



# IMAGENS AÉREAS

## Sensores Aerotransportados

Fernando Dias  
Valther Xavier Aguiar

Eng. Cartógrafos  
ESTEIO S.A.

# Sensores Aerotransportados



- u Sensor instalado a bordo de Aeronave, VANT, Balão ou outro veículo.
  - ø Imagem aérea (filme ou digital)
  
- u Este Sensor “aerotransportado”
  - ø Muito utilizado pelo EUA na primeira grande guerra
  - ø Mais de 600 sensores como este foram utilizados
  
- u Princípios da Fotografia
  - ø Aristóteles (350 a.C)
  - ø Leonardo da Vinci (1545)
  - ø Johannes Kepler (1620) – Desenhos Topográficos
  - ø Louis-Jacques M. Daguerre (1800)
  - ø Hercule Florence - (1833) – “Photographie”



# Câmaras Aéreas Baseadas em Filme

## Principais Fabricantes Leica (LH) – Carl Zeiss (Z/I)



LH Systems RC 30



Zeiss RMK Top



Zeiss LMK



(Fritschl, 2001)

# Câmaras Aéreas Baseadas em Filme

## Evolução tecnológica de quase 100 anos

### "TECNOLOGIA CONSOLIDADA"



1918 : handheld Camera



1922 : RMK C1



1956 : RMK



1989 : RMK TOP



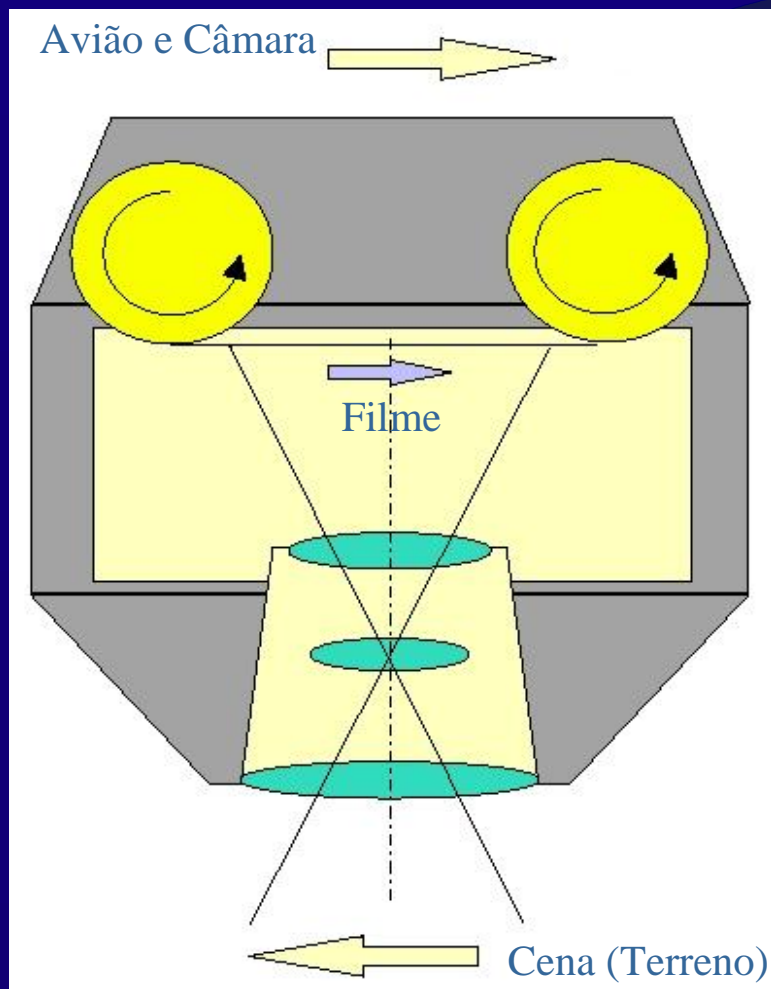
2002 : DMC



(Heir, 2001)

# Câmaras Aéreas Baseadas em Filme

FMC - Plataforma – Lentes - Softwares



(Fritsch-2001)

- u Formato: 230 x 230mm
- u Recobrimento
  - ø Longitudinal: 60 a 90%
  - ø Lateral: 10 a 30%
- u **Resolução: 2,5 $\mu$ m (Fritsch-2001)**
- u O filme se desloca na direção do vôo durante a exposição para a compensação do arrasto na imagem (FMC)
- u Controle v/h (NA)
- u Plataforma giro-estabilizada (T-AS)

# Câmaras Aéreas Baseadas em Filme Plataforma Giro-Estabilizada



**Vôo 1:5.000 RMK-TOP  
Com Estabilização (plataforma)**

**Vôo 1:5.000 RMK-TOP  
Sem Estabilização**



Fote: Catálogo RMK TOP ZEISS

# Câmara Aérea Baseada em Filme

ZEISS RMK TOP 15/23





**Vôo RMK-A – 300mm ESTEIO**  
**GSD Scan. 14cm**

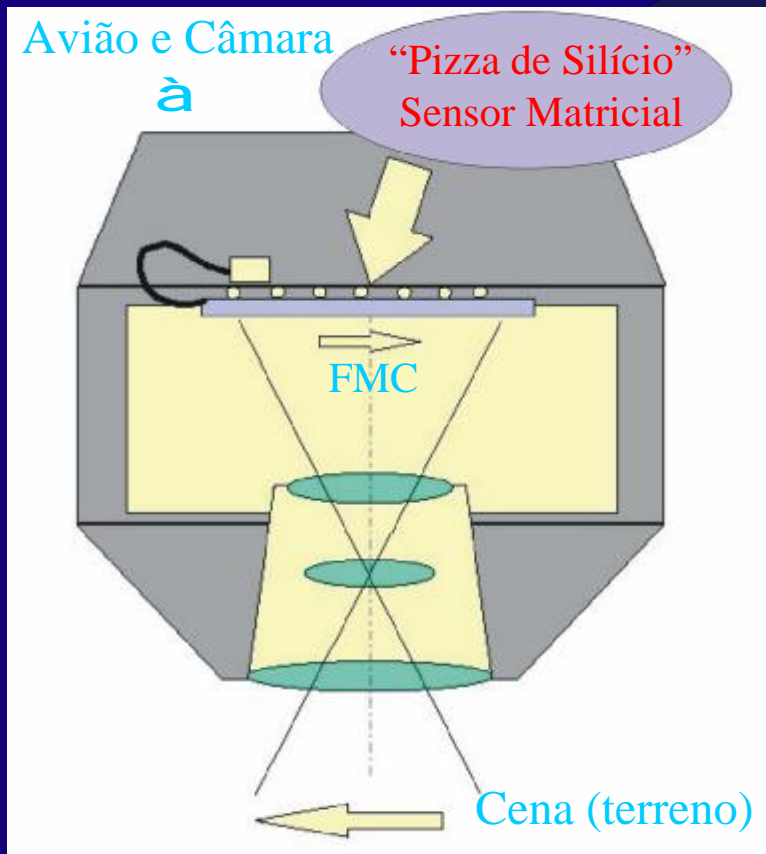




**Vão RMK-TOP ESTEIO**  
**GSD Scan. 14cm**  
**Plataforma e FMC**

# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Concepção da Câmara Aérea Digital



