



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Representações para dados geográficos

Lúbia Vinhas

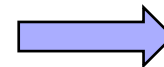
“...GIScientists study the representations of the real world rather than the real world itself.”

Taylor & Reitsma, 2013

Geoprocessamento

Representa a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratar dados espaciais, produzindo informações relevantes para tomada de decisão

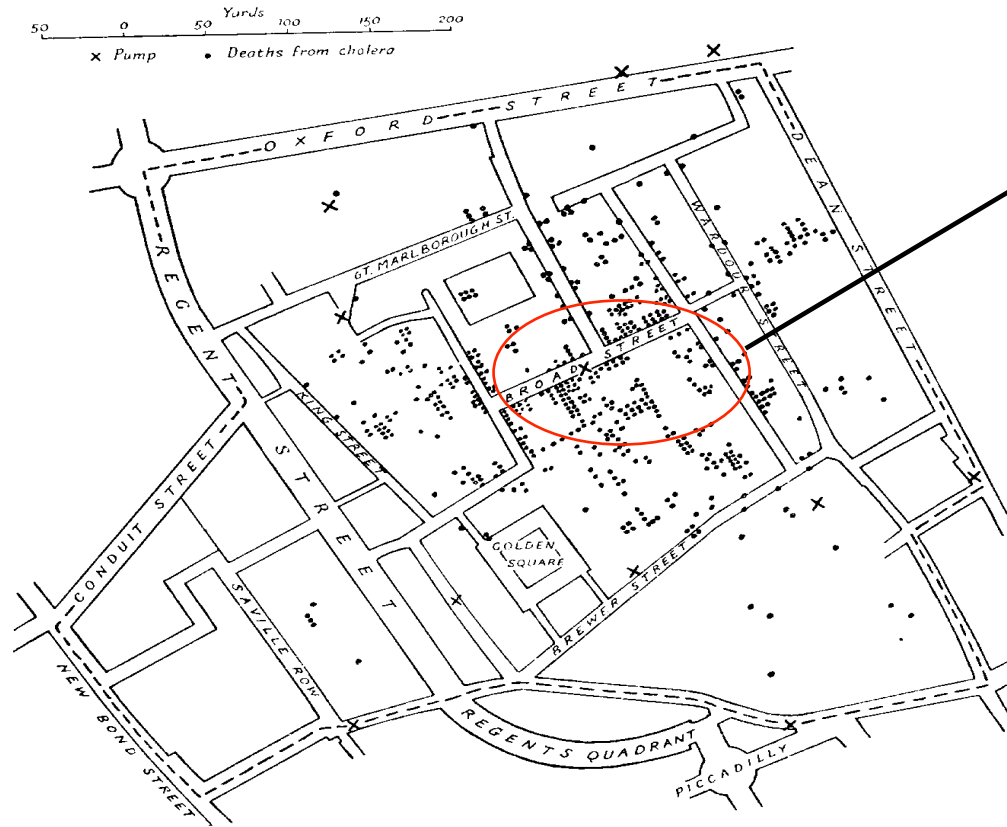
The image shows a screenshot of a news article from the website FOLHA.com. The page header includes the site logo, a weather section for São Paulo (22°C) and Rio de Janeiro (27°C), and a navigation menu with categories like 'NOTÍCIAS', 'PODER', 'MUNDO', 'MERCADO', 'COTIDIANO', 'ESPORTE', 'ILUSTRADA', 'CIÊNCIA', 'TEC', and '13 DE JANEIRO'. Below the navigation is a blue bar with the word 'cotidiano' in white. The main headline is 'Cidades atingidas por chuvas mapeiam áreas de risco, mas não têm projeto'. Below the headline, it says 'DO RIO' and '13/01/2011 - 09h29'. There is a 'Recomendar' button and a note that '55 pessoas recomendam isso.'. The article text begins with 'As três cidades da região serrana do Rio duramente atingidas pelas chuvas têm mapeamentos de áreas de risco concluídos desde 2008, mas tomaram poucas medidas concretas para evitar tragédias como a de ontem.'



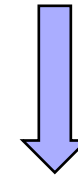
Geoprocessamento

Exemplo pioneiro

Epidemia de cólera em Londres em 1854:



Mapa criado pelo Dr. John Snow mostrando um cluster de ocorrências ao redor do poço de fornecimento de água



Fechamento do poço coincide com o retrocesso da epidemia, corroborando hipótese da transmissão pela água

Histórico

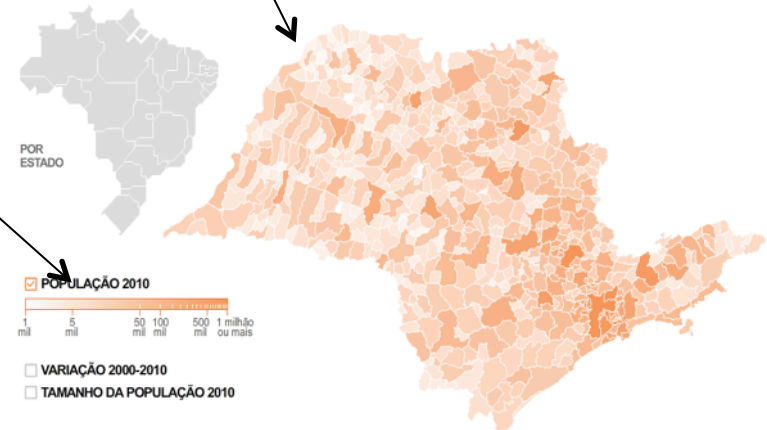
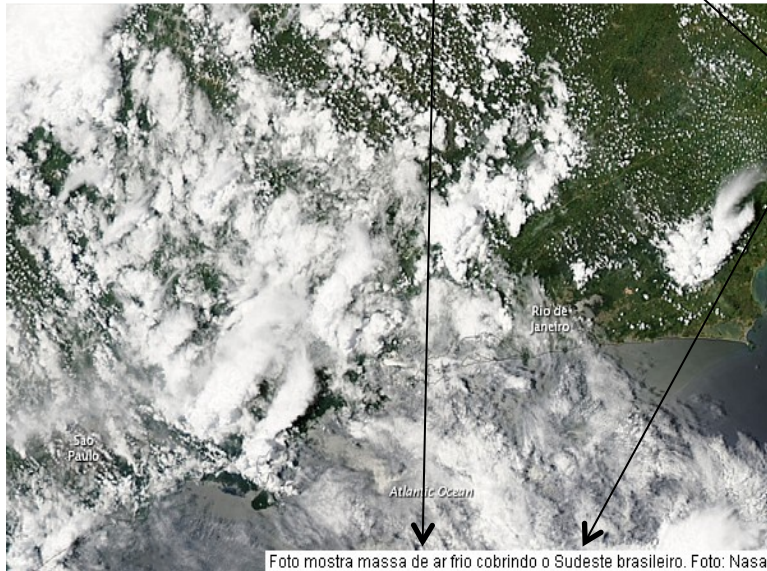
- **Anos 50:** redução de custos de produção e manutenção de mapas. Aplicações específicas foram desenvolvidas na Inglaterra (botânica) e nos EUA (tráfego)
- **Anos 60:** programa governamental no Canadá para inventário de recursos naturais
- **Anos 70:** criação da expressão Geographic Information System - GIS (SIG – Sistema de Informação Geográfica). Empresas começam a comercializar SIGs, alto custo e para computadores de grande porte
- **Anos 80:** computadores pessoais e estações de trabalho popularizam acesso aos SIG's. Criação de centros específicos como NCGIA marcam o estabelecimento do Geoprocessamento
- **Anos 90:** interesse em software livre de licença chega, aumentando uso dos SIG's
- **Anos 2000:** ênfase em acesso e publicação de dados no ambiente da Internet

Dados Espaciais

- Dados que contém uma **localização** espacial em algum **sistema de referência**. Contém informação sobre a localização, forma e as relações topológicas entre feições de interesse.
- Sistemas de Referência
 - São basicamente as diferentes perspectivas de um observador quanto a descrição de medidas (ex. posição). Sistemas de coordenadas são as diferentes formas de descrever medidas sob essas perspectivas
- Dados Geográficos ou Geoespaciais
 - São aqueles onde o sistema de referência é a superfície da terra

Dados espaciais ou geográficos

Caracterizam-se por: **localização geográfica** (**onde** o fenômeno ocorre) e **atributos** (**descrição** do fenômeno)

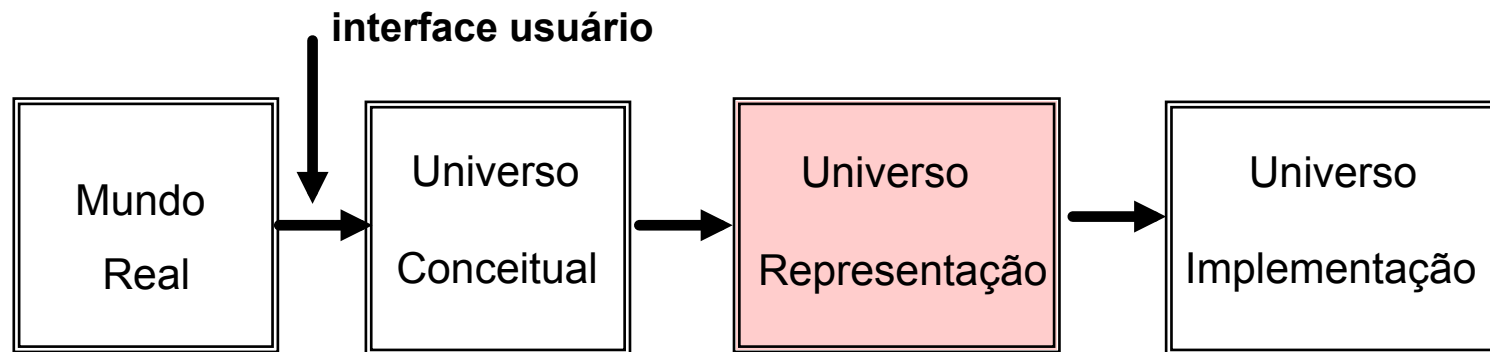


	2000	2010	Variacão	-100%	-50%	0	+50%	+100%
ELDORADO	14.134	14.645	3,62%					
SP	37.032.403	41.252.160	11,39%					
BRASIL	169.799.170	190.732.694	12,33%					

* Município com criação posterior ao ano de 2000

Paradigma dos 4 universos

- Permite traduzir o mundo real para o ambiente computacional :
 - Mundo Real: fenômenos a serem representados (cadastro urbano, vegetação, solos)
 - Universo Conceitual: distinção entre classes formais de fenômenos contínuos e objetos individualizáveis (campos e objetos)
 - Universo de Representação: diferentes representações geométricas (matrizes e vetores)
 - Universo de implementação: estruturas de dados e linguagens de programação (*R-tree* e *Quad-tree*)



Universo do Mundo Real

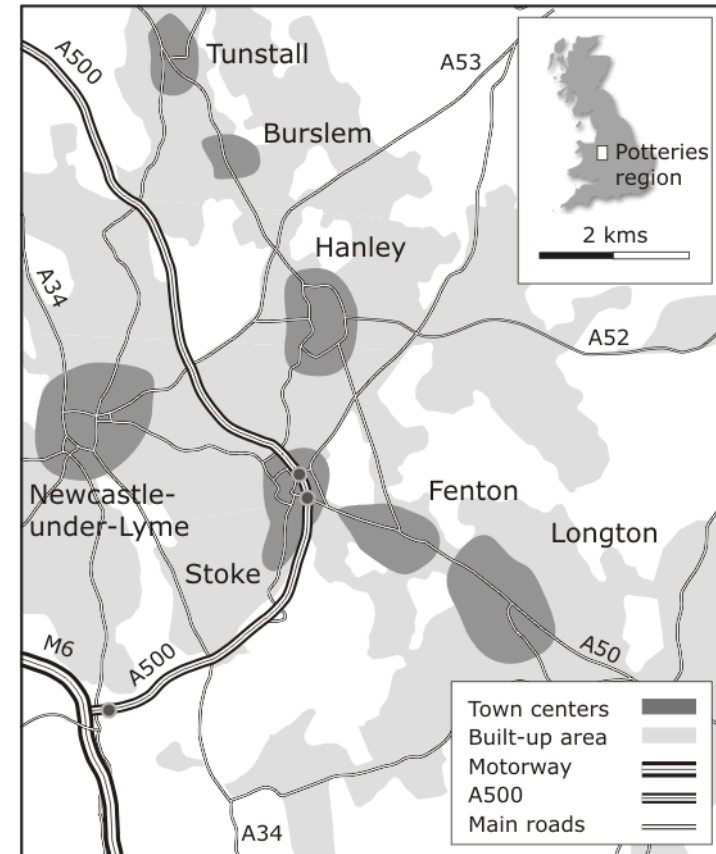
- Geoprocessamento manipula dados de naturezas e fontes distintas
- São organizados na forma de **camadas** (ou mapas). Um mapa é um modelo simplificado da realidade. Uma representação, em escala, de uma seleção de entidades abstratas relacionadas com a superfície da Terra
- Modelo que se interpõe entre a realidade e a base de dados de uma aplicação geográfica

