

PROPONDO UMA LINGUAGEM DE CONSULTA GEOGRÁFICA MULTIDIMENSIONAL

Joel da Silva, Valéria C. Times, Ana C. Salgado, Robson Fidalgo
*Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco, Cx. Postal 7851
Cidade Universitária, Recife – PE, Brasil, 50.732-970*

Abstract: Existem várias propostas na literatura, visando a integração das funcionalidades e características pertinentes aos processamentos de dados analíticos e geográficos. O principal objetivo é prover um ambiente único, com capacidades de processamento geográfico-multidimensional, para dar suporte ao processo de tomada de decisões estratégicas. Uma das partes mais importantes desse processo é a consulta aos dados. Entretanto, a maioria das abordagens que almejam esta integração de processamento, não dispõem de uma linguagem de consulta que possibilite a utilização simultânea, tanto de operadores multidimensionais como espaciais. É neste contexto que se insere a pesquisa apresentada no presente artigo, a qual está voltada para a especificação de uma linguagem de consulta geográfica-multidimensional denominada GeoMDQL (*Geographic Multidimensional Query Language*). Esta iniciativa está relacionada a um projeto mais amplo, que engloba desde a proposição de um arcabouço para definição de esquemas para um *Data Warehouse* Geográfico, até a definição de metamodelos e integração de serviços analíticos e geográficos.

Key words: GeoMDQL, Linguagem de Consulta Geográfica Multidimensional, Data Warehouse Geográfico, Integração SIG e OLAP.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, diversos membros da Comunidade Científica em Tecnologia da Informação, vêm direcionando seus esforços na tentativa de solucionar o problema de integração entre processamento analítico e geográfico^{10,12,21,24-27}. Entretanto, esta é uma tarefa árdua e merece uma atenção especial. O

principal objetivo almejado é o provimento de um ambiente único, aberto e extensível com as capacidades de análise disponibilizadas por estas duas tecnologias, de forma que um sistema de processamento geográfico usufrua das facilidades implementadas por uma ferramenta analítica, enquanto esta receberia uma contribuição considerável ao agregar tratamento específico à dimensão geográfica.

Seguindo esta mesma linha de raciocínio, no projeto GOLAPA (*Geographical Online Analytical Processing Architecture*),^{14,19} tem-se estudado formas de prover ao usuário, uma abstração da complexidade normalmente agregada às atividades que têm como objetivo efetuar consultas sobre dados analíticos e geográficos para a tomada de decisão. No contexto do projeto GOLAPA, um importante ponto foi a definição do esquema conceitual de um DWG (*Data Warehouse Geográfico*), baseando-se no arcabouço GeoDWFrame³⁰ e dos metamodelos GAM (*Geographical and Analytical Metamodel*) e GeoMDM (*Geographical Multidimensional Metamodel*),³² para permitir a agregação dos dados analíticos e geográficos em um único repositório. Na seqüência, foi realizada a integração de serviços, onde foi desenvolvido um modelo de integração, o qual é implementado por um *Web Service* que provê a integração de serviços analíticos e geográficos, permitindo que as capacidades de processamento presentes nestas duas tecnologias sejam integradas, e que se tenha suporte ao processamento analítico-multidimensional geográfico^{6,31}.

Outro passo importante no contexto em questão, é o desenvolvimento de uma linguagem de consulta geográfica-multidimensional, que permita a utilização simultânea, tanto de operadores analíticos^{1,31} como de operadores espaciais^{11,20}. Isso possibilitaria a recuperação de informações, relevantes ao processo de tomada de decisão, abstraído ao máximo a complexidade existente em uma tarefa dessa natureza. Nesse sentido, neste artigo é apresentada a proposta da linguagem de consulta GeoMDQL, juntamente com sua arquitetura.

Com a especificação de uma linguagem de consulta com características que permitam a utilização, de forma simultânea, de operadores analítico-multidimensionais e geográficos, será possível a obtenção de um suporte amplo e satisfatório no contexto de tomada de decisões estratégicas. Os benefícios seriam ainda maiores considerando a existência de um DWG, o qual disponibilizaria tanto os dados analíticos como os geográficos, referentes ao negócio de uma organização, de uma forma integrada, com variação temporal e não volátil.

