

DL 15.FEV2001\*190873

**Universidade de Coimbra**  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Engenharia Informática

# **Os Sistemas de Informação Geográfica**

Dissertação apresentada à Universidade de Coimbra,  
para obtenção do grau de Mestre em  
**Sistemas e Tecnologias de Informação,**  
na área de especialização em Planeamento Estratégico de Sistemas de  
Informação

**Ana Cristina Wanzeller Guedes de Lacerda**  
**COIMBRA 2000**



## *Resumo*

Com a disponibilização de *Sistemas de Informação Geográfica* surgiram novos instrumentos para enfrentar os desafios crescentes com que se confrontam as organizações, particularmente as que têm por missão gerir a ocupação do território e os seus recursos. As potencialidades proporcionadas por estes sistemas permitem-lhes encontrar aplicabilidade no apoio a um conjunto vasto de actividades, com vantagens importantes face aos métodos manuais e ferramentas tradicionais. O uso efectivo destes sistemas requer, contudo, novas abordagens na modelação e tratamento da informação, assim como o conhecimento de um conjunto de tecnologias para a implementação de *Sistemas de Informação Geográfica*.

O presente trabalho tem como tema os *Sistemas de Informação Geográfica*, analisados sob o ponto de vista do domínio da informática. Após uma introdução onde se apresenta as motivações, objectivos e estruturação da tese, prossegue-se com a caracterização destes sistemas. Segue-se a exposição dos princípios e abordagens utilizadas na representação de fenómenos georeferenciados. Termina-se com a descrição das tecnologias da informação que contribuem para a exploração das capacidades destes sistemas num âmbito mais flexível e alargado ao nível corporativo.

**ÍNDICE****AGRADECIMENTOS****RESUMO**

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivações e objectivos da tese.....	1
1.2 Organização da tese.....	5
<b>2. ENQUADRAMENTO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA .....</b>	<b>6</b>
2.1 A origem e evolução dos Sistemas de Informação Geográfica.....	7
2.1.1 Como surgiram os Sistemas de Informação Geográfica.....	7
2.1.2 Evolução dos Sistemas de Informação Geográfica.....	13
2.1.2.1 Primeira etapa.....	13
2.1.2.2 Segunda etapa.....	14
2.1.2.3 Terceira etapa.....	15
2.1.2.4 Quarta etapa.....	16
2.2 Principais características dos Sistemas de Informação Geográfica .....	18
2.2.1 Componentes de um Sistema de Informação Geográfica .....	19
2.2.1.1 Hardware .....	19
2.2.1.2 Software.....	20
2.2.1.3 Dados.....	20
2.2.1.4 Pessoas.....	21
2.2.1.5 Métodos.....	21
2.2.2 Aspectos essenciais de um Sistema de Informação Geográfica.....	22
2.2.2.1 Tratamento de informação espacial e não espacial.....	22
2.2.2.2 Modelação e estruturação da informação espacial.....	24
2.2.2.3 Integração de informação de diferente tipo e origem.....	26
2.2.2.4 Integração e suporte de múltiplas funções sofisticadas.....	27
2.2.2.5 Integração de múltiplos domínios e tecnologias .....	32
2.3 Disciplinas e tecnologias aplicadas aos Sistema de Informação Geográfica.....	33
2.3.1 Geografia.....	33
2.3.2 Cartografia.....	33
2.3.3 Geodésia.....	34
2.3.4 Agrimensura .....	34
2.3.5 Detecção remota .....	34
2.3.6 Fotogrametria .....	36
2.3.7 Sistemas de posicionamento global .....	38
2.3.8 Outras .....	39
2.4 Ferramentas de geoprocessamento .....	40
2.4.1 Cartografia automática ou digital .....	41
2.4.2 Desktop Mapping, Desktop SIG e SIG Profissional.....	42
2.4.3 AM/FM - Automated Mapping/Facilities Management.....	43
2.4.4 LIS - Land Information System .....	44
2.4.5 CAD - Computer Assisted Design.....	45
2.4.6 Processamento Digital de Imagens .....	48
2.4.7 SDSS - Spacial Decision Support System .....	49
2.5 Caracterização dos Sistemas de Informação Geográfica .....	50
2.6 Conclusões.....	54