Exemplo camadas

“*The Potteries*” (“As cidades ceramistas”) conjunto de 6 cidades da Inglaterra com diversas indústrias relacionadas a cerâmica

A região se desenvolveu durante a revolução industrial inglesa

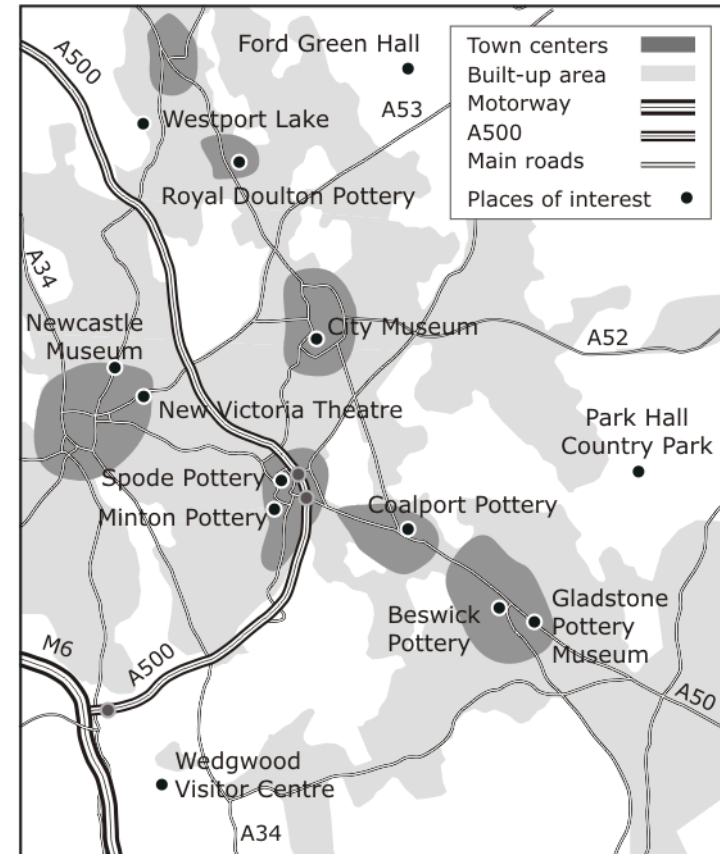
As comunidades locais produziam produtos de alta qualidade, mesmo em condições menos favoráveis



Inventário de recursos

Dado o patrimônio cultural da área, a indústria local de turismo é significativa

Camada com pontos de interesse cultural, equipamentos de recreação presentes na região e combiná-los com detalhes de infraestrutura de transporte e hospedagem

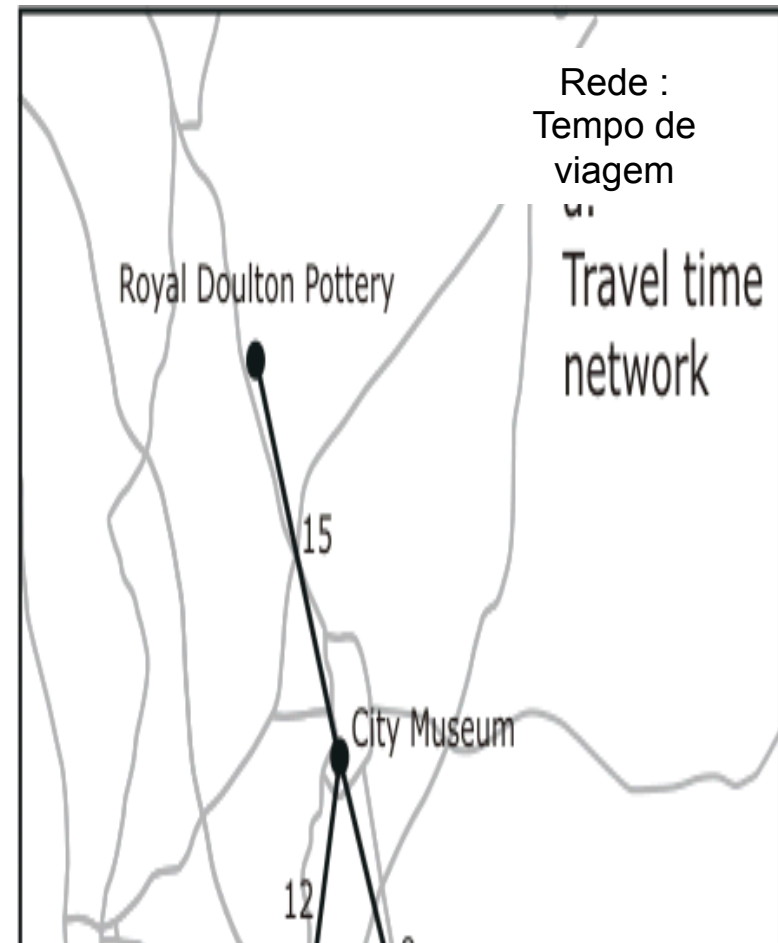


Análises de redes

Deseja-se encontrar uma rota, usando as rodovias principais, para visitar cada cidade (e o Museu da Cidade) uma vez, minimizando o tempo de viagem

É necessário uma rede que diga o tempo de viagem entre as cidades.

Gerado a partir do tempo médio de viagem nas vias principais mostradas na **camada de rede viária**

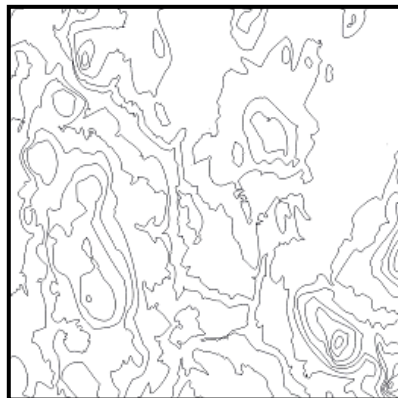


Análises de terreno

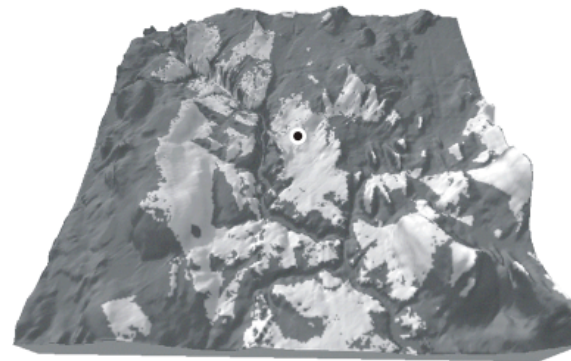
Comunidades locais estão interessadas no impacto visual causado pela possível abertura de novas minas de carvão

Análise de visibilidade: medida o tamanho da população local dentro de um ângulo de visada (um mapa de todos os pontos visíveis a partir de uma dada localização)

Análise de terreno é geralmente baseada em uma **camada com dados de elevação** em localizações pontuais



Isolinhas de altimetria



Projeção perspectiva a partir de um ponto de visada. Regiões mais escuras marcam as áreas que não estarão visíveis.

Sobreposição de camadas

Determinar o potencial de diferentes localizações para a extração de areia e cascalho

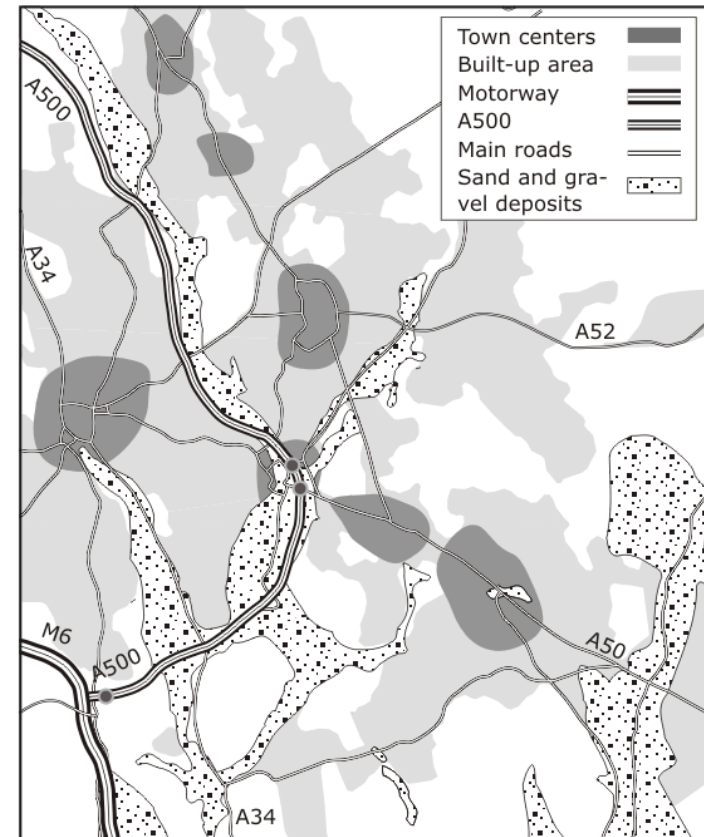
Apresentar e analisar camadas de:

Geologia

Estrutura urbana

Lençol freático

Zoneamento

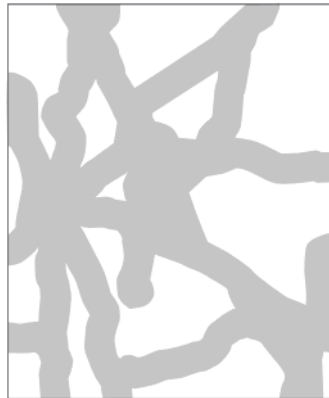


Localização dos depósitos de areia e cascalho

Sobreposição de camadas

Consulta: encontre as localizações que estão a 0.5 km de uma rodovia principal, em uma área não construída, com depósitos de areia/cascalho

0.5 km zona de influência das rodovias principais



Depósitos conhecidos de areia e cascalho

Áreas escuras indicam áreas não construídas



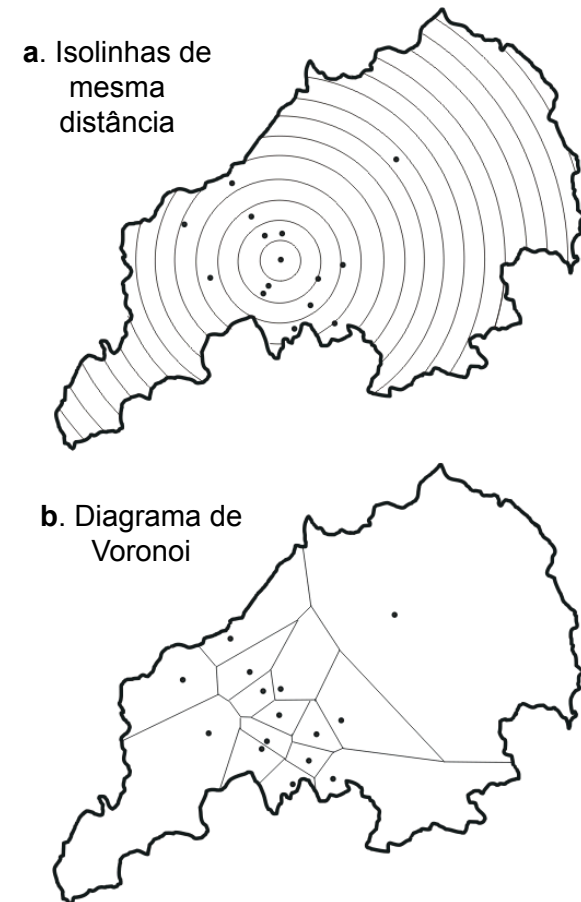
Interseção das 3 camadas resultando nas áreas que atendem a consulta

Análises de localização

Alocação de hospitais na área das *Potteries*

Construa a vizinhança dos hospitais existentes, baseado nas suas posições e os tempos de viagem até elas

É então possível suportar melhor decisões sobre o fechamento, realocação ou a criação de um hospital



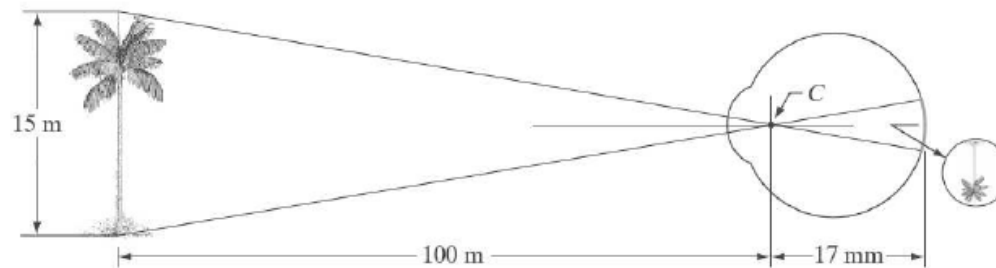
Tipos de mapas

- Mapas **Temáticos**: informações **qualitativas** sobre o espaço. Ex: Mapa de uso do solo ou Mapa de vegetação
- Mapas **Numéricos**: informações **quantitativas** sobre o espaço. Ex: Grade com valores de altimetria
- Mapas **Cadastrais**: informações sobre objetos discretos do mundo. Ex: Lotes urbanos com sua localização e seus atributos.
- Mapa de **Redes**: informações sobre objetos discretos que forma redes. Ex. Rede elétrica (postes e linhas de transmissão)
- **Imagens**: informações numéricas obtidas por sensores remotos. Ex: Fotografias aéreas, imagens de satélites e radares