O restante deste artigo está organizado da seguinte maneira. Na seção 2 são apresentadas algumas das pesquisas voltadas para a proposição de linguagens de consulta geográfica e/ou multidimensional. Na seção 3 é apresentada a proposta de GeoMDQL. Finalmente, na seção 4 são tecidas algumas conclusões a respeito desta pesquisa.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

No contexto dos sistemas de suporte à decisões estratégicas, que envolvem SIG (Sistemas de Informações Geográficas),²⁰ sistemas OLAP (*On-Line Analytical Processing*)¹ e SIG-OLAP integradas, pode-se classificar as linguagens de consulta encontradas na literatura em três principais grupos. Esta classificação pode ser visualizada conforme aspectos relacionados ao contexto de aplicação da linguagem, a natureza dos dados que serão recuperados e quanto aos tipos de operadores que a linguagem permite aplicar sobre os referidos dados.

O primeiro grupo consiste no espacial, bastante utilizado em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), permitindo a recuperação de dados armazenados em uma base geográfica. Neste tipo de linguagem de consulta, é possível a utilização de operadores espaciais^{11,20} para calcular distância entre feições geográficas, adjacência, verificar se uma feição geográfica intersecta com outra, entre outras operações.

Outro grupo de linguagem de consulta é aquele voltado para consulta a dados multidimensionais, comumente empregado em sistemas OLAP. Neste grupo de linguagem, o aspecto principal é a recuperação e análise de dados multidimensionais, normalmente armazenados em um DW (*Data Warehouse*),¹ através da utilização de operadores analíticos^{1,31}. Estes operadores possibilitam a implementação de visões configuráveis dos dados em diferentes ângulos e níveis de agregação devido à estrutura multidimensional do DW.

Por fim, tem-se o grupo das linguagens de consulta geográfica multidimensional. Neste grupo, estariam as linguagens com características e operadores pertinentes aos dois grupos citados anteriormente, permitindo assim, a utilização simultânea tanto de operadores espaciais como multidimensionais. O principal foco de aplicação deste tipo de linguagem seria na consulta de dados armazenados em um DWG (*Data Warehouse Geográfico*),³⁰ que é uma das tecnologias essenciais para o provimento de um ambiente de suporte à decisão geográfico-multidimensional. Entretanto, até a escrita deste artigo poucos trabalhos estão voltados para esse aspecto^{39,40}. Mesmo assim, as propostas existentes não provêm uma integração completa entre as operações geográficas e multidimensionais, o que motiva ainda mais a proposição de uma linguagem com tais características.

2.1 Linguagens de Consulta Espacial

Em uma de suas pesquisas, Egenhofer⁹ propõe uma linguagem de consulta espacial denominada *Spatial SQL*, a qual foi inspirada na SQL padrão¹⁸ e leva em consideração aspectos de interface com o usuário, o que foram resultados de um trabalho apresentado anteriormente pelo autor⁷. Esta linguagem é composta de duas partes: (1) uma linguagem de consulta e (2) uma linguagem de apresentação. A parte da linguagem responsável pela recuperação dos dados é uma extensão da SQL, preservando as cláusulas SELECT-FROM-WHERE. Por sua vez, a parte da linguagem responsável pela apresentação gráfica dos dados, denominada GPL (*Graphical Presentation Language*),⁸ permite que o usuário defina as características do ambiente de visualização dos dados espaciais. A linguagem implementa apenas um subconjunto da álgebra espacial¹⁵ e parte das definições formais dos relacionamentos topológicos¹⁶.

Outro trabalho importante encontrado na literatura é o GeoSQL¹³. Neste, os autores introduzem uma linguagem de consulta que também mantém o mesmo estilo da SQL padrão, ou seja, as consultas são elaboradas através de construções SELECT-FROM-WHERE. A linguagem é utilizada em um protótipo de SIG orientado a objetos denominado YH-GIS. As restrições não espaciais são usualmente descritas como expressões lógicas com operadores de comparação, o que se assemelha a uma expressão condicional em uma cláusula WHERE da SQL. Por sua vez, as restrições espaciais são usualmente descritas como expressões lógicas com predicados espaciais. Os predicados espaciais são desenvolvidos a partir de relacionamentos espaciais entre feições geográficas. Entretanto, os autores abordam principalmente consultas espaciais com relacionamentos métricos e topológicos.