<b>3. REPRESENTAÇÃO DE FENÓMENOS GEOGRÁFICOS .....</b>	<b>56</b>
3.1 Componentes da Informação Geográfica .....	58
3.1.1 Espaço .....	58
3.1.1.1 Forma.....	58
3.1.1.2 Tempo e outras dimensões.....	59
3.1.1.3 Posição .....	60
3.1.1.4 Relacionamentos.....	60
3.1.2 Semântica .....	61
3.1.3 Metadados .....	61
3.2 Princípios e Conceitos Básicos de Representação Cartográfica .....	63
3.2.1 Sistemas de georeferenciação .....	64
3.2.1.1 Coordenadas geográficas de latitude, longitude e altitude.....	65
3.2.1.2 Conceito de elipsóide, de geóide e de datum.....	66
3.2.1.3 Coordenadas projectadas .....	68
3.2.1.4 Georeferenciação discreta e indirecta.....	71
3.2.2 Escala .....	72
3.3 Qualidade dos dados.....	74
3.3.1 Factores de avaliação da qualidade de um conjunto de dados.....	74
3.3.2 Fontes de erro .....	75
3.3.3 Minimização do efeito da incerteza e erro em dados espaciais .....	77
3.4 Modelação de dados geográficos .....	78
3.4.1 Modelos conceptuais do espaço: Fenómeno contínuo e Entidades discretas.....	78
3.4.2 Modelos de dados espaciais ou geográficos .....	80
3.4.2.1 Representação de entidades exactas .....	80
3.4.2.2 "Tesselations" de campos contínuos.....	83
3.4.2.3 Modelo de dados raster.....	84
3.4.2.4 Modelo de dados vectorial.....	86
3.5 Estruturas de dados para representar a geometria dos fenómenos espaciais .....	89
3.5.1 Organização de dados em estruturas de dados raster.....	89
3.5.1.1 Métodos de compactação para guardar dados raster .....	90
3.5.2 Organização de dados em estruturas de dados vectoriais .....	96
3.5.2.1 Estruturas de dados não topológicas.....	97
3.5.2.2 Estruturas de dados com topologia explícita .....	99
3.5.2.3 Estruturas de dados não topológicas para entidades simples .....	108
3.5.3 Comparação entre abordagens raster e vectorial .....	114
3.6 Perspectivas de evolução.....	117
3.6.1 A informação geográfica e a suas componentes .....	119
3.6.2 Comunidades de Informação Geoespacial.....	120
3.6.3 Entidades complexas e coberturas.....	122
3.6.4 Modelação explícita de relacionamentos entre entidades.....	124
3.7 Conclusões.....	127
<b>4. TECNOLOGIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....</b>	<b>128</b>
4.1 Características e requisitos na implementação de SIG.....	129
4.1.1 Características das soluções tradicionais de implementação de SIG .....	129
4.1.2 Alterações do mercado SIG.....	132
4.1.3 Requisitos genéricos de implementação e suporte de SIG.....	135
4.1.4 Requisitos específicos de gestão de dados na implementação de SIG .....	138
4.1.4.1 Requisitos de representação da informação .....	139
4.1.4.2 Requisitos de manipulação da informação.....	142
4.2 Sistemas de Gestão de Base de Dados .....	147
4.2.1 Sistemas de Gestão de Base de Dados Relacionais .....	147
4.2.1.1 Utilização de SGBD relacionais nos SIG .....	149

4.2.2 Sistemas de Gestão de Base de Dados Orientados por Objectos.....	155
4.2.2.1 Principais características dos SGBDOO.....	155
4.2.2.2 Utilização de SGBDOO em SIG.....	163
4.2.3 Sistemas de Gestão de Base de Dados Objecto Relacionais.....	167
4.2.3.1 Utilização de SGBDOR nos SIG.....	169
4.3 Tecnologias da Informação ao nível corporativo.....	174
4.3.1 Modelo cliente servidor.....	175
4.3.2 World Wide Web e Internet.....	177
4.3.3 Tecnologia objecto.....	179
4.3.4 Plataformas de computação distribuída.....	182
4.3.5 Ferramentas e camadas de middleware.....	183
4.4 Abordagens de Implementação de Sistemas de Informação Geográfica.....	192
4.4.1 Evolução na gestão de dados.....	192
4.4.1.1 Extensão do ambiente de gestão de dados.....	192
4.4.1.2 Servidores de aplicações geográficas.....	197
4.4.2 Evolução da arquitectura da tecnologia geoespacial.....	200
4.4.3 Modelo computacional de componentes adicionáveis.....	203
4.5 Conclusões.....	206

