

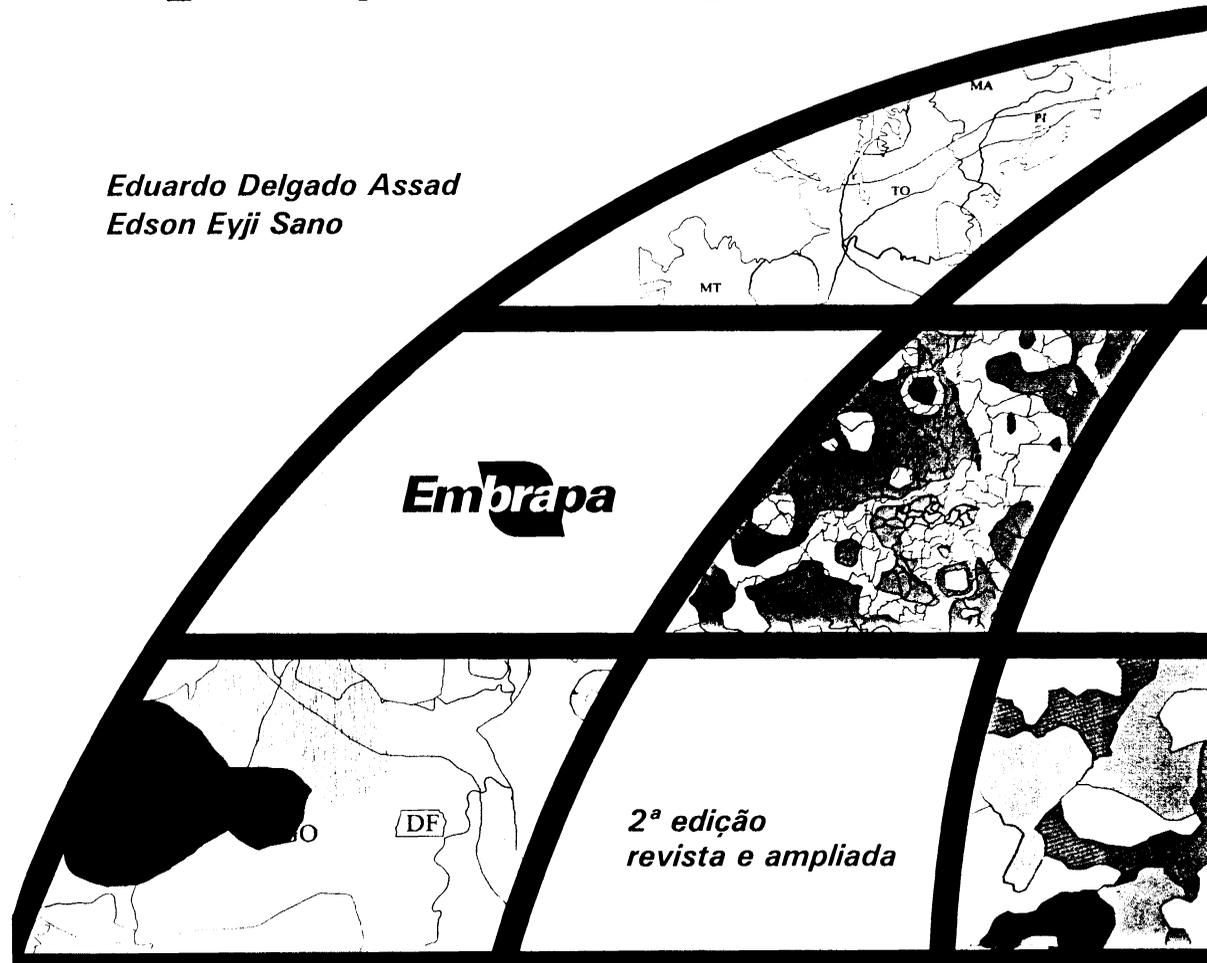
Sistema de Informações Geográficas

Aplicações na Agricultura

*Eduardo Delgado Assad
Edson Eyji Sano*

Embrapa

*2ª edição
revista e ampliada*



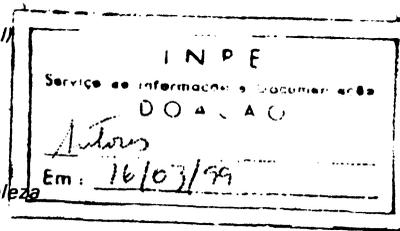
Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Produção de Informação