(Fritsch, 2001)

- u Formato equivalente 23x23cm
- u T. Pixel 9 a 14 $\mu$ m (CCD)
- u Digital / Analógico 1:1
- u FMC (no plano focal)
- u Plataforma Giro-estabilizada
- u Controle v/h (NA)

**Mas,**

- u **Tecnologia não disponível**
- u **Provavelmente muito caro**
- u **Longo tempo de exposição**

**Entretanto:**

- u **Sensores Lineares**
- u **Sensores Matriciais**

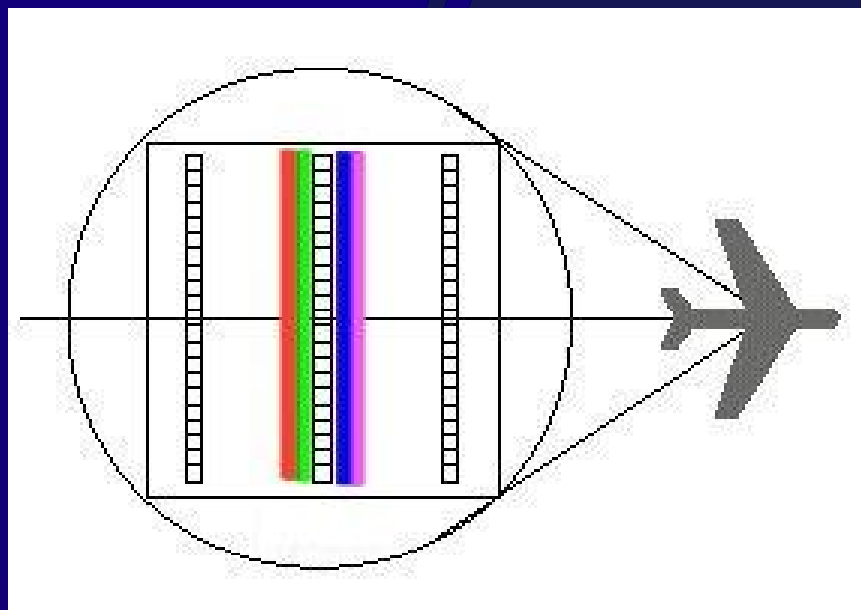
# TECNOLOGIA DISPONÍVEL

## Câmaras Aéreas Digitais

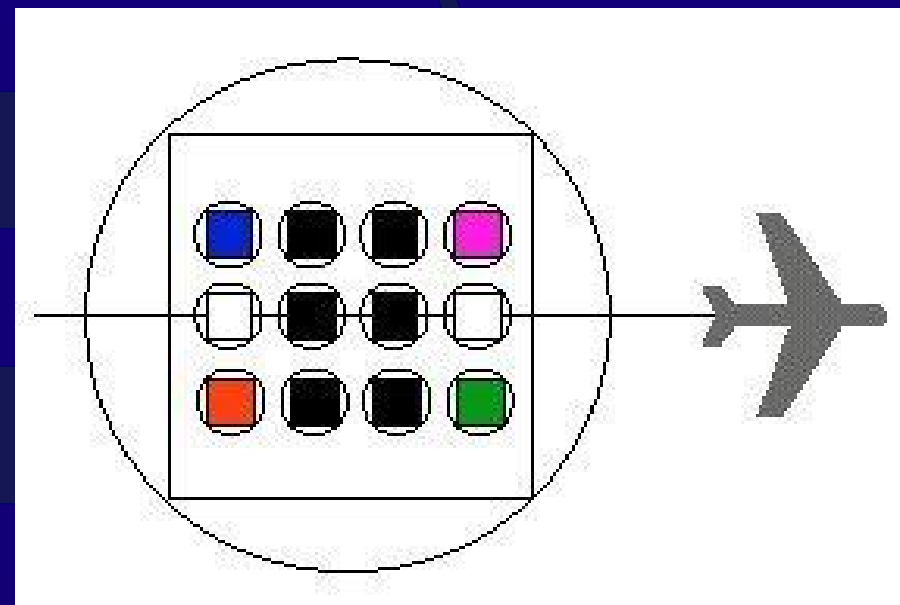


30 anos de experiência com sensores em satélites  
Recursos: informática – CCD – GPS – Sistema Inercial

Sensores Lineares



Sensores Matriciais



# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Sensores Lineares ADS40 - LEICA



([www.gis.leica-geosystems.com](http://www.gis.leica-geosystems.com))



(Fricker-2001)

Lançada no XIX congresso da ISPRS em Julho de 2000 (Amsterdã)

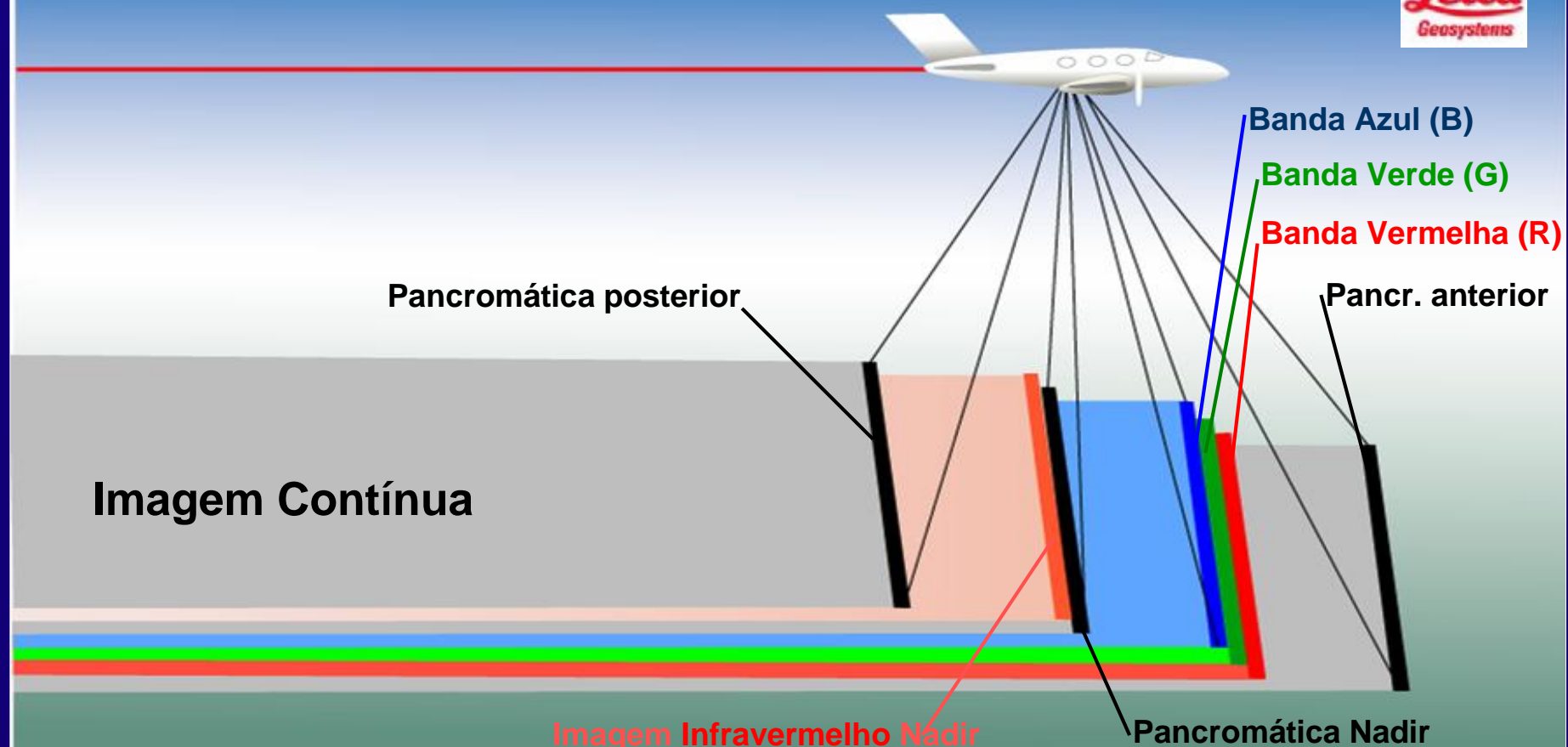
Desenvolvida pela LH Systems em conjunto com o DLR (Centro Aeroespacial Alemão)

# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Sensores Lineares ADS40 - LEICA



7 Sensores: 3 P/B, R, G, B e IR



(Fricker, 2002)

# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Sensores Lineares ADS40 - LEICA

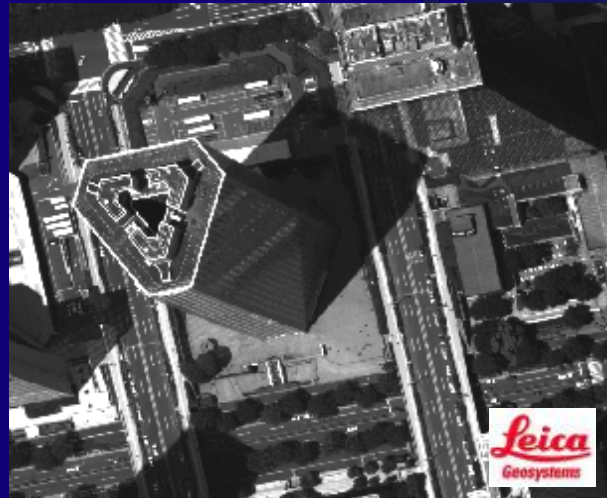


### IMAGEM PANCROMÁTICA

Shinjuka, Tóquio, Japão

H = 2000m - GSD 20cm

Visada Posterior



(Gervaix)

Visada Nadir



Visada Anterior



Direção do Vôo è

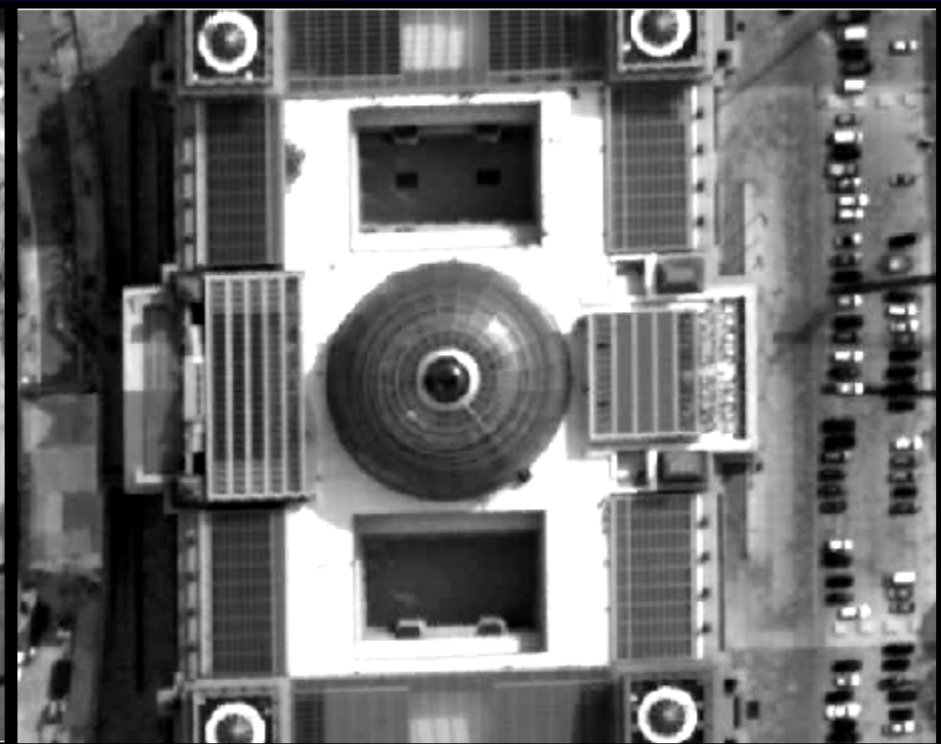
# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Sensores Lineares ADS40 - LEICA



Nível 0

Nível 1



(Börner, 2000)

# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Sensores Lineares ADS40 - LEICA



Imagem Nível 0 (Bruta)

DEFORMADA

Necessidade de GPS e Sistema Inercial (IMU)

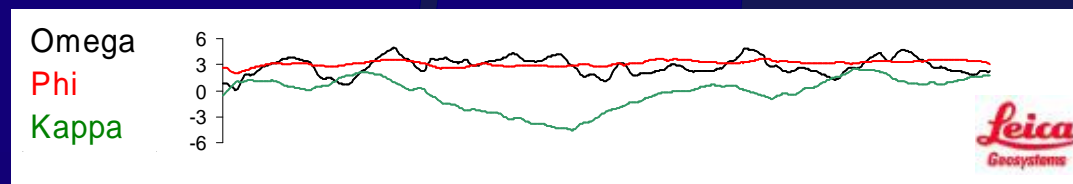


Imagem Nível 1 (Retificada)

“EQUIVALENTE A FOTOGRAFIA CONVENCIONAL”



# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Sensores Lineares ADS40 - LEICA



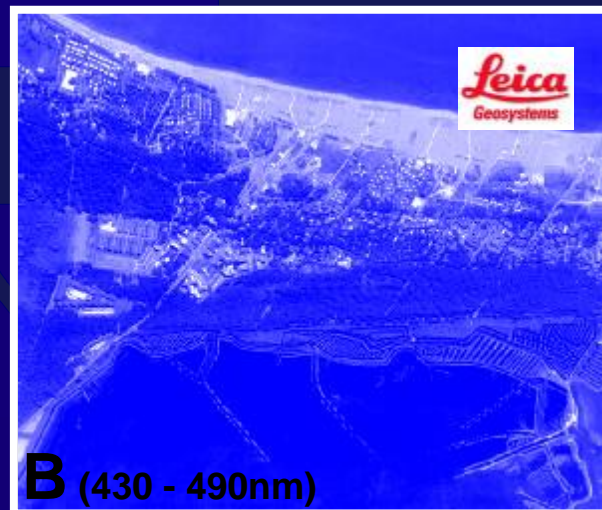
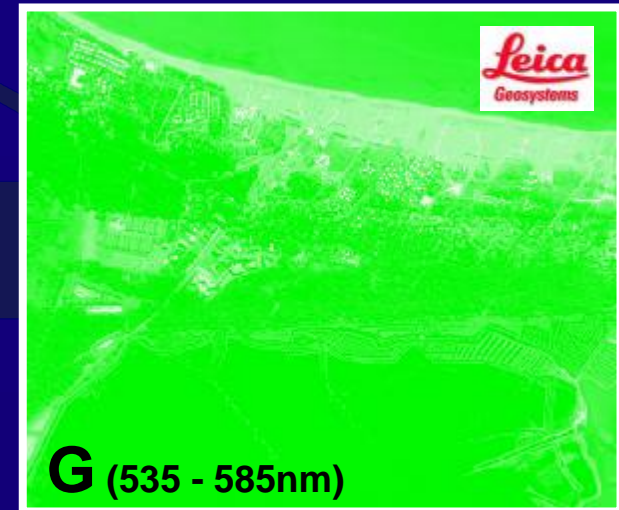
**IMAGENS**  
**R, G, B e IR**

