CARLOS ENRIQUE HERNÁNDEZ SIMÕES

GEOVISUALIZAÇÃO ANALÍTICA

Desenvolvimento de um protótipo de um sistema analítico de informações para a gestão da coleta seletiva de resíduos urbanos recicláveis.

São Paulo

2010

CARLOS ENRIQUE HERNÁNDEZ SIMÕES

GEOVISUALIZAÇÃO ANALÍTICA

Desenvolvimento de um protótipo de um sistema analítico de informações para a gestão da coleta seletiva de resíduos urbanos recicláveis.

São Paulo

2010

CARLOS ENRIQUE HERNÁNDEZ SIMÕES

GEOVISUALIZAÇÃO ANALÍTICA

Desenvolvimento de um protótipo de um sistema analítico de informações para a gestão da coleta seletiva de resíduos urbanos recicláveis.

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia de Transportes

Sub-Área: Informações Espaciais

Orientador: Prof. Livre-Docente
Jorge Pimentel Cintra

São Paulo

2010

Este exemplar foi revisado e alterado em relação a versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de maio de 2010.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Simões, Carlos Enrique Hernández

**Geovisualização analítica : desenvolvimento de um protótipo de um sistema analítico de informações para a gestão da coleta seletiva de resíduos urbanos recicláveis / C.E.H. Simões. -- ed.rev. -- São Paulo, 2010.
143 p.**

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

1. Geoprocessamento 2. Cartografia 3. Visualização 4. Modelagem de dados 5. Estudos analíticos 6. Coleta de resíduos urbanos (Reciclagem) I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II. t.

OFEREÇO,

esta dissertação à minha querida mãe, Gracy,
pelo amor e incentivo constante para a ser
desenvolvedor, pesquisador e professor.

DEDICO,

esta dissertação à minha amada esposa, Sandra,

que sempre acreditou na minha capacidade e

muito me ajudou. Sem ela não conseguiria.

AGRADECIMENTOS

Aos professores e alunos de mestrado da área de Informações Espaciais da EPUSP. Seus ensinamentos e nossa convivência acrescentaram bastante à minha formação técnica e experiência profissional.

Gostaria de agradecer especialmente ao Prof. Jorge Pimentel Cintra pelo o entusiasmo e dedicação em me atender diversas vezes em sua sala na EPUSP para me orientar.

Nortear significa encaminhar em direção ao Norte.

Orientar significa encaminhar em direção ao Leste, ao Oriente.

Porém, nortear ou orientar também significam:

- Administrar, governar, gerir;
- Conduzir, dirigir, algo ou alguém, para uma determinada direção;
- Encaminhar, influenciar;
- Guiar numa dada direção moral, intelectual.

Dicionário Houaiss

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- EXEMPLO DE CUBO DE DADOS PARA ANÁLISE DE INFORMAÇÕES DE CÂNCER. FONTE: ADAPTADO DE RIVEST, 2003 ET AL.....	40
FIGURA 2- ARQUITETURA DE UM SISTEMA <i>OLAP</i> . FONTE: ADAPTADO DA APRESENTAÇÃO DE THIERRY BUSSIEN, <i>ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERAL DE LAUSSANE NA UNIVERSITÉ LAVAL</i> EM 2007.	42
FIGURA 3 - NATUREZA DOS DADOS VERSUS NÍVEL DE AGREGAÇÃO DOS DADOS. FONTE: ADAPTADO DA APRESENTAÇÃO DE THIERRY BUSSIEN, <i>ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERAL DE LAUSSANE NA UNIVERSITÉ LAVAL</i> EM 2007.	44
FIGURA 4 – EQUIPE CONSTITUINTE DE UM PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO SOBRE UMA FERRAMENTA <i>SOLAP</i> PARA ANÁLISE DE DADOS E GERAÇÃO DE CONHECIMENTO. FONTE: ADAPTADO DE BEAULIEU E BÉDARD, 2008.	45
FIGURA 5 - SISTEMA CORPORATIVO DE <i>SPATIAL BI</i> . FONTE: ADAPTADO DE (BADARD E DUBÉ, 2009B).....	46
FIGURA 6 - EXEMPLO DOS TRÊS TIPOS DE DIMENSÕES ESPACIAIS. FONTE: ADAPTADO DE RIVEST ET AL., 2003).....	47
FIGURA 7 - SOLUÇÃO <i>SOLAP</i> , CASO A), MODELADA EM CAMADAS DE ABSTRAÇÃO VERSUS UMA SOLUÇÃO CONVENCIONAL DE SOBREPOSIÇÃO DE CAMADAS DE MAPAS, CASO B). TRADUZIDO DE PROULX E BÉDARD, 2008.	50
FIGURA 8 - EXEMPLO DE DOIS TIPOS DE DIMENSÕES ESPACIAIS: A) LINHAS DE TRANSMISSÃO ELÉTRICA, REPRESENTADA POR LINHAS E B) DISTRITOS REGIONAIS, REPRESENTADO POR POLÍGONOS.	51
FIGURA 9 - EXEMPLO DE GEOMETRIA COMPLEXA DE MONTREAL REPRESENTADA PELAS ILHAS FLUVIAIS QUE COMPÕE ESSA CIDADE. FONTE: HTTP://SPATIALOLAP.SCG.ULaval.ca	52
FIGURA 10 - UNIÃO SOVIÉTICA UNIFICADA EM 1991	53
FIGURA 11 – SITUAÇÃO EM 1994, APÓS O COLAPSO DA UNIÃO SOVIÉTICA, COM OS NOVOS PAÍSES CRIADOS: FEDERAÇÃO RUSSA EM LARANJA E OS NOVOS PAÍSES: ARMÊNIA, UCRÂNIA, BIELORRÚSSIA, UZBEQUISTÃO, ETC. FONTE: HTTP://SPATIALOLAP.SCG.ULaval.ca	53
FIGURA 12 - EXEMPLO DE DIVERSOS ELEMENTOS EM UMA ÚNICA	56
FIGURA 13 – FIGURAS (<i>MULTIMAPAS</i>) QUE MOSTRAM A EVOLUÇÃO TEMPORAL DE UM FENÔMENO. FONTE: HTTP://SPATIALOLAP.SCG.ULaval.ca	56
FIGURA 14 - EXEMPLO COM DIAGRAMAS DE “PIZZA” COM 3 VARIÁVEIS EM CADA CONTINENTE. FONTE: HTTP://SPATIALOLAP.SCG.ULaval.ca	57
FIGURA 15 - EXEMPLO DE <i>MULTIMAPA</i> EM 4 TEMPOS ALTERADA ATRAVÉS DA OPERAÇÃO <i>PIVOT</i> PARA UM MAPA PARA TODOS OS ANOS. FONTE: HTTP://SPATIALOLAP.SCG.ULaval.ca	58
FIGURA 16 - EXEMPLO DE LINHA CRONOLÓGICA QUE PERMITE A GEOVISUALIZAÇÃO ANIMADA E FACILITA A GEOVISUALIZAÇÃO DA EVOLUÇÃO DE FENÔMENOS.	59
FIGURA 17 - EXEMPLO DE AGREGAÇÃO DE UNIDADES MENORES, QUE PRODUZIU UMA NOVA MÉTRICA PARA O CONJUNTO. FONTE: HTTP://SPATIALOLAP.SCG.ULaval.ca	60
FIGURA 18 - EXEMPLO DE CÁLCULO DE MEDIDA AGREGADA QUE UTILIZOU O OPERADOR <i>BUFFERING</i> . FONTE: HTTP://SPATIALOLAP.SCG.ULaval.ca	61
FIGURA 19 -. OPERAÇÃO <i>SPATIAL DRILL-DOW</i>	62
FIGURA 20 -. OPERAÇÃO <i>SPATIAL ROLL-UP</i>	63