SAIN Parque Rural — Av. W3 Norte (final)
Caixa Postal 04315
CEP 70770-901 Brasília, DF
Fone: (061) 348-4236
Fax: (061) 272-4168

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18 — Rodovia Brasília/Fortaleza
CEP 73301-970 — Planaltina, DF
Tel.: (061) 389-1171
Fax: (061) 389-2953



Coordenação editorial

Embrapa Produção de Informação

Revisor técnico

Prof. Laerte Guimarães Ferreira Júnior

Revisão gramatical

Maria Helena G. Teixeira
Nilda Maria da Cunha Sette
Raquel Siqueira de Lemos

Normalização bibliográfica

Davi Antunes Corrêa
Maria Alice Bianchi
Maria Tereza Machado Teles Walter
Rosa Maria E. Barros Ferreira

Programação visual e arte-final

Di Oliveira DCM

Capa

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

1ª edição

1ª impressão (1993): 1.500 exemplares

2ª edição (1998): 2.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação do Copyright © (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa. Serviço de Produção de Informação-SPI.

Assad. Eduardo Delgado.

Sistema de informações geográficas. Aplicações na agricultura / editado por
Eduardo Delgado Assad ; Edson Eyji Sano — 2.ed., rev. e ampl. — Brasília : Embrapa-
SPI / Embrapa-CPAC, 1998.
xxviii, 434p. : il.

Inclui bibliografia.

ISBN 85-7383-045-X

1. Cartografia — Agricultura — Uso. 2. Sistema de Informação Geográfica —
Agricultura — Uso. 3. Modelo numérico do terreno. 4. Agroclimatologia. 5. Solo —
Uso. 6. Aptidão agrícola. I. Sano, Edson Eyji, ed. II. Título.

CDD 526

©Embrapa 1998

CAPÍTULO 1

PRINCÍPIOS BÁSICOS EM GEOPROCESSAMENTO

Gilberto Câmara
José Simeão de Medeiros

1.1 Por que Geoprocessamento?

O termo Geoprocessamento denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. Esta tecnologia, denotada por Geoprocessamento, tem influenciado de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. Nos países de grande dimensão e com carência de informações adequadas para tomada de decisões sobre problemas urbanos e ambientais, o Geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento é adquirido localmente.

Os instrumentos computacionais do Geoprocessamento, chamados de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Os SIGs tornam possível ainda a automatização da produção de documentos cartográficos.

1.2 Mapas na História

A observação e a representação da superfície da terra têm sido importantes na organização das sociedades. Desde a mais remota antigüidade até os tempos atuais, as informações espaciais têm sido descritas de forma gráfica pelos antigos cartógrafos e utilizadas por guerreiros, navegadores, geógrafos e pesquisadores. Com certeza, o que hoje se conhece como mapa nada mais é do que uma das mais antigas formas de comunicação visual de toda a humanidade (Oliveira, 1993).

Originalmente, os mapas foram usados para descrever locais longínquos, como um auxílio aos navegadores e aos estrategistas militares. No Antigo Egito e durante o Império Romano, os agrimensores com seus mapas formavam um setor importante dentro da organização governamental. Com a queda do Império Romano, o conhecimento geográfico foi ampliado pelos cientistas do Islã.

Durante todo o período da Idade Média, os islamitas enriqueceram os conhecimentos dos gregos e dos romanos. Devido à grande amplitude do mundo islâmico, à descentralização de sua cultura e às longas viagens a que se entregavam seus mercadores e peregrinos para Meca, os árabes lançaram as bases da moderna geografia da Ásia e da África do Norte (Bernal, 1969). Neste período, destacaram-se ainda os significativos avanços da Cartografia na China. A administração de um vasto império por uma classe de letrados, conhecidos como “os mandarins”, deu origem a mapas que descreviam o território chinês com excelente detalhe (Braudel, 1987).