## CONCLUSÃO

## REFERÊNCIAS

## BIBLIOGRAFIA

## Referências:

- [Aronoff95] Aronoff, Stan, "Geographic Information Systems: A Management Perspective", WDL Publications, 1995.
- [BKSS90] Beckmann, N., Kriegel, H. P., Schneider, R. e Seeger, B., "The R\*-tree: An Efficient and Robust Access Method for Points and Rectangles", Proc. ACM-SIGMOD Conf., pp. 322-331, 1990.
- [Batty99] Batty, Peter, "Object-Orientation: Some Objectivity, Please!", Smallworld Technical Briefings, 1999.  
Na www em [http://www.smallworld.co.uk/technology/tech/tech\\_WhitePapers.asp](http://www.smallworld.co.uk/technology/tech/tech_WhitePapers.asp)
- [BM98] Burrough, Peter A. e McDonnell, Rachel A., "Principles of Geographical Information Systems", Oxford University Press, 1998.
- [CORBA\_99] "Overview of CORBA", 1999.  
Na www em <http://www.cs.wustl.edu/~schmidt/corba-overview.html>
- [Dana98a] Dana, Peter H., "Global Positioning Systems Overview", The Geographer's Craft Project, Department of Geography, University of Texas at Austin, 1998.  
Na www em <http://www.utexas.edu/depts/erg/gcraft/notes/gps/gps.html>
- [Dana98b] Dana, Peter H., "Geodetic Datum Overview", The Geographer's Craft Project, Department of Geography, University of Texas at Austin, 1998.  
Na www em <http://www.utexas.edu/depts/erg/gcraft/notes/datum/datum.html>
- [Date94] Date, C. J., "An Introduction to Database Systems", 6ª Edição, Addison-Wesley Publishing Company, 1994.
- [Davis98] Davis, Judith R., "IBM's DB2 Spatial Extender: Managing Geo-Spatial Information with the DBMS", Data Management White Papers, IBM, Maio 1998.  
Na www em <http://www.software.ibm.com/data/pubs/papers/>
- [Egenhof96] Egenhofer Max J., "Conceptual Modelling of Geographic Data", 1996.  
<http://www.spacial.maine.edu/~max/EDBT1.html>
- [EN\_94] Elmari, R. e Navathe, S. B., "Fundamentals of Database Systems", Second Edition, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1994
- [ENT\_99] Easterfield, M. E., Newell, R. G. e Theriault, D. G., "Version Management in GIS - Applications and Techniques", White Paper Smallword Technical Briefings, Smallword, 1999.  
Na www em [http://www.smallworld.co.uk/techonology/tech/tech\\_WhitePapers.asp](http://www.smallworld.co.uk/techonology/tech/tech_WhitePapers.asp)
- [FL97] Foote, Kenneth e Lynch M., "The Geographer's Craft Project", Department of Geography, University of Texas, Austin, USA, 1997.  
Na www em <http://www.utexas.edu/depts/erg/gcraft/notes/intro.html>
- [Foot95] Foot, Kenneth E. e Huebner D. J., "The Geographer's Craft Project", Department of Geography, University of Texas, Austin, USA, 1995.  
Na www em <http://www.utexas.edu/depts/erg/gcraft/notes/error/error.html>
- [Ganter97] Ganter, Jonh H., "Unit 42 - Temporal and Three-Dimensional Representations", NCGIA Core Curriculum, National Centre for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na www em <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u42.html>
- [Gardels] Gardels, Kenn, "A Comprehensive Data Model for Distributed, Heterogeneous Geographic Information", University of California, 1997.  
Na www em [http://www.regis.berkeley.edu/gardels/geomodel\\_def.html](http://www.regis.berkeley.edu/gardels/geomodel_def.html)
- [Gossette97] Gossette, FranK, "Unit 54 - Cadastral Records and LIS", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na www em <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u54.html>
- [Guttman84] Guttman, A., "R-trees: A dynamic Index Structure for Spatial Searching", Proc. ACM-SIGMOD Conf., pp. 47-57, 1984.