**Costa do Mar**  
**Adriático**

**H = 1500m**  
**GSD = 15cm**

**Jun. / 2001**

(Fricker, 2002)



# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Sensores Lineares ADS40 - LEICA



**IMAGEM  
RGB**

**Costa do Mar  
Adriático**

**H = 1500m  
GSD = 15cm**

**Jun. / 2001**



**RGB**

**(Fricker, 2002)**

# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Sensores Lineares ADS40 - LEICA



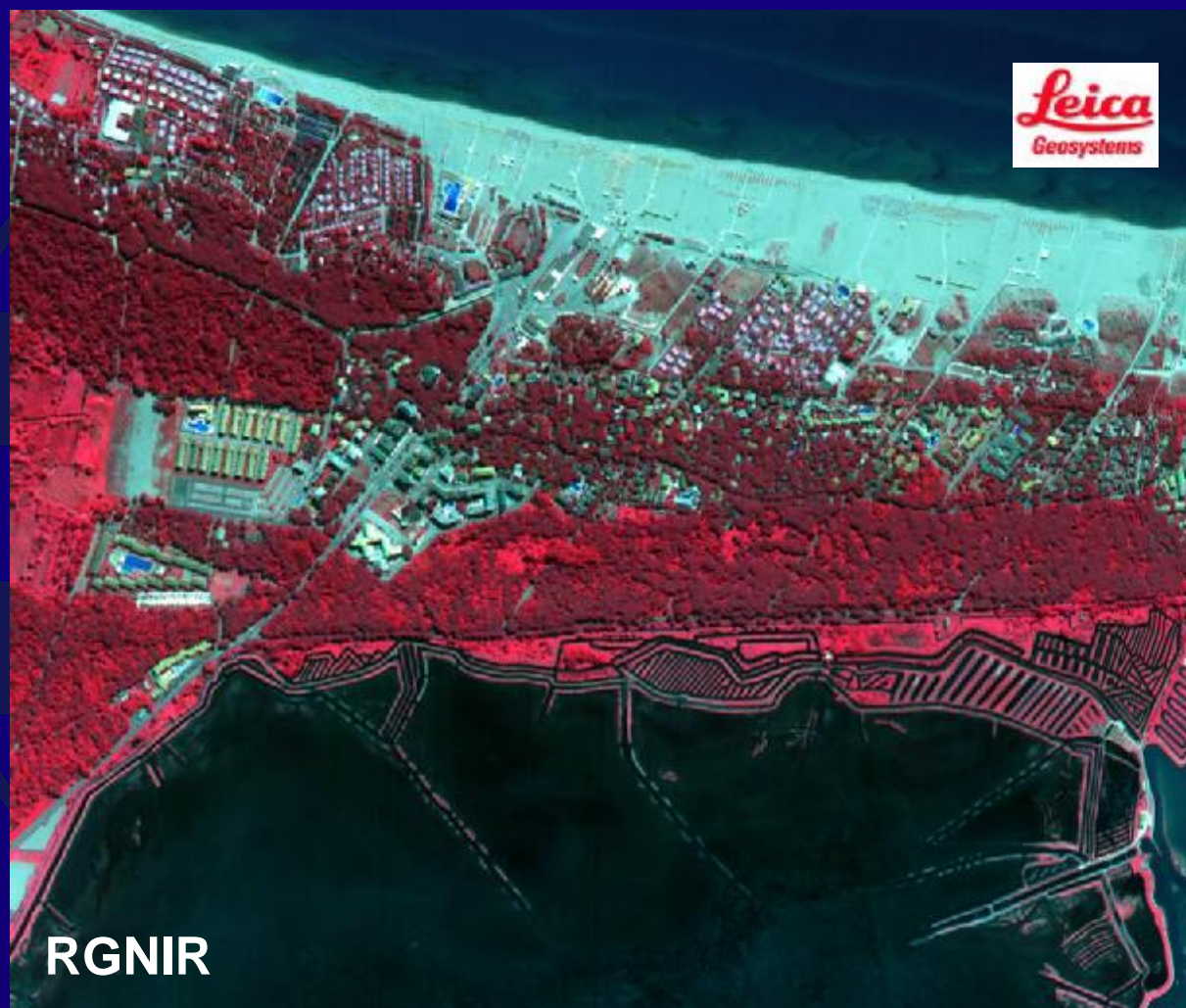
Imagem  
FALSA COR

Costa do  
Mar Adriático

H= 1500m  
GSD= 15cm

Jun. / 2001

(Fricker, 2002)



# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Sensores Matriciais DMC - Z/I



([www.ziimaging.de](http://www.ziimaging.de))

**Anunciada em Stuttgart na  
Semana Fotogramétrica (1999)**

**Lançada no mercado em 2002**

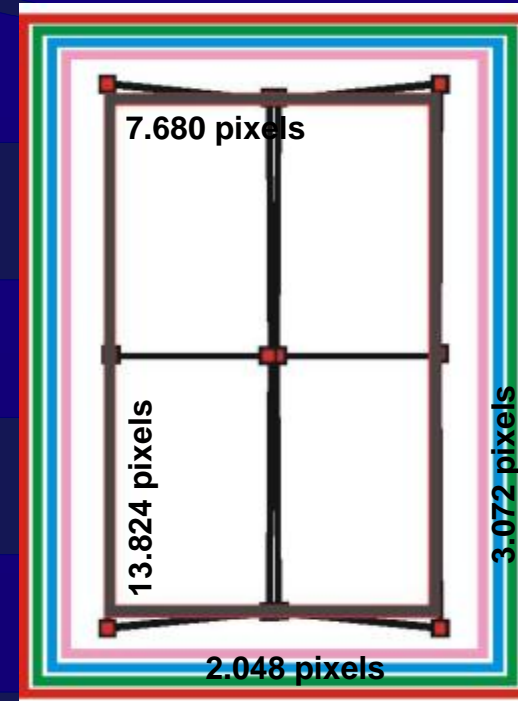
**Desenvolvida pela Z/I Imaging**

# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Sensores Matriciais DMC - Z/I



(Dörstel, 2002)



(Hinz, 2000)

- 4 CCD matriciais (7k x 4k) PAN = (13,8k x 7,7k) – 4 x (120mm)
- 4 CCD matriciais (3k x 2k) MS – 4 x (25mm)
- FoV 74° x 44° (PAN)