Nesse mesmo contexto se insere a *Simple Feature Specification For SQL*². O principal objetivo do Consórcio Open GIS³ em lançar esta especificação foi definir um padrão baseado em SQL que suportasse armazenamento, consulta e alteração de coleções de feições geográficas simples via ODBC API²³. Esta especificação descreve dois tipos de ambientes para implementação de bases de dados para armazenamento de feições geográficas. No primeiro ambiente, as tabelas de geometrias são implementadas utilizando tipos numéricos ou binários da SQL padrão. Este ambiente não define nenhuma função SQL para acesso, manutenção e indexação de geometrias porque essas operações não podem ser implementadas em sistemas de banco de dados utilizando os tipos de dados da SQL padrão. No segundo ambiente, uma tabela, a qual visa armazenar valores geométricos, é implementada como uma coluna definida por tipos geométricos para SQL. Baseada no *Open GIS Geometry Model*,³ esta

especificação descreve um conjunto padrão de Tipos Geométricos para SQL, juntamente com funções SQL que operam sobre estes tipos.

A *Filter Encoding Specification*⁴ é outra especificação do Open GIS e define uma codificação XML (*eXtensible Markup Language*) para representar expressões de filtro, baseado em CQL (*Common Query Language*) CQL⁵. Uma expressão de filtro XML pode ser transformada em uma cláusula WHERE de uma instrução SELECT da SQL para recuperar dados armazenados em bancos de dados relacionais. Da mesma forma, uma expressão de filtro pode ser transformada em uma expressão Xpath²⁸ ou Xpointer²⁹ para recuperar dados armazenados em documentos XML. Os operadores espaciais incluídos nesta especificação foram derivados da *Simple Feature Specification for SQL*².

SQL/SDA¹⁷ é outra proposta que estende a SQL padrão para consulta e análise de dados espaciais, baseando-se na especificação *Simple Feature Specification for SQL*. A linguagem proposta segue a sintaxe de consulta da SQL, preservando as cláusulas SELECT-FROM-WHERE. Além disso, possibilita a definição de sub consultas na cláusula FROM, o que facilita a expressão de consultas complexas para a análise de dados espaciais. Entretanto, possui uma interface gráfica escrita em Java que auxilia na elaboração das consultas por utilizar ícones que representam as operações mais utilizadas. Além dos operadores espaciais comumente utilizados em SIG, a linguagem implementa funções de derivação para análise de dados como UNION, INTERSECTION e DIFFERENCE.

Por sua vez, a pesquisa apresentada por Morris *et al.*,²² também leva em consideração a especificação *Simple Feature Specification for SQL* do Open GIS e propõe uma linguagem visual para consulta à banco de dados espaciais. Os autores utilizam uma metodologia de filtro de fluxo para expressar os diferentes tipos de consultas utilizadas em um SIG. A linguagem contempla uma grande quantidade de operadores e é voltada para usuários sem muitos conhecimentos com linguagens de consulta. A técnica utilizada é a transformação das consultas expressas em diagramas de fluxo para uma linguagem que estende a SQL padrão com operações espaciais. Apoiada por uma interface gráfica bem elaborada, provê aos usuários, uma grande facilidade em expressar consultas.

2.2 Linguagens de Consulta Multidimensional

Para realizar consultas em Bancos de Dados Multidimensionais, uma das linguagens desenvolvidas foi a MDX (*Multidimensional Expressions*)³³. Com a sintaxe definida pela MDX, é possível realizar consultas em um cubo de dados multidimensionais de forma a fornecer visões configuráveis dos dados em diferentes ângulos e níveis de agregação, através da utilização de

operadores analíticos. Embora a sintaxe MDX seja, em muitas formas, semelhante à sintaxe da SQL, esta não é uma extensão da mesma. Algumas das funcionalidades suportadas pela MDX podem ser fornecidas pela SQL, mas não de forma eficiente e intuitiva³⁴. Outra vantagem da MDX em relação a SQL é que enquanto com SQL só é possível a visualização de duas dimensões em uma consulta, na MDX, podem ser apresentadas mais de duas dimensões. Como na SQL, a MDX provê uma sintaxe DDL (*Data Definition Language*)³⁵ para gerenciar estruturas de dados.

