & a_{2.14}^{\ n} & a_{2.15}^{\ n} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B}_m = \begin{bmatrix} x^1 - Fx^{0^1} \\ z^1 - Fz^{0^1} \\ : \\ x^n - Fx^{0^n} \\ z^n - Fz^{0^n} \end{bmatrix}$$

Orientação relativa de duas câmaras



Orientação relativa de duas câmaras – modelação matricial

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A1}_1 & \mathbf{A2}_1 & {}_4 0^3 & .. & {}_4 0^3 \\ \mathbf{A1}_2 & {}_4 0^3 & \mathbf{A2}_2 & .. & {}_4 0^3 \\ : & : & : & : & : \\ \mathbf{A1}_N & {}_4 0^3 & {}_4 0^3 & .. & \mathbf{A2}_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{X1} \\ \mathbf{X2}_1 \\ \mathbf{X2}_2 \\ : \\ \mathbf{X2}_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_1 \\ \mathbf{B}_2 \\ : \\ \mathbf{B}_N \end{bmatrix}$$

$$X1 = [\Delta\omega, \Delta\varphi, \Delta\kappa, \Delta T_Y, \Delta T_Z]^T$$

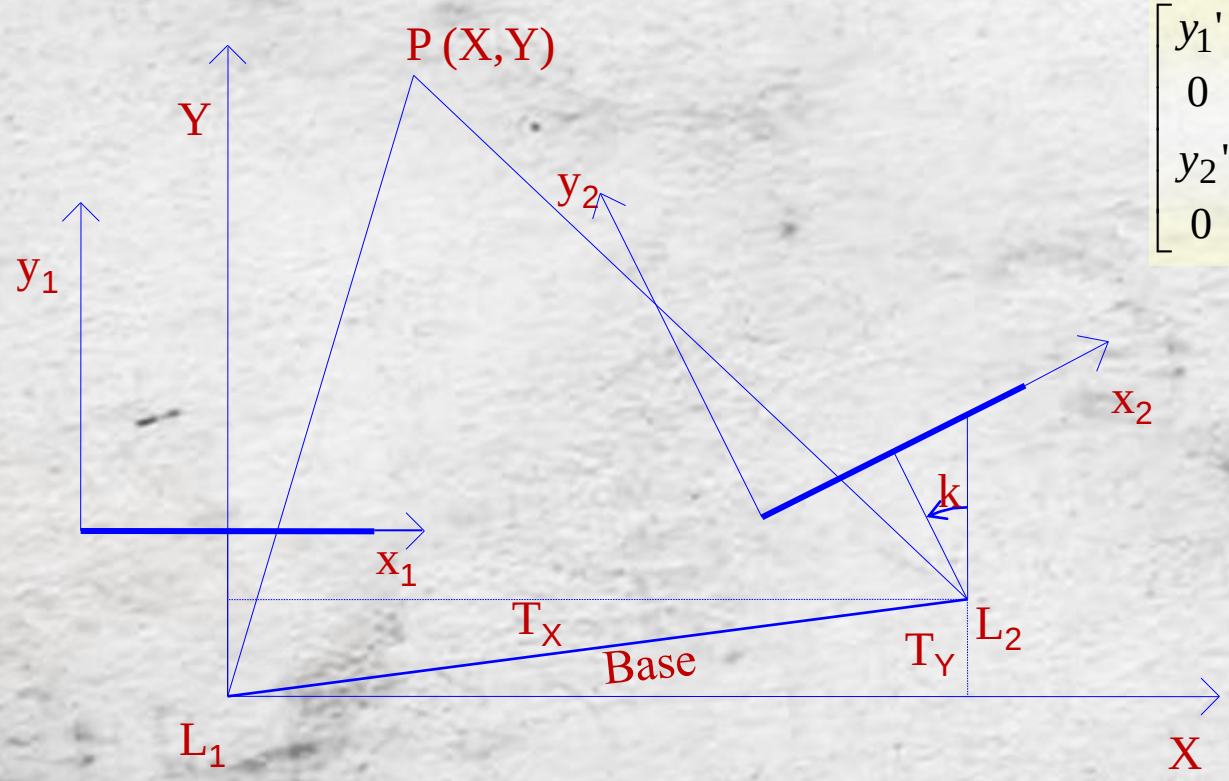
$$X2 = [\Delta X_n, \Delta Y_n, \Delta Z_n]^T$$

$$A1_i = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{1.10}{}^2{}_n & a_{1.11}{}^2{}_n & a_{1.12}{}^2{}_n & a_{1.14}{}^2{}_n & a_{1.15}{}^2{}_n \\ a_{2.10}{}^2{}_n & a_{2.11}{}^2{}_n & a_{2.12}{}^2{}_n & a_{2.14}{}^2{}_n & a_{2.15}{}^2{}_n \end{bmatrix}$$

$$A2_i = \begin{bmatrix} a_{1.16}{}^1{}_n & a_{1.17}{}^1{}_n & a_{1.18}{}^1{}_n \\ a_{2.16}{}^1{}_n & a_{2.17}{}^1{}_n & a_{2.18}{}^1{}_n \\ a_{1.16}{}^2{}_n & a_{1.17}{}^2{}_n & a_{1.18}{}^2{}_n \\ a_{2.16}{}^2{}_n & a_{2.17}{}^2{}_n & a_{2.18}{}^2{}_n \end{bmatrix}$$

$$B_i = \begin{bmatrix} x^1{}_n - Fx_n{}^{01} \\ z^1{}_n - Fz_n{}^{01} \\ x^2{}_n - Fx_n{}^{02} \\ z^2{}_n - Fz_n{}^{02} \end{bmatrix}$$

Obtenção de coordenadas objecto, a partir de 2 pontos conjugados



$$\begin{bmatrix} y_1' & -x_1' & 0 \\ 0 & -z_1' & y_1' \\ y_2' & -x_2' & 0 \\ 0 & -z_2' & y_2' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1'.X_{L1} - x_1'.Y_{L1} \\ y_1'.Z_{L1} - z_1'.Y_{L1} \\ y_2'.X_{L2} - x_2'.Y_{L2} \\ y_2'.Z_{L2} - z_2'.Y_{L2} \end{bmatrix}$$