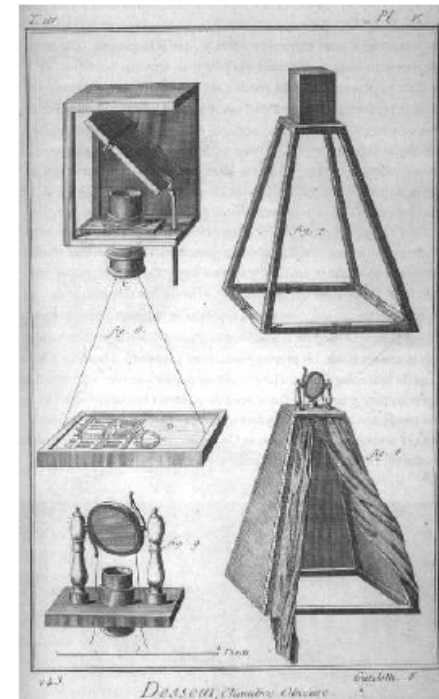
IMAGENS

Aprisionar a luz

- Câmera de orifício (*pinhole camera*)
 - Século 4 AC – gregos
 - Século 10 DC – Ibn al-Haytham
- Câmera escura (*dark chamber*)
 - Giovanni Battista Della Porta, 1558



(G&W-07)



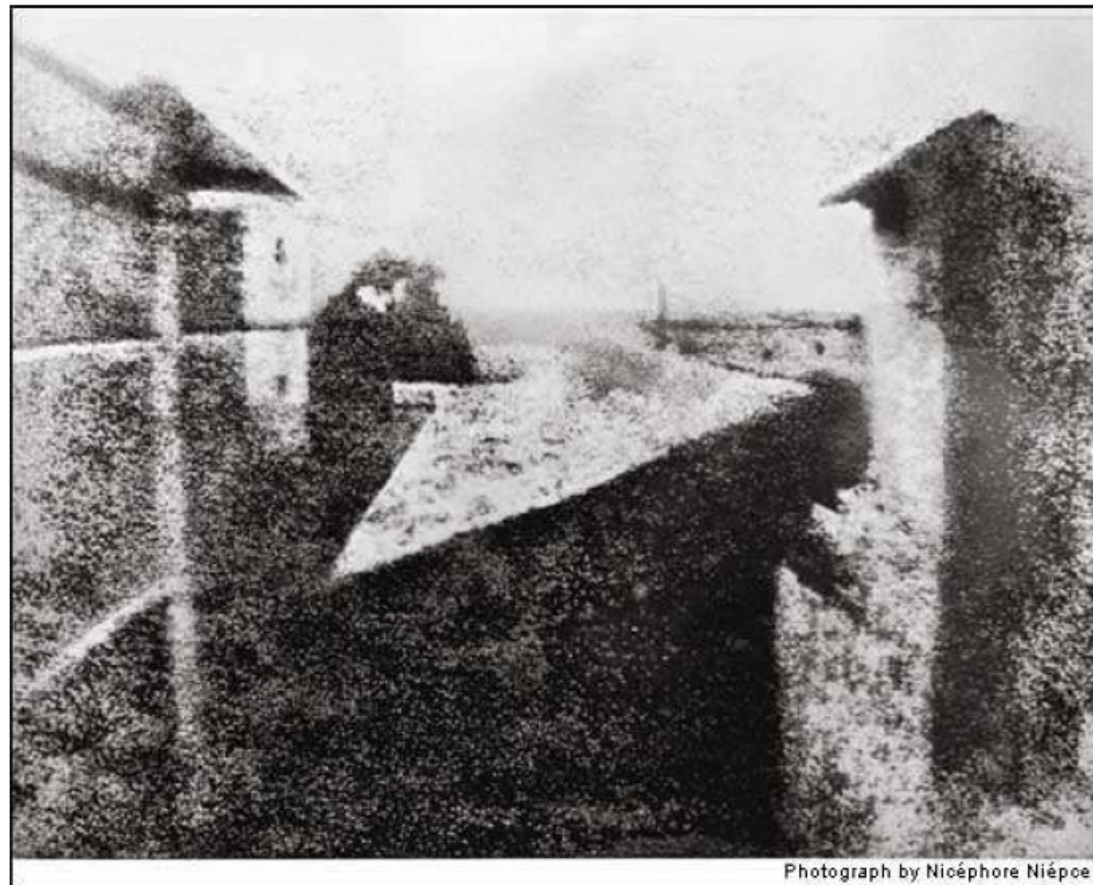
(Wiki-08)

Fotografia

- Joseph Nicéphore Niépce (1765-1833)
- Heliografia (gravar com o sol)



*View from the Window
at Le Gras (1826)*



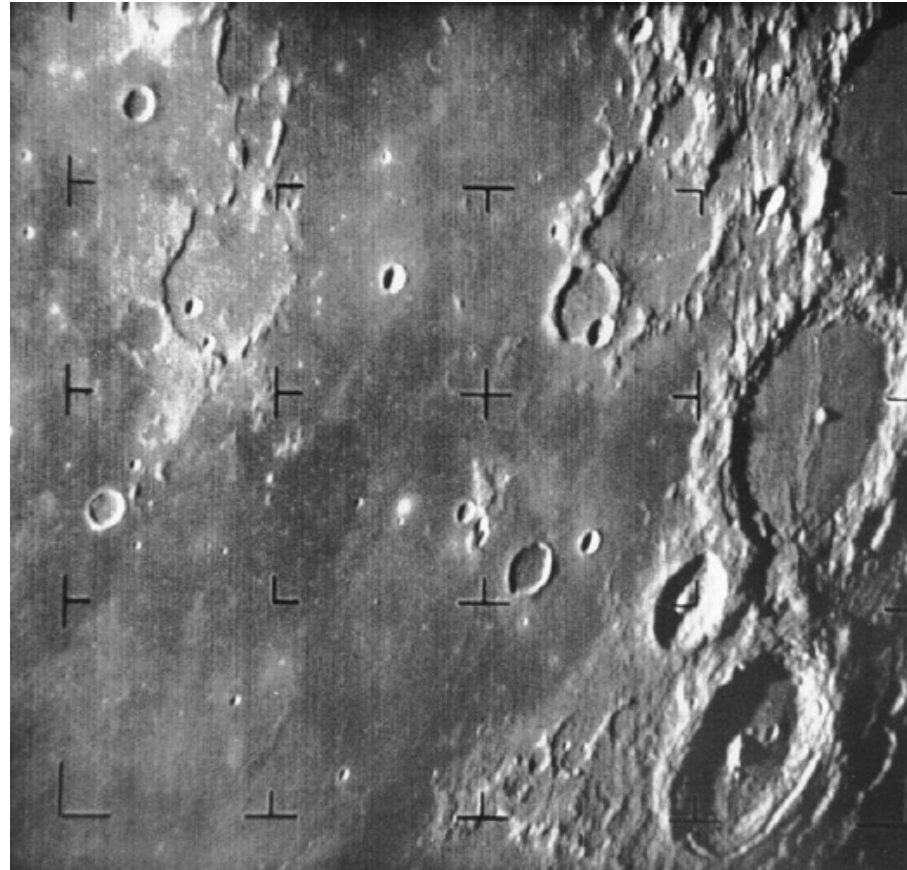
Primeira imagem digital (?)

- Russel Kirsch - 1957
- Standards Eastern Automatic Computer (SEAC),
- National Bureau of Standards (NBS)
(Hoje: National Institute of Standards and Technology – NIST).
- 176×176 píxeis e 5cm × 5cm



O início do processamento digital de imagens

- Anos 60
- Computadores suficientemente poderosos
- Programa espacial americano
- JPL – Jet Propulsion Laboratory
- Imagens da Lua pelo Ranger-7



Ranger-7 (jul, 1969)

Satélites

- LANDSAT 80, 60 / 30 / 15 m
- SPOT-5 20 / 10 m , 5 / 2.5 m
- Ikonos 4 / 1 m
- Quickbird 2.4 / 0.6 m
- WorldView-1 0.5 m
- WorldView-2 1.84 / 0.46 m
- GeoEye-1 1.65 / 0.41 m (ex-Orb view)
- CBERS 2B / 20m, 80 m

