

## Dados - Elementos Cruciais do Cadastro Técnico

Hans-Peter BÄHR, Karlsruhe (Alemanha)

### **Abstract**

*In a GIS environment, and also considering the technical cadastre (TC), the data represent the more important and valuable elements. However, generally they do not exist in the form that the user seeks, or they are unavailable, nor updated or presented with a lack of quality. The following speech shows a sistematization of "databases" focusing maps and images as information providers. It also evaluates the digitalization (raster to vector conversion) problems as well as an analysis of future trends represented by the introduction of high resolution satellite data and its marketing. The last part of the work show examples of application concerning the TC and the new generation of digital data.*

**Keywords:** Technical Cadastre, Remote Sensing, Geographic Information Systems.

### **Resumo**

*Num GIS, como no cadastro técnico (CT), dados apresentam os elementos mais importantes e mais valiosos. Porém, em geral estão faltando ou não são disponíveis de forma adequada, desatualizados ou com má qualidade. A seguinte apresentação aborda uma sistematização de "dados" com ênfase em mapas e imagens. Inclui o problema da digitalização bem como uma análise das tendências atuais, manifestadas entre outro na disponibilidade de imagens satelitárias de alta resolução e sua distribuição. Ao final são mostrados alguns exemplos de aplicação, utilizando a nova geração de dados.*

**Palavras chave:** Cadastro Técnico, Sensoramento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica.

### **1. Introdução**

O trabalho com o Cadastro Técnico (CT) pressupõe trabalhar com um Sistema baseado no conhecimento ("Expertsystem"). Este por sua vez consiste de Fatos (F) e Regras (R), a partir dos quais uma Decisão (D) é derivada. No caso dos sistemas analógicos, os Recursos Humanos são, peças fundamentais; principalmente no estabelecimento das regras, cuja base está no pré-conhecimento do operador. A conseqüente introdução de novas tecnologias permite já na maioria dos casos que o conhecimento (experiência), as regras, sejam tratados em um processo de tomada de decisão gerenciado por computador. Isto leva então a resultados em forma de alternativas, sobre as quais o ser humano é ainda responsável. Independentemente do mecanismo de processamento

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter BÄHR  
Diretor do Instituto de Fotogrametria e Sensoramento Remoto (IPF)  
Universidade de Karlsruhe, Englerstraße 7  
D-76128, Karlsruhe, Alemanha  
E-mail: [baehr@jpf.bau-verm.uni-karlsruhe.de](mailto:baehr@jpf.bau-verm.uni-karlsruhe.de)

(computador ou por vias convencionais - analógicas), em ambos os casos os fatos, ou "dados", representam um papel fundamental. A qualidade da decisão é uma função da qualidade dos fatos e regras:

$$Q(D) = f[Q(F,R)]$$

Tanto a qualidade dos dados como a qualidade do modelo utilizado demandam uma análise rigorosa e crítica, para que o resultado, a decisão, possa ser avaliado. Este trabalho concentrar-se-á no elemento "dados", com ênfase na disponibilidade de seus diferentes tipos para um CT. No âmbito de um CT as ferramentas disponíveis apresentam-se na forma de Hardware, Software e Dados. Os dados são daqui por diante o mais valioso componente. Hardware, i. é. Computador, e também o Software tornaram-se com passar dos últimos anos drasticamente mais baratos. Como exemplo pode-se citar a queda nos preços do Gigabyte em um disco rígido, que de US\$ 2500 em 1990, passou para US\$ 250 nos dias de hoje. Tratando-se do Software, as mudanças não são tão bruscas; todavia já são disponíveis Sistemas de Informações Geográficas de baixo custo em torno de US\$ 500....5000.

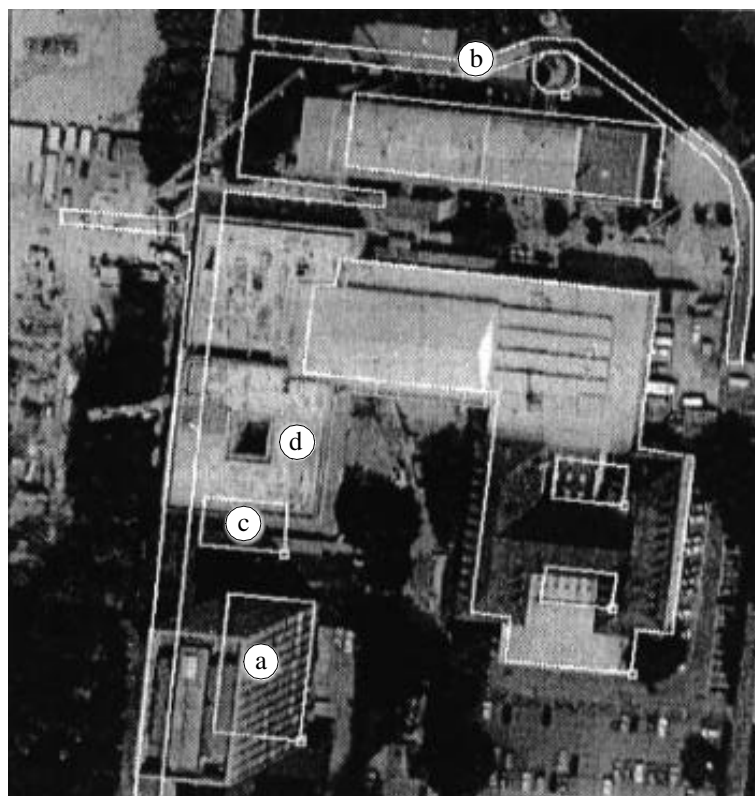
Em contrapartida ao dinâmico desenvolvimento em Hardware e Software, bem pouco agitado está o mundo dos Dados. Podem ser apontados interessantes desenvolvimentos na área de imagens satelitárias orientadas ao estudo da Terra (v. item 3.2), mas todavia são bastante caras para muitos usuários. Pior ainda, dados geográficos demandam também uma constante atualização, o que freqüentemente não é previsto pelo usuário.

A grande relevância dos dados com base geográfica é claramente mostrada na Agenda 21 da ECO RIO 92: o capítulo 31 destaca explicitamente a importância da ciência e da tecnologia.

## 2. Tipos de Dados e suas Propriedades

Os dados que compõe Sistemas de Informações Geográficas são naturalmente muito variados e bastante distintos. Nos concentraremos a partir deste ponto em dados georeferenciados, mais precisamente imagens e cartas na forma vetorial. A "natureza" destes dados é em sua essência bem distinta: dados brutos de imagens, armazenados em forma Raster, são desprovidos de "inteligência" e demandam a interpretação de um operador.

A análise automática de imagens é um tema atual de pesquisa, que no entanto só é factível para alguns poucos processos, como por exemplo a criação de um Modelo Digital do Terreno através de processo de correlação. Tais Modelos Digitais do Terreno são em sua forma trivial, dados "inteligentes". Sua semântica restringe-se a "Cota de Elevação", descrita geometricamente através de 3 coordenadas. Para muitos usos no CT, são os Modelos Digitais do Terreno de significativa importância. As cartas, por sua vez, contém um nível ainda mais elevado de informação inteligente. Seu grau de generalização ("level of abstraction") é inversamente proporcional ao tamanho da informação considerada. Imagem e carta podem ser combinadas por um operador humano com bons resultados, ao passo que a utilização de um computador implica em consideráveis problemas, até

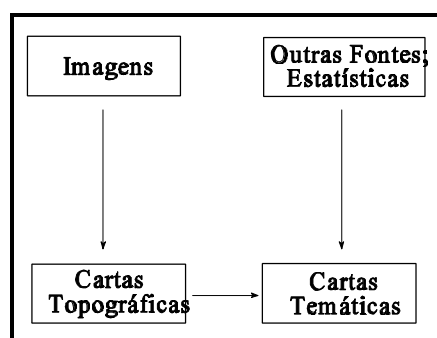


**Fig.1:** Comparação de uma imagem aérea com mapa vetorial  
----- aprox. 50 metros  
a,b,c,d: diferentes causas para a não concordância (v. Bähr, 1996b)

o momento não solucionados.