FIGURA 21 - OPERAÇÃO TEMPORAL <i>DRILL-ACROSS</i>	64
FIGURA 22 – FIGURAS COMPARATIVAS NO ESPAÇO E NO TEMPO.	64
FIGURA 23 - FIGURA TEMÁTICA.	65
FIGURA 24 - UM EXEMPLO ONDE UMA COLEÇÃO DE TELAS E SIMBOLOGIA.....	65
FIGURA 25 - MODELO DE DADOS DIMENSIONAL E HIERARQUIA DOS MEMBROS DAS DIMENSÕES DO CUBO CORILA.....	66
FIGURA 26 –TELA COM DETALHES DAS BARRAS DE FERRAMENTAS COM FUNCIONALIDADES <i>OLAP</i> , <i>SOLAP</i> E SIG.....	67
FIGURA 27 - OPERAÇÃO <i>DRILL-DOWN</i>	67
FIGURA 28 - OPERAÇÃO: <i>BUFFER</i>	68
FIGURA 29 - OPERAÇÃO <i>OVERLAY</i>	68
FIGURA 30 - A LOCALIZAÇÃO, EM VERDE, DA SUB-PREFEITURA DO CAMPO LIMPO, EM BEGE DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO E EM AZUL, DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO. FONTE: FIGURA DESENVOLVIDA NO ARCEXPLORER PELO AUTOR.....	85
FIGURA 31 – FOTOGRAFIA DE UM LOCAL DE DESCARTE IRREGULAR DE RESIDUO DE CONSTRUÇÃO E.....	86
FIGURA 32 - FASES DA LOGÍSTICA REVERSA DOS RESÍDUOS URBANOS RECICLÁVEIS. AS FASES EM VERMELHO FORAM IMPLEMENTADAS NO PROTÓTIPO. FONTE: AUTOR.....	87
FIGURA 33 - ESCOPO DO PROTÓTIPO. FONTE: AUTOR.	88
FIGURA 34 - TIPOS DE MODELOS DE DADOS DIMENSIONAL, ADAPTADO DE BUSSIEN, T., (2007)	90
FIGURA 35 - RELACIONAMENTO DO PONTO COM O TIPO DE PONTO E O RESÍDUO URBANO RECICLÁVEL. FONTE: AUTOR.	92
FIGURA 36 - RELACIONAMENTOS DO PONTO COM O TIPO DE PONTO E O RESIDUO URBANO RECICLÁVEL	92
FIGURA 37 - DIMENSÃO ESPACIAL: HIERARQUIA POR REGIÃO ADMINISTRATIVA, POR BACIAS HIDROGRÁFICAS E RESPECTIVOS NÍVEIS HIERÁRQUICOS. FONTE: AUTOR.	94
FIGURA 38- MODELO LÓGICO DIMENSIONAL DA TABELA FATO 1: RESULTADOS ESTIMADOS DA RECICLAGEM DOS MATERIAIS. FONTE: AUTOR.....	98
FIGURA 39 - MODELO LÓGICO DIMENSIONAL DA TABELA FATO: INDICADORES SÓCIO, ECONÔMICO E AMBIENTAL.....	99
FIGURA 40- MODELO LÓGICO DIMENSIONAL DA TABELA FATO 3: PONTO: LOCALIZAÇÃO (ENDEREÇO E COORDENADAS) E RESPECTIVOS ATRIBUTOS DOS PONTOS DA COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS. FONTE: AUTOR.	100
FIGURA 41- MODELO FÍSICO DO <i>DATA WAREHOUSE</i> . FONTE: AUTOR.....	101
FIGURA 42 - IMAGEM COM DESTAQUE PARA A ATT MORELIX. FONTE: DIGITALGLOBE.	104
FIGURA 43- FAVELAS DA SUB-PREFEITURA, EM VERDE E OS MUNICÍPIOS VIZINHOS DE TABOÃO, EMBU E ITAPECERICA. FONTE: TELA DO ARCEXPLORER DESENVOLVIDO PELO AUTOR.....	107
FIGURA 44- CARGA DE DADOS DA TABELAS FATO E DOS CUBOS: RESULTADOS ESTIMADOS DA RECICLAGEM DOS MATERIAIS E DE INDICADORES SÓCIO, ECONÔMICO E AMBIENTAL. FONTE: AUTOR.....	109
FIGURA 45– PÁGINA DE ENTRADA DO APLICATIVO VERDES - VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECICLAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. FONTE: CONCEIÇÃO, M. M. ET AL 2005.....	110