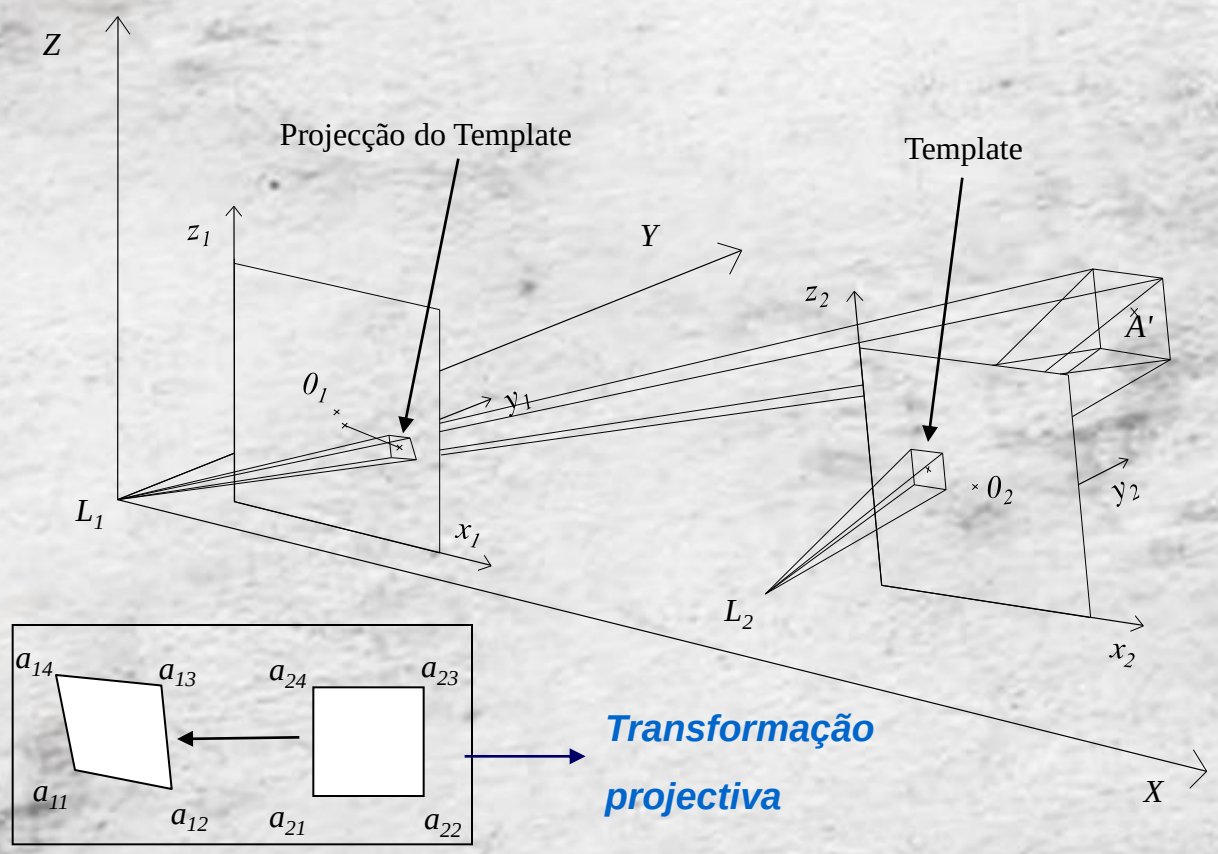
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = M^T . \begin{bmatrix} x - x_0 \\ f \\ z - z_0 \end{bmatrix}$$

$$S = \frac{\sqrt{T_X{}^2 + T_Y{}^2 + T_Z{}^2}}{B}$$

Obtenção de coordenadas no referencial absoluto

$$\begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} = \mathbf{M}^T . \begin{bmatrix} X_O \\ Y_O \\ Z_O \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix}$$

Determinação automática do conjugado (*stereo-matching*)



Desenvolvimento do Sistema

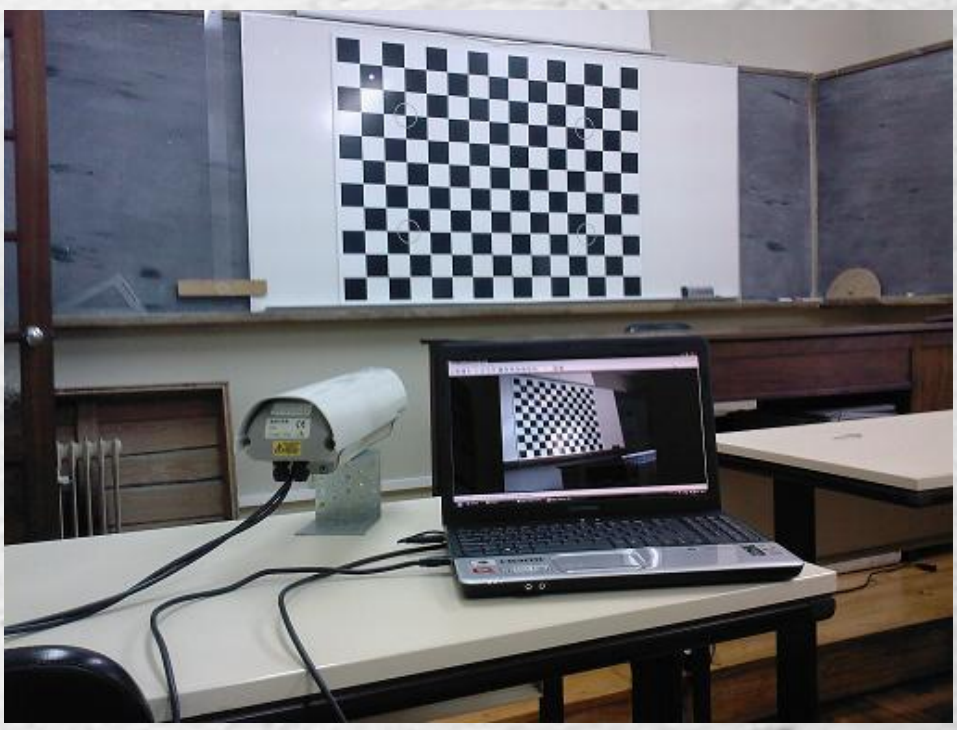
Calibração do Sistema

- **Calibração das câmaras**
  - Orientação interior de cada câmara
  - Determinação dos parâmetros de distorção radial e tangencial de cada câmara.
- **Orientação Relativa das Câmaras**
  - Determinação das três rotações e três translações da câmara direita relativamente à esquerda.
- **Orientação das câmaras relativamente ao Sistema de Georreferenciação Directa.**
  - Determinação de três parâmetros de *offset* angular e três parâmetros de *offset* linear da câmara esquerda relativamente ao SGD.

Calibração dos Sensores de imagem

- **Parâmetros considerados na calibração das câmaras**
  - Orientação interior
    - Distância focal (f)
    - Ponto principal (x0, z0)
    - Factor escala em z (λ)
  - Distorção das lentes
    - Distorção radial (k1 e k2)
    - Distorção tangencial (p1 e p2)

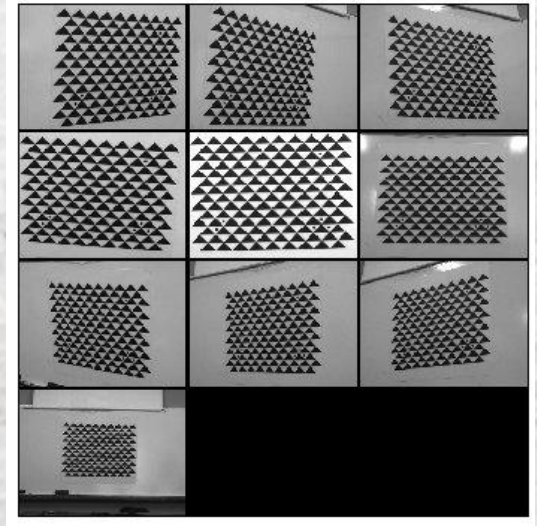
- **Para cada câmara usam-se 10 imagens de um painel de calibração com cerca de 60 pontos conhecidos.**