A *Fig.1* mostra uma comparação entre imagem e carta em grande escala. Apenas um pequeno número de elementos lineares da carta concordam com seus correlatos na imagem, apesar desta apresentar-se geometricamente corrigida e de ambos os arquivos possuírem a mesma escala.

No Brasil as cartas são freqüentemente derivadas de imagens. Na Alemanha isto não necessariamente acontece mas sim, e principalmente para cartas em grandes escalas (1:25 000 e maiores), são obtidas com freqüência através de levantamento topográfico da superfície. A derivação de cartas pode ser visualizada na *Fig.2*. A restituição estereoscópica resulta nas cartas topográficas oficiais, as quais poderão servir novamente de base para a produção de cartas temáticas. Nestas últimas estão dispostas também informações de outras fontes, como inferências estatísticas, informações sobre os proprietários de imóveis, informações sobre geologia, pedologia ou sobre o uso do solo.



**Fig. 2:** Mapas como produtos derivados

Um dos grandes desafios atuais está caracterizado pela transformação de cartas do formato analógico para a forma digital - vetorial. Este problema existe hoje em todos os países sendo que a maioria das instituições governamentais pretendem transformar sua Base Cartográfica analógica à forma digital. Na Alemanha este setor está representado pela **ATKIS** (Sistema Oficial de Informação Cartográfica e Topográfica), a qual está no momento sendo constituída. Uma transformação automática é problemática e insegura, além de não ser possível sua execução de forma completamente automatizada (v. tb. item 3.1).

Analógico ou digital é também uma propriedade básica dos dados geográficos. Neste sentido é indiscutível o fato de que no futuro cada vez mais, ou talvez exclusivamente, serão utilizados dados na forma digital. A conversão Analógico-Digital leva a novos e específicos problemas, ou seja, no caso dos dados analógicos estarem disponíveis, existe agora a tarefa de convertê-los à forma digital. Este problema era inexistente até cerca de 10 a 20 anos atrás.

Independentemente do formato em que são armazenados, os dados geográficos devem ser avaliados sob os seguintes pontos de vista:

*a) Integridade*

O usuário deve procurar os dados de que necessita. Apesar desta afirmação soar trivial, é freqüente o déficit de informações nas bases de dados, sejam elas cartas ou imagens. Em imagens é comum acontecer que elementos sejam camuflados, como é por exemplo o caso de um caminho em meio a uma floresta (v. *Fig.1*). Também cumpre salientar que nem todos os elementos de que o usuário necessita estão presentes nas cartas. Considerando-se especialmente o mapeamento do uso do solo, suas particularidades indicam que o mesmo é naturalmente incompleto. No campo do planejamento urbano seria necessário que se soubesse quão alta é a urbanização. Estas informações, via de regra, não podem ser extraídas de cartas, mas sim de imagens, especialmente estereomagens.

*b) Escala/Resolução/Generalização:*

Diz respeito também à idéia de Integridade dos Dados. Não existe para este fim nenhuma "fórmula exata", a partir da qual se possa fazer a ligação entre a escala de uma carta e a de uma imagem, considerando-se a informação presente nestas bases de dados. A "Fórmula de Heißler" ,

$$mb - 200\sqrt{mk}$$

apresenta apenas a forma empírica como a escala de uma carta pode ser combinada à escala de uma imagem através de processos de produção cartográfica convencional. A idéia de "escala" é uma típica metáfora proveniente dos tempos em que se executavam processamentos de dados sob a forma analógica. Para sistemas digitais enquadra-se melhor aqui o conceito de "resolução" que, no entanto ainda não é suficiente para definir quais elementos serão provavelmente reconhecíveis na imagem. Desta forma podem ser extraídos objetos de imagens de satélites a partir do seu alto contraste em relação aos demais elementos que o cercam, o que obviamente depende do tamanho do pixel da imagem em questão.

*c) Atualidade:*

A superfície terrestre encontra-se em constante mutação, e o CT deve em função disto ser considerado não apenas sob o ponto de vista da cota, mas também do tempo. Conseqüência disto é a constante necessidade de atualizarem-se os seus dados geográficos. A atualização de cartas topográficas é também na Alemanha um problema ainda não resolvido: o remapeamento é executado em intervalos de 5 a 10 anos, o que todavia não é suficiente, apesar da média de idade das cartas topográfica a nível mundial situar-se em 43 anos (Konecny 1996a). Em um país como o Brasil, dinâmico por excelência em sua configuração espacial, tal média é certamente inaceitável sob o ponto de vista do CT. A partir deste fato existe no Brasil a tendência de no futuro utilizarem-se dados de imagens, em uma escala mais extensiva do que a até agora existente.

*d) Precisão dos Dados:*

Dados não possuem apenas uma componente determinística, mas também uma estocástica. Isto envolve precisão geométrica, dentro de pré-determinado limite, confiabilidade da descrição semântica (catálogo por tipo de objeto) e generalização controlada na carta. No caso de imagens coloca-se a questão se uma ortofoto convencional já satisfaz os requisitos de exatidão geométrica: a terceira dimensão dos objetos imageados é via de regra falsamente obtida. A crescente demanda por modelos 3D, por órgãos responsáveis pelo planejamento das cidades, mostra que este é também um novo campo a ser explorado.

### 3. Análise dos Planos de Dados

A seguir serão analisadas cartas e imagens considerando sua disponibilidade e importância para o CT.

#### 3.1. Cartas

Por "cartas" entende-se basicamente cartas topográficas, pois servem também de base para a produção de cartas temáticas. As Nações Unidas fornecem regularmente informações acerca do atual estado de produção de cartas topográficas. As informações baseiam-se no registro corrente das entidades nacionais responsáveis por tais medições.