FIGURA 46- CARGA DE DADOS DA TABELA FATO E DO CUBO: INDICADORES SÓCIO, ECONÔMICO E AMBIENTAL. FONTE: AUTOR.....	111
FIGURA 47- CARGA DE DADOS DA TABELA FATO E DO CUBO MODELO LÓGICO DIMENSIONAL DOS PONTOS DA COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS. FONTE: AUTOR.....	112
FIGURA 48- PONTOS DE DESCARTE IRREGULAR, PIR, DE RESÍDUOS SÓLIDOS, ENFATIZADOS EM AZUL, APRESENTAM OS RESULTADOS DESTA CONSULTA ESPACIAL. FONTE: TELA DO PROTÓTIPO DESENVOLVIDO NO ARCMAP PELO AUTOR.	114
FIGURA 49- ÁREA DE TRIAGEM E TRANSBORDO, ATT, PRESENTE NA REGIÃO ADMINISTRADA PELA SUB- PREFEITURA DO CAMPO LIMPO EM COR AZUL. FONTE: TELA DO PROTÓTIPO DESENVOLVIDO NO ARCMAP PELO AUTOR.	115
FIGURA 50- FOTO DA ATT MORELIX. FONTE: AUTOR.	115
FIGURA 51 - CONSULTA ESPACIAL SOBRE A LOCALIZAÇÃO DOS TRANSPORTADORES DE CAMINHÃO CAÇAMBA, (TCB). FONTE: TELA DO PROTÓTIPO DESENVOLVIDO NO ARCMAP PELO AUTOR.	116
FIGURA 52 - CONSULTA ESPACIAL SOBRE OS ECOPONTOS DE RCD. FONTE: TELA DO PROTÓTIPO DESENVOLVIDO NO ARCMAP PELO AUTOR.	117
FIGURA 53 - ECOPONTO PARQUE	117
FIGURA 54 - CUBO DE DADOS RESULTADOS ECONÔMICOS DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES. EM DESTAQUE O SÍMBOLO DESSE CUBO. FONTE: TELA DO <i>PIVOT TABLE</i> DO <i>ACCESS</i> DO PROTÓTIPO DESENVOLVIDO PELO AUTOR.....	118
FIGURA 55 - CUBO DE DADOS - GRÁFICO DE BARRAS DA CONSULTA NUMÉRICA ANTERIOR FONTE: TELA DO GRÁFICO DINÂMICO DO <i>ACCESS</i> DO PROTÓTIPO DESENVOLVIDO PELO AUTOR.....	119
FIGURA 56 - FASES DA LOGÍSTICA REVERSA DOS RESÍDUOS URBANOS RECICLÁVEIS. AS FASES EM VERMELHO FORAM IMPLEMENTADAS NO PROTÓTIPO.	121
FIGURA 57 - RELACIONAMENTO DO PONTO COM O TIPO DE PONTO E O RESÍDUO URBANO RECICLÁVEL. FONTE: AUTOR.....	122

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DEFINIÇÕES DE TERMOS BÁSICOS <i>OLAP</i> ACOMPANHADO DE EXEMPLOS DO CUBO DE TRÊS DIMENSÕES DA FIGURA 1. FONTE: ADAPTADO DE KRAMER E NISBET, 2006 PARA O EXEMPLO.	41
TABELA 2 - QUADRO DE AVALIAÇÃO DE PRODUTOS QUANTO A ARQUITETURA CONTEMPLADA. FONTE: TRADUZIDO DE BÉDARD ET AL, 2007.	70
TABELA 3- QUADRO DE AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS QUANTO ÀS CARACTERÍSTICAS <i>SOLAP</i> CONTEMPLADAS. FONTE: TRADUZIDO DE BÉDARD ET AL, 2007.	75
TABELA 4 - TABELA COM SERVIDORES <i>OLAP</i> E CLIENTES <i>OLAP</i> MAIS POPULARES ABORDADOS PARA SOLUÇÕES INTEGRADAS E PREDOMINANTEMENTE SIG. FONTE: TRADUZIDO DE BÉDARD ET AL, 2007.	75
TABELA 5- PREÇO EM R\$ POR TONELADA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS EM 12/2005.	105
TABELA 6 - EXEMPLO DO INDICADOR INCREMENTOS DE RENDA MÉDIA POR DISTRITOS MUNICIPAIS EM ORDEM DECRESCENTE DE INCREMENTO POPULACIONAL – 1991 E 2000. FONTE: EMPLASA.	105
TABELA 7 - RELAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE ORDENS DE SERVIÇO PARA COLETA DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RCD E VOLUMOSOS, NO PERÍODO DE 20/11/2002 A 19/11/2003. FONTE: LIMPURB.	106
TABELA 8 - CÓDIGO E DESCRIÇÃO DO MATERIAL RECICLÁVEL DE RSD E RESULTADOS ANUAIS ESTIMADOS EM R\$ DO QUE É RECICLADO E DO QUE NÃO É RECICLADO. FONTE: AUTOR.	118
TABELA 9- ANEXO A1 - TABELA DE PARÂMETROS DE ENTRADA. FONTE: AUTOR.	139
TABELA 10 – ANEXO A2 - TABELA DE DADOS DE MATERIAIS. FONTE: AUTOR.	139
TABELA 11 – ANEXO A3 - TABELA DE DADOS DA POPULAÇÃO. FONTE: AUTOR.	139
TABELA 12 – ANEXO A4 - MÉTRICAS DA TABELA FATO 1 “RESULTADOS ESTIMADOS DA RECICLAGEM DOS MATERIAIS”. FONTE: AUTOR.	140
TABELA 13 – ANEXO A5 - TABELA DE DADOS DA LIMPURB DE DESCARTE IRREGULAR DE RCD. FONTE: AUTOR.	140
TABELA 14 – ANEXO A6 - TABELA DE DADOS SOBRE FAVELAS. FONTE: AUTOR.	140
TABELA 15 – ANEXO A7 - TABELA DE DADOS DE DESENVOLVIMENTO. FONTE: AUTOR.	141
TABELA 16 – ANEXO A8 - TABELA DE DADOS SOBRE ÁREA CONSTRUÍDA. FONTE: AUTOR.	141
TABELA 17 – ANEXO A9 - MÉTRICAS DA TABELA FATO “INDICADORES SÓCIO, ECONÔMICO E AMBIENTAL” POR DISTRITO. FONTE: AUTOR.	142
TABELA 18 – ANEXO A10 - TABELAS DE ENDEREÇOS DE PONTOS. FONTE: AUTOR.	143
TABELA 19 – ANEXO A11 - TABELA FATO “PONTOS DE LOCALIZAÇÃO E ATRIBUTOS DOS PONTOS DA COLETA SELETIVA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS”. FONTE: AUTOR.	143

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATT: Área de Triagem e Transbordo de Resíduos de Construção e Demolição.