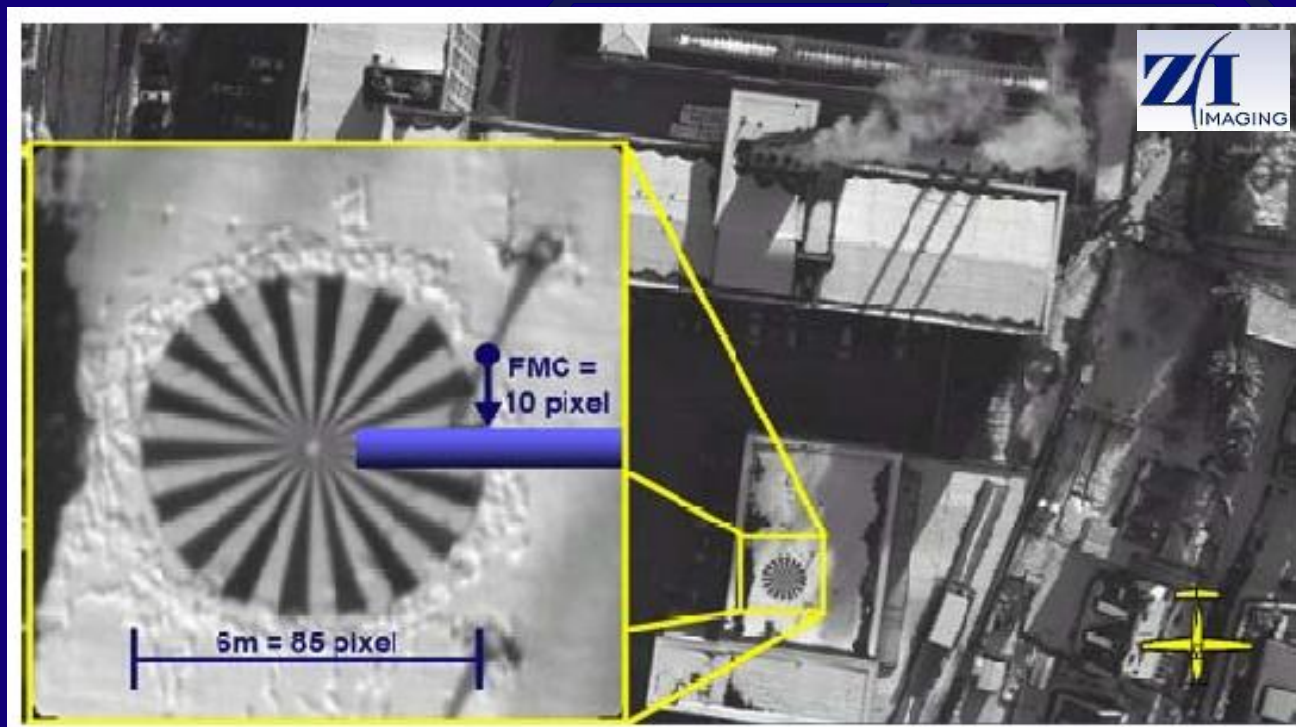
# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Sensores Matriciais DMC - Z/I



### VÔO TESTE FMC

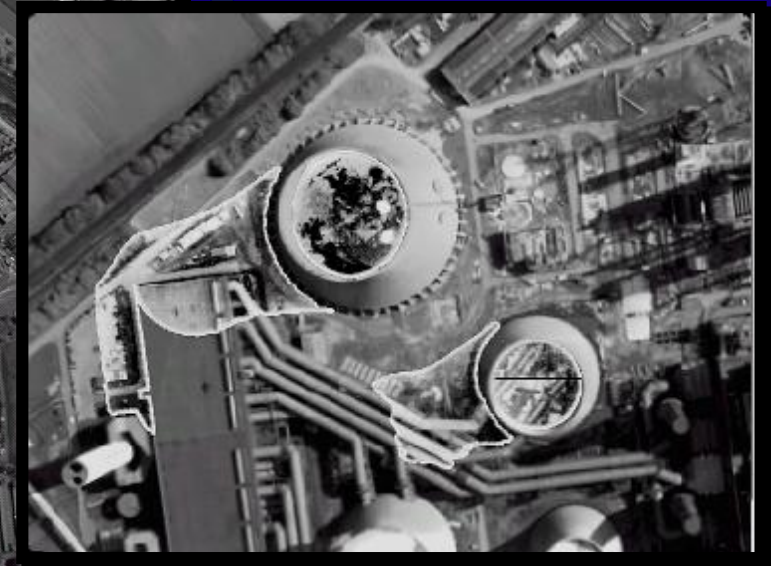
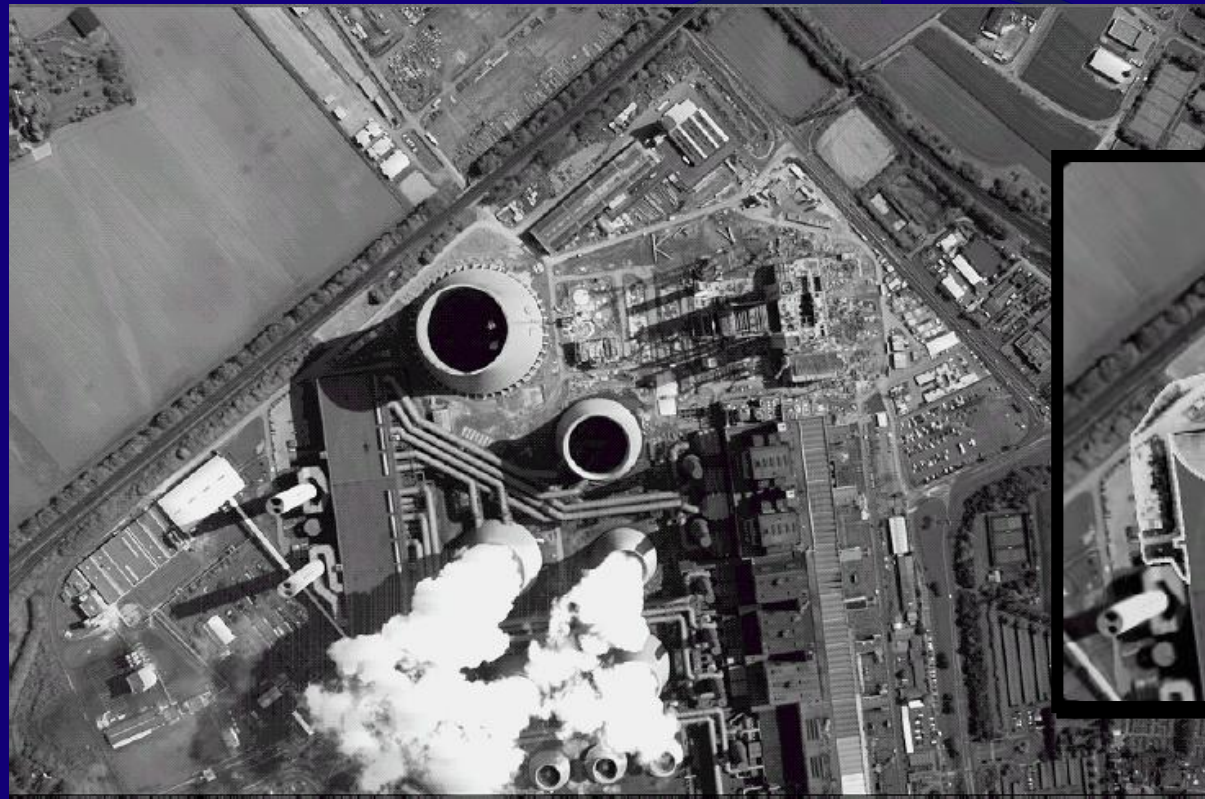
Altura: 305m  
Escala: 1:5.800  
Veloc.: 77m/s  
GSD: 7cm  
Correção: 10pix  
Data: Jan/2000