A Fig.3 dispõe o quadro existente no ano de 1993. Os grupos são reunidos nas escalas 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 e 1:200 000, nos quais escalas intermediárias foram enquadradas em um destes quatro grupos. Naturalmente as escalas menores, como 1:200 000, são muito mais comuns do que escalas maiores, como 1:25 000. Para objetivos de planejamento a escala 1:50 000 salienta-se como de extrema importância, estando portanto em 66%. Pelas informações apresentadas na Fig.3 observa-se que os Estados sucessores da União Soviética curiosamente dispõe de informações completas em todos os quatro níveis. As causas para tal fato devem ser procuradas na economia

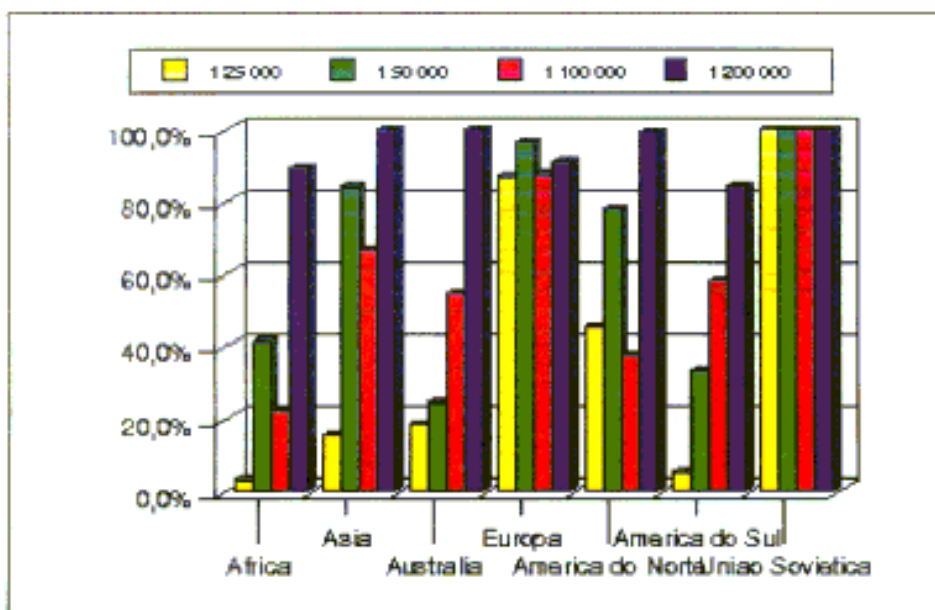


Fig. 3: Volume de produção de mapas topográficos no mundo.  
 Ano de referência: 1993 (Nações Unidas, 1994 ; Konecny, 1996a)

planificada/militarizada, e também na longa tradição deste país na execução deste tipo de medições. Isto também é valido para a Europa, onde todavia quase 90% das cartas estão disponíveis. Por outro lado, caracteriza-se na África e América Latina uma terrível realidade: mesmo que as estatísticas sejam corretamente interpretadas, ou seja, levando-se em consideração que é completamente sem sentido manter-se cartas em escala 1:25 000 para a região Amazônica, ainda assim deve-se salientar a clara insuficiência no mapeamento nestas regiões.

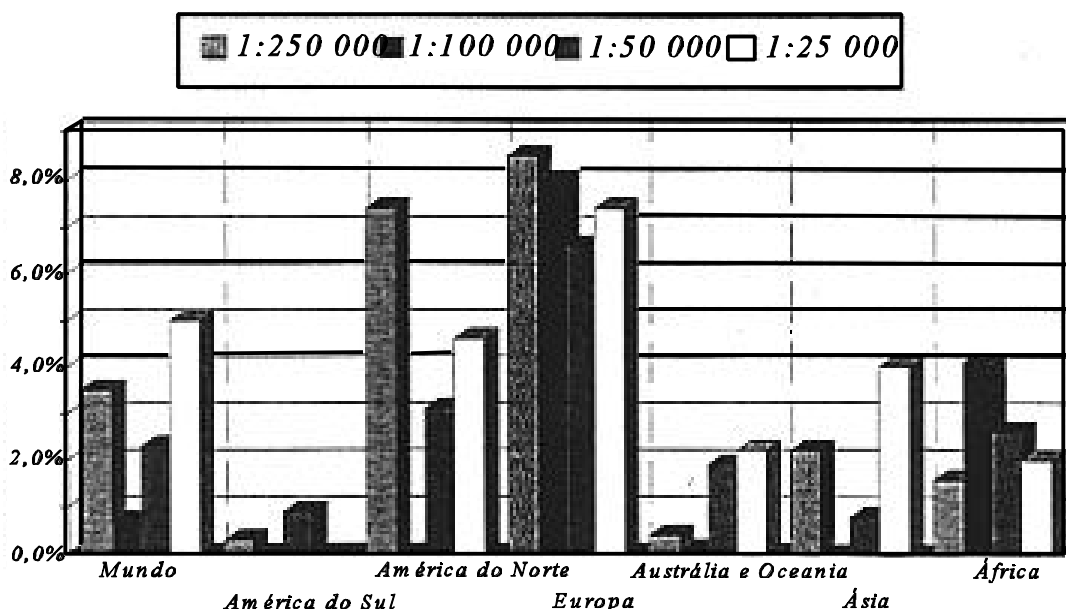
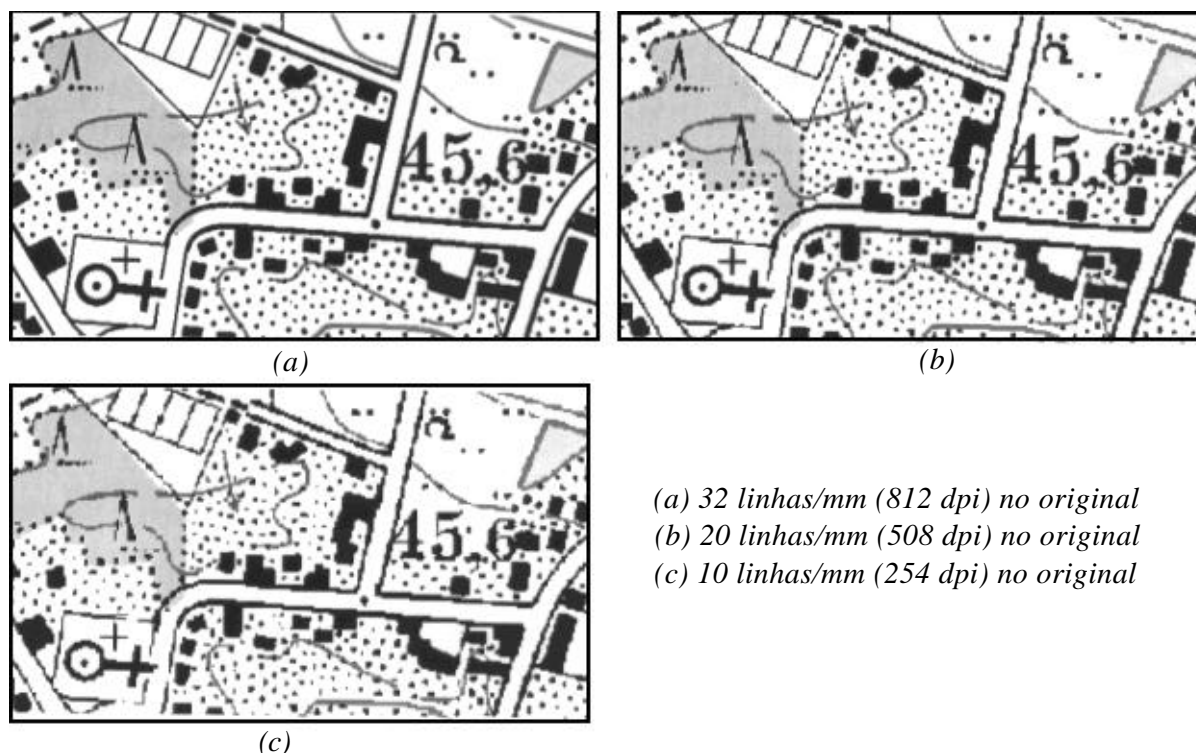


Fig. 4: Atualização anual (Nações Unidas, 1994; Konecny, 1996a)