BI – *Business Intelligence*, Inteligência nos Negócios ou Inteligência Empresarial.

CEF: Caixa Econômica Federal

CEMPRE: Compromisso Empresarial para a Reciclagem

COC: Cooperativa de Catadores. Veja-se Grimberg e Blauth, 1998.

CPTM: Companhia Paulista de Trens Metropolitanos

CTT: Central de Triagem e Transbordo de Resíduo Sólido Domiciliar

DW: *Data Warehouse*, ou seja, Depósito de Dados.

ECP: Ecopontos: são pontos de entrega voluntária de materiais inservíveis, que não servem mais, como entulho da construção civil e objetos volumosos.

ESDA: *Exploratory Spatial Data Analysis*, ou seja, Análise de Exploratória de Dados Espaciais

GVis: Geovisualização

FOSS: *Free and Open Source Software*, ou seja, Programas de Código Aberto e Livre

ICA: *International Cartography Association*, ou seja, Associação Cartográfica Internacional

ISO: International Standard Organization, ou seja, Organização Internacional para a Padronização

NSF: National Science Foundation, ou seja, Fundação Nacional de Ciência dos Estados Unidos

ONG: Organização Não Governamental

OLAP: *On Line Analytical Processing*, ou seja, Processamento Analítico de Dados em Tempo Real.

PEV: Ponto de Entrega Voluntária

PIR: Ponto de Descarte Irregular de Resíduos

PMSP: Prefeitura Municipal de São Paulo

RCD: Resíduo de Construção e Demolição-Reciclável

RSD: Resíduo Sólido Domiciliar-Reciclável

RSU: Resíduos Sólidos Urbanos Recicláveis

SOLAP: Spatial On Line Analytical Processing, ou seja, Processamento Analítico de Dados Espaciais em Tempo Real.

TBC: Transporte por Caminhão Basculante

TCB: Transporte por Caminhão Caçamba

TDWI: The Datawarehousing Institute. Foi fundado em 1995 e é o principal instituto educacional para *BI* e *DW*.

TCC: Transporte por Caminhão Compactador

ViSC: Visualization on Scientific Computation, ou seja, Visualização em Computação Científica

VR: Virtual Reality, ou seja, Realidade Virtual

VRML: Virtual Reality Modeling Language, ou seja, Linguagem para Modelagem de Realidade Virtual

UML: Unified Modeling Language, ou seja, Linguagem Unificada de Modelagem

XML: O eXtensible Markup Language é um formato para a criação de documentos com dados organizados de forma hierárquica, como se vê, frequentemente, em documentos de texto formatados, imagens vetoriais ou bancos de dados.

RESUMO

Os resíduos urbanos descartados de forma irregular constituem um problema sério, principalmente nas grandes cidades, causando entupimento de bueiros e drenagem com conseqüentes inundações, sujeira e transmissão de doenças tais como leptospirose e dengue além de ser um estorvo para o trânsito e acarretarem gastos para a Prefeitura. Por outro lado, reciclar este material é uma fonte de receitas e um gerador de empregos. A Geovisualização Analítica pode ser de grande auxílio para a análise desse problema complexo e para a tomada de decisão.

Com essa motivação, a presente dissertação procura fornecer uma visão geral sobre o estado da arte quanto a conceitos e pesquisas em Geovisualização (*GVis*) e Processamento Analítico (*OLAP* e *SOLAP*). Apresenta também processos, metodologias e tecnologias que foram utilizadas no desenvolvimento de um protótipo de um sistema analítico de informações aplicado à área de gestão da coleta seletiva de resíduos sólidos recicláveis em ambiente urbano. Este protótipo, efetivamente implantado, combinou navegação e consulta para recuperar informações através de seleções espaciais e alfanuméricas. Através de exemplos foi mostrado que este tipo de solução auxilia gestores nos processos de exploração, análise e tomada de decisão.

Palavras-Chaves: Geovisualização, *GVis*, processamento analítico, *OLAP*, *SOLAP*, *BI*, integração, SIG, modelo dimensional, data warehouse, suporte a decisão, coleta seletiva, transporte, resíduos sólidos, RCD, RSD.

ABSTRACT

Domestic waste illegally disposed constitute a serious problem, especially in large cities, causing clogging of drains and drainage with subsequent flooding, dirt and transmission of diseases such as leptospirosis and dengue as well as being a hindrance to traffic and would entail city hall costs. Moreover, recycle this material is a source of revenue and a generator of jobs. The Analytical Geovisualization can be of great help in the analysis of this complex problem and the decision-making.

With this motivation, this paper seeks to provide an overview of the state of the art as the concepts and research in Geovisualization (GVis) and Analytical Processing (OLAP and SOLAP). It also presents processes, methodologies and technologies that were used in developing a prototype of an analytical system applied to the area of selective collection information management of recyclable solid waste in urban environments. This prototype, effectively deployed, combined navigation and query to retrieve information through spatial and alphanumeric selections. Through examples it was shown that this type of solution helps managers in operating procedures, analysis and decision making.

Key-Words: Geovisualization, GVis, analytical processing, OLAP, SOLAP, BI, system integration, GIS, dimensional modeling, data warehouse, decision support, selective collection, transport, C&DW, recycled solid waste.