Um estudo apresentado por Cabibbo e Torlone³⁶ discorre sobre uma linguagem de consulta a dados multidimensionais, denominada MD-CAL (*Multidimensional Calculus*). Neste estudo, os autores comparam sua abordagem com diversas outras de mesmo propósito existentes na literatura, e também compartilham da idéia de que a SQL padrão não é a linguagem de consulta mais indicada para análise de dados multidimensionais^{34,37}. A MD-CAL é baseada na realização de cálculos em uma tabela de fatos, oferecendo um suporte de alto nível para a análise de dados multidimensionais. De acordo com a sintaxe da linguagem, funções escalares e agregadas podem ser embutidas nas expressões de cálculos de forma natural.

Outro estudo voltado para a análise de dados multidimensionais é apresentado por Gray *et al.*⁴¹. Neste estudo, os autores introduzem o operador *Data Cube*, o qual possibilita agrupamentos, sub-totais e cruzamento de tabulações para análise de dados. Com *Data Cube* também é possível a utilização de operadores analíticos como *drill-down* e *roll-up*. Como abordado em outros trabalhos encontrados na literatura,^{34,36,37} os projetistas do *Data Cube* também comentam das dificuldades encontradas em analisar dados multidimensionais utilizando a SQL padrão. Segundo os autores, *Data Cube* seria uma opção para sanar as deficiências de análise multidimensional apresentadas pela SQL.

Pedersen *et al.*³⁸ apresentam um modelo de dados multidimensionais juntamente com uma álgebra formal e uma linguagem denominada Multidimensional SQL. Esta linguagem estende SQL para que ela seja voltada para análise de dados multidimensionais, adicionando o poder de manipular dimensões com hierarquias complexas. O modelo de dados permite também a agregação de dados de forma correta e automática. Como é uma abordagem compatível com SQL permite a integração com bases de dados legados, no modelo relacional. A proposta também se preocupa com a integração dos dados multidimensionais com dados XML externos.

2.3 Linguagens de Consulta Geográfica-Multidimensional

Uma proposta que se aproxima do objetivo do trabalho discutido neste artigo é apresentada por Ferri *et al.*³⁹. Nesta, os autores apresentam um modelo de dados geográficos orientado a objetos, que é estendido para suportar links para cubos de dados multidimensionais. Entretanto, não é apresentada uma linguagem de consulta que permita a total integração de operadores espaciais e multidimensionais, e sim uma linguagem baseada em SQL e muito semelhante as apresentadas na seção 2.1. Conforme Pourabbas e Rafanelli,⁴⁰ o que a abordagem possibilita é que a partir do resultado de uma consulta espacial, possa se chegar aos dados multidimensionais relacionados, devido às ligações que dados geográficos têm com estes. Além do mais, conforme apresentado pelos autores,³⁹ a base geográfica é mantida separada da base multidimensional, não considerando a existência de um DW geográfico, o que pode ser considerado uma das desvantagens da proposta.

3. A LINGUAGEM GeoMDQL

Apesar de vários trabalhos propostos abordarem o desenvolvimento de linguagens de consulta espacial,^{2,4,9,13,17,22} a maior parte delas apresenta-se como uma extensão da SQL (*Structured Query Language*) padrão¹⁸. Dessa forma, o fator de processamento analítico-multidimensional não é considerado de forma satisfatória. Embora a SQL padrão permita a realização de algumas análises de cunho analítico-multidimensional, ela não apresenta a eficiência e as vantagens oferecidas por linguagens de consulta voltadas para processamentos dessa natureza, como é o caso da MDX³³ e outras propostas encontradas na literatura^{36,41}. Mesmo a MDX possuindo alguma semelhança com a sintaxe da SQL padrão, está não é uma extensão da mesma, caracterizando-se como uma outra linguagem, com características vantajosas no que se refere à consulta de dados em bases de dados multidimensionais. Enquanto a SQL somente trata duas dimensões, a MDX permite a manipulação de mais de duas dimensões em uma consulta. Outros estudos encontrados na literatura,^{36,37,41} também mencionam as dificuldades em realizar operações analíticas com SQL. Por sua vez, linguagens de consulta como a MDX, voltadas especialmente para processamento multidimensional, não se preocupam com a questão espacial, a qual é de extrema relevância para o processo de tomada de decisões estratégicas em um contexto geográfico-multidimensional.