- [HJ98] Harrison, B. A. e Jupp, D. L. B., "Introduction to Remotely Sensed Data", microBRIAN Resource Manual, 1998.  
Na www em <http://www.project.cst.cnes.fr/ceos/cddrom-97/ceos/irsd/content.htm>
- [Julião95] Julião, Rui Pedro, "Sistemas de Informação Geográfica, Desktop Mapping e Geografia", em Seminário Ambiente, Ordenamento, Gestão do Território e Sistemas de Informação Geográfica, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 1995.
- [LK94] Lillesand, Thomas M. e Kiefer, Ralph W., "Remote Sensing and Image Interpretation", 3ª edição, John Wiley & Sons, Inc, USA, 1994.
- [MG\_98] Marques, José A. e Guedes, Paulo, "Tecnologia de Sistemas Distribuídos", Coleção Tecnologias de Informação, FCA - Editora de Informática, 1998.
- [NCGIA97] "Unit 23 - History of GIS", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na www em <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u23.html>
- [Neto98] Neto, Pedro L., "Sistemas de Informação Geográfica", FCA Editora de Informática Lda, 1998.
- [NET\_99] "Network Design Manual Network Computing", 1999.  
Na www em <http://www.nwc.com/netdesign/>
- [Newell99] Newell, R. G., "The Why and the How of the Long Transaction", White Paper Smallword Technical Briefings, Smallword, 1999.  
Na www em [http://www.smallworld.co.uk/techonology/tech/tech\\_WhitePapers.asp](http://www.smallworld.co.uk/techonology/tech/tech_WhitePapers.asp)
- [Nyerges97] Nyerges, T H., "Unit 11 - Spatial Objects and Database Models", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na www em <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u11.html>
- [ODM\_91] Cattell, G. G., "Object Data Management - Object Oriented and Extended Relational Database Systems", Addison-Wesley Publishing Company, 1991.
- [OGCG\_98] Open GIS Consortium, "The Open GIS Guide - Introduction to Interoperable Geoprocessing and the *OpenGIS* Specification", 3ª edição, 1998.  
Na www em <http://www.opengis.org/techno/specs.htm>
- [OGCS\_99] Open GIS Consortium, "Open GIS Simple Features Specification for SQL", Revision 1.1, Open GIS Consortium, 1999.  
Na www em <http://www.opengis.org/techno/specs.htm>
- [OGC1\_99] Open GIS Consortium, "The Open GIS Abstract Specification - Topic 1: Feature Geometry", Version 4, Open GIS Consortium, 1999.  
Na www em <http://www.opengis.org/techno/specs.htm>
- [OGC5\_99] Open GIS Consortium, "The Open GIS Abstract Specification - Topic 5: Features", Version 4, Open GIS Consortium, 1999.  
Na www em <http://www.opengis.org/techno/specs.htm>
- [OGC6\_99] Open GIS Consortium, "The Open GIS Abstract Specification - Topic 6: The Coverage Type", Version 4, Open GIS Consortium, 1999.  
Na www em <http://www.opengis.org/techno/specs.htm>
- [OGC8\_99] Open GIS Consortium, "The Open GIS Abstract Specification - Topic 8: Relationships Between Features", Version 4, Open GIS Consortium, 1999.  
Na www em <http://www.opengis.org/techno/specs.htm>
- [OR\_97] Kim, Won, "Bringing Object Relational Down To Earth", Database On-Line - Programming & Design, 1997.  
Na www em **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**
- [Parson97] Parson, C., "Unit 21 - The Raster/Vector Database Debate", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na www em <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u21.html>