SUMÁRIO

FICHA CATALOGRÁFICA.....	4
1. Introdução	19
1.1 Apresentação e justificativa	19
1.2 Objetivos	21
2 Geovisualização (GVís).....	22
2.1 Conceituação de GVís.....	22
2.2 História, Bibliografia e Referências Bibliográficas.....	23
2.2.1 Período de 1953 a 1980	23
2.2.2 Período de 1980 a 1995	23
2.2.3 Período entre 1995 e 1999	25
2.2.4 Período de 2000 a 2006	28
2.2.5 Período Atual, de 2007 a 2010	36
3 O Processamento Analítico On-Line (OLAP) e o Processamento Espacial Analítico On-Line (SOLAP).....	39
3.1 Introdução	39
3.2 OLAP.....	39
3.3 SOLAP.....	44
3.3.1 Componentes de uma ferramenta SOLAP.....	46
3.3.2 Tipos de suporte fornecidos pela ferramenta SOLAP.....	49
3.3.3 Exemplos de aplicações analíticas e espaciais.....	61
3.4 Critérios técnicos de avaliação da integração de soluções analíticas e espaciais.....	69
3.4.1 Critério de avaliação relacionado à arquitetura	69
3.4.2 Critério de avaliação relacionado com as características contempladas pela solução.....	72
3.4.3 Soluções importantes de fornecedores.....	76
4 Aplicação: Desenvolvimento de um protótipo desktop de Geovisualização Analítica para a gestão da coleta seletiva e transporte de resíduos recicláveis em ambiente urbano.....	81
4.1 Descrição do Problema e Levantamento de Requisitos.....	81
4.1.1 Usuários e Entrevistas	82
4.1.2 Questionamento básico dos gestores.....	84
4.1.3 Visitas à região em estudo.....	84
4.2 Mapeamento e Entendimento do Processo de Coleta Seletiva de Resíduos Urbanos Recicláveis	87
4.2.1 Escopo do protótipo.....	87
4.3 Modelagem de Dados	88

4.3.1	Metodologia de Modelagem.....	88
4.3.2	Modelagem Dimensional	88
4.3.3	Conceituação de Data Warehouse e Data Mart.....	89
4.3.4	Tipos de Modelo Dimensional.....	89
4.3.5	Modelagem das Entidades e respectivos relacionamento e domínios	91
4.4	Modelo Físico do <i>Data Warehouse</i>	101
4.5	Definição dos Materiais Empregados	102
4.5.1	Softwares	102
4.5.2	Arquitetura do <i>Data Warehouse</i> Geográfico	102
4.5.3	Coleta de Dados.....	103
4.5.4	Fluxo de Carga de Dados nos <i>Data Marts</i> e nos Cubos <i>OLAP</i>	108
4.6	Testes e Resultados Preliminares	113
4.6.1	Testes.....	113
4.6.2	Resultados das Consultas Espaciais	113
4.6.3	Resultados de Consultas Alfanuméricas.....	118
5	Conclusão, recomendações e trabalhos futuros	121
5.1	Recomendações e trabalhos futuros	121
5.2	Conclusão	124
6	Referências Bibliográficas	125
7	Bibliografia	131
8	Anexo A	138

1. Introdução

1.1 Apresentação e justificativa

No Brasil, existe muito resíduo com possibilidade de ser reciclado, porém este é simplesmente descartado irregularmente ao longo das vias e córregos da cidade, como mostram Schneider (2003) e Schneider e Philippi (2004). Além de ser um desperdício econômico, é um fator causador de proliferação de sujeira e aumento de doenças transmissíveis, bem como de entupimento de tubulações de drenagem com o consequente agravamento das inundações. Em contraposição, o Brasil importa toneladas de resíduos para serem reciclados.

Do ponto de vista da logística nas cidades brasileiras, no entanto, são muito poucos os pontos de descarte regular de resíduos recicláveis tais como o RSD Resíduo Sólido Doméstico e o RCD, Resíduo de Construção e Demolição. Pinto (1999a e 1999b) descreve que os chamados Ecopontos de RCD deveriam estar bem distribuídos ao longo das sub-bacias hidrográficas de uma área urbana, ou seja as sub-bacias das redes de drenagem. Veja-se também Tucci e Silveira (2001). O aumento de pontos de descarte regular de RSD e RCD ao longo das sub-bacias de drenagem contribuiria para o aumento da reciclagem do RSD e RCD nessas áreas, com reflexo na melhoria dos indicadores a eles associados e a diminuição das enchentes uma vez que os resíduos são responsáveis pelo entupimento das redes de drenagem e na poluição difusa nos rios urbanos.

Por exemplo, em São Paulo, quem viaja pelo trem da CPTM ao longo do rio Pinheiros constata que, após a chuva, uma grande quantidade de garrafas plásticas e resíduos de todo tipo acabam destinados irregularmente no rio. As bacias que deveriam drenar apenas as águas pluviais captam resíduos de toda espécie.

Em países que efetuam uma boa gestão ambiental, verifica-se que:

- Materiais pós-consumo atingem altos índices de reciclagem;
- Os resíduos orgânicos geram compostos orgânicos, adubo, para a agricultura;
- Os aterros foram banidos;

- Os resíduos orgânicos geram energia a partir do metano, um dos principais gases do efeito estufa, popularmente conhecido como biogás;
- Emissões de gases de efeito estufa foram minimizadas;
- Créditos de carbono foram obtidos a partir de projetos MDL (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo).

O Brasil dá um bom exemplo com o alto índice de reciclagem das latas de alumínio nos RSD e os países nórdicos de igual maneira com os RCD. Veja-se John et al. (2001, 2002, 2003, 2004 e 2005). No entanto, muita coisa precisa ser feita. O presente trabalho procura contribuir para fornecer aos tomadores de decisão uma ferramenta de visualização e análise para o desempenho desta tarefa.

Os mapas historicamente sempre foram poderosos instrumentos para visualização, análise e tomada de decisão para planejamento e projeto. Veja-se, por exemplo, Raisz (1962). Nessa tarefa, com o advento da era digital, a Geovisualização Analítica, objeto do presente trabalho, procura integrar as áreas de visualização de dados espaciais com as tarefas de análise dos mesmos e explora as potencialidades abertas pelos conceitos e programas elaborados para esse fim.

A Geovisualização Analítica, que pode ser definida como visualização de dados geográficos para fins de análise, permite que gestores explorem, analisem e tomem decisões para resolver problemas de diversas áreas. Por isso, considera-se importante realizar pesquisas nessa área, o que pode trazer contribuições para a área de Informações Espaciais e para a Engenharia de Transportes de uma maneira geral. Justifica-se assim a presente dissertação.

A Geovisualização Analítica implica, como outras áreas conexas, na construção do conhecimento a partir do armazenamento, processamento de dados, análise e transmissão da informação.

Essa tarefa conta com a visão humana e o domínio do especialista, num processo integrado que possibilita a exploração de dados, análise e de tomada de decisão.