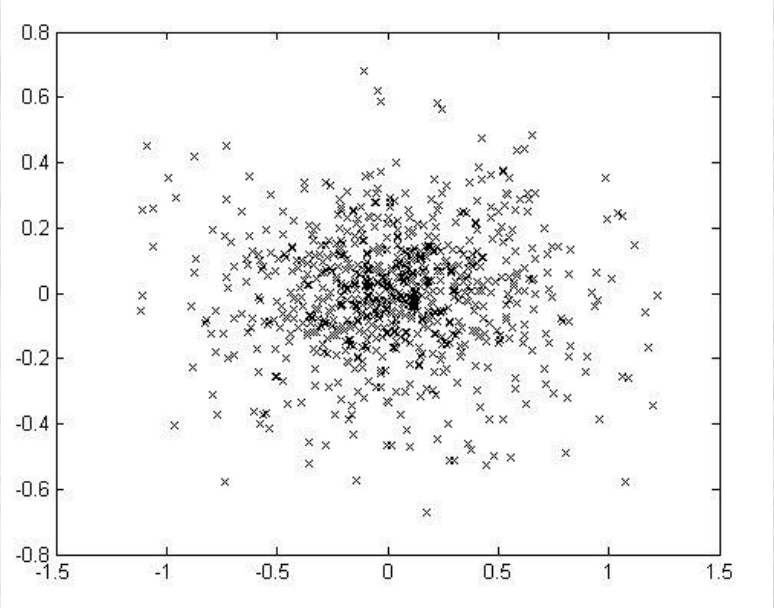
Calibração dos Sensores de imagem

- Um exemplo …

Imagens obtidas para a calibração

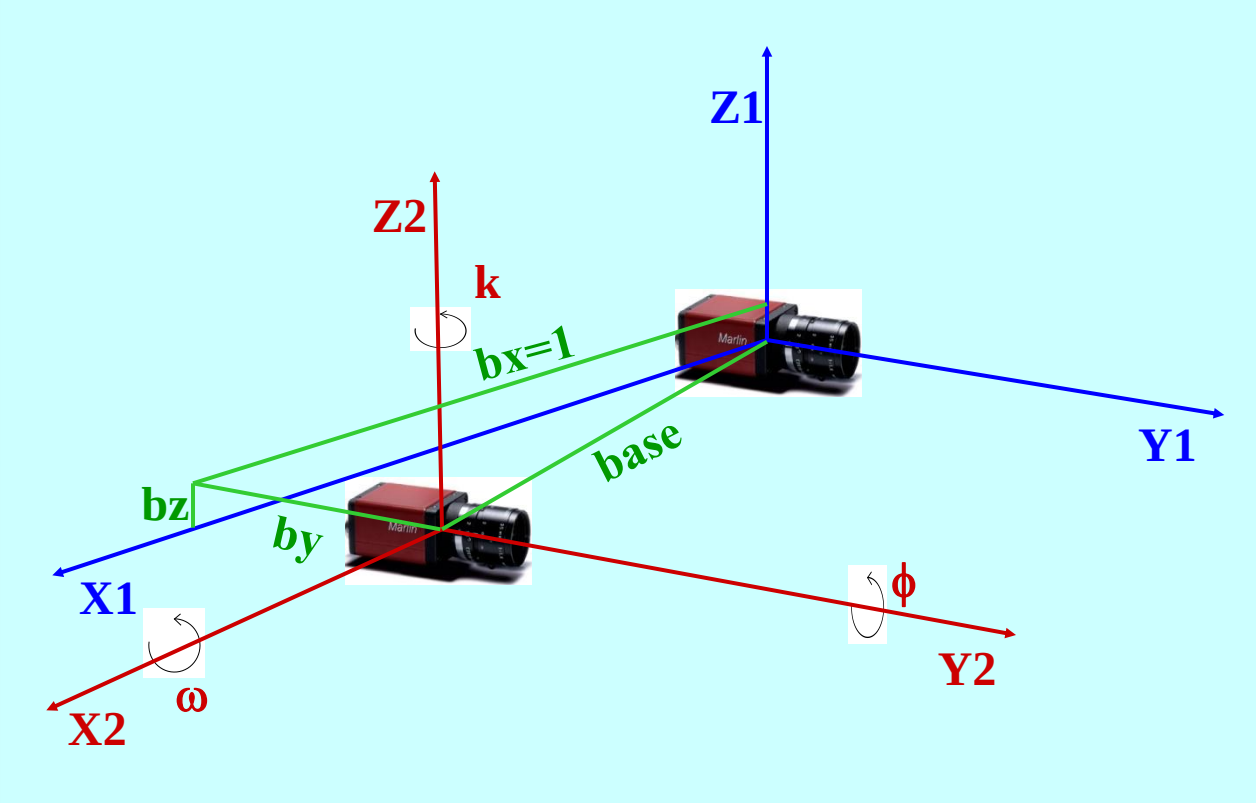


Reprojecção para as imagens (pixeis)



Orientação relativa das câmaras

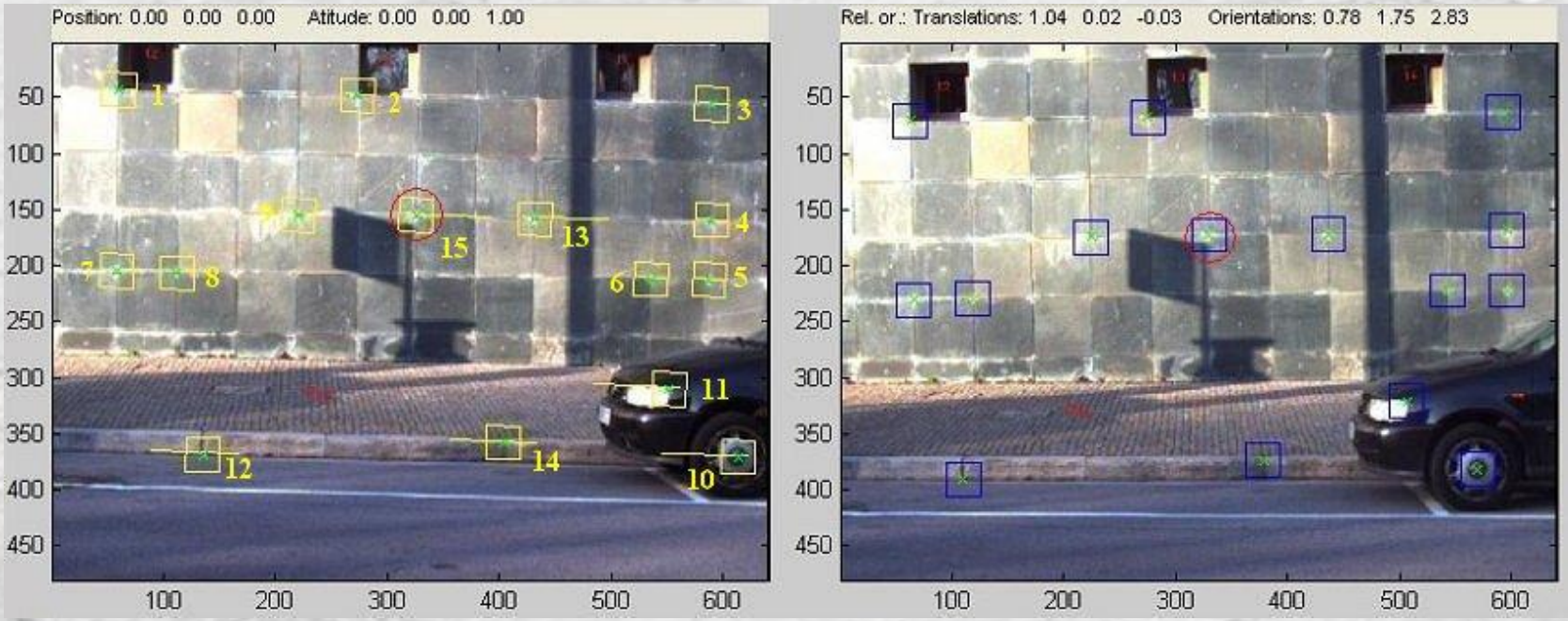
- **Parâmetros**
  - Ângulos da câmara direita relativamente à esquerda:
    - ω, φ, κ
  - Componentes da base:
    - by, bz