Somente com o início das navegações oceânicas, nos séculos XIV e XV, é que os governos europeus resgataram a importância dos mapas. Então, começou-se a realização de mapeamentos sistemáticos em seus territórios. Instituições destinadas unicamente para tal finalidade foram criadas para mapear a topografia de seus países e de suas colônias. Nos últimos 200 anos, muitos estilos e tipos de mapas foram desenvolvidos. Contudo, a produção de mapas topográficos tem permanecido até hoje. Estes mapas fornecem um conjunto de informações relacionadas estritamente com a superfície do terreno, originada pela natureza ou pela ação antrópica.

Com o desenvolvimento dos países europeus ocidentais, houve um crescimento da influência de sua cultura para o resto do mundo e, conseqüentemente, das idéias e dos métodos de como fazer mapas. A realização de novos estudos, principalmente relacionados aos recursos naturais, levou ao surgimento de mapeamentos específicos, como os de distribuição de tipos de solo, de uso do solo, de vegetação, etc. Estes mapas passaram a ser denotados de mapas temáticos, devido ao fato de conter somente informações de um determinado assunto. Normalmente, eles são confeccionados sobre uma base topográfica simplificada para facilitar a orientação e o entendimento dos usuários.

No século XX, a confecção de mapas topográficos e temáticos foi intensificada. A fotogrametria e o sensoriamento remoto permitiram o mapeamento de amplas áreas, com elevado grau de exatidão. Também surgiram os métodos matemáticos e estatísticos para o tratamento das informações geográficas contidas nos mapas. Estas técnicas de produção e análise tomaram grande impulso com a evolução dos computadores nas duas últimas décadas, possibilitando uma maior aproximação entre as várias disciplinas relacionadas com a identificação, o registro e a apresentação dos fenômenos geográficos.

1.3 Conceitos de espaço geográfico, informação espacial e relação espacial

1.3.1 Espaço geográfico e informação espacial

A informação geográfica apresenta uma natureza dual: um dado geográfico possui uma localização geográfica, expressa como coordenadas em um espaço geográfico, e atributos descritivos, que podem ser representados num banco de dados convencional. De forma intuitiva, pode-se definir o termo *espaço geográfico* como uma coleção de localizações na superfície da Terra, sobre a qual ocorrem os fenômenos geográficos. O espaço geográfico define-se, portanto, em função de suas coordenadas, sua altitude e sua posição relativa. Sendo um espaço localizável, o espaço geográfico é possível de ser cartografado (Dolfus, 1991).

A noção de *informação espacial* está relacionada à existência de objetos com propriedades, as quais incluem a sua localização no espaço e a sua relação com outros objetos. Estas relações incluem conceitos topológicos (vizinhança, pertinência), métricos (distância) e direcionais (“ao norte de”, “acima de”).

Deste modo, os conceitos de *espaço geográfico* (um locus absoluto, existente em si mesmo) e *informação espacial* (um locus relativo, dependente das relações entre objetos) são duas formas complementares de conceituar um objeto de estudo em Geoprocessamento. Estas formas levam à dualidade conceitual na modelagem espacial, onde a noção absoluta de espaço geográfico leva à idéia de conjuntos de campos geográficos, e a noção relativa de informação espacial conduz à postulação da existência de conjuntos de objetos georreferenciados (Worboys, 1995).

1.3.2 Relações espaciais entre fenômenos geográficos

Os diferentes fenômenos geográficos, ao se distribuírem sobre a superfície da Terra, estabelecem padrões de ocupação. Ao representar tais fenômenos, o Geoprocessamento procura determinar e esquematizar os mecanismos implícitos e explícitos de interrelação entre eles. Estes padrões de interrelação podem assumir diferentes formas:

- **Correlação espacial:** um fenômeno espacial (e.g., a topografia) está relacionado com o entorno que forma tão mais intensamente quanto maior for a proximidade de localização. Diz-se informalmente que “coisas próximas são parecidas”;
- **Correlação temática:** as características de uma região geográfica são moldadas por um conjunto de fatores. Assim, as formas geológicas, o solo, o clima, a vegetação e os rios formam uma totalidade interrelacionada. Deste modo, pode-se traçar pontos de correspondência entre o solo e a vegetação de uma região;
- **Correlação temporal:** a fisionomia da Terra está em constante transformação, em ciclos variáveis para cada fenômeno. Cada paisagem ostenta as marcas de um passado mais ou menos remoto, apagado ou modificado

de maneira desigual, mas sempre presente (Dolfus, 1991); ou

- *Correlação topológica*: de particular importância na representação computacional, as relações topológicas como adjacência, pertinência e intersecção, permitem estabelecer os relacionamentos entre os objetos geográficos que são invariantes à rotação, à translação e à escala.