Mapas tradicionais em papel ou em meio digital, limitam de certa forma a capacidade exploratória ao não serem dinâmicos como na Geovisualização Analítica, que possibilita maior interação ao explorar diferentes potencialidades, novos ângulos e a mudança da aparência visual do mapa normalmente na tela do computador, ainda que seja conveniente, imprimir os resultados em determinados momentos do processo.

Além disso, a Geovisualização Analítica representa um desenvolvimento que tira proveito das potencialidades do mapa em meio digital e possibilita efetuar mudanças e ajustes dos dados em tempo real.

Para apresentar essas vantagens, nos capítulos 2 e 3 apresentam-se inicialmente os seguintes conceitos básicos dessa nova área: *GVis*, *OLAP*, *SOLAP* e critérios para integração de sistemas para a seguir apresentar o desenvolvimento de um protótipo de sistema de analítico, que se constitui na parte prática da pesquisa.

Assim, foi desenvolvido, conforme descrito nos capítulos 4 e 5, um protótipo de integração de Sistemas de Informações Geográficas com Sistemas de Processamento Analítico para apoiar a Geovisualização. Este protótipo resultou numa solução de Geovisualização Analítica destinada a auxiliar os processos de exploração interativa, análise e tomada de decisão na gestão da coleta seletiva e transporte de resíduos urbanos recicláveis das cidades brasileiras.

1.2 Objetivos

Os objetivos desta dissertação são:

- 1) Apresentar diversos conceitos envolvidos em Geovisualização e Processamento Analítico;
- 2) Apresentar os processos, metodologias e tecnologias utilizadas no desenvolvimento do protótipo que constitui a parte prática desta dissertação;
- 3) Apresentar esse protótipo, que é um sistema analítico que combina navegação e consulta para recuperar informações através de operações espaciais e alfanuméricas multidimensionais;
- 4) Apresentar exemplos de aplicação desse protótipo, mostrando como pode auxiliar gestores ambientais a melhorar a gestão da coleta seletiva de resíduos urbanos recicláveis.

2 Geovisualização (*GVis*)

Este capítulo trata da conceituação de *GVis* e de um breve histórico, acompanhados de Bibliografia e Referências Bibliográficas.

2.1 Conceituação de *GVis*

Grande parte dos dados com que a sociedade moderna lida possui um componente geográfico ou, mais genericamente, espacial.

A visualização de dados espaciais, tradicionalmente pertence à área de pesquisa conhecida como visualização cartográfica ou visualização geográfica ou simplesmente Geovisualização (*GVis*), termo mais recente, derivado da influência norte americana.

Com muita frequência, dados espaciais também têm um componente temporal. Assim, em geral, os dados espaciais têm uma estrutura complexa, envolvem o espaço, o tempo e um número de atributos temáticos, que geram desafios significativos para a etapa de visualização, cuja finalidade é transmitir dados e informações espaciais de maneira coerente e inteligível, adaptada ao usuário do mapa e ao objetivo perseguido pelo mesmo.

A visualização de dados espaciais exige o uso de mapas ou representações tridimensionais em que ao menos duas dimensões dessa exposição são utilizadas para representar o espaço físico, o que a diferencia da simples visualização de informações que lida apenas com dados alfanuméricos.

Em programas de Geovisualização mais recentes, tais dados são representados no emprego tanto de técnicas tradicionais baseada no uso de cores, texturas, símbolos e diagramas como combinados com técnicas de visualização não geográficas tais como diagramas de “pizza”.

A *GVis*, através de um conjunto de ferramentas e técnicas, possibilita a análise de dados geoespaciais. Esta é uma área que se desenvolve rapidamente e que pode ser definida como uma forma de visualização da informação que realça o desenvolvimento e a avaliação de métodos visuais para facilitar a exploração,

síntese, apresentação da informação georreferenciada, com vistas à análise e tomada de decisão.

A *GVis* procura combinar o desenvolvimento da teoria, as ferramentas, e os métodos, onde a meta final é incentivar o pensamento criativo e facilitar a análise e posterior tomada de decisão.

Na sequência apresenta-se uma revisão bibliográfica através de uma ordem histórico-cronológica.

2.2 História, Bibliografia e Referências Bibliográficas

2.2.1 Período de 1953 a 1980

Segundo os registros, o termo visualização foi mencionado pela primeira vez na literatura cartográfica em 1953, num artigo do geógrafo Allen Philbrick da Universidade de Chicago.

A pesquisa cartográfica desse período, 1953 a 1980, em que não havia praticamente monitores gráficos nem programas adequados, foi feita com o uso de mapas em meio analógico, papéis e similares, para usuários individuais que necessitavam de informações específicas.

Assim, pouco se sabia sobre como as interfaces de computador altamente interativas influenciariam no uso e como se poderia explorar melhor os mapas e outras representações espaciais. Também não se tinham feito pesquisas mais profundas sobre a maneira como os mapas em papel eram usados por especialistas como meio para o pensamento visual, isto é, para aquelas formas de raciocínio que partem e contam com o apoio de imagens, em particular, mapas.

A Geovisualização desenvolveu-se como um campo de pesquisa nos anos 1980, baseado em grande parte no trabalho pioneiro de Bertin, 1967, ainda em meio analógico.

2.2.2 Período de 1980 a 1995

Novos desenvolvimentos no campo de informática levaram a NSF, Fundação Nacional de Ciência dos Estados Unidos, a redefinir o termo visualização a partir da convergência de gráficos gerados em computador, processamento de imagem, visão computacional, projeto auxiliado por computador, processamento de sinais e estudos de interface de usuário, com ênfase na criação do conhecimento e nos aspectos de

geração de hipóteses de visualização científica. Veja-se, a propósito, McCormick, et al., 1987.

Um resultado dos elos existentes entre a Cartografia digital, o SIG, e as Tecnologias de Informação Visual relacionadas foi surgimento da Visualização Geográfica ou Geovisualização (GVis) como um campo de pesquisa e como um conjunto de ferramentas que visa fundamentalmente a mudar e incrementar a forma como os pesquisadores e usuários conceituam e exploram dados georreferenciados, tomam decisões críticas para a sociedade e aprendem sobre o mundo (Maceachren e Ganter, 1990; Taylor 1991).

Dentro da Cartografia e da Geografia, Dibiase, em 1990, chamou a atenção para o papel dos mapas e de outras apresentações visuais no processo científico e para a integração, até então separadas, das linhas de pesquisa dirigidas à Tecnologia de mapeamento e Cartografia cognitiva. Veja-se também Bittenfield e Ganter, 1990; Taylor, 1991.