Será apresentada a seguir neste artigo, a arquitetura da linguagem GeoMDQL, que possibilitará consultar um DWG utilizando uma linguagem com sintaxe única, aplicando tanto operadores multidimensionais como espaciais. Outra característica importante é que GeoMDQL irá permitir a manipulação simultânea de mais de duas dimensões geográficas.

3.1 A Arquitetura de GeoMDQL

A arquitetura de GeoMDQL pode ser caracterizada como uma instância da arquitetura GOLAPA,^{14,19} a qual dispõe das camadas I, II e III para prover, respectivamente, dados, serviços e interface gráfica no contexto de um ambiente de suporte à decisões geográfico-multidimensional. A figura 1 apresenta a arquitetura da linguagem GeoMDQL, com suas camadas e principais componentes.

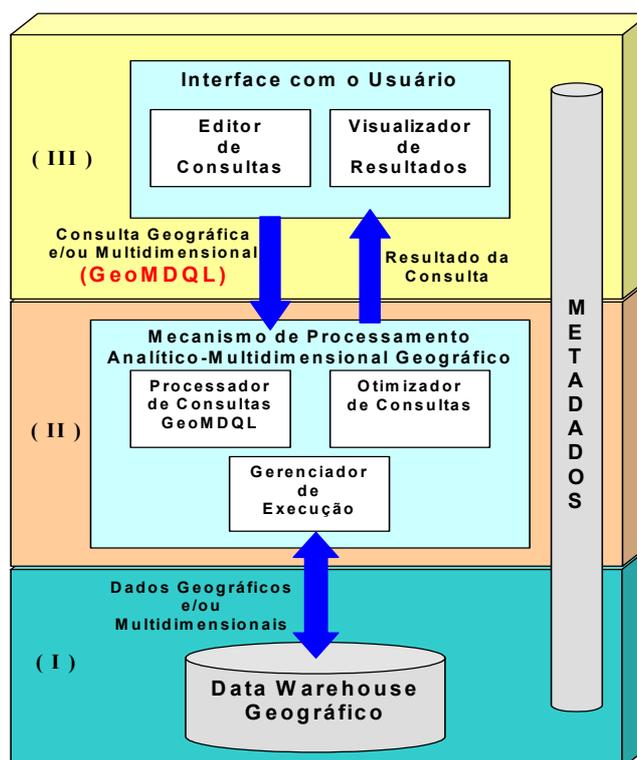


Figura 1. Arquitetura da Linguagem GeoMDQL

Na camada (I) se encontra o *Data Warehouse* Geográfico, o qual é baseado no arcabouço GeoDWFrame³⁰, que mantém integrados os dados analíticos e geográficos.

Na camada (II), se encontra o mecanismo de processamento analítico-multidimensional geográfico, o qual é equivalente ao componente GOLAPE da arquitetura GOLAPA. Nesta camada se encontram os módulos para processamento das consultas que serão expressas em GeoMDQL, otimização e gerenciamento da execução das consultas geográficas e/ou multidimensionais contra o DWG. Atualmente, a implementação do componente GOLAPE é realizada pelo GMLA Web Service^{6,31}.

A terceira camada da arquitetura é responsável pela interface com o usuário. Nesta se encontram os módulos responsáveis pela edição de consultas e pela visualização dos resultados através de mapas e/ou tabelas, dependendo do tipo de consulta elaborada. Outro componente, que se aplica ao longo de todas as camadas da arquitetura é a fonte de metadados, a qual é baseada nos metamodelos GAM e GeoMDM³² e tem como principal funcionalidade fornecer informações a respeito das correspondências existentes entre os dados analítico e geográficos armazenados no DWG.