1.4 Descrição geral de sistemas de informações geográficas

O termo Sistema de Informações Geográficas (SIG) refere-se àqueles sistemas que efetuam tratamento computacional de dados geográficos. Um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e numa projeção cartográfica qualquer. Os dados tratados em geoprocessamento têm como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados.

O requisito de armazenar a geometria dos objetos geográficos e de seus atributos representa uma dualidade básica para SIGs. Para cada objeto geográfico, um SIG necessita armazenar seus atributos e as várias formas de representações gráficas associadas. Devido à sua ampla gama de aplicações, onde estão incluídos temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionárias (água, energia e telefonia), há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- como ferramenta para produção de mapas;
- como suporte para análise espacial de fenômenos; ou
- como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial.

Estas três visões do SIG são antes convergentes que conflitantes e refletem a importância relativa do tratamento da informação geográfica dentro de uma instituição. Para esclarecer ainda mais o assunto, apresentam-se a seguir algumas definições de SIG:

- “Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados” (Aronoff, 1989);
- “Conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real” (Burrough, 1986);
- “Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas” (Cowen, 1988);
- “Um banco de dados indexados espacialmente sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais” (Smith et al., 1987).

Estas definições de SIG refletem, cada uma à sua maneira, a multiplicidade de usos e visões possíveis desta tecnologia e apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização. A partir destes conceitos, é possível indicar as principais características de SIGs:

- Integrar, numa única base de dados, as informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

1.5 Diferença entre Geoprocessamento e CAD

Muitos problemas no uso das ferramentas de Geoprocessamento decorrem do fato de que, por inexperiência, muitos técnicos utilizam sistemas CAD (projeto auxiliado por computador) como SIG. Assim, consideramos relevante estabelecer as diferenças entre as duas tecnologias.

Um sistema CAD é uma ferramenta para capturar desenhos em algum formato legível por uma máquina. Os modelos CAD tratam os dados como desenhos eletrônicos em coordenadas do papel. Nas aplicações de CAD, existem muitas vezes regularidades nos objetos (como sólidos de revolução), que podem ser modeladas, com o uso de técnicas como a da *geometria construtiva de sólidos* (CSG).

Em contraste, num sistema de Geoprocessamento, os dados têm poucas simetrias e regularidades que possam ser reproduzidas. Mais ainda, os dados estão sempre georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre. Na grande maioria dos casos, os dados estão numa projeção cartográfica, o que impõe uma distorção relativa às coordenadas geográficas.

Diferente dos sistemas CAD, uma das características básicas e gerais de um SIG é a sua capacidade de tratar as relações espaciais entre objetos geográficos. Denota-se por topologia a estrutura de relacionamentos espaciais (vizinhança, proximidade, pertinência) que podem se estabelecer entre objetos geográficos. Armazenar a topologia de um mapa é uma das características básicas que fazem um SIG se distinguir de um sistema CAD. Em grande parte das aplicações de CAD, os desenhos não possuem atributos descritivos, mas apenas propriedades gráficas, tais como cor e espessura. Já em Geoprocessamento, os dados geográficos possuem atributos, o que torna necessário prover meios de consultar, atualizar e manusear um banco de dados espaciais.

1.6 Estrutura geral de um SIG

Numa visão abrangente, podem-se identificar os seguintes componentes num SIG:

- Interface com usuário;
- Entrada e integração de dados;
- Consulta, análise espacial e processamento de imagens;
- Visualização e plotagem; e
- Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

Estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG apresenta mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos controla o armazenamento e a recuperação de dados espaciais e seus atributos.

De um modo geral, as funções de processamento de um SIG manipulam dados em uma área de trabalho em memória principal. A ligação entre os dados geográficos e as funções de processamento do SIG é feita por mecanismos de seleção e consulta que definem restrições sobre o conjunto de dados. Exemplos ilustrativos de modos de seleção de dados são:

- “Recupere os dados relativos à carta de Guajará-Mirim” (restrição por definição de região de interesse);
- “Recupere as cidades do Estado de Tocantins com produção de soja entre 1.000 e 5.000 toneladas/ano” (consulta por atributos não-espaciais);
- “Mostre os pontos com pivô-central num raio de 50 km da cidade de Formosa” (consulta com restrições espaciais).