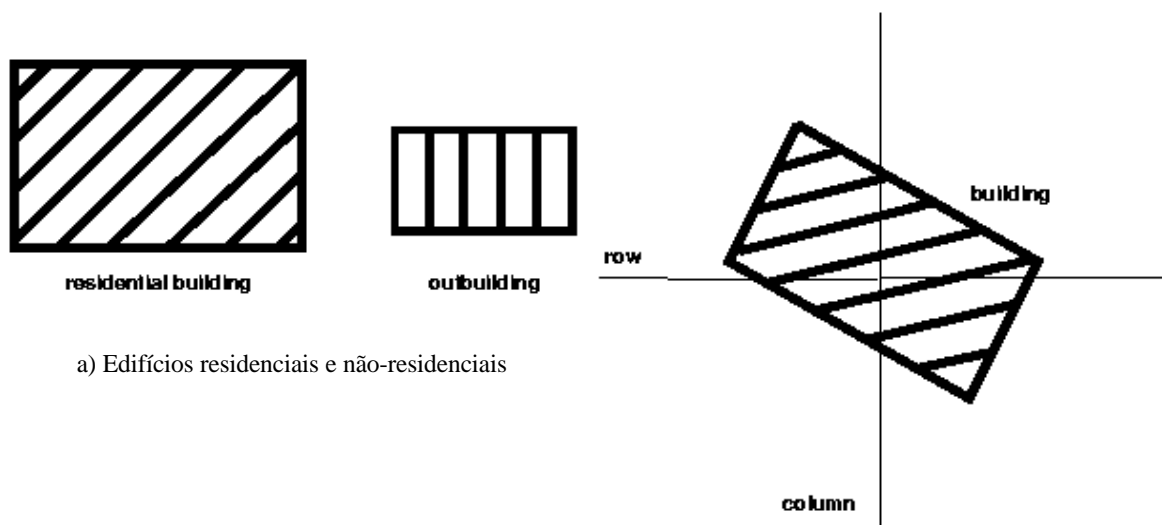


**Fig. 5:** Dados raster do mapa topográfico 1:25 000 (TK25) do Estado de Baixa Saxônia (Niedersachsen), Alemanha. Ainda pior são os resultados desta análise quando se considera a atualização do mapeamento. Pode-se perceber pela Fig.4 que entidades responsáveis pela execução de medições na Europa mantém a atualização cartográfica em bons padrões. Indicadores mundiais no entanto apresentam uma taxa de atualização média de apenas 3%. Obviamente que o progresso em cada país é diferenciado e naturalmente depende da escala e de região para região. Como pode-se perceber, a questão da base de dados topográficos é mundialmente um problema. Se este problema já existira para os dados analógicos, deve ser ainda maior para o caso da demanda por dados na forma digital.

Em muitos casos pode ser de ajuda a manutenção de uma base de informações em CD-Rom paralelamente à base analógica com que normalmente se trabalha. A base digital é composta de dados na forma Raster, que em princípio em nada diferem da forma convencional em papel, a não ser pelo importante fato de que podem ser processadas agora por via computacional. Na Alemanha os dados em forma digital (CD-Rom) já estão há algum tempo disponíveis e encontram largo potencial de mercado. A Fig.5 aponta um item retirado do catálogo de informações para o usuário mantido pelo Departamento Estadual de Agrimensura ("Landesvermessungsamt") da Baixa Saxônia em Hannover.

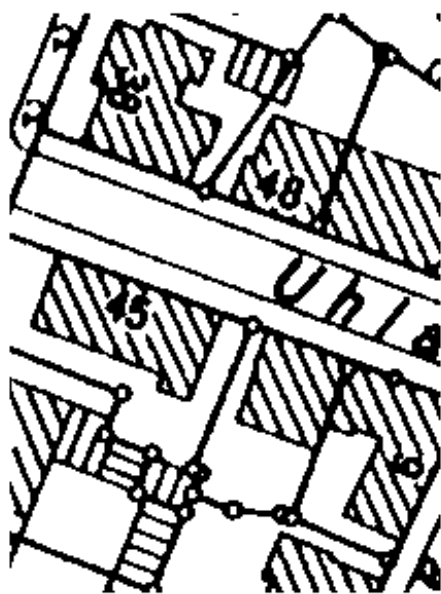
Como é então possível não apenas a geometria, mas também os atributos dos dados serem digitalizados sem grandes e dispendiosos trabalhos manuais? Como pode a informação semântica ser integrada, como por exemplo a junção de elementos significativos como "residências", "vias", "tipo de uso", "águas", entre outros? Estas tarefas são, como já fora mencionado, temas atuais para pesquisas no mundo todo (v. Bähr, 1996a).

Como exemplo, estão sendo realizadas no momento no IPF tentativas para a segmentação automática de informações de edificações dispostas nas cartas em grande escala (1:5 000) do mapeamento básico alemão. A Fig.6 mostra o procedimento adotado e um dos resultados obtidos. Deve-se salientar ainda que as edificações alemãs nesta escala apresentam-se hachuradas e diferenciadas em Residências e Não Residências. Na análise da imagem raster pode-se então estabelecer em que posição na imagem encontra-se a edificação e, através de morfologia matemática é possível que se estabeleça, via uma série de passos intermediários, um resultado relativamente de boa qualidade. Cabe ainda dizer que também o número da edificação pode ser extraído pelo processo de segmentação, quando a hachura os toca.