Em 1993, a Comissão da Associação Cartográfica Internacional (ICA) sobre o Uso de Mapas formou um grupo de trabalho em Visualização que resultou na geração de um modelo conceitual do uso de mapas que propugnou uma visão mais ampla do produto cartográfico, para incluir princípios de Visualização em Computação Científica, ViSC, e métodos de representação cartográfica. Veja-se Collins, 1993 e Maceachren e Taylor, 1994. Essa perspectiva ampliada enfatizou as seguintes mudanças:

- da ênfase na recuperação para a ênfase na exploração de informações,
- de um público geral para um público especialista, e
- de mapas estáticos, em meio analógico ou digital, para mapas dinâmicos e altamente flexíveis quanto à manipulação, isto é, com a capacidade de gerar cortes, perspectivas, mapas derivados que combinam dados, alteram cores, agregam variáveis, aplicam filtros, generalizações, etc.

2.2.3 Período entre 1995 e 1999

A Geovisualização continuou a crescer como assunto na prática e na pesquisa tanto que em 1995 a *ICA*, Associação Cartográfica Internacional, criou a Comissão de Visualização e Ambientes Virtuais e mais recentemente uma Comissão específica de Geovisualização.

O foco das pesquisas neste período foi o uso de mapas interativos como interface para o pensamento. Mapas dinâmicos são entendidos como mapas que mudam como resposta a uma ação do usuário ou a mudanças em dados aos quais estejam associados.

Nesse período ocorreu uma série de pesquisas em áreas priorizadas, que visavam desenvolver ferramentas muito interativas, para serem usadas por especialistas para aproveitar melhor sua capacidade de busca de informações em meio a uma grande massa de dados.

Também, em 1995, mapas interativos foram usados predominantemente por pesquisadores envolvidos em análise e geração de hipótese no setor de empresas privadas.

Desse período podem-se destacar tendências de orientar as pesquisas para sete grandes temas que são apresentados a seguir :

1) O desenvolvimento de interfaces de manipulação e hipermídia.

A orientação passou de uma cartografia focada em mapas, ainda que muito bem feitos, para uma que realçasse as múltiplas perspectivas facilitadas por interfaces diretas de manipulação e métodos de hipermídia. Para conhecer mais sobre as perspectivas de interfaces diretas de manipulação, pode-se consultar Cartwright, 1997; para os avanços na integração de hipermídia e conceitos de visualização no desenvolvimento de ferramentas para explorar a geoinformação, veja-se Fernandes, et al. , 1997 e Maceachren et al., 1997.

2) Mapeamento dinâmico e SIG temporal.

Para o desenvolvimento de um modelo conceitual e das ferramentas associadas para retratar o processo espaço-temporal estudou-se:

- o elo entre mapeamento dinâmico e SIG temporal (Kraak e Maceachren, 1994);
- a visualização da componente temporal de dados espaciais (Acevedo e Masuoka, 1997);
- os assuntos associados com animação de séries temporais de crescimento urbano (Buziek, 1997);
- a percepção humana como um fator nos projetos de animação (Edsall e Peuquet, 1997).

3) Modelo conceitual e ferramentas associadas para a visualização de informação com qualidade e confiabilidade nos dados.

Houve uma evolução do modelo conceitual cartográfico do uso do mapa (Dibiase, 1990), que passou a incorporar a perspectiva dos múltiplos papéis da visualização e trata a GVis com ênfase na apresentação eficiente e expande o limite de uso da geoinformação para além daqueles tradicionalmente considerados na comunicação cartográfica (Maceachren e Kraak, 1997).

As seguintes questões foram estudadas:

- a modelagem da incerteza e a maneira de usar a animação para retratar múltiplas realidades potenciais (Ehlschlaeger, et al., 1997) e (Davis e Keller, 1997).
- a avaliação da compreensão do usuário de visualização e dos métodos dinâmicos para representar a incerteza (Evans, 1997).

4) Métodos e implicações de unir ferramentas de visualização cartográfica ao SIG.

Para a união de tais ferramentas pesquisou-se o seguinte:

- uma abordagem conceitual para projeto de sistemas integrados (Rhyne, 1997);

- a integração de modelos de processo, SIG e visualização dinâmica para o estudo de processos de paisagem (Mitas, et al., 1997).

- a conceituação de operações comum a SIG e GVis (Qian, et al., 1997).

5) O impacto de métodos de Análise Espacial Exploratória de Dados, *ESDA*, no pensamento científico e formulação de hipóteses com ferramentas de apoio à decisão baseadas em mapas espaciais.

Sobre esses temas existem as seguintes pesquisas:

- uma perspectiva teórica do papel da *ESDA* para a ciência (Maceachren , 1995);

- o papel da visualização de confiabilidade num contexto de apoio à decisão (Leitner e Buttenfield, 1996) e

- uma abordagem conceitual para o projeto de interface/sistema para GVis (Howard e Maceachren, 1996).

6) Estudar o potencial de ferramentas de representação em três dimensões, as implicações correspondentes e a tendência geral associada ao realismo versus a abstração na representação científica.

A ênfase foi na aplicação de *VRML*, Linguagem para Modelagem de Realidade Virtual, e tecnologia relacionada a *VR*, Realidade Virtual, para dados georreferenciados.

Uma introdução ao *VRML* para mapeamento pode ser vista em Fairbairn e Parsley, 1997 e a consideração do uso de SIG como uma metáfora da imersão na realidade virtual poder ser visto em Neves et al., 1997.

7) Intensificar as pesquisas no projeto de hipermapas e nas muitas formas de representação de documentos em hipermídia.

Os seguintes estudos podem ser listados nesse item:

- uma abordagem conceitual do projeto de hipermapas (Kraak e Vandreil, 1997);
- o desenvolvimento de metáforas para apoiar o acesso à informação num ambiente *Web* complexo de documentos interligados (Cartwright, 1997);
- uma abordagem que visa o projeto de atlas virtuais que interligam informações pela *Web* (Aschedowne et al., 1997);
- o tratamento de grandes arquivos de dados (Fabrikant e Battenfield, 1997).