(Heier, 2002)

# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Sensores Matriciais DMC - Z/I



## RADIOMETRIA

(Walter, 2001)

Resolução Radiométrica 12 bits (4096 tons de cinza)

1:22.000 - 72m/s - GSD = 22cm - Maio/2000

# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Sensores Matriciais DMC - Z/I



### ORTOFOTO

Altura: 1850m

GSD: 18cm (PAN)

Escala vôo: 1/15.000

Data: Ago./2002

Vôo sobre  
Cidade de  
Nordlingen  
ALEMANHA

([www.ziimaging.com](http://www.ziimaging.com))



# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## QUADRO COMPARATIVO ADS40 x DMC



### Leica Geosystems

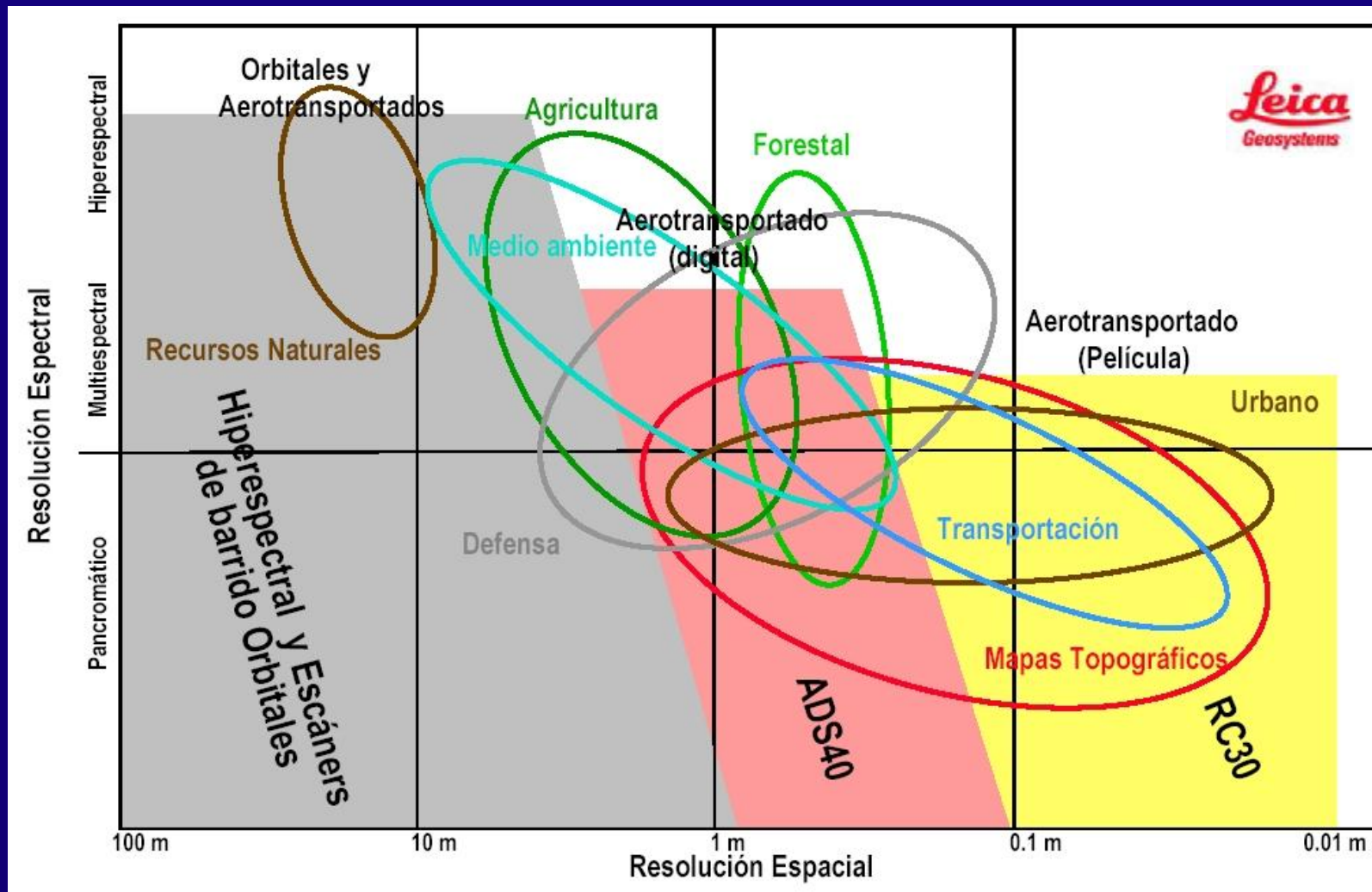
### Z/I Imaging

**ADS40** - Airborne Digital Sensor  
 Sensor CCD Arranjo **Linear**  
**PAN** - (3x) 2x12k = **24.000pixels**  
**MS** - 4x12k = **12k R,G,B,NIR**  
 Tamanho Pixel 6,5 x 6,5µm  
**1 lente** Leica Telecentrica  
 Dist. Focal 62,7mm  
 FoV **64°**  
 df. equivalente: **180mm**  
 12 bits / 8 bits  
 Sistema Inercial / GPS  
 Suspensão Giroestabilizada **PAV30**  
**mínimo GSD 15cm**  
 Variável de **1/200 até 1/800s** (9 pos.)  
**Fixo f/4**  
 N/A  
**188 kg**  
 Memória **540GB**

**DMC** - Digital Mapping (Modular) Camera  
 Sensor CCD Arranjo **Matricial**  
**PAN** - (4x) 7x4k = **13.826 x 7.680pixels**  
**MS** - (4x) 3Kx2k = **3k x 2k R,G,B,NIR**  
 12 x 12µm  
**4 lentes** Zeiss (PAN) + **4 lentes** Zeiss (MS)  
 Dist. Focal 120mm (PAN) e 25,4mm (MS)  
 FoV **74° x 44°**  
 df. equivalente: 4x315mm PAN e 4x150mm MS  
 12 bits  
 Sistema Inercial / GPS (opcional)  
 Suspensão Giroestabilizada **T-AS**  
**mínimo GSD 5cm**  
 Variável de **1/50 até 1/300s** (cont.)  
 Variável de **f/4 até f/22**  
**Máximo 2s / imagem**  
**110 kg**  
 Memória **840GB** (> 2000 imagens)