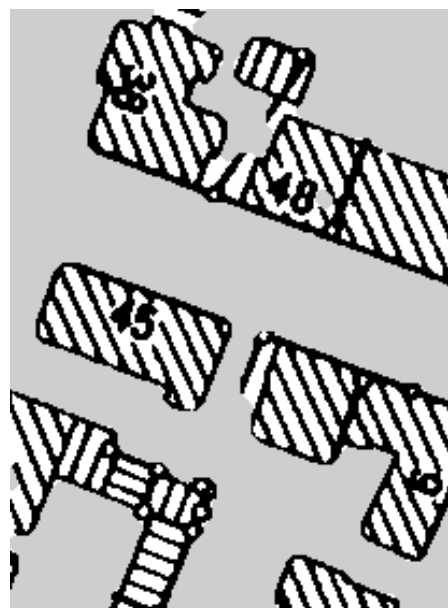


a) Edifícios residenciais e não-residenciais

b) Runlength vector analysis



c) Mapa original



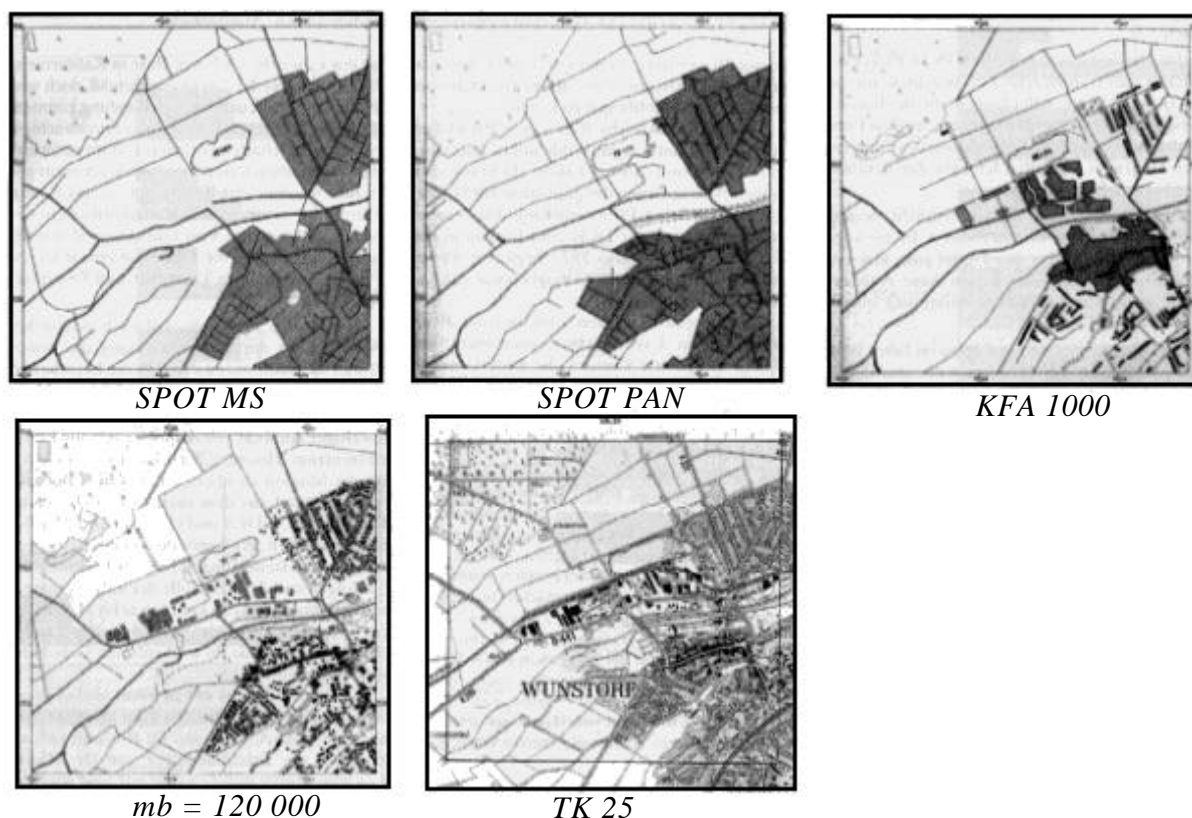
d) Resultado

Fig. 6: Segmentação automática em mapas convencionais (Brügelmann, 1996).

A digitalização automatizada, baseada no conhecimento humano, de cartas com elementos lineares em grandes escalas tem a nível de Europa destacada importância. Isto se deve ao fato de que um grande número de cartas encontra-se disponível nestas escalas e sua digitalização manual além de ser extremamente dispendiosa em termos de tempo, também o é em função do grande volume de recursos financeiros. As condições são completamente outras na América do Sul e portanto não é de se admirar que as atividades de pesquisa para digitalização automática de cartas concentre-se na Europa.

### 3.2. Imagens

A execução de cartas Topográficas a partir de (Estereo-)imagens já é um trabalho clássico e comprovado da Fotogrametria. Por outro lado, apesar da produção de cartas por procedimentos terrestres ser na maioria das vezes um processo economicamente sem concorrentes, o passado tem ensinado que a produção destas cartas não tem seguido o mesmo passo da demanda. O propósito de se substituir a carta pela correspondente imagem. A substituição de cartas topográficas por ortofotos, possivelmente pela sobreposição de informações adicionais, como nomes e curvas de nível, via de regra, ainda não se impôs. As causas disto são várias e, acima de tudo, deve-se relevar o fato de que cartas e imagens são base de dados complementares e assim devem ser utilizadas.



**Fig. 7:** mapeamento na escala 1:25 000 comparando o potencial de diferentes sensores com o mapa topográfico (TK25). Konecny, 1996a).

**Tab. 1a:** Sistemas satelitários civis disponíveis para fins de mapeamento (Konecny, 1996b)

País	Programa	Sensor	n° de bandas	IFOV (m/l)	largura da faixa	data	estereo
EUA	NOAA 12 a 14	AVHRR	5	1,1 km	2400 km	91	não
	Landsat 5	TM	7	28 m VIS, IR	185 km	84	não
				120 m TIR			
França	Spot 3	HRV	1 pan	10 m	60 km	93	cross track
ESA	ERS 1 a 2	SAR	Banda C	25 m	100 km	91	interferometria
			W			95	
Japão	JERS-1	OPS	7	18 m	75 km	92	along track small base
		SAR	Banda L				



Índia	IRS 1A, 1B, 1C	LISS 1	4	72 m	148 km	88	não  cross track
		LISS 2	4	36 m		91	
		LISS 3	4	5,8 m pan 23,5 m VIS, IR	148 km 774 km	96	
		WIFS		70,5 m SVIR 188 m			
Canadá	Radarsat	SAR	Banda C HH	10-50 m	50-500 km	96	interferom.
Alemanha	MOMS 02/D2	Stereo MOMS	7	4,5 m pan 13,5 m VNIR	37 km 78 km	96	along track
Rússia	Resurs 1-3	KFA 1000	2	5 m		98	
	MIR (Priroda)	MK 4	MS	7,5 m			
	Okean Almaz	Kate 200	pan	20 m			
		KWR 1000		2 m			
		MSU-SK	MS	15 m		94	

Tab. 1b: Satélites civis na fase de planeamento para fins de mapeamento (Konecny, 1996b)

País	Programa	Sensor	nº de bandas	IFOV (m/l)	largura da faixa	data	estereo
EUA	Landsat 7	Enhanced TM	1 pan 7 MS	15 m 28,5m	185 km	98	não
	EOS-AMI	Aster	14	15 m VNIR 30 m SWIR 90 m TIR	60 km	98	along track
França	Spot 4	HRV	1 pan 4 MS	10 m 20 m	60 km	97	cross track
	Spot 5	HRV	1pan 4 MS	5 m 10, 20 m SWIR	60 km	99	cross ? track
ESA	Envisat					98	
Japão	ADEOS	AVNIR	4	8 m pan 16 m VNIR			
	ALOS		4	2,5 m pan 10 m MS Banda L RADAR			
Índia	IRS 1D	LISS 3	4	5,8 m pan 23,5 m VNIR 70,5 m SVIR	148 km	97	
	IRS P6	WIFS CARTOSAT 1,2		188 m 2,5 m / 1,5 m pan	774 km 10 km	99	along track
Canadá	Radarsat 2	Banda C radar HH		10-50 m	50-500 km		
Alemanha	MOMS 02/P	Stereo MOMS	7	5 m pan 15 m VNIR	45 km 90 km	96	along track

Rússia	Almaz 1B-OES			2,5-4 m		97	
	Meteor 3M					97	
Brasil	INPE	CBERS				98	

Maior dinâmica encontramos no desenvolvimento de sistemas satelitários para "Observação Terrestre". Desde muito existe a tendência de se coligarem comprovados métodos de produção de cartas topográficas com os resultados dos avanços conseguidos em sensoriamento remoto por satélite. Neste contexto, a primeira tentativa foi a instalação de um "Câmara Métrica" (a denominação "Câmara Fotogramétrica" seria mais adequada) em uma espaçonave. Foi exposto neste meio tempo que o futuro dos sensores eletrônicos pertence aos sistemas satelitários não tripulados.