São necessários pelo menos 5 pontos de controlo.

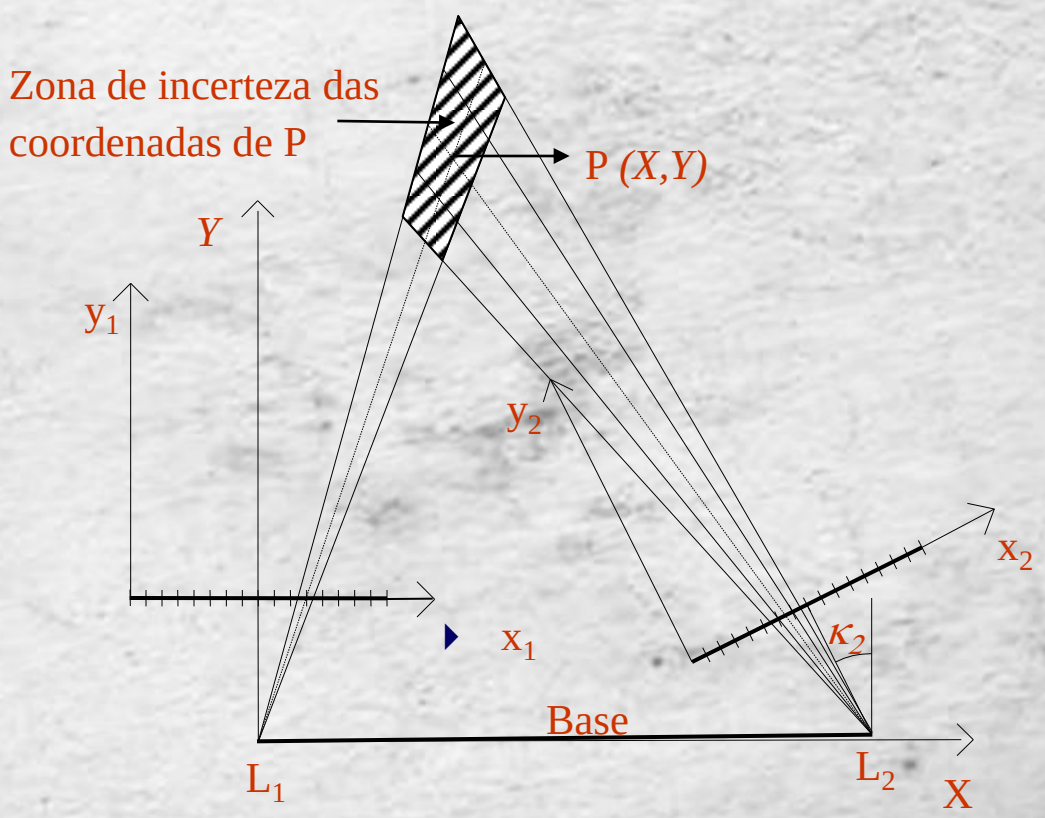
Orientação relativa das câmaras

- Um exemplo … usando 15 pontos de controlo.

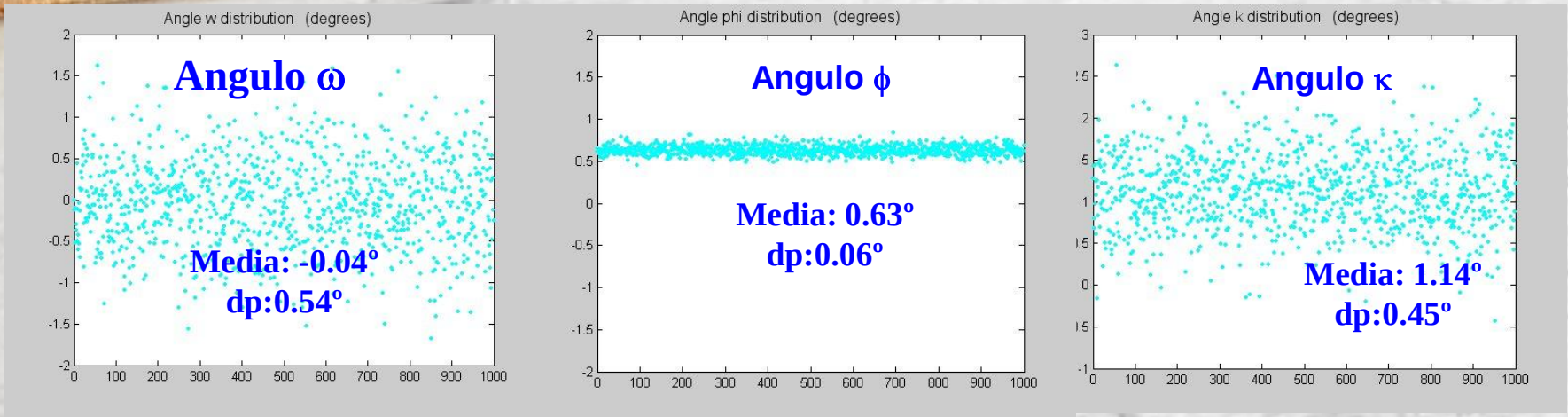


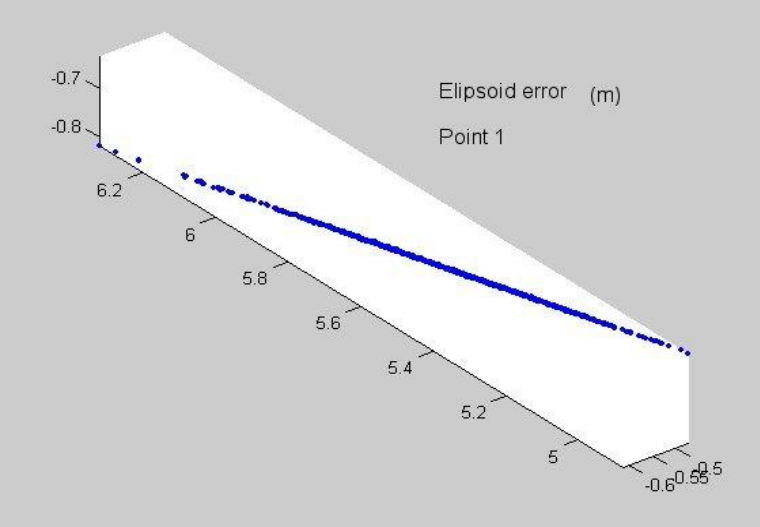
Instabilidade observada nos resultados da Orientação relativa

- A base do sistema é curta (1.04m).
- Isso origina alguma instabilidade na determinação do ângulo κ (rotação do eixo Z)
- O ângulo κ é de primordial importância no transporte de coordenadas uma vez que determina a distância ao objecto.