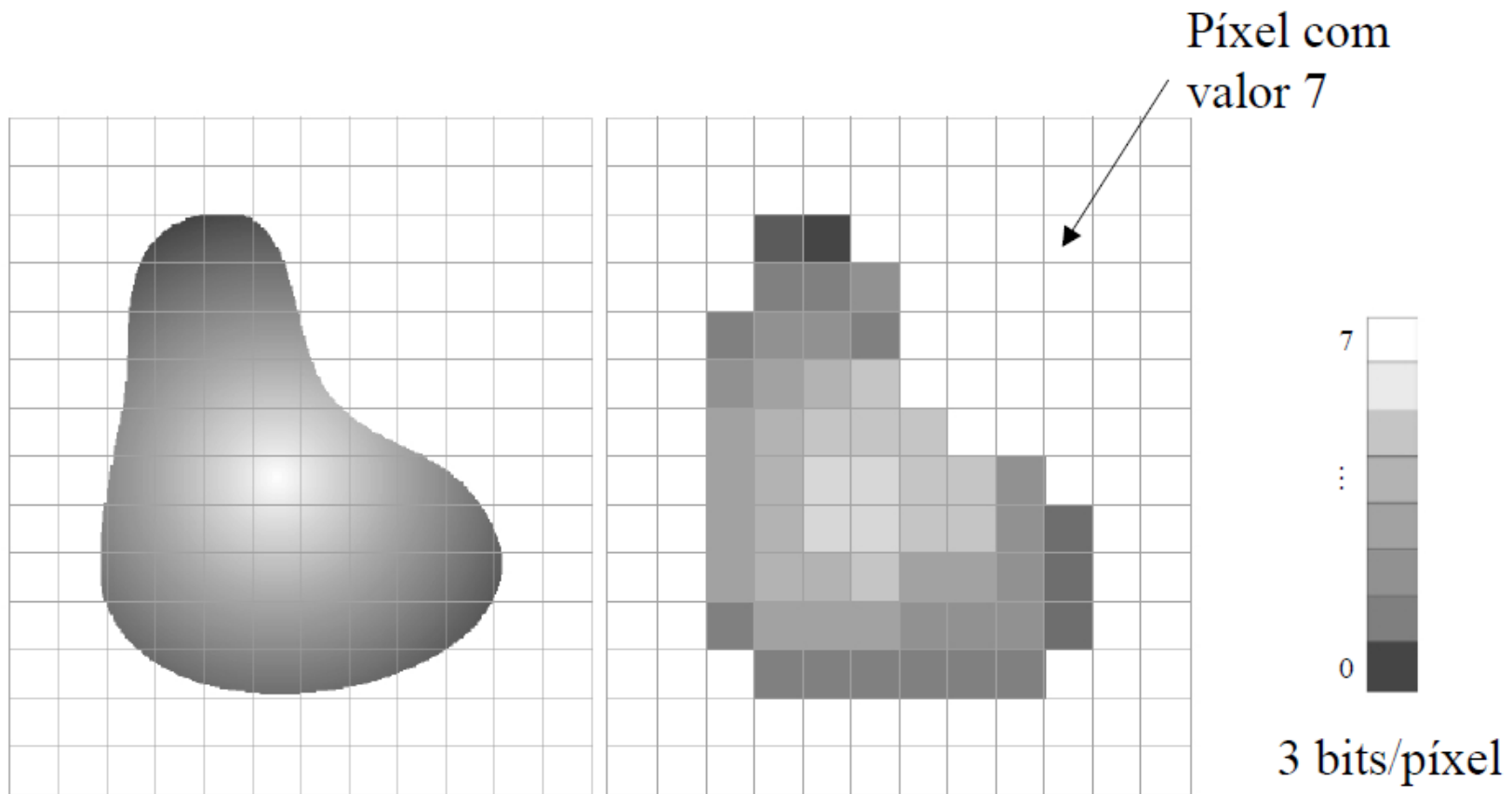
landsat.gsfc.nasa.gov/

<http://www.spot.com/home>



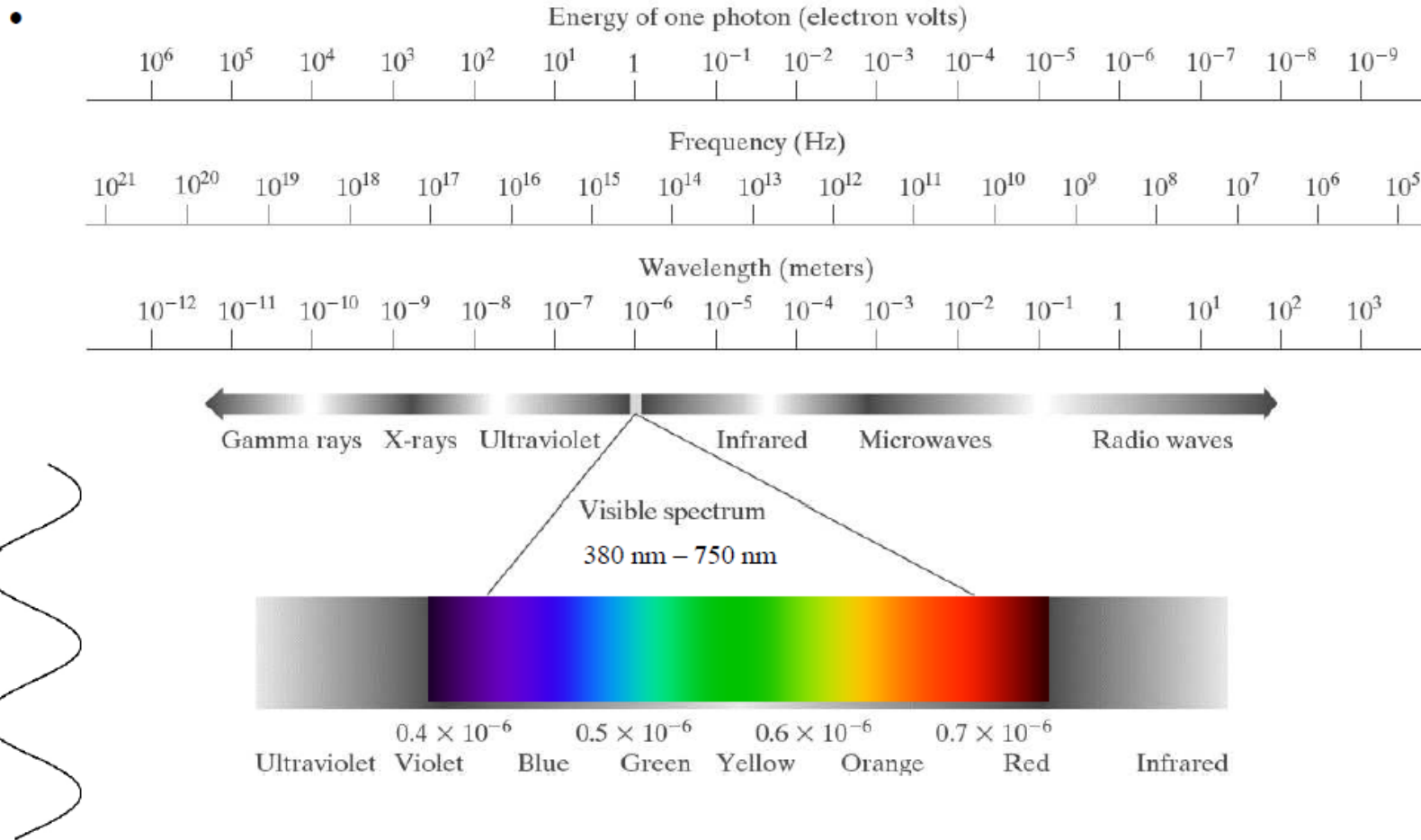
Spot-5 2.5 m Tripoli

Aquisição de Imagens

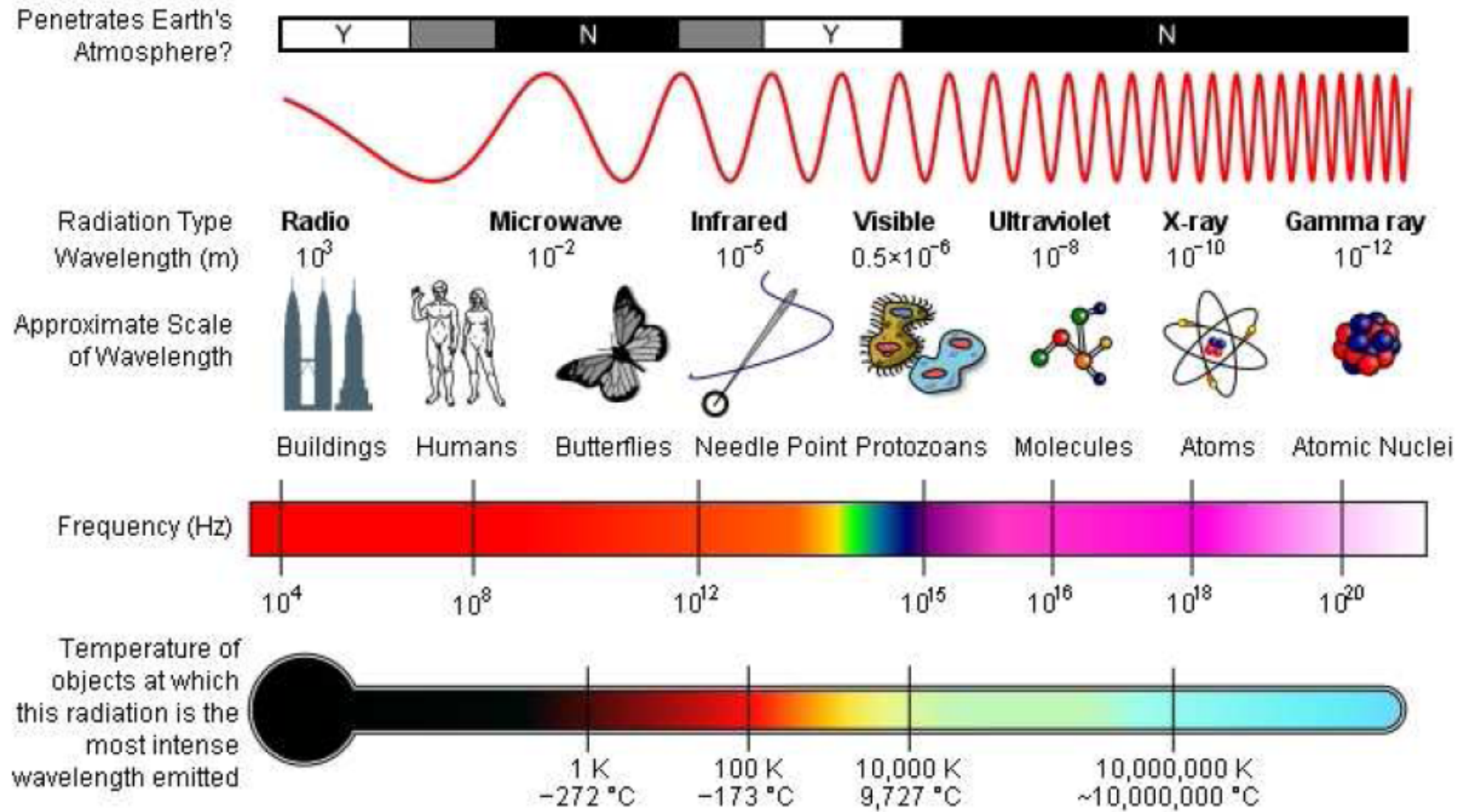


Níveis de quantização típicos: 1, 8, 11 bits / píxel

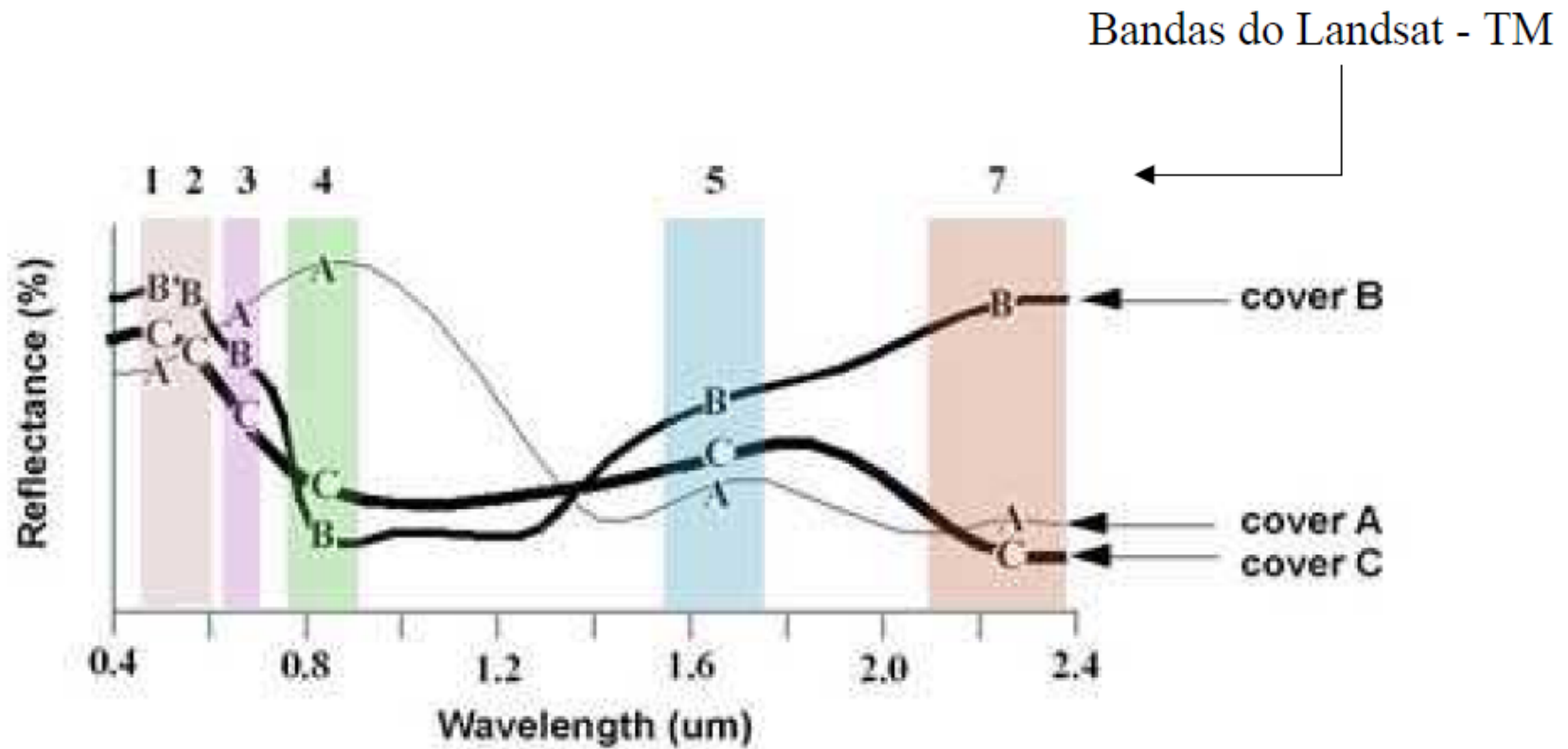
Espectro Eletromagnético



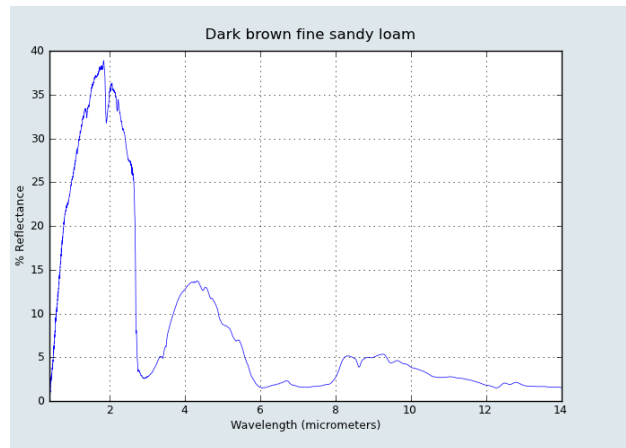
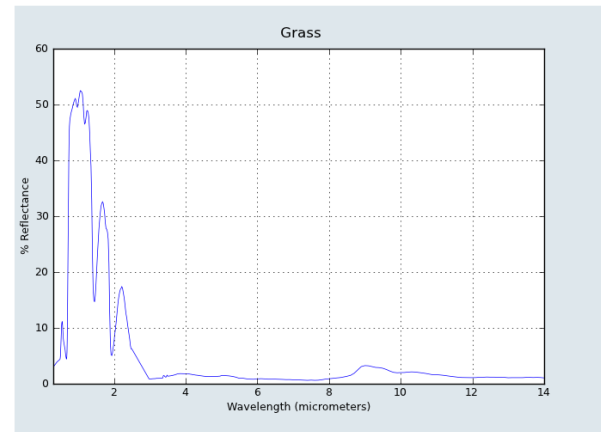
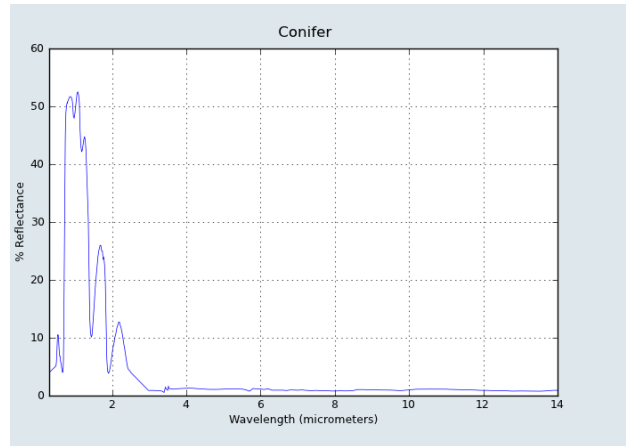
Espectro Eletromagnético