4. CONCLUSÕES

Este artigo propõe uma linguagem de consulta geográfica-multidimensional denominada GeoMDQL. Esta pesquisa faz parte de um projeto mais amplo, denominado GOLAPA, o qual tem seus esforços voltados para a integração entre SIG e OLAP, com intuito de prover um ambiente único para suporte à decisões estratégicas num contexto analítico-multidimensional geográfico.

A partir da análise de alguns trabalhos relacionados viu-se a necessidade da especificação de uma linguagem de consulta com uma sintaxe integrada, que permita a utilização simultânea tanto de operadores espaciais quanto analíticos. Com isso, é apresentada a proposta de GeoMDQL e arquitetura da linguagem.

É importante salientar que, apesar da linguagem que está sendo desenvolvida estar relacionada ao projeto GOLAPA ela é independente do mesmo, podendo ser aplicada a outros projetos que visam integração entre processamento analítico e geográfico.

REFERÊNCIAS

1. S. Chaudhuri, U. Dayal. Decision support, Data warehouse, and OLAP, in *Tutorials of the Twenty-Second international Conf. On Very Large Data Base*, Bombay, pages 295-306, 1996.

2. Open GIS Consortium. OpenGIS simple feature specification for SQL. Technical report, 1997.
3. Open GIS Consortium. The open gis abstract specification. Technical report, 1999.
4. Open GIS Consortium. Filter encoding implementation specification. Technical report, 2001.
5. Open GIS Consortium. Open gis catalog services specification. Technical report, 2002.
6. Silva, J., Times, V. C., Fidalgo R. N., Barros, R. S. M., Towards a Web Service for Geographic and Multidimensional Processing. VI Brazilian Symposium on GeoInformatics, Campos do Jordão, SP, 2004.
7. M. J. Egenhofer and Andrew U. Frank. Towards a spatial query language: User interface considerations. In Proceedings of the Fourteenth International Conference on Very Large Data Bases, pages 124–133. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1988.
8. M. J. Egenhofer. Extending SQL for cartographic display. *Cartography and Geographical Information Systems*, 18(4):230–245, 1991.
9. M. J. Egenhofer. Spatial SQL: A query and presentation language. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 6(1):86–95, 1994.
10. A.C. Ferreira, M. L. Campos, A. Tanaka. An Architecture for Spatial and Dimensional Analysis Integration. In Proc. of World Multiconference on Systemics, Cibernetics and Informatics (SCI 2001), volume XIV, Computer Science and Engineering pages. 392-395. 2001.
11. Open GIS Consortium. Filter encoding implementation specification. Technical report, Open GIS Consortium, 2001.
12. GOAL Project Home Page, <http://krizik.felk.cvut.cz/goal/>, (último acesso em Agosto de 2004).
13. H. Chen F. Wang, J. Sha and S. Yang. Geosql: A spatial query language of object-oriented gis. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Computer Science and Information Technologies, 2000.
14. R. N. Fidalgo, V. C. Times, F. F. Souza. GOLAPA: Uma Arquitetura Aberta e Extensível para Integração entre SIG e OLAP. Proceedings of GEOINFO 2001, 2001, (<http://www.ic.unicamp.br/~cmbm/geoinfo/papers/149robson.pdf>)
15. R. H. Güting. Geo-relational algebra: A model and query language for geometric database systems. In Proceedings of the International Conference on Extending Database Technology, pages 506–527. Springer-Verlag, 1988.
16. M. J. Egenhofer. A formal definition of binary topological relationships. In 3rd International Conference, FODO 1989 on Foundations of Data Organization and Algorithms, pages 457–472. Springer-Verlag New York, Inc., 1989.
17. H. Lin and B. Huang. Sql/sda: A query language for supporting spatial data analysis and its web-based implementation. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 13(4):671–682, July 2001.
18. International Organization for Standardization. ISO/IEC 9075:1992: Information technology - Database languages - SQL. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1992.
19. GOLAPA, Página Oficial do Projeto GOLAPA, <http://www.cin.ufpe.br/~GOLAPA/>, (último acesso em Agosto de 2004).
20. Keith C. Clarke. Getting Started with Geographic Information Systems, Prentice Hall, USA, 1997.
21. J. Han, K. Koperski, and N. Stefanovic. GeoMiner: a system prototype for spatial data mining. Proc. ACM SIGMOD, 1997.
22. A.J. Morris, A.I. Abdelmoty, B.A. El-Geresy, and C.B. Jones. A filter flow visual querying language and interface for spatial databases. *GeoInformatica*, 8(2):107–141, June 2004.
23. ODBC API Reference, <http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-s/odbc/htm/odch21apr.asp>, Microsoft Corporation, (ultimo acesso em Agosto de 2004).