Análise de erro da orientação relativa, considerando um dp de 0,25 pixeis (valor obtido por testes) Sem distância de controlo.





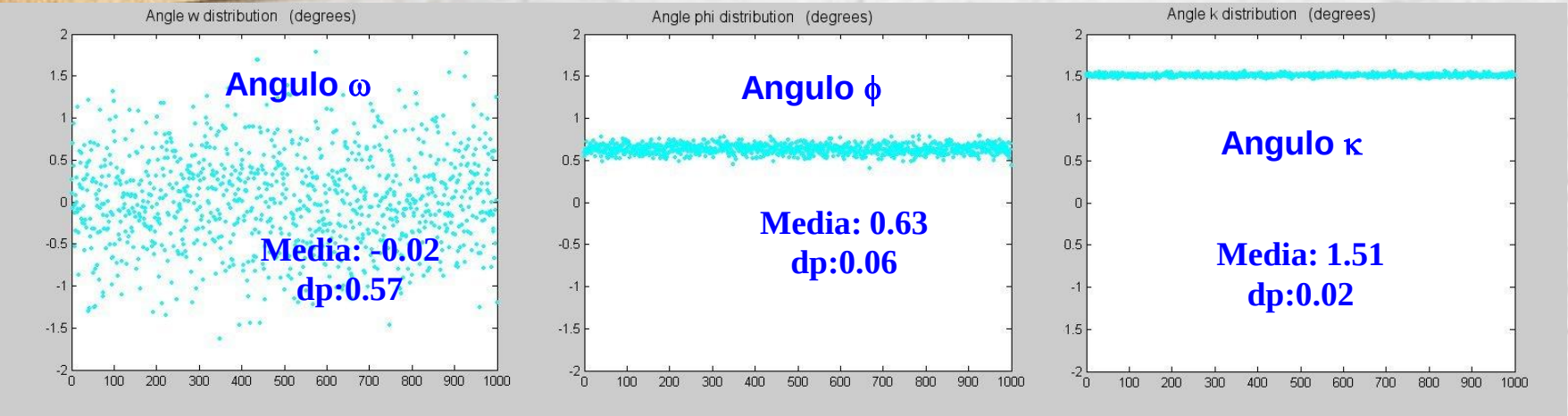
- A geometria pobre do sistema origina:
  - Instabilidade na determinação do ângulo k
  - Elipse de erro muito alongada, na direcção Y, para as coordenadas dos pontos objecto.

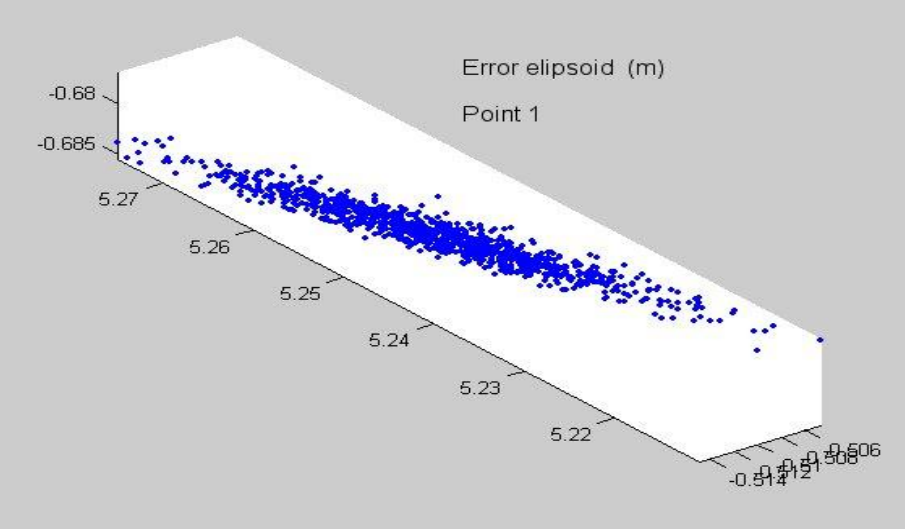
Melhoramento da Orientação relativa

Distância de controlo

- **Decidiu-se introduzir uma distância de controlo no processo de Orientação Relativa.**
- **Essa distância funciona como uma restrição ao sistema de equações.**

Análise de erro da orientação relativa, considerando um dp de 0,25 pixeis (valor obtido por testes) Com distância de controlo.