O principal argumento contra a utilização de sensores eletrônicos em plataformas orbitais para o mapeamento cartográfico dizia respeito a relativa baixa resolução espacial destes dados. Tanto é verdade que os até então existentes sistemas de observação terrestre a partir do espaço, como LANDSAT e SPOT, chegavam a um máximo de 30 ou 10 metros de resolução no terreno, respectivamente, o que por sua vez, basta apenas como dado provisório para fins cartográficos e cadastrais. Um exemplo dispõe a Fig.7. Aqui comparam-se uma secção da carta Topográfica do mapeamento alemão em escala 1:25 000 (TK 25), uma amostra multiespectral (MS) do SPOT, SPOT pancromático (PAN), a câmara espacial soviética KF 1000 e um vôo em grande altitude em escala 1:120 000. Nesta figura demonstra-se claramente que a riqueza em detalhes da TK25 só pode ser obtida aproximadamente a partir de uma aeronave.

Estas condições foram com o passar do tempo drasticamente alteradas. A tendência pode ser descrita por três palavras chaves:

- C Maior resolução geométrica;
- C Internacionalização;
- C Comercialização.

Os sistemas atualmente disponíveis, direcionados para fins cartográficos, estão apresentados na Tabela 1. Esta tabela mostra que tais sistemas foram todavia desenvolvidos e processados por 8 Nações ou Grupos (ESA). Também como é de conhecimento, o Brasil experimenta tal sistema em parceria com a China.

Até que fossem implementadas as câmaras russas, situavam-se a maioria dos sensores no campo óptico; a ESA, Japão e Canadá executam também sensoriamento remoto com satélites que operam na faixa de microondas/RADAR (ERS-1, JERS-1 e RADARSAT). O correspondente tamanho do elemento de imagem na superfície terrestre é determinado pelo IFOV (Campo de Visão Instantâneo). Sabe-se a partir daí que o limite de resolução de 10 metros, válido por muitos anos para o sensoriamento remoto civil (SPOT PAN), é neste meio tempo claramente superada. Isto é também verdade tanto para o sensor alemão MOMS quanto para o indiano IRS 1C. Sobre o sensor STEREO-MOMS, carregado por um ônibus espacial em 1993, dispõe-se uma série de publicações (p.ex. Ebner et al., 1994). Ele foi instalado em maio de 1996 na estação russa Priroda, mas no entanto ainda não forneceu quaisquer registros, pois a câmara presente na estação ainda não foi orientada para a terra. A performance deste sensor está a princípio amplamente comprovada. A conjugação de alta resolução dos dados pancromáticos com informações multiespectrais é atualmente um padrão para o processamento digital de imagens.

O satélite indiano IRS 1C foi lançado ao espaço em 28.12.95. A Tabela 2 mostra seus dados mais importantes. Cabe salientar aqui, que foi criado um sistema com maior flexibilidade, como aconteceu com o SPOT na separação do imageamento multiespectral e pancromático. Também o MOMS pertence a esta classe de sensores, sendo oferecidas ambas as opções. O exemplo fica claro com a Fig 8, onde é apresentado o canal pancromático com resolução de 5.8 metros. A partir do sistema SPOT, também é possível a estereoscopia através do mecanismo ("cross-track"). O efetivo sistema "along-track" é no entanto limitado nos sensores japonês e alemão.

**Tab. 2:** Referência técnica do satélite Indiano IRS 1C (cortesia da empresa euromap/Neustrelitz)

Satélite	Início (lançamento)	Sensores	Canais Espectrais ( $\mu\text{m}$ )	Resolução Espacial (m)	Resolução Radiométrica (bits)	Largura da faixa (km)	Taxa de Repetição (dias)
IRS-1C	28.12.95	LISS-III	0,52-0,59	23	7	142	24
			0,62-0,68	23		142	
			0,77-0,86	23		142	
			1,55-1,70	70		148	
	WiFS	0,62-0,68	188m	7	804	5	
		0,77-0,86					
Pan		0,50-0,75	5,8	6	70	5 off nadir	

Visualizando-se os sistemas militares pode-se concluir que este desenvolvimento não chegou ao seu limite, mas sim continua de forma dinâmica (Tabela 3). As maiores resoluções espaciais no imageamento da superfície serão alcançadas através do registro tipo Panorama. Tal fato aconteceu já nas décadas de 60 e 70 nos EUA ("Big Bird"). Os novos sistemas são pelo contrário digitais com uma resolução no solo de 15 metros. O progresso demonstra que menores resoluções geométricas são tecnicamente possíveis e portanto espera-se que os sistemas militares também venham a ser utilizados para fins civis. Paralelamente, existem desenvolvimentos voltados a utilização de sistemas com alta resolução. Consórcios de firmas estado-unidenses, japonesas e saudárabes oferecerão sistemas satelitários digitais com resoluções entre 1 a 4 metros em "long-track" estereo. A superfície coberta no imageamento terá obviamente sua área reduzida, para uma ordem de grandeza de 10 x 10 km.

Tab. 3: Sistemas militares (fonte: Konecny, 1996a)

País	Satélite	Resolução (m)	Ano	Largura da Faixa (km)
Sistemas Existentes				
EUA	Big Bird	1	1965 - 1975	registro em panorama, analógico
EUA	KH11/KH12	0,15	a partir de 1975	digital, 16 x 16
França	Helios-1	3	1995	digital, 10 x 10
China		~ 10	~ a partir de 1985	registro em panorama, analógico
Rússia	KFA 3000	0,7-1,5	~ a partir de 1990	registro analógico, câmera em formato panorâmico
Sistemas Futuros				
França	Helios-NG	1		
Israel	Offeq 3	2 a 3		
Japão	Alos	P 2,5 MS 10 L Im Radar	2002	
Espanha	Minisat	3 a 5		
África do Sul	Greensat	2,5		
Rússia	Almaz IB-OES	2,5 a 4		
EUA	8X	0,15		150 x 150



**Fig. 8:** Satélite indiano IRS 1C: Aeroporto de Munique, Alemanha. Tamanho do pixel no terreno: 5,8 x 5,8 m

Ao lado de "*Alta Resolução*" e "*Internacionalização*", a terceira idéia chave é denominada "*Comercialização*". A divulgação de sistemas privados de imageamento da superfície terrestre é apenas um dos aspectos. Também o acréscimo de dados nacionais, como se sabe não é mantido de forma gratuita. Uma cena multiespectral (CCT) completa do LANDSAT-TM custa hoje US\$ 5.000 (cena atual) até US\$ 2.000 (cena arquivada) e um quadrante aprox. 50%. Para o sistema SPOT situam-se os preços em US\$ 2.500 e US\$ 1.300 respectivamente. Para ambos os sistemas há uma redução de preços quando se adquire imagens em série. Os sistemas flexíveis de sensoriamento da Terra também fornecem opções ao usuário. Desta forma, por exemplo, uma determinada área imageada pelo SPOT pode ser executada prioritariamente, pois tal sistema dispõe de um conjunto de espelhos móveis. Obviamente que o

usuário deve pagar preços especiais por tais manobras: a programação do SPOT custa US\$ 1.000. O mesmo é válido em princípio para o MOMS e sua técnica de Resolução/Combinação de Canais.

Também a venda dos dados está contemplada no âmbito da "Comercialização", o que já vem sendo realizado há muitos anos por empresas da iniciativa privada. A Fig.9 apresenta o sistema de comercialização da EUROMAP, empresa dedicada ao marketing de dados provenientes do imageamento orbital, cuja sede está em Neustrelitz, Alemanha. Informações sobre os dados disponíveis e detalhes são cada vez mais facilmente acessíveis por Internet conforme demonstra a Fig.9.