Curvas Espectrais



Curvas espectrais



Exemplos: ASTER Spectral Library
<http://speclib.jpl.nasa.gov/>

Escala dos Tons de Cinza

- LANDSAT-5 Washington-DC band 4



Infravermelho
próximo

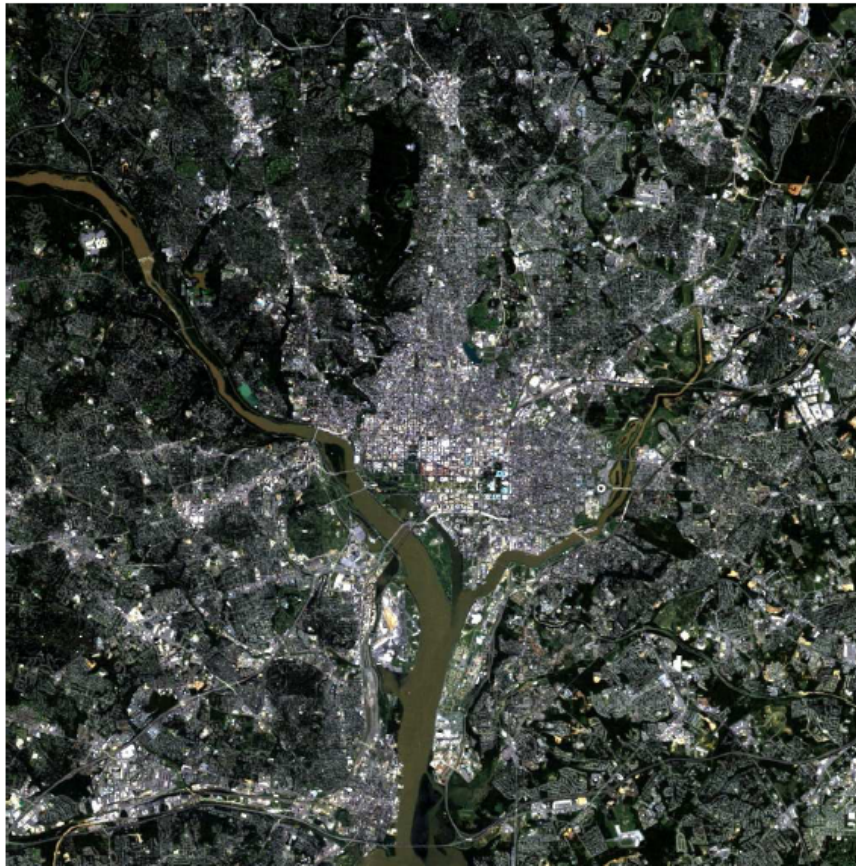
0.76-0.90 μm

(8 bits/píxel)

(G&W-08)

Colorida (True Color)

- LANDSAT-5 Washington-DC (R,G,B) => (3,2,1)



R Vermelho

G Verde

B Azul

Colorida (Falsa Cor)

- LANDSAT-5 Washington-DC (R,G,B) =>(5,4,3)



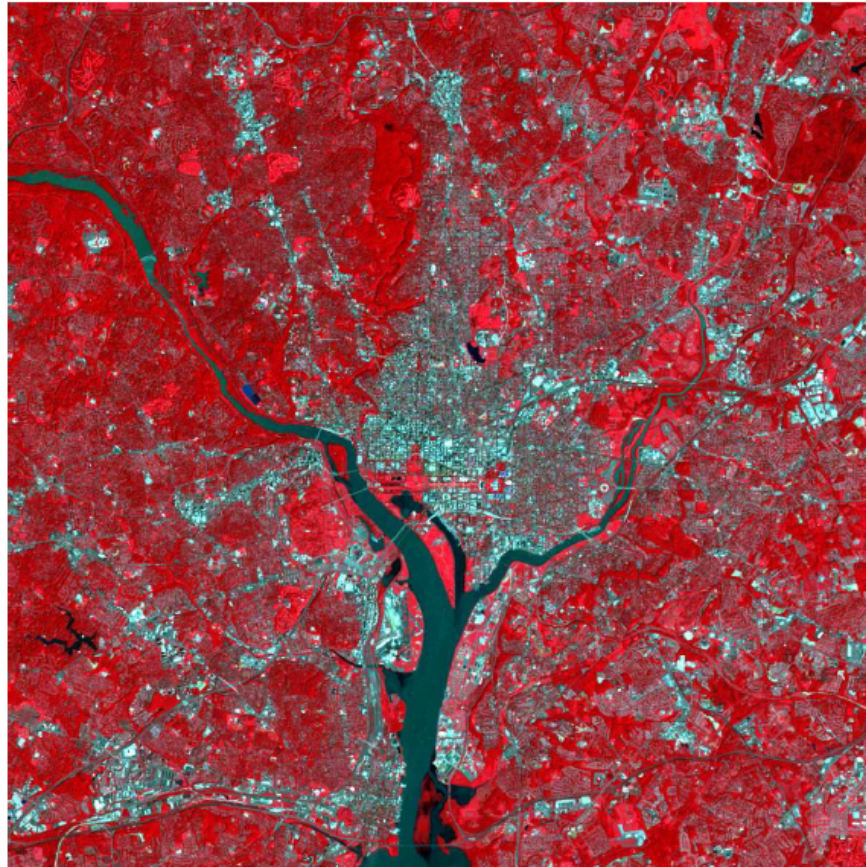
R Infravermelho
médio

G Infravermelho
próximo

B Vermelho

Colorida (Falsa Cor)

- LANDSAT-5 Washington-DC (R,G,B) => (4,3,2)



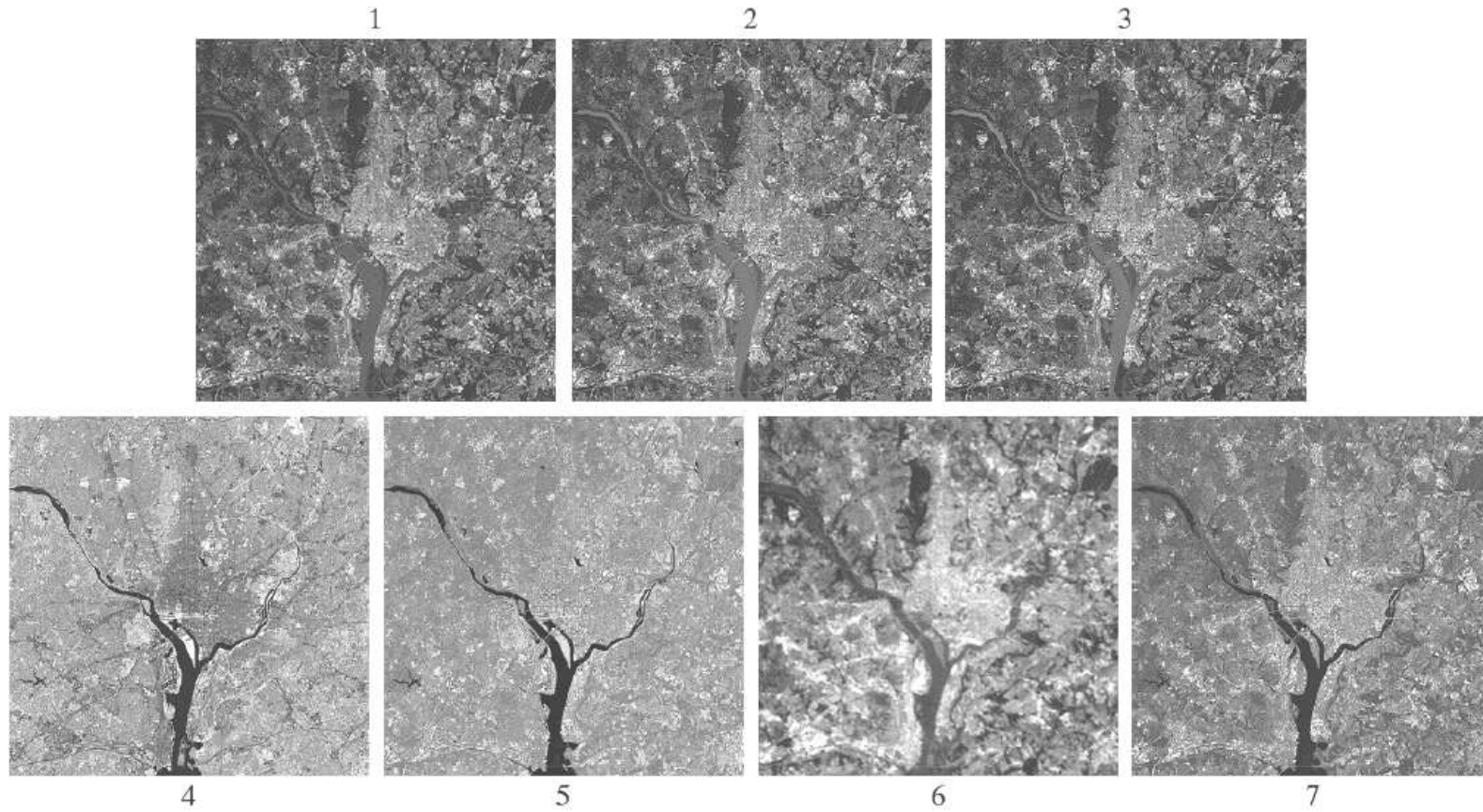
R Infravermelho
próximo

G Vermelho

B Verde

Multispectral

- Imagem LANDSAT-TM



Multispectral

- Bandas LANDSAT-TM

Band No.	Name	Wavelength (μm)	Characteristics and Uses
1	Visible blue	0.45–0.52	Maximum water penetration
2	Visible green	0.52–0.60	Good for measuring plant vigor
3	Visible red	0.63–0.69	Vegetation discrimination
4	Near infrared	0.76–0.90	Biomass and shoreline mapping
5	Middle infrared	1.55–1.75	Moisture content of soil and vegetation
6	Thermal infrared	10.4–12.5	Soil moisture; thermal mapping
7	Middle infrared	2.08–2.35	Mineral mapping

Temática (pseudo-cor)

- Imagem em pseudo-cor (mapeamento de tom de cinza para cor)



Quickbird pan+multispectral
(0.6/2.4m)

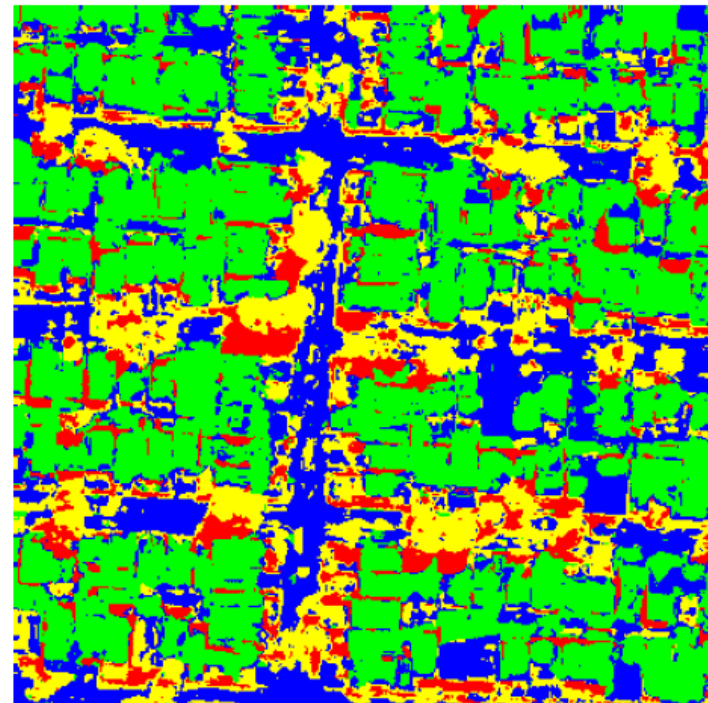
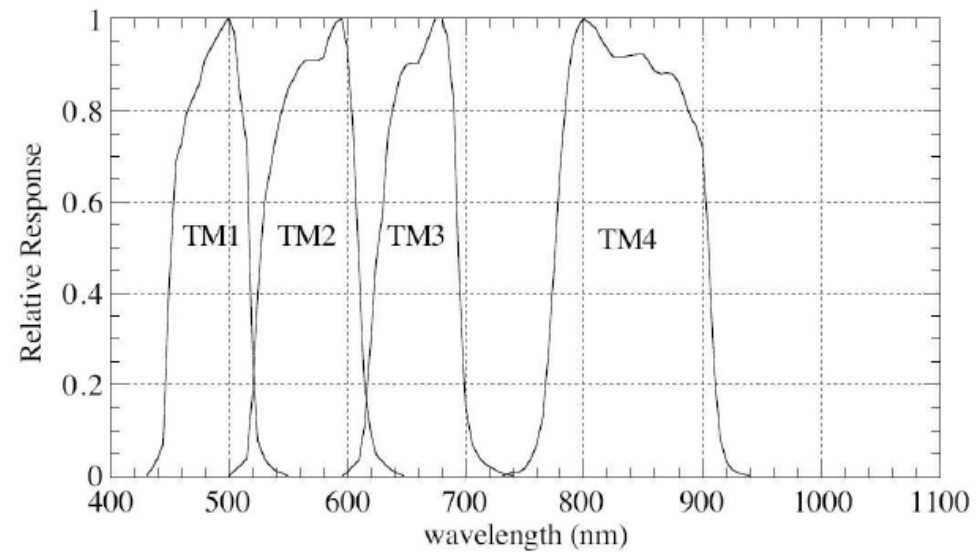
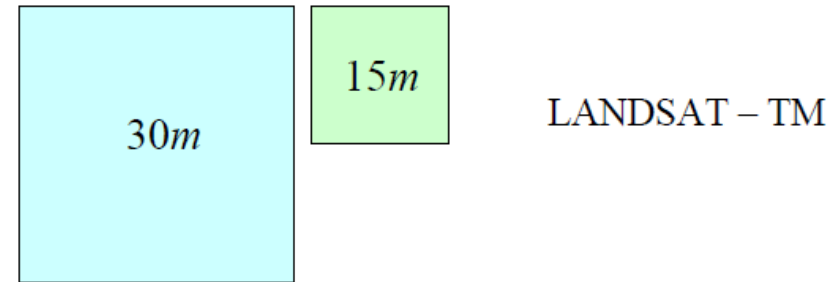