# Sensores Digitais e Analógicos

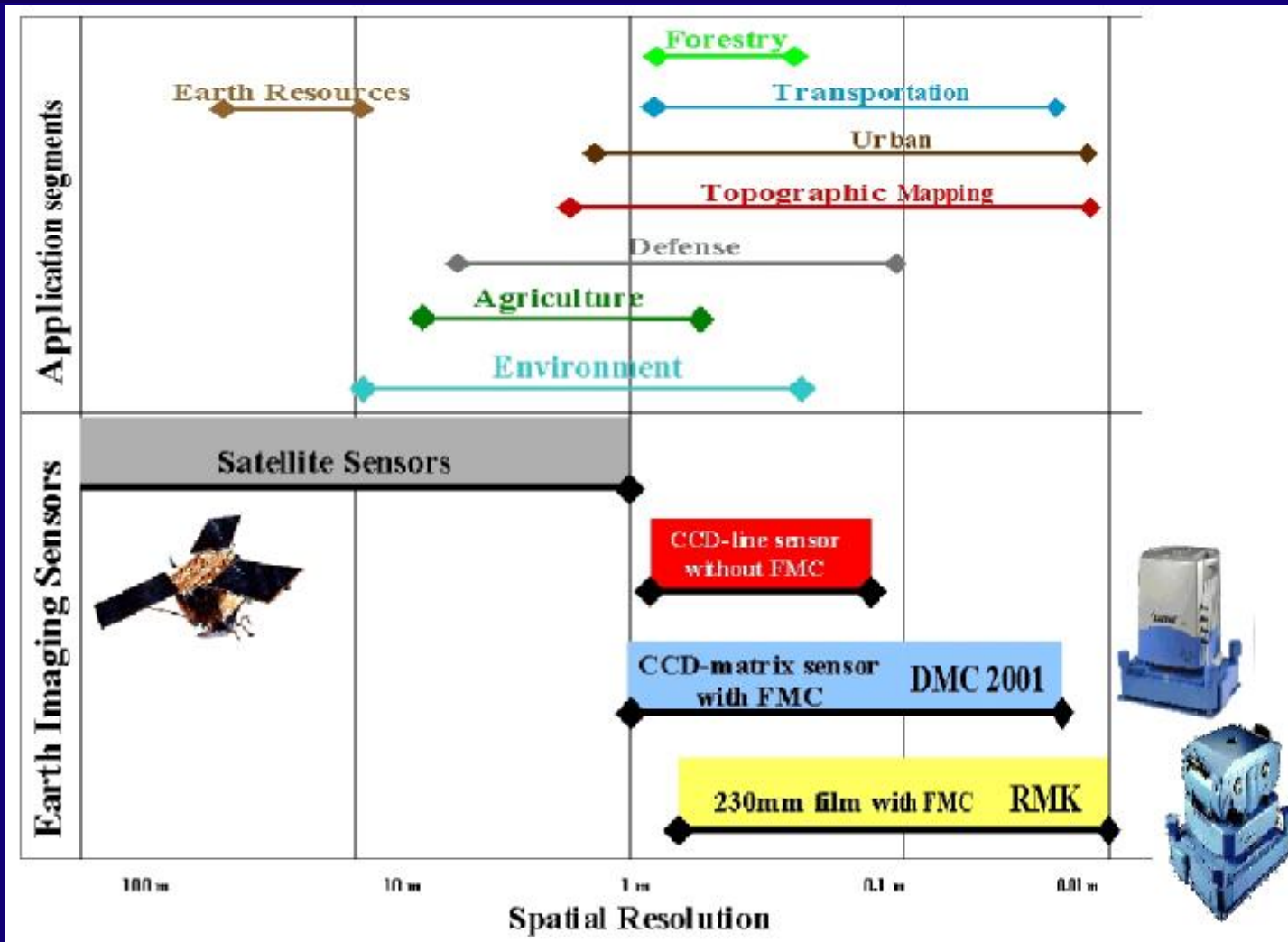
## Campos de Aplicação dos Sensores



(Leica, 2000)

# Sensores Digitais e Analógicos

## Campos de Aplicação dos Sensores



(Heier, 2001)

# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Outras Câmaras Aéreas Digitais



### HRSC-AX (DLR)

Focal: Zeiss 150mm  
CCD Linear: **9 x 12k**  
Exp. máx: 1640 I/s  
Tamanho Pixel: 6,5 $\mu$ m  
GSD: 15cm

### DAIS-1 (Space Imaging)

Focal: 4 x 28mm  
CCD matricial: **4x 1 x 1k**  
Interv. Exposição: 3,5s  
Tamanho Pixel: 12  $\mu$ m  
GSD: 30cm

### ALTM4K02 (Optech)

Focal: Zeiss 55mm  
Sensor matricial: **4k x 4k**  
Interv. Exposição: 4s  
Tamanho Pixel: 9  $\mu$ m  
GSD: 25cm

# Câmaras Aéreas

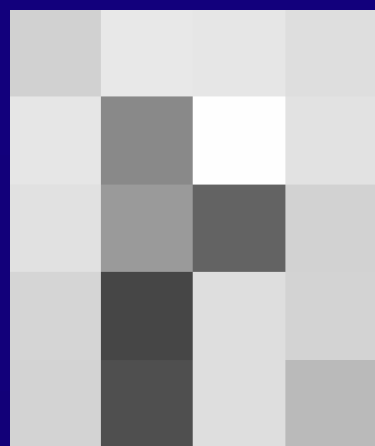
## Vantagens na sua utilização



- ∅ Melhor resolução geométrica disponível (1cm)
- ∅ Imagens estéreo sem acréscimo de custo
- ∅ Recursos de alta tecnologia (controle v/h, GPS, INS, plataforma, sistema de lentes, filmes...)
- ∅ On Demand – não depende de programação e órbita
- ∅ Melhor precisão disponível
- ∅ Grande número de fornecedores de serviços
- ∅ Tecnologia consolidada (100 anos)
  
- ∅ Melhor resolução radiométrica (16bits)
- ∅ Imagens multiespectrais

# Resolução geométrica ou espacial

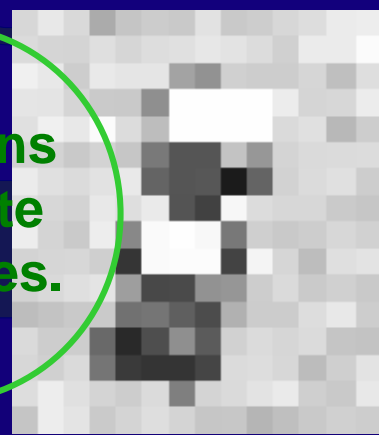
## Pixel; GSD



1.6m



0.80m



0.40m

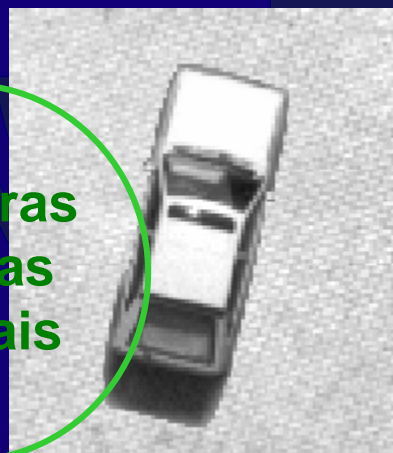


0.20m

Imagens  
Satélite  
Alta Res.