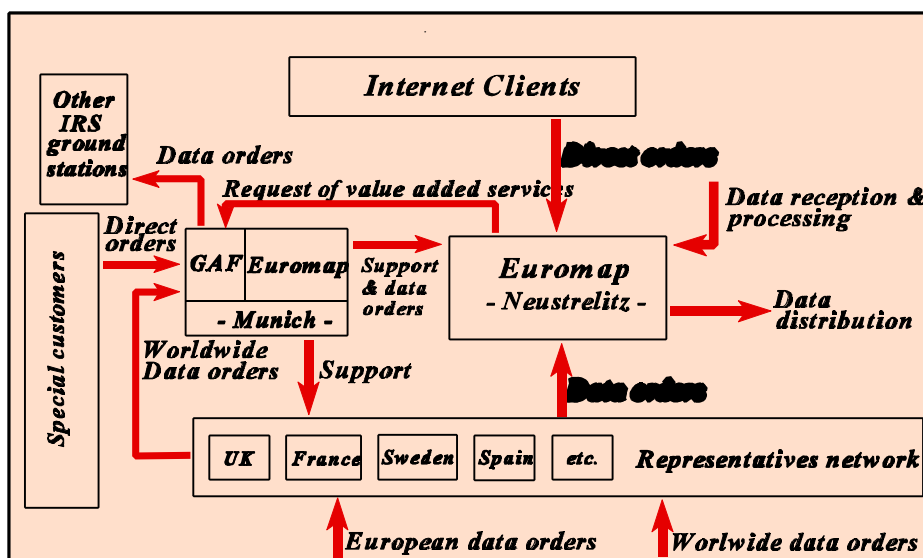


Fig. 9: Sistema de distribuição de imagens satelitárias: exemplo do satélite indiano IRS

Mais uma inferência aos dados de RADAR: tais informações, adquiridas na faixa de microondas, têm a vantagem de não serem influenciadas pela presença de nuvens. Com isso são especialmente indicadas para países em áreas tropicais, como o Brasil. O mesmo sistema apresenta no entanto a desvantagem de ser de difícil retificação geométrica e observação das informações que dispõe. Conseqüência imediata disto é que até agora o RADAR ainda não tem caráter completamente operacional, o que restringe a utilidade destes sistemas quando comparados com bons dados ópticos. Por outro lado, também há de se esperar que da mesma forma aqui novos progressos sejam conseguidos, especialmente por *multiband* RADAR. São comprovados os bons resultados advindos da combinação de dados provenientes do imageamento por RADAR com os dados dos sensores ópticos.

#### 4. Exemplos de Aplicação

No capítulo anterior foi mostrado que o progresso técnico favorece claramente o desenvolvimento de sistemas sensores de imagens montados em plataformas satelitárias. A avaliação automática de tais imagens tem, portanto, prioridade no campo da pesquisa a nível mundial. O clássico produto em forma de cartas vetoriais perde em função disso claramente seu significado. Não se trata de abdicar de tais produtos, mas sim de que seu uso reduzir-se-á a uma possibilidade de apresentação de dados, paralelamente a muitas outras. O CT deve inserir-se nesta tendência. A seguir serão apresentados alguns exemplos de como a nova geração de dados georeferenciados dever ser utilizada.

##### 4.1 Classificação de imagens MOMS de alta resolução pela utilização de redes neurais

O usuário fica muito satisfeito em ter a sua disposição imagens satelitárias com resolução cada vez maior. No

entanto, alta resolução traz problemas por vezes inesperados: o papel mais importante está representado pela textura. Este fato complica por exemplo a classificação multiespectral, metodologia já bem estabelecida no sensoriamento remoto.

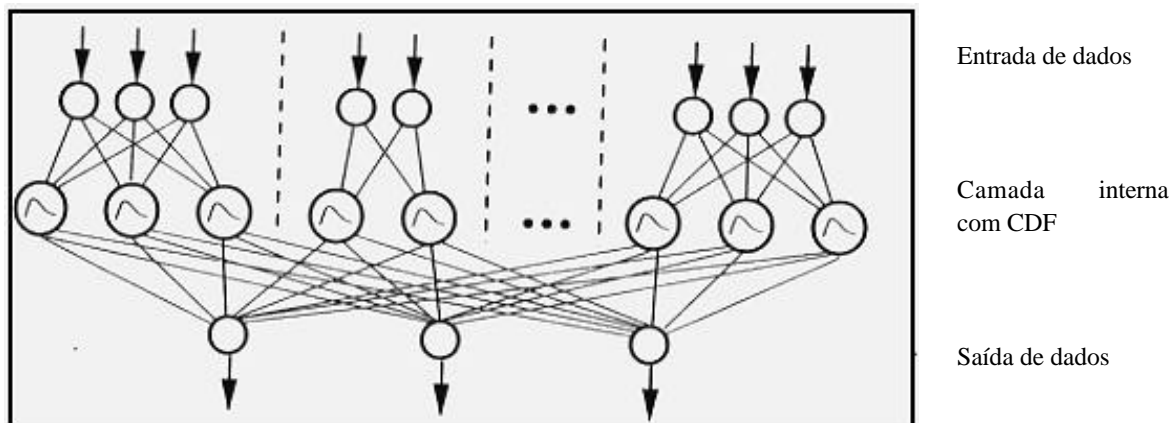


Fig. 10: Rede neural com CBF desenvolvida no IPF (Segl, 1996)

Conseqüentemente, há que se desenvolver novas tecnologias para a análise de imagens de alta resolução. Uma alternativa é a utilização de redes neurais, cuja estrutura procura simular o processo humano de aprender e reconhecer. Redes neurais são mais poderosas que uma classificação convencional, porque permitem incluir facilmente elementos não-espectrais.

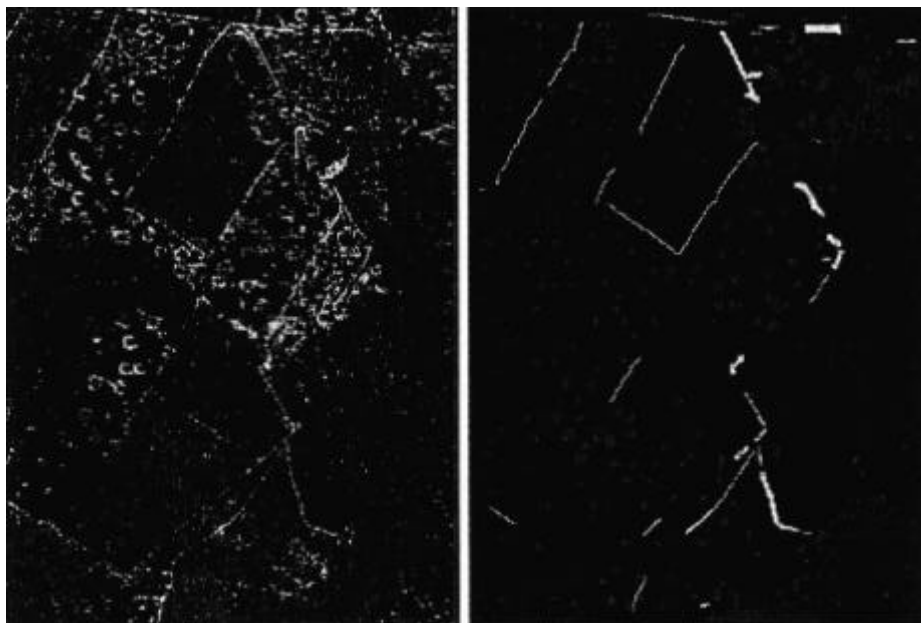


Fig. 11: Resultados de classificação de uma imagem MOMS. Esquerda: método Maximum Likelihood; Direita: Rede Neural (CBF) (Segl, 1996)

Os três níveis de cinza correspondem às classes "caminhos" (branco) e "árvores" (cinza). Por falta de cores não foram destacados o rio e os prédios.