- [Peuquet97] Peuquet, Donna, "Unit 35 - Raster Storage", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na www em <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u35.html>
- [Poiker97] Poiker, Thomas K. "Unit 39 - The TIN Model", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na www em <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u39.html>
- [PT96] Papadias, Dimitris e Theodoridis, Yannis, "Spatial Relations, Minimum Bounding Rectangles and Spatial Data Structures", International Journal of Geographic Information Systems, 1996.
- [QB97] Queen, Lloyd P. e Blinn, Charles R., "The Basics of Geographic Information Systems", Communication and Educational Services, University of Minnesota Extension Service, 1997.  
Na www em <http://www.extension.umn.edu/Documents/D/D/DD5926.html>
- [Reis93] Reis, M. Arminda, "Os Sistemas Municipais de Informação Geográfica", Fim do Século, Lisboa, 1993.
- [Rhind97] Rhind D., "Unit 2 - Maps and Map Analysis", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na www em <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u02.html>
- [Samet94] Samet, Hanan, "Spatial Data Models and Query Processing, Modern Database Systems: The Object Model, Interoperability, and Beyond", Addison Wesley/ACM Press, Reading, MA, 1994.
- [Samet95] Samet, H., "Spatial data structures" em Modern Database Systems: The object Model, Interoperability, and Beyond, W. Kim, Ed., Addison-Wesley/ACM Press, 1995, 361-385.  
Na www em <http://www.cs.umd.edu/~hjs/pubs.html>
- [SE90] Star, Jeffrey e Estes, John, "Geographic Information Systems - An introduction", Printice Hall, 1990.
- [SRF87] Sellis, T., Roussopoulos, N. e Faloutsos, C., "The R+-tree: A dynamic Index for Multidimensional Objects", Proc. 13th VLDB Conf., pp. 507-518, 1987.
- [Simonett97] Simonett D., "Unit 75 - The Future of GIS", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na www em <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u75.html>
- [WESRI99] WhitePaper da ESRI, "Chapter 2 - Coordinate System Concepts, Spatial Database Engine (SDE)", ESRI (Environment Systems Research Institute, Inc), 1999.  
Na www em [http://www.esri.com/library/whitepapers/sde\\_lit.html](http://www.esri.com/library/whitepapers/sde_lit.html)
- [WM96] West, Lawrence A. e Mennecke, B. E., "Spatial Data Modelling in Geographic Information Systems", 1996.  
Na www em <http://hsb.baylor.edu/ramsower/ais.ac.96/papers/menneck.html>
- [WOracle97] "Oracle8™ Spatial Cartridge", Advances in Relational Database Technology for Spatial Data Management, An Oracle Technical White Paper, Junho 1997.  
Na www em <http://www.oracle.com/>
- [WOracle98] "Oracle Application Server 4.0 Product Overview - The Integrated Platform for Internet Computing", An Oracle Technical White Paper, Junho 1998.  
Na www em <http://www.oracle.com/>



## Bibliografia:

- Batty, Peter, "AM/FM Modelling for Utilities", Smallworld Technical Briefings, 1999.  
Na [www em http://www.smallworld.co.uk/technology/tech/tech\\_WhitePapers.asp](http://www.smallworld.co.uk/technology/tech/tech_WhitePapers.asp)
- Batty, P. e Newell, R., "GIS Databases are Different", Smallworld Technical Briefings, 1999.  
Na [www em http://www.smallworld.co.uk/technology/tech/tech\\_WhitePapers.asp](http://www.smallworld.co.uk/technology/tech/tech_WhitePapers.asp)
- Bauer, Michael F., "Geographic Data: How to Choose and Create a Data Set for Your GIS Projects", (American Digital Cartography, Inc.), Autodesk White paper, 1996
- Bossler, John, "Unit 52 - Resource Management Applications", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na [www em http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u52.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u52.html)
- Caganoff, Saul, "Enterprise Spatial Information Systems", Spatialinfo Enterprise Information Systems, 1997.  
Na [www em http://www.spatialinfo.com/](http://www.spatialinfo.com/)
- Chance, A., Newell, R. G. e Theriault, D. G., "An Object-Oriented GIS - Issues and Solutions", White Paper Smallworld Technical Briefings, Smallworld, 1999.  
Na [www em http://www.smallworld.co.uk/techonology/tech/tech\\_WhitePapers.asp](http://www.smallworld.co.uk/techonology/tech/tech_WhitePapers.asp)
- Chmil, Vicki, "Unit 27 - Map Projections", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na [www em http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u27.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u27.html)
- Chrisman, Nicholas R., "Unit 45 - Accuracy of Spatial Databases", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na [www em http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u45.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u45.html)
- Cowen, D., "Unit 1 - What is GIS?", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na [www em http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u01.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u01.html)
- Dana, Peter H., "Coordinate Systems Overview", The Geographer's Craft Project, Department of Geography, University of Texas at Austin, 1997.  
Na [www em http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/coordsys/coordsys.html](http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/coordsys/coordsys.html)
- Dickinson, H., "Unit 13 - The Vector or Object GIS", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na [www em http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u13.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u13.html)
- Douglas, David H., "Unit 30 - Storage of Complex Objects", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na [www em http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u30.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u30.html)
- Douglas, David H., "Unit 31 - Efficient Storage of Lines", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na [www em http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u31.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u31.html)
- ESRI, Environmental Systems Research Institute, Inc., "What is a GIS?", 1998.  
Na [www em http://www.esri.com/base/gis/abtgis/what\\_gis.html](http://www.esri.com/base/gis/abtgis/what_gis.html)
- Egenhofer, M. J. e Franzosa, R., "Point Set Topological Relations", International Journal of Geographic Information Systems, 1991.
- Egenhofer, M. J., "Reasoning about Binary Topological Relations", Proceedings of the 2nd Symposium on the Design and Implementation of Large Spatial Databases (SSD), Springer Verlag LNCS, 1991.
- Ferguson, Warren, "Unit 55 - Facilities Management (AM/FM)", NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.  
Na [www em http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u55.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u55.html)
- GeoData Institute, "The GIS Awareness Booklet", GIS Awareness Package, Information Technology Training Initiative (ITTI), England  
Na [www em http://www.geodata.soton.ac.uk/Booklet.html](http://www.geodata.soton.ac.uk/Booklet.html)