Imagem temática
(classificação maxver)

4 dimensões de resolução

- Espacial
- Espectral
- Radiométrica
- Temporal



CBERS-2B



Imagem da Câmera CCD de alta resolução de Manaus

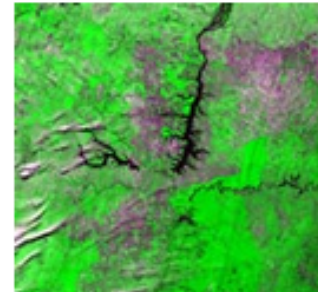


Imagem do WFI (Represa de Itaipu)



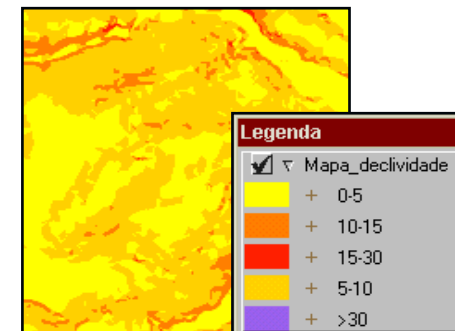
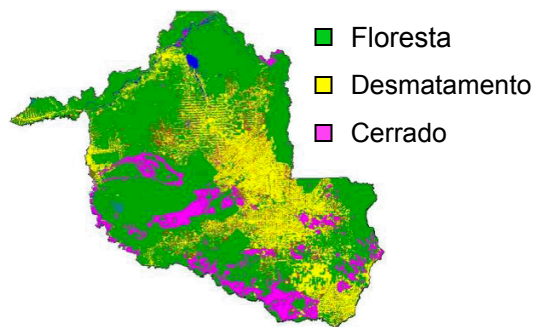
A cabeça óptica do WFI

Características da Câmera Imageadora de Alta Resolução CCD	
Bandas espectrais	0,51 - 0,73 μm (pan) 0,45 - 0,52 μm (azul) 0,52 - 0,59 μm (verde) 0,63 - 0,69 μm (vermelho) 0,77 - 0,89 μm (infravermelho próximo)
Campo de Visada	8,3°
Resolução espacial	20 x 20 m
Largura da faixa imageada	113 km
Capacidade de apontamento do espelho	$\pm 32^\circ$
Resolução temporal	26 dias com visada vertical (3 dias com visada lateral)
Frequência da portadora de RF	8103 MHz e 8321 MHz
Taxa de dados da imagem	2 x 53 Mbit/s
Potência Efetiva Isotrópica Irradiada	43 dBm

Características do Imageador de Amplo Campo de Visada WFI	
Bandas espectrais	0,63 - 0,69 μm (vermelho) 0,77 - 0,89 μm (infra-vermelho)
Campo de Visada	60°
Resolução espacial	260 x 260 m
Largura da faixa imageada	890 km
Resolução temporal	5 dias
Frequência da portadora de RF	8203,35 MHz
Taxa de dados da imagem	1,1 Mbit/s
Potência Efetiva Isotrópica Irradiada	31,8 dBm

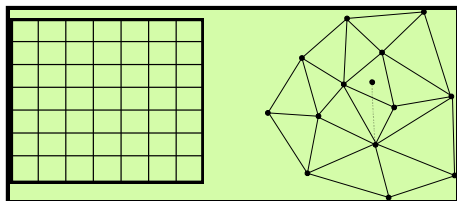
Mapas temáticos

- Distribuição espacial qualitativa da grandeza ou atributo em estudo
- Os valores da grandeza podem ser:
 - nominal: lista de valores. Ex. possíveis classes de vegetação em um mapa de vegetação {floresta, cerrado, desmatamento}
 - ordinal: escala de medida. Ex. fatias de declividade {0-5%, 5-10%, 10-15%, 15-30%, >30%}



Mapas Numéricos

- Distribuição espacial quantitativa da grandeza em estudo
- Os valores da grandeza podem ser:
 - intervalo dentro de uma referência arbitrária. Ex. Altimetria, batimetria, temperatura em graus Celsius
 - razão: referência natural. Ex. Peso
- Localização espacial pode ser representada por grades regulares ou triangulares



1050.1	1022.3	1010.4	1000.6	1038.2	1011.6	
1052.1	1048.3	1054.4	1067.1	1046.1	1002.5	1013.9
1116.1	1112.4	1138.0	1090.0	1071.6	1041.4	1010.5
1129.6	1124.8	1147.0	1147.0	1111.6	1050.2	1003.9
1119.7	1135.6	1150.4	1131.4	1115.8	1074.9	1043.2
1103.9	1117.3	1094.2	1105.5	1086.7	1044.1	1036.8
1090.0	1096.4	1077.9	1056.2	1024.8	1006.1	1000.0
1048.8	1034.8	1000.0	1013.8	1033.8	1000.0	



Mapas cadastrais

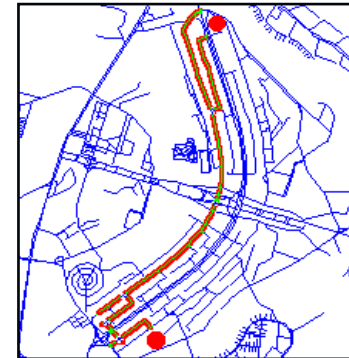
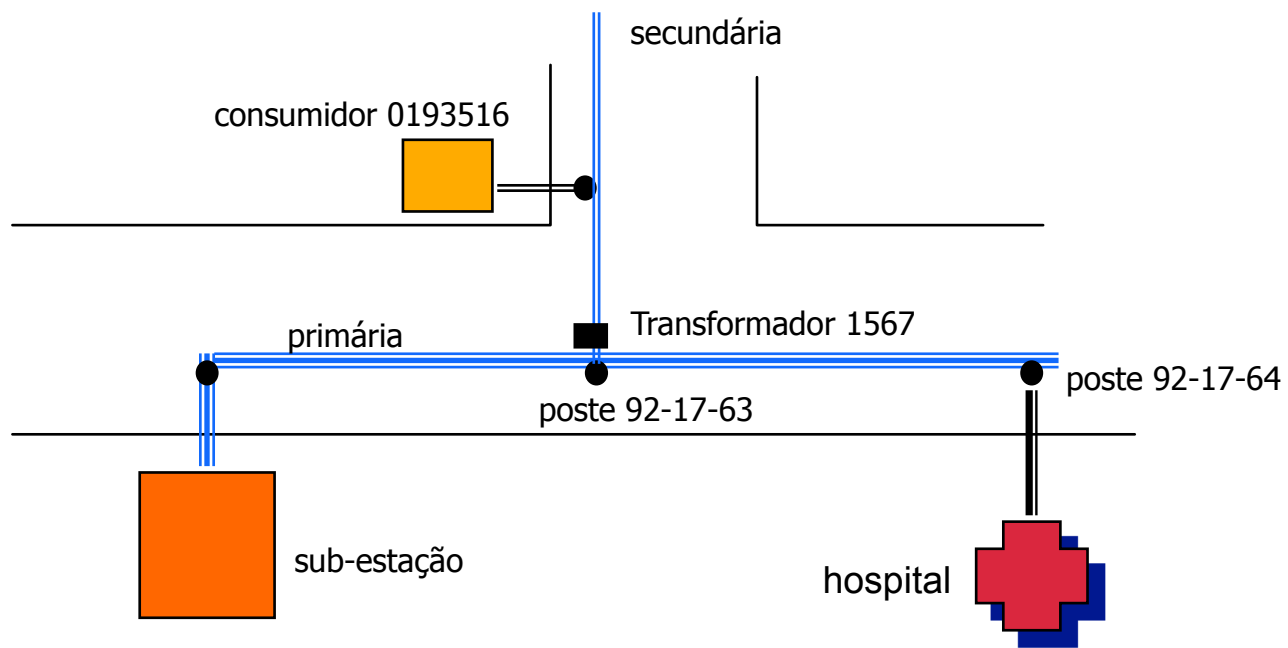
- Contém informações sobre **objetos discretos** do mundo
- Exemplos: cadastros de países, de lotes, de propriedades rurais



País	PIB (US\$bn)	Pop (milhões)
Brasil	350	159
Argentina	295	34
Chile	45	14

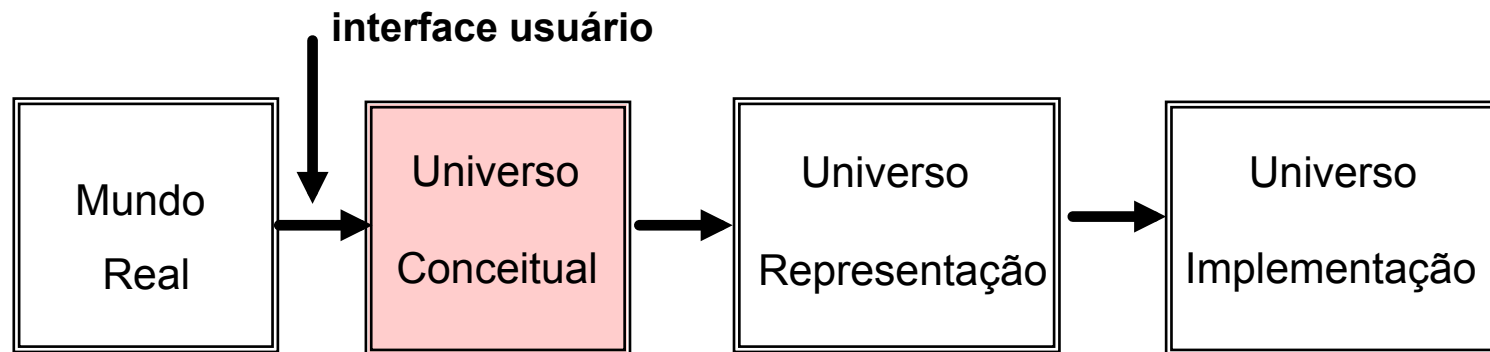
Mapas de rede

- Contêm objetos cuja referência geográfica está associada a nós ou arcos que formam uma **topologia de rede**



Paradigma de 4 universos

- Permite traduzir o mundo real para o ambiente computacional :
 - Mundo Real: fenômenos a serem representados (cadastro urbano, vegetação, solos)
 - Universo Conceitual: distinção entre classes formais de fenômenos contínuos e objetos individualizáveis (campos e objetos)
 - Universo de Representação: diferentes representações geométricas (matrizes e vetores)
 - Universo de implementação: estruturas de dados e linguagens de programação (*R-tree* e *Quad-tree*)



Universo conceitual: campo ou geo-campo

- Geo-Campo: $f = [R, A, \lambda]$, onde: $R \subset \mathfrak{R}^2$, $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ é um conjunto atributos e $\lambda: R \rightarrow A$ mapeia pontos de R para valores em A
- Representa a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a R , num dado tempo t
- Se o contra-domínio A de f é um conjunto enumerável temos um dado temático. Ex. Mapa de cobertura vegetal
- Se o contra-domínio A de f é um conjunto de valores contínuos $(-\infty$ a $+\infty)$ temos um dado numérico. Ex. mapa de aeromagnetometria
- Imagens são uma especialização de dados numérico

Definições auxiliares

- Região Geográfica (R) - uma superfície qualquer pertencente ao espaço geográfico, que pode ser representada num plano vetorial ou reticulado, dependente de uma projeção cartográfica
- Plano de informação - suporte para a representação geográfica de diferentes tipos de dados geográficos
 - É o lugar geométrico de um conjunto de dados geográficos - um geo-campo ou um mapa de geo-objetos
- Banco de Dados Geográficos - composto por conjuntos de planos de informação, um conjunto de geo-objetos e um conjunto de objetos não-espaciais