Foi recentemente defendida no IPF uma tese de doutorado, na qual desenvolve-se e aplica-se um novo conceito de redes neurais às imagens geradas pelo MOMS (Segl, 1996). A Fig.10 mostra o princípio do método em 3 níveis

(camada da entrada, camada interior com CBF = *Confidence Basis Function*, e camada da saída). Cada um dos núcleos é combinado com os demais segundo um processo de ensino, e a CBF impõe a cada um dos elementos determinados pesos.



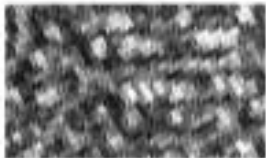



Uma visualização do grande potencial do novo método mostra a *Fig.11*. São incluídos na classificação com CBF não apenas parâmetros espectrais, mas também parâmetros que consideram a forma dos objetos. Desta forma é possível classificar com grande confiabilidade árvores e grupos de árvores (e prédios, que não se destacam por falta da cor). Isto é impossível através de uma classificação por Máxima Verossimilhança (Maximum Likelihood). Os dados provenientes do MOMS na missão espacial de 1993 são uma composição do canal pancromático (resolução de 4.5 m) com os 4 canais multiespectrais (13.5 m). O campo de teste se encontra em Zimbábue.

#### 4.2 Estimativas de densidade populacional com base nas Imagens MOMS

A estimativa de densidade populacional foi tratada por C. Lechtenbörgger em 1996, sendo determinada para três regiões distintas do "Township" Chitungwiza, cerca de 30 km a sudoeste de Harare, Zimbábue. A distribuição urbana nesta área pode ser comparada às favelas no Brasil. Entretanto, via de regra desenvolveram-se segundo um plano e não de forma completamente espontânea, o que leva a uma estrutura regular, naturalmente favorável à estimativa da população existente.

A *Fig.12* mostra a estrutura fundiária em três diferentes áreas. St. Mary's originou-se de 1930 a 1950, Zengeza II nos anos 70 e Seke Unit M no início dos anos 80. O método compara por um lado o uso de Fotos Aéreas e cartas com dados do MOMS, por outro lado com a contagem da população para o ano de 1992. A partir da média de habitantes por edificação e da contagem do número de habitações na imagem de satélite pode-se determinar o número total da população para cada distrito.

O resultado está apresentado na *Tabela 4*. O valor estimado por ambos os processos baseado em imagens não está em todo o caso de acordo com o real número de habitantes. Também entre si, teoricamente, deve existir inconformidade entre os resultados fornecidos pelos processos baseados nas imagens. A razão para isso reside no fato de que o momento dos levantamentos de dados são temporalmente distintos. Uma análise conseqüente, considerando tal aspecto, mostrará claramente que a utilização das imagens de satélite produzem resultados perfeitamente aceitáveis.

<i>St Mary's</i>	<i>Zengeza 2</i>	<i>Seke Unit M</i>
		
		
<i>15 m x 7 m</i>	<i>12 m x 6 m</i>	<i>6 m x 3 m</i>

**Fig. 12:** Tipos de casas nas imagens MOMS e nas fotografias terrestres (Lechtenbörgger, 1996)

**Tab. 4:** População estimada pelo Censo e por análise de imagens aéreas/satelitárias (MOMS) (Lechtenbörgger, 1996)

Gebäudeeinheit	Befragung '94		Census '92
	Luftbilder/Karten	MOMS-02-Daten	
<b>St. Mary's (Tipo I)</b>			
Área de Treinamento	3576	3559 (0,47)	3333 (6,36)
Área de teste	3232	3192 (1,25)	3453 (8,19)
<b>Zengeza 2 (Tipo II)</b>			
Área de Treinamento	2219	2177 (1,92)	1446 (33,57)
Área de teste	2688	3158 (14,90)	2085 (33,98)
<b>Seke Unit M (Tipo III)</b>			
Área de Treinamento	2139	2089 (2,33)	1582 (24,29)
Área de teste	1862	1632 (12,36)	1261 (22,72)

C. Lechtenböcker trabalhou ainda com a interpretação clássica de imagens aéreas. Este método pode ser automatizado (v. item anterior), mostrando um caminho para que se agilize a determinação de estatísticas da população, tornando o processo fácil de ser repetido com maior frequência e economicamente viável.

## 5. Conclusões

Os dados num CT de qualquer escala são elementos precários. Porém, com imagens satelitárias de alta resolução espacial numa faixa de 5 a 1 m, incluindo estereoscopia e flexibilidade na captação, a situação vai gradualmente melhorar. O aumento da concorrência pela entrada de um maior número de nações e empresas privadas neste setor também irá contribuir para o desenvolvimento de tais sistemas.

Isto tem consequências tecnológicas: precisa-se desenvolver novas metodologias para a análise dos novos sistemas. Um grande desafio é a automatização, outro é a incorporação num GIS e fusão dos dados. O resultado, entre outros são novos produtos. Cada produto técnico reflete as ferramentas utilizadas. Assim, os mapas convencionais ("vetoriais") a médio prazo vão ter um papel de menos acentuada relevância em relação à posição que hoje ocupam.

## Agradecimentos

O autor agradece a Luiz Ernesto Renuncio (IPF-U.Karlsruhe/UFSC) pelos trabalhos de tradução e diagramação do texto.



**Bibliografia**

Bähr, H.-P. (1996): Semantic modelling for map and image data in GIS. Cografı Bilgi Sistemleri Semposyumu (*em turco*), Istanbul (Anais)

Bähr, H.-P. e Schwender, A. (1996): Linguistic confusion in semantic modelling. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna (Anais Comm. VI)

Brügelmann, R.(1996): Recognition of hatched cartographic patterns. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna (Anais Comm. III)

Ebner,H., W.Kornus e T.Olhof (1994): A simulation study on point determination for the MOMS-02/D2 space project using an extended functional model. Geo-Information-Systeme Vol. 7

Konecny,G. (1996a): Hochauflösende Fernerkundungssensoren für kartographische Anwendungen in Entwicklungsländern. (*em alemão*) Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung, Vol. 2

Konecny,G. (1996b): International mapping from space. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna (Anais Comm. IV)

Lechtenbörgel,C. (1996): Der Einsatz von MOMS-02/D2-Satellitenbilddaten zur Bevölkerungsstatistik - Das Beispiel Chitungwiza/Zimbabwe. (*em alemão*) Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung, Vol 2

Nações Unidas (1994): World Cartography. U.N. cartographic conference for asia and the pacific, Beijing

Segl, K. (1996): Integration von Form- und Spektralmerkmalen durch künstliche neuronale Netze bei der Satellitenbildklassifizierung. Diss. Univ. Karlsruhe, publicação 1997 (*em alemão*) na série da Deutsche Geodätische Kommission

Seiffert, N.F. (1996): Uma contribuição ao processo de otimização do uso dos recursos ambientais em microbacias hidrográficas. Tese de doutorado, UFSC Florianópolis