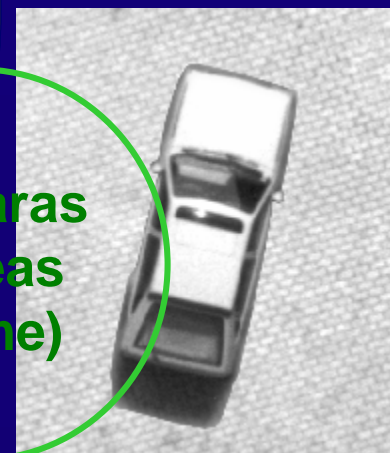
0.10m



0.05m



0.03m



0.01m

Câmaras  
Aéreas  
Digitais

Câmaras  
Aéreas  
(Filme)



# CÂMARAS AÉREAS

## Considerações Finais



- As câmaras aéreas permitem mapeamento até a escala de 1:500 (Classe A).
- As imagens de alta resolução dos satélites IKONOS e Quick Bird possuem resolução geométrica que permitem, desde que com uso de rigoroso modelo matemático e DTM preciso, a geração de mapeamento até as escalas 1:10.000 e 1:6.000, respectivamente. (Jacobsen, 2003). Portanto a escolha entre uma tecnologia e outra, até a escala 1:6.000, passa a ser econômica e de prazo.
- A comparação entre as tecnologia deve ser criteriosa. O custo da imagem não é o custo do mapeamento.

# IMAGENS AÉREAS

## Sensores Aerotransportados



Muito Obrigado pela atenção...

Dúvidas, críticas e sugestões:

Fernando Dias  
[fernando@esteio.com.br](mailto:fernando@esteio.com.br)

Valther Xavier Aguiar  
[valther@esteio.com.br](mailto:valther@esteio.com.br)

[info@esteio.com.br](mailto:info@esteio.com.br)  
[www.esteio.com.br](http://www.esteio.com.br)



# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Referências



- Börner, A.**, et al. (2000): Test Results Obtained with the LH Systems Airborne Digital Sensor , International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B4, Commission IV, pp. 871-878
- Fricker, P.**, Zuberbühler F., Pacey R. (2002): Principles and design of the ADS40 Airborne Digital Sensor, CD-ROM of 2002 User Group Meeting, Leica Geosystems , GIS & Mapping Division, San Diego, USA
- Fricker, P.**, (2001): ADS40 - Progress in digital aerial data collection, Photogrammetric Week 01, Eds. D. Fritsch/R. Spiller, Wichmann, Heidelberg, pp. 105-116
- Fricker, P.**, R. Sandau and A.S. Walker (1999): LH-Systems Airborne Digital Sensor - a new forward looking approach, Presentation given at ISPRS Workshop WG III.1 on Direct versus indirect methods of sensor orientation, Barcelona, 10 pages
- Fritsch D. (2001): Digital Imaging, Institut für Photogrammetrie (ifp), Universität Stuttgart, Tutorial Photogrammetric Week 01, Digital aerial camera systems – state-of-the-art, expectations and visions, Part 1
- Gervais F.** (2002): Aerotriangulation: Also For the ADS40?, CD-ROM from Leica Geosystems, GIS & Mapping Division, San Diego, USA
- Haala N.** (2001): Concepts of image collection and evaluation, Institut für Photogrammetrie (ifp), Universität Stuttgart, Tutorial Photogrammetric Week 01, Digital aerial camera systems – state-of-the-art, expectations and visions, Part 2

# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Referências



- Heier, H., Hinz, A. (2002):** Results from the Digital Modular Camera DMC. Proc. ASPRS, Washington D.C., USA
- Heier, H. (2001):** Deploying DMC in today's workflow, Photogrammetric Week 01, Eds. D. Fritsch/R. Spiller, Wichmann, Heidelberg, pp. 35-45
- Heier, H., Kiefner, M., Zeitler, W. (2002):** Calibration of the Digital Modular Camera DMC, FIG XXII International Congress, Washington D.C., USA
- Hinz, A. (1999):** The Z/I Imaging Digital Aerial Camera System, Photogrammetric Week 1999, Eds D. Fritsch / R. Spiller, Wichmann, Heidelberg. pp 43-49
- Hinz, A. (1999):** The Z/I Imaging Digital Aerial Camera System, Photogrammetric Week 1999, Eds D. Fritsch / R. Spiller, Wichmann, Heidelberg. pp. 109-115
- Hinz, A., Dörstel, C., Heier, H. (2000):** DIGITAL MODULAR CAMERA: System Concept and Data Processing Workflow. Proc. IAPRS Vol. XXXIII, Amsterdam
- Hinz, A., Dörstel, C., Heier, H. (2001):** DMC - The digital sensor technology of Z/I Imaging. In: Photogrammetric Week 2001, Eds. D. Fritsch/R. Spiller, Wichmann, Heidelberg, pp. 93-103
- Jacobsen, K. (2003):** Geometric Potential of IKONOS and QuickBird Images, Photogrammetric Week 03, Eds. D. Fritsch, Wichmann, Heidelberg, pp. 101-110
- Leica Geosystems (2000):** Introducción al Sensor Digital ADS40, LH Systems. [www.lh-systems.com/espanol/pdfs/ADS40\\_Esp.pdf](http://www.lh-systems.com/espanol/pdfs/ADS40_Esp.pdf)
- Lutes J., (2002):** DAIS: A digital airborne imaging system, Pecora 15, Land Satellite Information IV, ISPRS Commission I, FIEOS, Conference Proceedings

# CÂMARAS AÉREAS DIGITAIS

## Referências



**Neukum, G.** et al. (2001): The airborne HRSC-AX cameras: evaluation and the technical concept and presentation of application results after one year of operations. In: Photogrammetric Week 01, Eds. D. Fritsh/R. Spiller, Wichmann, Heidelberg, pp. 117-130

**Optech Inc.** (2002): Optech ALTM 4K02, Product brochure, Optech Incorporated, Toronto, Ontario, Canada.

**Tang, L.,** Dörstel, C., Jacobsen, K., Heipke, C. and Hinz, A. (2000): Geometric accuracy potential of the digital modular camera. IAPRS Vol. 33 Part. B4. pp 1051-1057

**Tommaselli A.** et al. (2000) Modernas Tecnologias de aquisição de Imagens em Fotogrametria, Bol. Ciênc. Geod., Curitiba, v. 6, n. 1, p. 49-64

**Walter V.** (2001) Application potential of digital systems, Institut für Photogrammetrie (ifp), Universität Stuttgart, Tutorial Photogrammetric Week 01, Digital aerial camera systems – state-of-the-art, expectations and visions, Part 2

[www.dalsa.com/markets/sensors.asp](http://www.dalsa.com/markets/sensors.asp)

[www.dlr.de/HRSC-A](http://www.dlr.de/HRSC-A)

[www.fairchildimaging.com/main/products.htm](http://www.fairchildimaging.com/main/products.htm)

[www.gis.leica-geosystems.com/Products/product\\_details.asp?productid=13](http://www.gis.leica-geosystems.com/Products/product_details.asp?productid=13)

[www.kodak.com](http://www.kodak.com)

[www.optech.on.ca](http://www.optech.on.ca)

[www.spaceimaging.com/products/dais/technical\\_overview.htm](http://www.spaceimaging.com/products/dais/technical_overview.htm)

[www.ziimaging.de](http://www.ziimaging.de)

[www.ziimaging.com](http://www.ziimaging.com)