A Figura 1.1 indica a relação entre os principais componentes. Cada sistema implementa estes componentes de forma distinta em função de seus objetivos e necessidades, mas todos os subsistemas citados devem estar presentes num SIG.

1.7 Análise espacial

O objetivo principal do Geoprocessamento é fornecer ferramentas computacionais para que os diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as interrelações entre diferentes fenômenos. Tomemos um exemplo: ao analisar uma região geográfica para fins de zoneamento agrícola, é necessário escolher as variáveis explicativas (por exemplo, o solo, a vegetação e a geomorfologia) e determinar qual a contribuição de cada uma delas para a obtenção de um mapa resultante. Alguns exemplos de processos de análise espacial típicos de um SIG estão apresentados na Tabela 1.1.

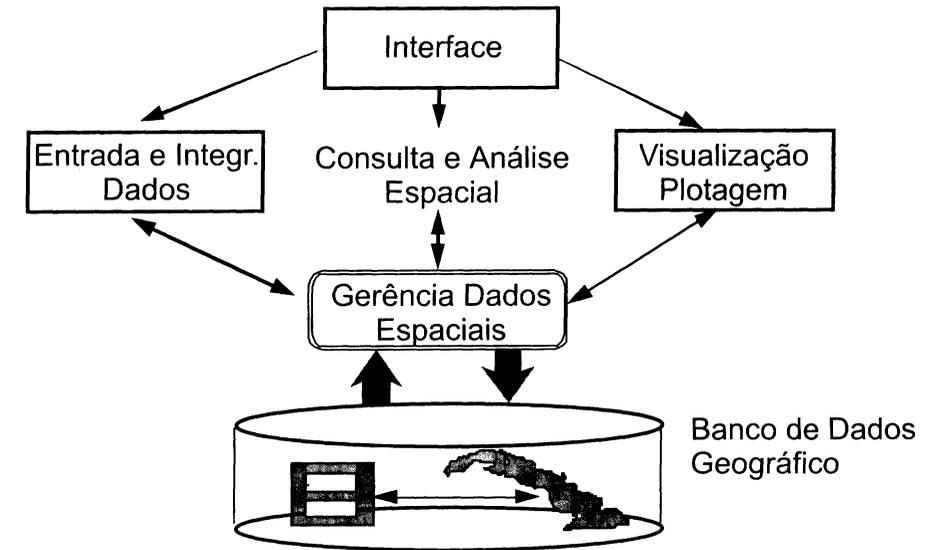


Figura 1.1 - Arquitetura de Sistemas de Informações Geográficas.

Tabela 1.1 - Exemplos de análise espacial.

Análise	Pergunta Geral	Exemplo
Condição	“O que está...”	“Qual a população desta cidade?”
Localização	“Onde está...?”	“Quais as áreas com declividade acima de 20%?”
Tendência	“O que mudou...?”	“Esta terra era produtiva há 5 anos atrás?”
Roteamento	“Por onde ir... ?”	“Qual o melhor caminho para o metrô?”
Padrões	“Qual o padrão...?”	“Qual a distribuição da dengue em Fortaleza?”
Modelos	“O que acontece se...?”	“Qual o impacto no clima se desmatarmos a Amazônia?”

Fonte: Maguire (1991), adaptada pelos autores.

Os conceitos apresentados podem ser enriquecidos por um exemplo concreto. Em 1854, Londres estava sofrendo uma grave epidemia de cólera, doença sobre a qual na época não se conhecia a forma de contaminação. Numa situação onde já haviam ocorrido mais de 500 mortes, o doutor John Snow teve a idéia: indicou no mapa da cidade a localização dos doentes de cólera e dos poços de água (naquele tempo, a fonte principal de água dos habitantes da cidade). O mapa obtido está mostrado na Figura 1.2.

Com a espacialização dos dados, o doutor Snow percebeu que a maioria dos casos estava concentrada em torno do poço da "Broad Street" e ordenou o seu lacre, o que contribuiu em muito para debelar a epidemia. Este caso forneceu evidência empírica para a hipótese (depois comprovada) de que o cólera é transmitido por ingestão de água contaminada. Esta é uma situação típica onde a relação espacial entre os dados muito dificilmente seria inferida pela simples listagem dos casos de cólera e dos poços. O mapa do doutor Snow passou para a história como um dos primeiros exemplos que ilustra bem o poder explicativo da análise espacial.