24. S. Shekhar, C. T. Lu, X. Tan, S. Chawla, R.R. Vatsavai. Map Cube: A Visualization Tool for Spatial Data Warehouse. 2000, (<http://www.cs.umn.edu/Research/shashigroup/Mapcube/mapcube.html>)
25. L. Zhang, Y. Li, F. Rao, X. Yu, Y. Chen, Spatial Hierarchy and OLAP-Favored Search in Spatial Data Warehouse, ACM Sixth International Workshop on Data Warehousing and OLAP, 2003.
26. D. Papadias, P. Kalnis, J. Zhang, Y. Tao, Efficient OLAP Operations in Spatial Data Warehouses, International Symposium on Spatial and Temporal Databases, (SSTD), 2001.
27. Z. Kouba, K. Matousek, P. Mikovsky. On Data Warehouse and GIS integration. International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA), 2000.
28. XML Path Language (XPath) Version 2.0, <http://www.w3.org/TR/xpath20/>, (último acesso em Agosto de 2004)
29. XML Pointer Language (XPointer), <http://www.w3.org/TR/xptr/> (ultimo acesso em Agosto de 2004).
30. Fidalgo R. N., Times, V. C., Silva, J., Souza, F.F., GeoDWFrame: A Framework for Guiding the Design of Geographical Dimensional Schemas. Proc. Int. Conf. on Data Warehousing and Knowledge Discovery (DaWaK), 2004.
31. J. Silva, V.C. Times, R. S. M. Barros, Integrando Serviços Analíticos e Geográficos para Suporte à Decisão na Web. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2004.
32. Fidalgo R. N., Times, V. C., Silva, J., Souza, F.F., Salgado, A.C., Providing Multidimensional and Geographical Integration Based on a GDW and Metamodels. Proc. Brazilian Symposium on Databases (SBD). 2004.
33. Introduction to Multidimensional Expressions (MDX) <http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dnolap/html/intromdx.asp> (último acesso em Agosto de 2003).
34. Introduction to Multidimensional Expressions (MDX) Comparison of SQL and MDX. Analysis Service Documentation, Microsoft Corporation, 2000.
35. C. J. Date and Hugh Darwen. A Guide to SQL Standard. Addison-Welsey, fourth edition, 1997.
36. Luca Cabibbo and Riccardo Torlone, Querying Multidimensional Databases, Proc. of the 6th Int. Workshop on Database Programming Languages, 1997.
37. Sudir G. Rao, Providing Better Support for a Class of Decision Support Queries. Proc. of the 1996 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, 1996.
38. Dennis P., Karsten R., Torben B. P., A powerful and SQL-compatible data model and query language for OLAP, Proc. of the thirteenth Australasian conference on Database technologies, Australia, 2002.
39. F. Ferri, E. Pourabbas, M. Rafanelli, F. L. Ricci, Extending Geographic Databases for a Query Language to Support Queries Involving Statistical Data, 12th International Conference on Scientific and Statistical Database Management, Germany, 2000.
40. E. Pourabbas, M. Rafanelli. A Pictorial Query Language for Querying Geographic Databases using Positional and OLAP operators. Journal of ACM SIGMOD Record, 31(2): 22-27, 2002.
41. J. Gray, et al. Data cube: A relational aggregation operator generalizing group-by, cross-tab, and sub-totals. In Proc. 12th ICDE, 1996.