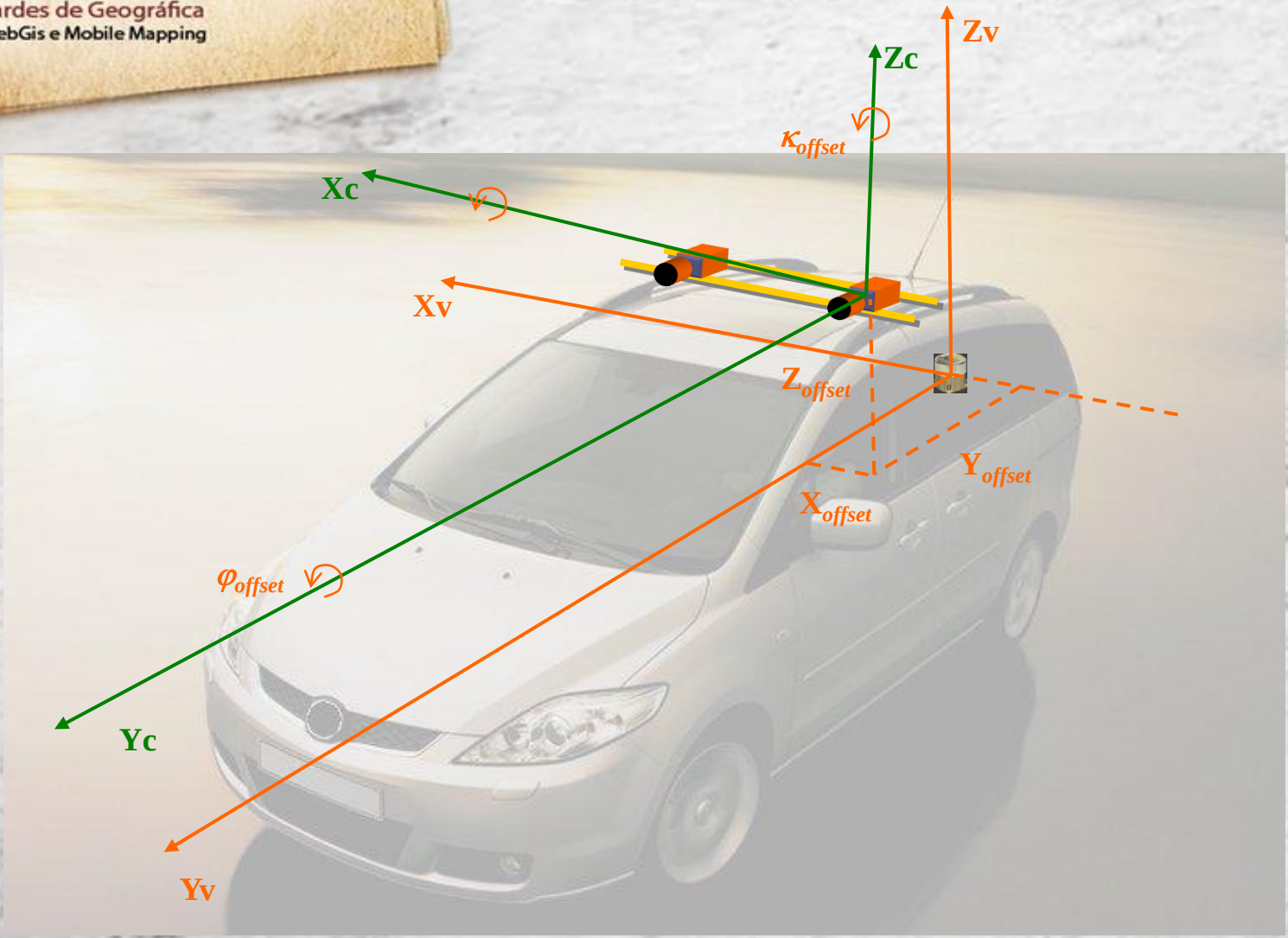




A introdução de uma distância de controlo permitiu:

- Superar a Instabilidade na determinação do ângulo k
- Obter coordenadas objecto mais próximas das suas posições reais.

Parâmetros de offset, entre o Referencial Veículo e o Referencial Câmaras



Ângulos de rotação entre o Referencial Veículo e a câmara esquerda.

- ω_{offset}
- ϕ_{offset}
- κ_{offset}

Componentes de translação entre o Referencial Veículo e a câmara esquerda:

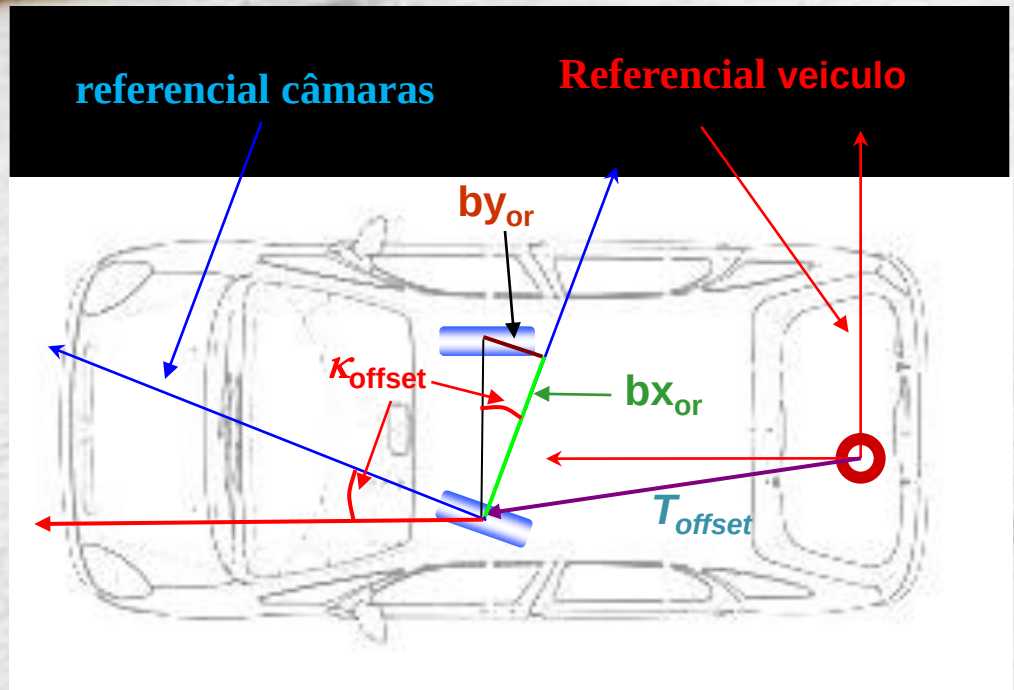
- Tx
- Ty
- Tz

Determinação dos Parâmetros de offset.

- Os parâmetros de translação não necessitam de ser medidos de forma muito precisa. Uma fita métrica é suficiente.

- **Limitações**
  - No caso dos offsets angulares, estes necessitam de ser medidos de forma rigorosa, uma vez que os erros cometidos na sua medição propagam-se para as coordenadas dos objectos, aumentando com a distância.
  - Os métodos existentes para obter estes offsets, são complexos e pouco expeditos. Necessitam da existência de pontos de controlo.
  - Estes offsets mudam sempre que as câmaras são novamente colocadas na plataforma.

Método usado para a determinação dos offsets angulares.



$$\kappa_{offset} = -\arctan\frac{by_{or}}{bx_{or}}$$

$$\varphi_{offset} = -\arctan\frac{bz_{or}}{bx_{or}}$$

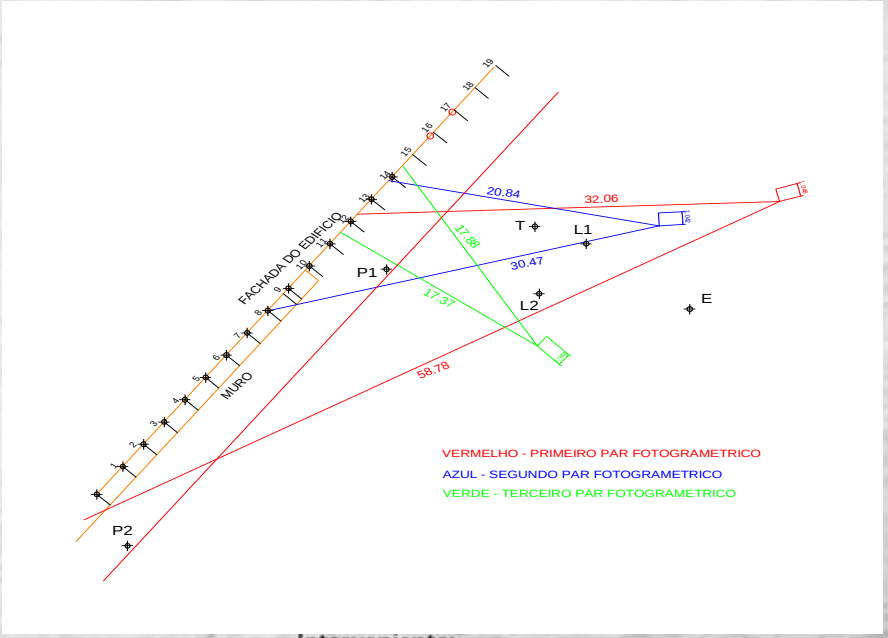
- É necessário que a base esteja perfeitamente perpendicular ao eixo Y do Referencial Veículo.
- Um erro de 1cm no alinhamento das câmaras origina 0,5º de erro no offset k, o que representa 20 cm de erro nas coordenadas 20m de distancia.