“Geographical Information Systems”, Technical Report TR-521-96, Princeton University, USA, 1996.

Na [www em http://graphics.lcs.mit.edu/~seth/pubs/taskforc/section3\\_6.html](http://graphics.lcs.mit.edu/~seth/pubs/taskforc/section3_6.html)

Hardy, P. G., “Map Production from an active Object Database using Dynamic Representation and Automated Generalisation”, Laser-scan Ltd, 1998.

Na [www em http://www.laser-scan.com/papers/](http://www.laser-scan.com/papers/)

Hardy, P. G., “S57 ECDIS Data Production and Update Using an Object-Oriented Spatial Database”, Laser-scan Lth, 1998.

Na [www em http://www.laser-scan.com/papers/](http://www.laser-scan.com/papers/)

Papadias, Dimitris e Egenhofer, M., “Qualitative Collaborative Planning in Geographic Space: Some Computational Issues”, National Center for Geographic Information and Analysis, Department of Spatial Information Science and Engineering, University of Maine, 1995.

Na [www em http://www.ncgia.ucsb.edu/research/i17/htmlpapers/papadias/Papadias.html](http://www.ncgia.ucsb.edu/research/i17/htmlpapers/papadias/Papadias.html)

Papadias, D., Theodoridis, Y., Sellis, T. e Egenhofer, M., “Topological Relations in the World of Minimum Bounding Rectangles: A study with R-trees”, Proceedings of ACM Conference on the Modelling of Data (SIGMOD), 1995.

Pazner, Micha , “Unit 5 - Raster GIS Capabilities”, NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.

Na [www em http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u5.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u5.html)

Newell, R. G. e Sancha, T. L., “The Diffrence Between CAD and GIS”, White Paper Smallword Technical Briefings, Smallword, 1999.

Na [www em http://www.smallworld.co.uk/techonology/tech/tech\\_WhitePapers.asp](http://www.smallworld.co.uk/techonology/tech/tech_WhitePapers.asp)

Newell, R. G. e Theriault, D. G., “Ten Difficult Problems in Building a GIS”, White Paper Smallword Technical Briefings, Smallword, 1999.

Na [www em http://www.smallworld.co.uk/techonology/tech/tech\\_WhitePapers.asp](http://www.smallworld.co.uk/techonology/tech/tech_WhitePapers.asp)

Short Nicholas M., (Editado por Jon Robinson) “The remote Sensing Tutorial”, Section 15 - Geographic Information Systems, Applied Information Sciences Branch, Goddard Space Flight Center, NASA, USA, 1997.

Na [www em http://tutorial.core.ipp.pt/mirrors/Tutorial/Sect15/nicktutor\\_15-1.html](http://tutorial.core.ipp.pt/mirrors/Tutorial/Sect15/nicktutor_15-1.html)

Theodoridis, Y. e Papadias, D., “Range Queries Involving Spatial Relations: A Performance Analysis”, Proceedings of the 2nd International Conference on Spatial Information Theory (COSIT), Springer Verlag LNCS, 1995.

Theodoridis, Y., Papadias, D. e Stefanakis, E., “Suporting Direction Relations in Spatial Database Systems”, Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Data Handling, 1996.

Tomlin, David , “Unit 4 - The Raster GIS”, NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.

Na [www em http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u4.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u4.html)

“Unit 17 - Graghic Output Design Issues”, NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.

Na [www em http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u17.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u17.html)

“Unit 22 - The Object/Layer Debate”, NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, Geographic Data Tecnologies Inc., 1989.