Universo conceitual: objeto ou geo-objetos

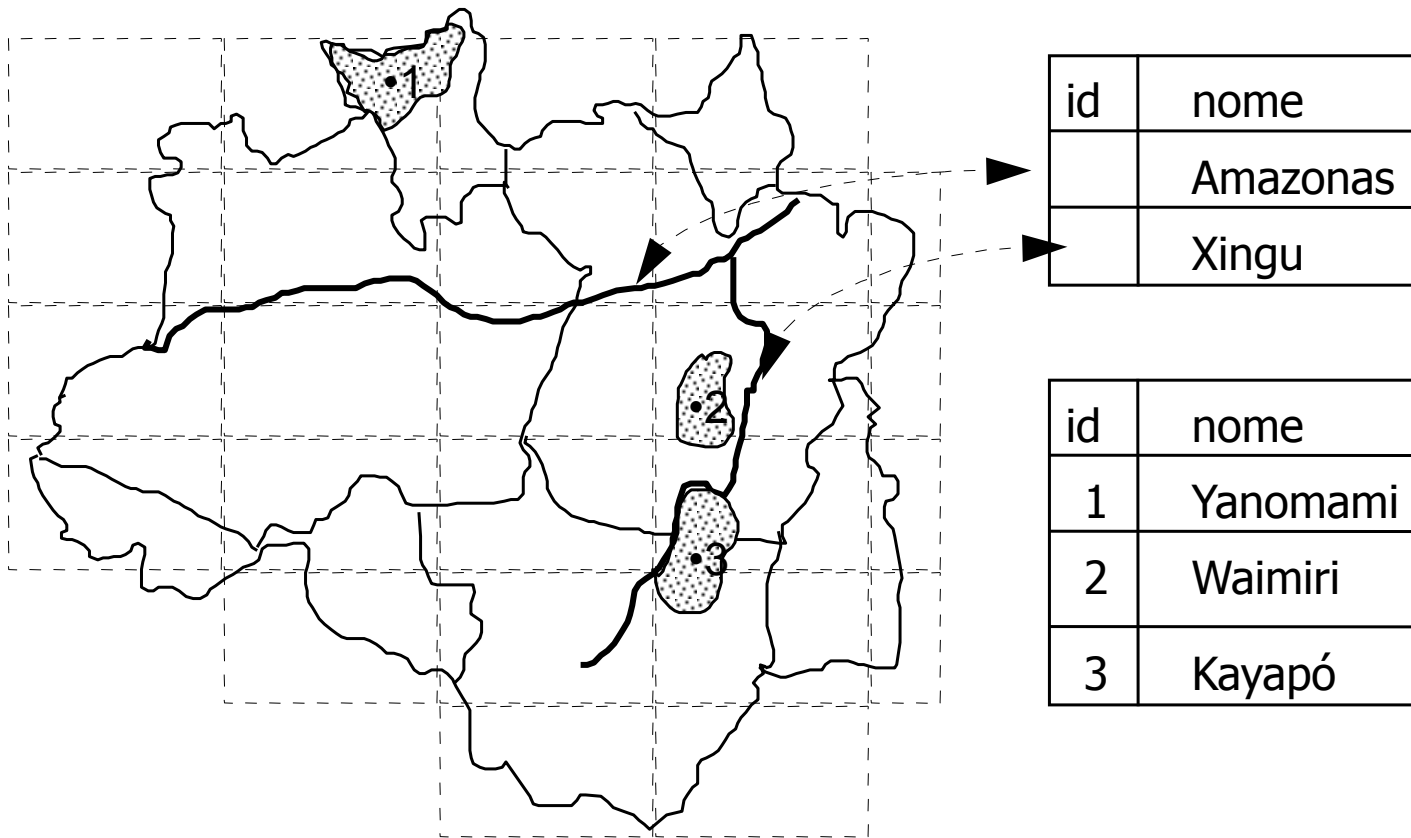
- Dadas as regiões geográficas R_1, R_2, \dots, R_n ($R_i \subset \mathfrak{R}^2$) e o conjunto de atributos convencionais $\{A_1, \dots, A_n\}$
- Um *Geo-Objeto* $go = [r_1, r_2, \dots, r_n, a_1, a_2, \dots, a_n]$, onde $r_i \subseteq R_i$ é uma parte de uma região geográfica R_i e $a_i \in A_i$ é um valor particular do atributo A_i
- É um elemento único que possui atributos não-espaciais e está associado a múltiplas localizações geográficas



País	PIB (US\$bn)	Pop (milhões)
Brasil	350	159
Argentina	295	34
Chile	45	14

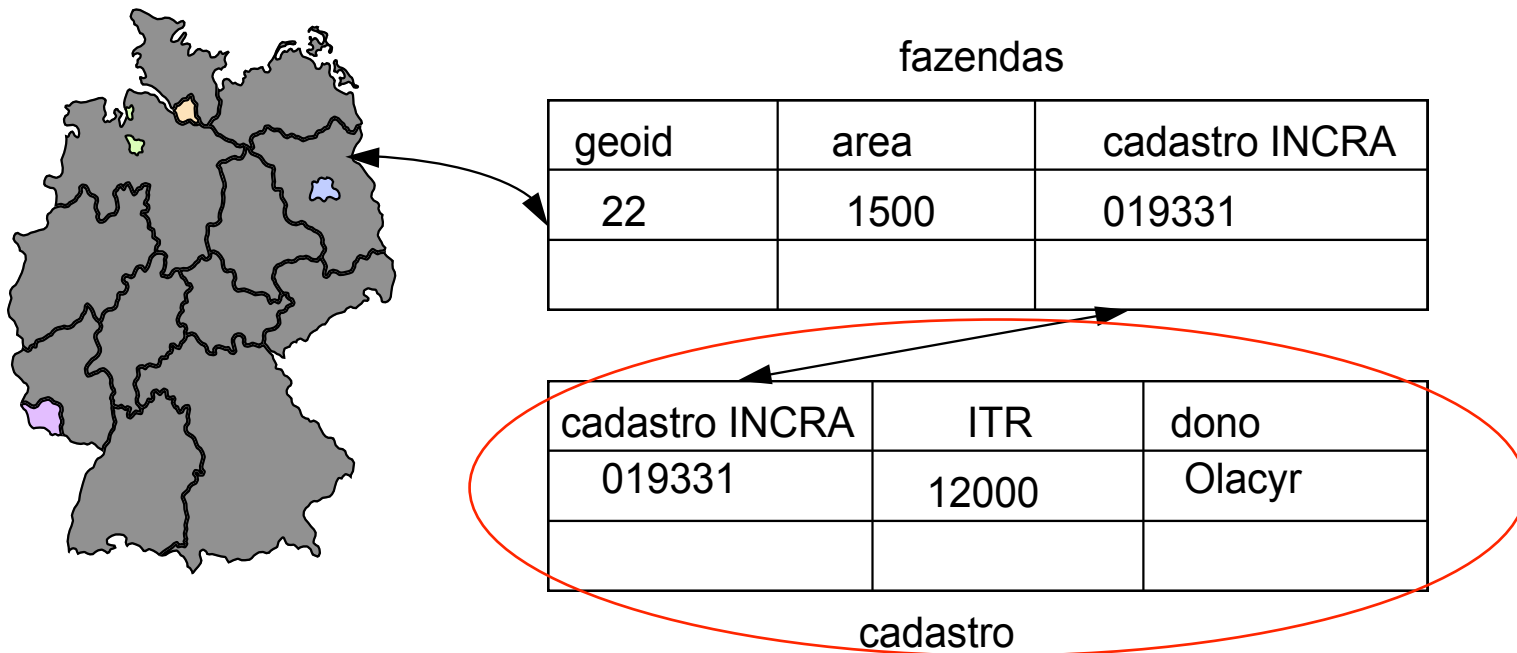
Geo-objetos

- Um geo-objeto pode possuir múltiplas representações dependendo da projeção cartográfica, escala ou instante de tempo



Universo conceitual: objetos não-espaciais

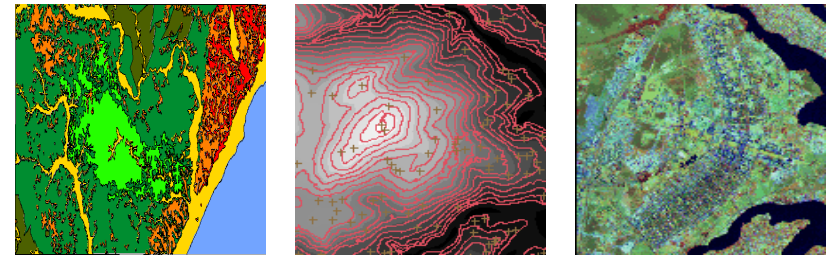
- Um objeto não-espacial é um objeto que não possui localizações espaciais associadas
- Informações não georeferenciada agregada a uma aplicação geográfica



Resumo do universo conceitual

- Campos ou geo-campos (variáveis geográficas contínuas)

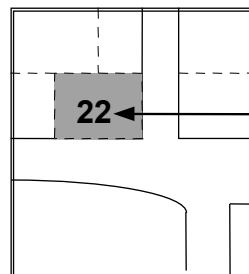
- Temático
- Numérico
- Imagem



- Objetos ou geo-objetos (variáveis geográficas discretas)

- Cadastral
- Redes

Mapa Lotes

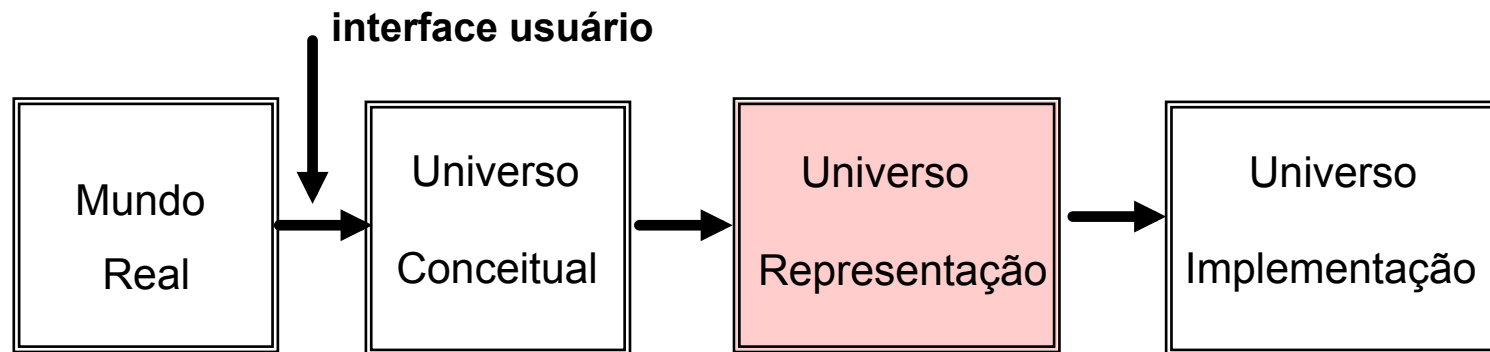


Lotes

Geoid	Dono	Ender	Cadastro
22	Guimaraes	P. Chuí, 768	250186

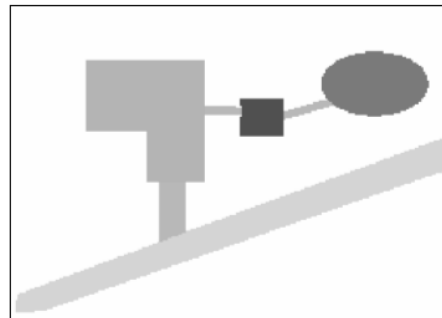
Paradigma dos 4 universos

- Permite traduzir o mundo real para o ambiente computacional :
 - Mundo Real: fenômenos a serem representados (cadastro urbano, vegetação, solos)
 - Universo Conceitual: distinção entre classes formais de fenômenos contínuos e objetos individualizáveis (campos e objetos)
 - Universo de Representação: diferentes representações geométricas (matrizes e vetores)
 - Universo de implementação: estruturas de dados e linguagens de programação (*R-tree* e *Quad-tree*)

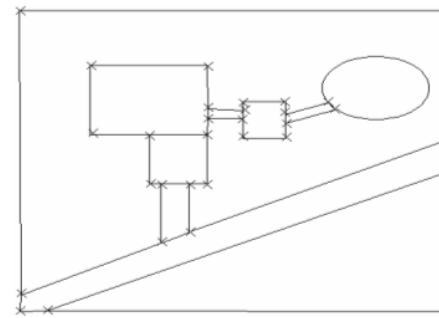


Universo de Representação

- Define as possíveis formas de representar no mundo digital os modelos do universo conceitual. Podem ser de dois tipos:
 - Vetoriais
 - Matriciais