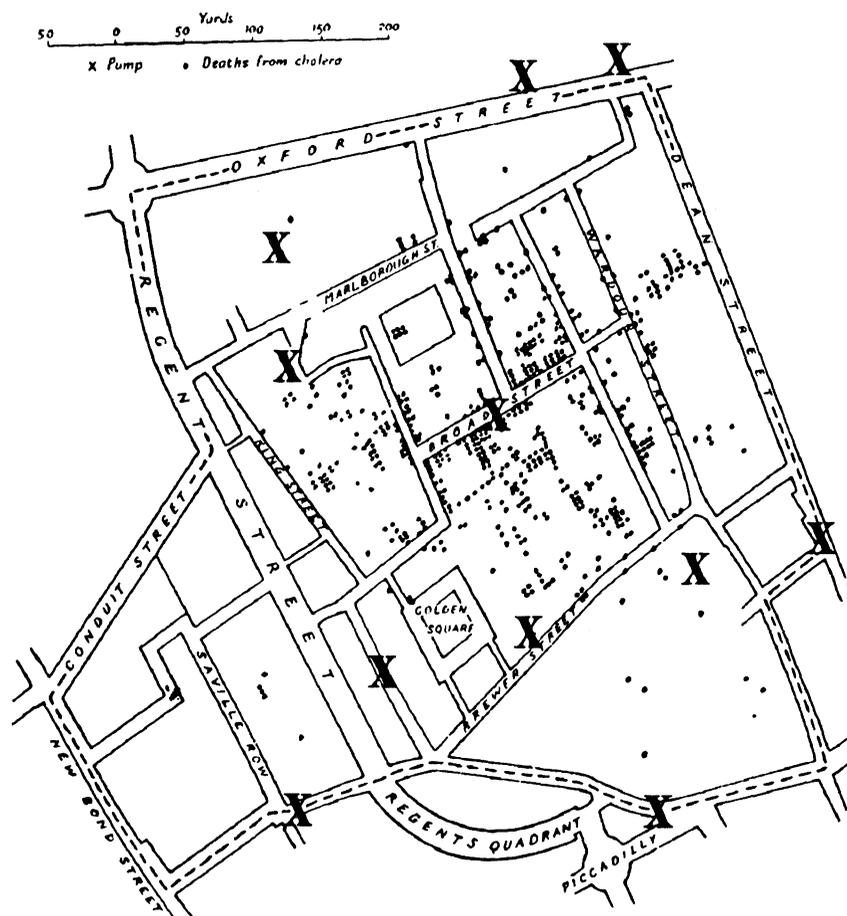


Figura 1.2 - Mapa de Londres com casos de cólera (pontos) e poços de água (cruzes).
Fonte: Tufte (1983), adaptada pelos autores.

1.8 Referências

- ARONOFF, S. *Geographical information systems: a management perspective*. Ottawa: WDI Publications, 1989.
- BERNAL, J. *A Ciência na história*. Lisboa: Movimento, 1969.
- BRAUDEL, F. *Grammaire des civilisations*. Paris: Arthaud, 1987.
- BURROUGH, P.A. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford: Clarendon, 1986.
- COWEN, D.J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.54, p.1551-1554, 1988.
- DOLFUS, O. *O espaço geográfico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991.
- MAGUIRRE, D.J. An overview and definition of GIS. In: MAGUIRRE, D.J.; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D.W., eds. *Geographical information systems: principles and applications*. New York, John Wiley & Sons, 1991. p.9-20.
- OLIVEIRA, C. *Curso de cartografia moderna*. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.
- SMITH, T.R.; PEUQUET, D.J.; MENON, S.; AGARWAL, P. KBGIS-II: a knowledge-based geographical information system. *International Journal of Geographical Information Systems*, v.1, n.2, p.149-172, 1987.
- TUFTE, E.R. *The visual display of quantitative information*. Cheshire: Graphics, 1983.
- WORBOYS, M.F. *GIS: a computing perspective*. London: Taylor & Francis, 1995.