Na [www em http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u22.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u22.html)

USGS, “Geographic Information Systems”, USGS- United States Geological Survey

Na [www em http://info.er.usgs.gov/research/gis/title.html](http://info.er.usgs.gov/research/gis/title.html)

White, Gerald, “Unit 12 - Relationships Among Spatial Objects”, NCGIA Core Curriculum, National Center for Geographic Information Analysis, 1997.

Na [www em http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u12.html](http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u12.html)

WhitePaper da Autodesk, “Autodesk MapGuide: State-of-the-Art Network-centric GIS Application Architecture for Publishing and Accessing Geodata”, Autodesk White paper, 1997.

Na [www em http://www.autodesk.com/](http://www.autodesk.com/)

WhitePaper da ESRI, "An Integrated Family Of Software", ESRI (Environment Systems Research Institute, Inc), 1998.

Na www em <http://www.esri.com/library/whitepapers/>

WhitePaper da ESRI, "ARC/INFO - The World's GIS", ESRI (Environment Systems Research Institute, Inc), 1995.

Na www em <http://www.esri.com/library/whitepapers/>

WhitePaper da ESRI, "CAD and GIS", ESRI (Environment Systems Research Institute, Inc), 1998.

Na www em <http://www.esri.com/library/whitepapers/>

WhitePaper da ESRI, "Creating Spatial Data: Finding the right Tool for the Job", ESRI (Environment Systems Research Institute, Inc), 1998.

Na www em <http://www.esri.com/library/whitepapers/>

WhitePaper da ESRI, "ESRI Shapefile Technical Description", ESRI (Environment Systems Research Institute, Inc), 1998.

Na www em <http://www.esri.com/library/whitepapers/>

WhitePaper da ESRI, "Geography matters", ESRI (Environment Systems Research Institute, Inc), 1998.

Na www em <http://www.esri.com/library/whitepapers/>

WhitePaper da ESRI, "GIS Approach to Digital Spatial Libraries", ESRI (Environment Systems Research Institute, Inc), 1995.

Na www em <http://www.esri.com/library/whitepapers/>

WhitePaper da ESRI, "GIS Data Storage Trends", ESRI (Environment Systems Research Institute, Inc), 1997.

Na www em <http://www.esri.com/library/whitepapers/>

WhitePaper da ESRI, "Spatial Database Engine", ESRI (Environment Systems Research Institute, Inc), 1998.

Na www em <http://www.esri.com/library/whitepapers/>

WhitePaper da ESRI, "System Design Strategies", ESRI (Environment Systems Research Institute, Inc), November 1998.

Na www em <http://www.esri.com/library/whitepapers/>

WhitePaper da ESRI, "System Integration: AM/FM/GIS Applications at an Electric or Gas Utility", ESRI (Environment Systems Research Institute, Inc), November 1998.

Na www em <http://www.esri.com/library/whitepapers/>

WhitePaper da ESRI, "The Future of GIS on the Internet", ESRI (Environment Systems Research Institute, Inc), 1997.

Na www em <http://www.esri.com/library/whitepapers/>

WhitePaper da MapInfo, "SpatialWare Solution Overview - Location as a Key in Online Analysis and Decision Support", MapInfo Corporation, 1997.

Na www em [http://www.mapinfo.com/spatialware/html/spatialware\\_literature.html](http://www.mapinfo.com/spatialware/html/spatialware_literature.html)

WhitePaper da Intergraph, "Geomedia Web Map White Paper", Intergraph Corporation, 1999.

Na www em <http://www.intergraph.com/>

WhitePaper da Intergraph, "Communication Geographically Within Government - Government Industry Overview", Intergraph Corporation, 1998.

Na www em <http://www.intergraph.com/>

WhitePaper da Intergraph, "GIS The MGE Way", Intergraph Corporation, 1996.

Na www em <http://www.intergraph.com/>

WhitePaper da Intergraph, "Geographic Information Systems (GIS) based on Jupiter Technology", Intergraph Corporation, 1996.

Na www em <http://www.intergraph.com/>

Woodsford, P. A., "Data Conversion and Update Using in the Object Paradigm", Lase-scan Limited, 1996.

Na www em <http://www.laser-scan.com/papers/>

Woodsford, P. A., "The Significance of Object-Orientation for GIS", Lase-scan Limited, 1995.

Na www em <http://www.laser-scan.com/papers/>