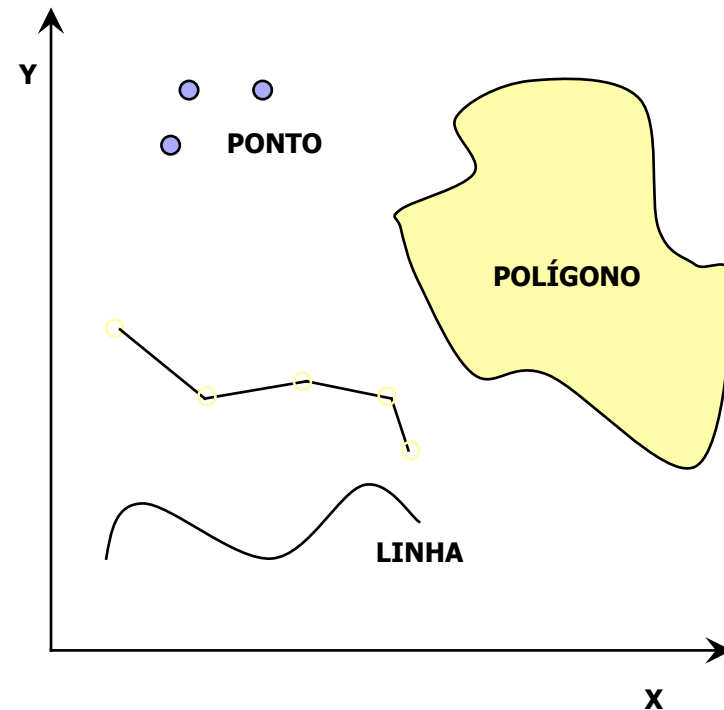
(a) matricial



(b) vetorial

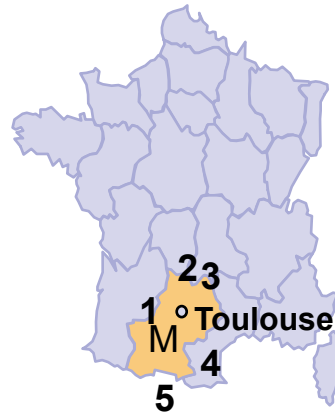
Representação vetorial

- A localização e a aparência gráfica dos objetos são representadas por um ou mais pares de coordenadas que formam elementos gráficos
- Elementos da representação vetorial podem ser compostos



Representação vetorial

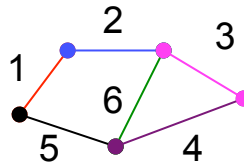
- Componentes de uma representação vetorial: ponto, linha, região
 - Ex: Região $M=\{1,2,3,4,5\}$, formada pelas linhas 1, 2, 3, 4 e 5



- Topologia:** descreve relações espaciais entre objetos, que são invariantes a rotação e translação
 - Ex. Toulouse fica **Dentro** da região M

Representação vetorial

- Topologia Arco-Nó
 - Representa uma rede linear conectada
 - Nó: representa a intersecção entre linhas, são os pontos iniciais e finais
 - Linhas são conectadas

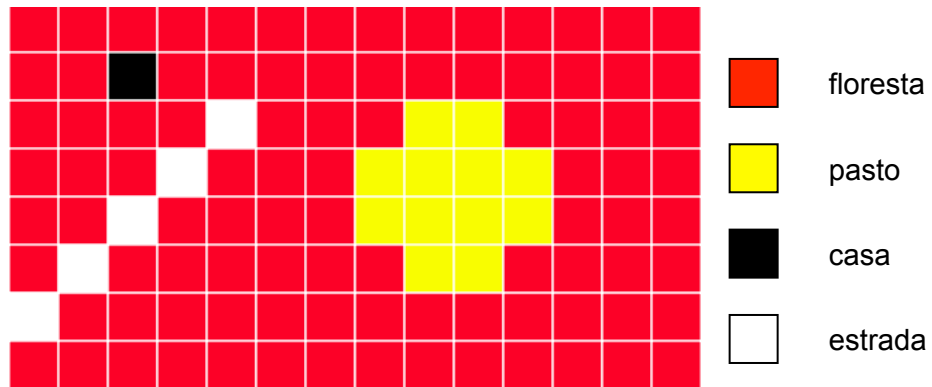


- Topologia Arco-Nó-Polígono
 - Representa elementos gráficos do tipo área ou partições do espaço



Representação matricial

- Divide a área sendo representada em uma matriz de células. A cada célula atribui-se um valor que o relaciona com o fenômeno sendo representado



10	2	1	5
6	3	4	10
3	10	94	3
11	2	7	0

10.5	2.3	1.9	5.4
6.1	3.7	4.6	10.1
3.1	10.0	94	3.4
11.6	2.3	7.9	0.5

linhas
colunas
tamanho das células
resolução dos valores

Comparação entre representações

- Vetorial

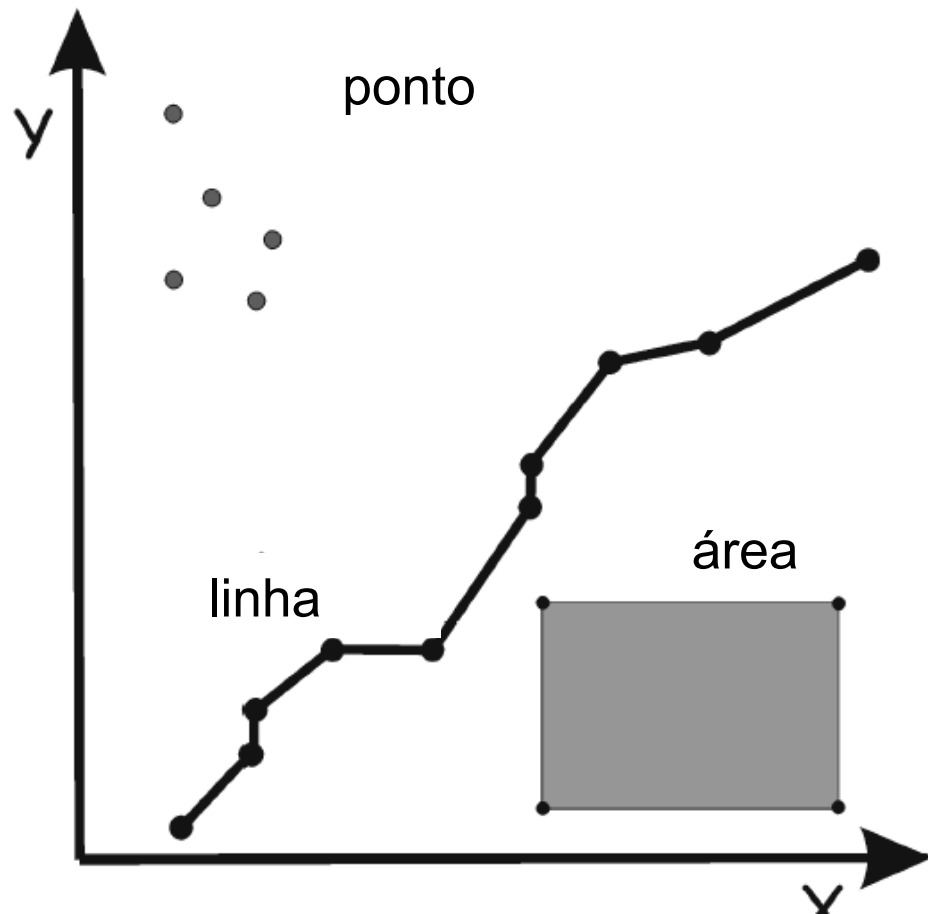
- preserva relacionamentos topológicos
- associa atributos a elementos gráficos
- melhor exatidão e eficiência de armazenamento

- Matricial

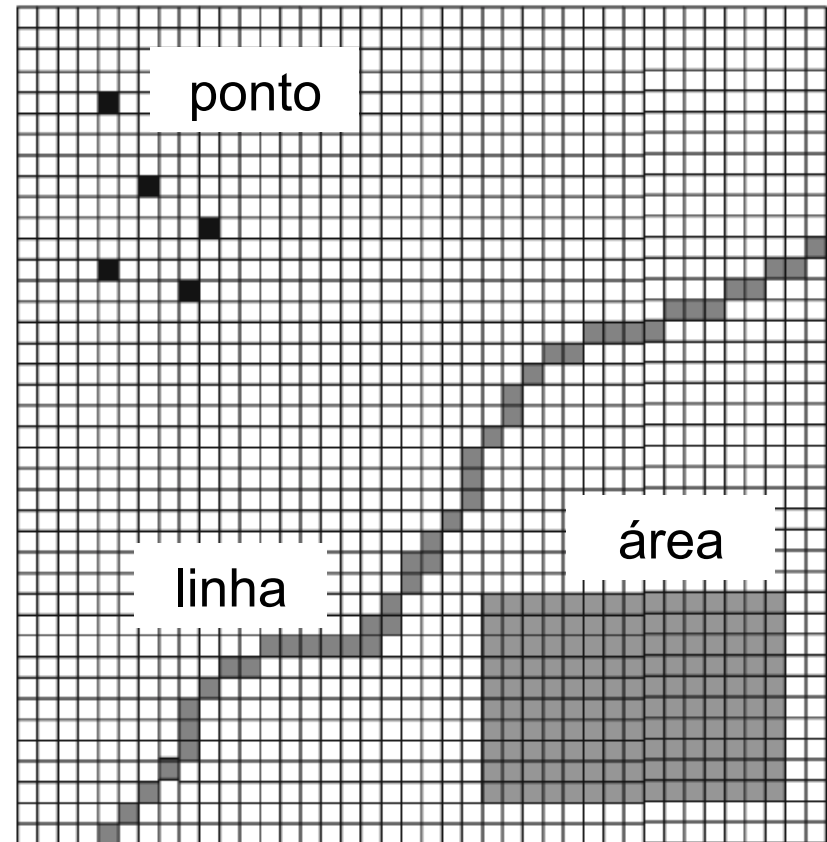
- fenômenos variantes no espaço
- adequado para simulação e modelagem
- processamento mais rápido e simples
- maior gasto em armazenamento

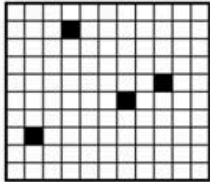

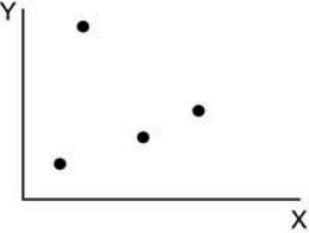
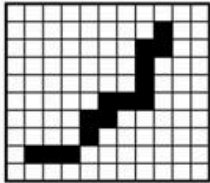
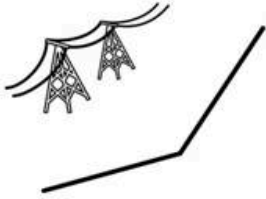
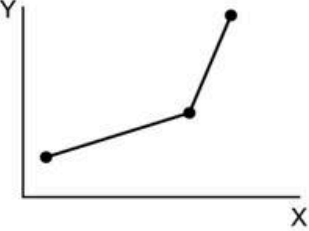
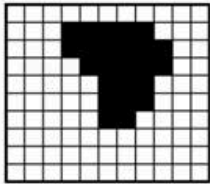

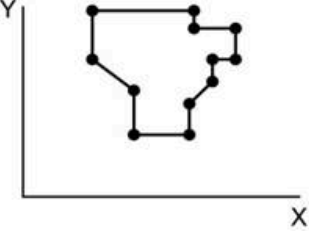
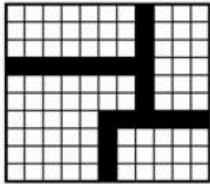
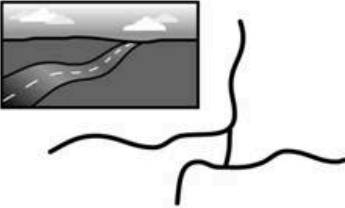
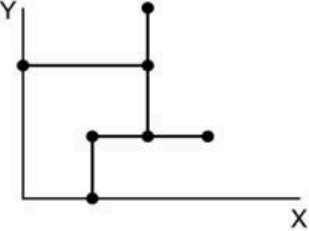
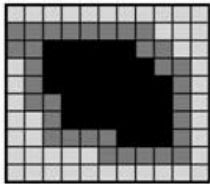

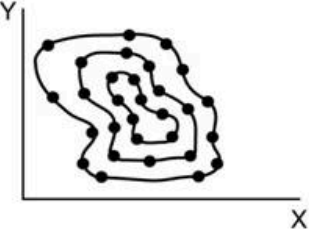
Comparação entre as representações

Vetorial



matricial



The raster view of the world	Happy Valley spatial entities	The vector view of the world
	 <p data-bbox="685 347 846 405">x Points: hotels</p>	
	 <p data-bbox="685 655 846 683">Lines: ski lifts</p>	
	 <p data-bbox="685 932 846 959">Areas: forest</p>	
	 <p data-bbox="685 1211 846 1238">Network: roads</p>	
	 <p data-bbox="663 1490 869 1517">Surface: elevation</p>	

Exemplo de comparação gráfica entre raster e vector.

Fonte: G338/G538 - Introduction to GIS
(www.indiana.edu/~gisci/courses/g338)