Testes na medição de coordenadas relativas

A fachada de um edifício foi levantada com Estação Total, de forma testar a precisão relativa do sistema.

Levantamento.

Desenho CAD



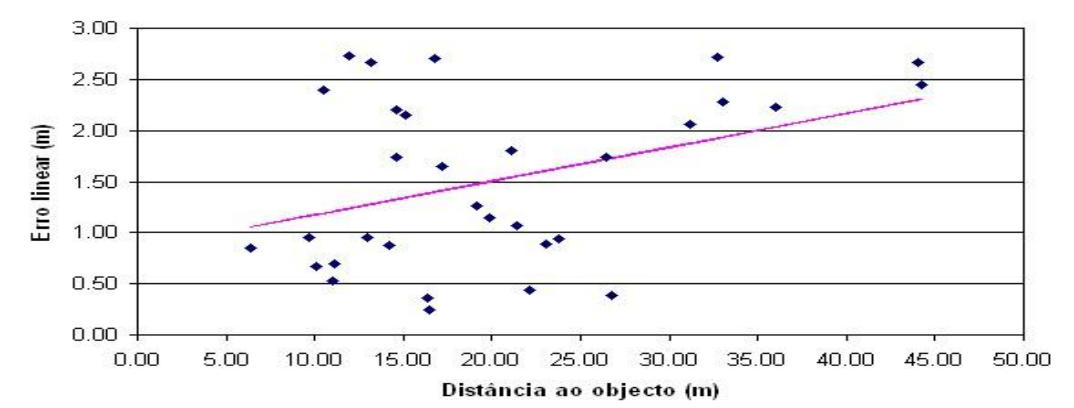
Resultados na medição de coordenadas relativas

Ponto	Erro X (m)	Erro Y (m)	Erro linear plano (m)
Distâncias inferiores a 21 metros			
Médias	-0.02	0.02	
EMQ	0.12	0.07	0.14
Distâncias entre 21 e 31 metros			
Médias	0.13	-0.12	
EMQ	0.21	0.12	0.24
Distâncias entre 31 e 50 metros			
Médias	0.61	-0.14	
EMQ	0.85	0.25	0.88

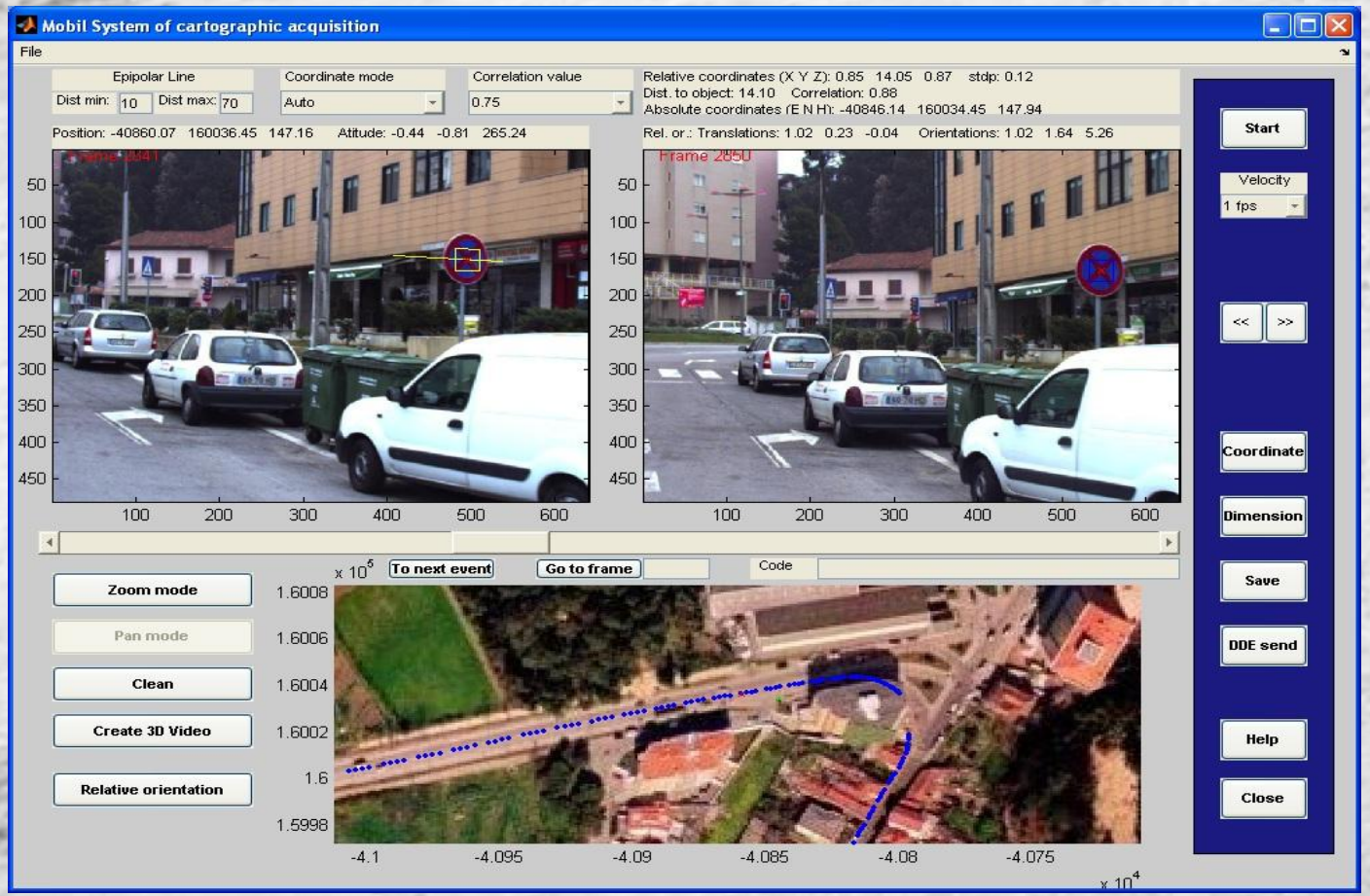
Testes na medição de coordenadas absolutas

Foram coordenados cerca de 20 pontos, usando um receptor GPS de dupla frequência, em modo estático.

	Erro em X	*Erro em Y*	*Erro linear*
Média	*-0.01*	*0.18*	*1.51*
EMQ	*1.24*	*1.19*	*1.72*



Software fotogramétrico Mobil – criado em linguagem Matlab



O Sistema é versátil e tem sido usado em diferentes contextos ...

O Sistema é versátil e tem sido usado em diferentes contextos ...

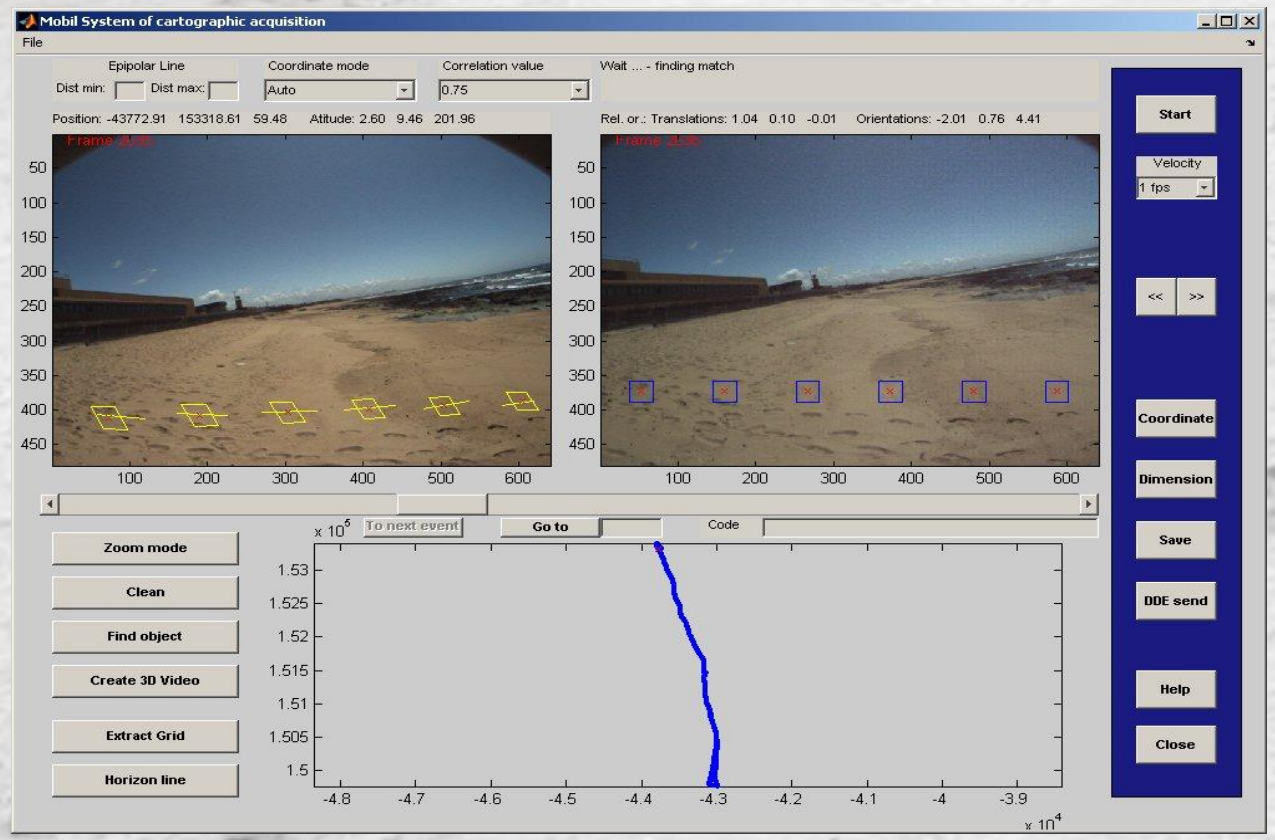
Usos em que se mostra adequado

- *Levantamento de mobiliário urbano (sinalização, tampas de saneamento, paragens, painéis publicitários etc).*
- *Levantamento e inspecção de mobiliário dos eixos viários.*
- *Aquisição de dados e actualização de sistemas de informação.*

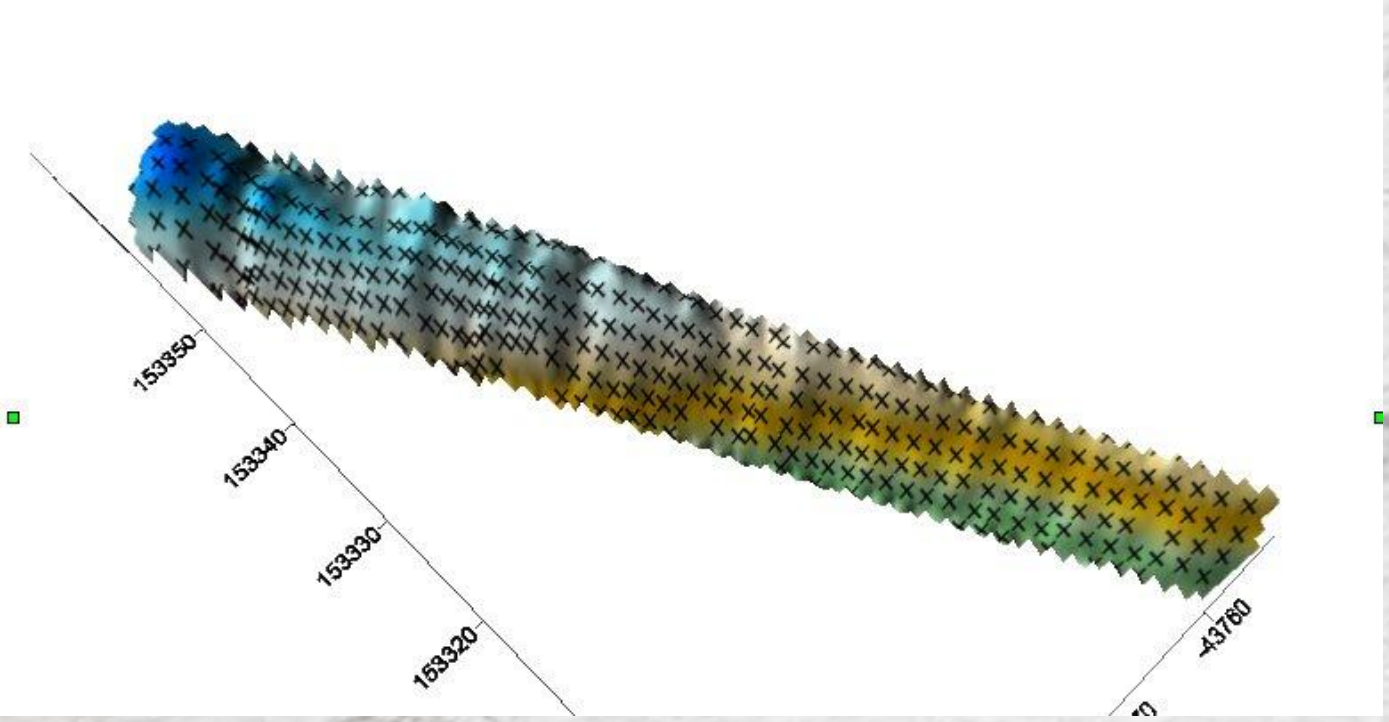
Há margem para melhorar a precisão do sistema, actuando sobretudo ao nível do Sistema de Georreferenciação directa.

Actualmente o sistema está a ser adaptado á monitorização de zonas costeiras

Extracção de Grelha com o software MOBIL



Faixa de 80 metros extraída automaticamente



Fim de apresentação