2.2.4 Período de 2000 a 2006

As pesquisas desse período foram categorizadas em quatro temas que refletiam vários aspectos da visualização como uma interação entre seres humanos e computadores dirigida a explorar e entender fenômenos geográficos.

Estes quatro temas são apresentados a seguir.

1) Representação

A representação ou exposição visual em si talvez seja o foco de pesquisa mais patente para a visualização da informação georreferenciada. Ela se subdivide nos seguintes itens:

a) Ampliação do objeto de representação

A integração de *ViSC* e ferramentas de *VR* com ferramentas cartográficas estende os objetos de representação geográfica de várias maneiras. Para isso foram estudados:

- a representação de fenômenos e processos espaços-temporais (Meratnia e De By, 2003) e a confiabilidade dos dados;
- desenvolvimento de métodos para a visualização de algoritmos usados para processar dados espaciais;
- a visualização da estrutura de dados e das consultas e
- a aplicação de métodos de *GVis* para a espacialização da informação em geral, isto é, também da informação não-espacial.

b) Ampliação das formas de representação

Como complemento à ampliação do objeto a que os métodos de GVis são aplicados, substancial esforço de pesquisa foi dirigido para incorporar as vantagens dos avanços da computação gráfica.

Muito da pesquisa inicial de GVis consistiu em adicionar componentes dinâmicos a formas tradicionais de representação em 2D e 2,5D. Por exemplo, mapas planimétricos animados e vôos através de vistas perspectivas.

Áreas prioritárias de pesquisa realçaram dois desenvolvimentos: o aumento da rapidez dos computadores que fazem a manipulação dinâmica de parâmetros do mapa e a disponibilidade crescente de ferramentas para construir ambientes virtuais.

A pesquisa foi necessária para determinar como integrar métodos para manipulação dinâmica com ferramentas de GVis. Por exemplo, fundir métodos de análise de dados exploratórios com animação de mapa e integrar a tecnologia de VR com dados geográficos e princípios de representação geográfica. Por exemplo, adicionar geofunções a *VRML* ou usar *VR* de imersão para explorar dados abstratos georreferenciados, tal como a apresentação visual de um modelo de clima global.

Além de pesquisar os problemas técnicos, também foram apontadas as implicações de usar novas formas de representação, questão que se relaciona com a semiótica de ambientes representacionais ampliados: o mérito relativo de representações abstratas e representações realistas, e o significado da representação num mundo virtual.

2) Projeto de Interface

A pesquisa foi focada em ampliar os princípios da Cartografia desenvolvidos para mapas estáticos, para os mapas dinâmicos.

As prioridades de pesquisa neste item estão relacionadas a seguir:

a) Tipologia de operações de visualização

Os cartógrafos dirigiram considerável atenção ao desenvolvimento de tipologias de variáveis utilizadas em representação geográfica visual, tátil e sônica

e diretrizes para o uso apropriado dessas variáveis. Para desenvolver essa pesquisa há uma tipologia proposta por Keller e Keller, 1992.

b) Controles para operações

A apresentação de informação georreferenciada exigiu o desenvolvimento de ferramentas e equipamentos de controle através dos quais os usuários pudessem interagir.

Embora existissem muitas ferramentas que poderiam ser adaptadas para uso em ambientes de *GVis* (por exemplo: botões, *joy stick*, *mouse*, etc.), não havia uma tentativa sistemática para seu desenvolvimento.

Desenvolver tal tipologia poderia levar a projetar e implementar interfaces mais consistentes para ambientes de processamento da geoinformação e maior adequação lógica entre operações e controles.

c) Facilitar o acesso à informação em arquivos complexos de informação através da *Internet*.

Como a *Internet* e tecnologias relacionadas fornecem mecanismos para estabelecer ligações entre informações geográficas de maneira complexa, foram feitas pesquisas dirigidas a métodos que simplificassem e facilitassem a navegação por essa teia de informação.

As abordagens adotadas foram o desenvolvimento de analogias apropriadas para navegação nestes espaços complexos de informação e a espacialização da informação não-espacial como um meio de identificar relacionamentos entre os objetos de informação.

d) GeoAgentes Inteligentes

Um GeoAgente inteligente pode ser definido como uma entidade virtual que entende as necessidades e preferências relacionadas ao acesso a dados geográficos e/ou sua análise e representação.

GeoAgentes inteligentes possibilitam operações que devem atuar como filtros e intérpretes de informação e contextos. Um possível papel para GeoAgentes inteligentes é anexar operações cartográficas em objetos de base de dados para

serem visualizados. Cada objeto poderia estar integrado a um GeoAgente que avaliaria o contexto de uso e o contexto de exposição em que o objeto se encontra e selecionaria uma forma de exposição adequada.

Outro papel para GeoAgentes é o de serem buscadores de informação pela web através de critérios de consulta *Fuzzy*.

Os Conjuntos *Fuzzy* e a Lógica *Fuzzy* provêm a base conceitual para a geração de técnicas para a solução de problemas, com uma vasta aplicabilidade, especialmente, nas áreas de controle e tomada de decisão.

A força da Lógica *Fuzzy* deriva da sua capacidade de inferir conclusões e gerar respostas baseadas em informações vagas, ambíguas e qualitativamente incompletas e imprecisas. Neste aspecto, os sistemas de base *Fuzzy* procuram simular a forma humana de raciocinar.

A teoria dos Conjuntos *Fuzzy*, que é uma generalização da teoria dos Conjuntos Tradicionais, é utilizada para resolver os paradoxos gerados a partir da classificação “verdadeiro ou falso” da Lógica Clássica.

O GeoAgente *Fuzzy* ajusta a busca ao contexto de informação em que se encontra e adapta os parâmetros de consulta em resposta às conexões encontradas entre objetos de informação, à informação e a densidade de informação em situações particulares dentro de espaço de atributo (Yu, 2008).

e) Visualização Colaborativa

Uma área emergente de pesquisa é a visualização colaborativa, o desenvolvimento de ambientes que facilitem o uso de visualizações manipuláveis para a exploração de idéias e/ou tomada de decisão feita por dois ou mais indivíduos, normalmente situados em locais diferentes.

As ferramentas para visualização colaborativa têm um potencial considerável de uso em contextos como o do planejamento urbano, gestão ambiental e interpretação científica de modelos de clima e outros processos ambientais.

3) Conexões entre Visualização e Bancos de Dados

Um dos argumentos mais comuns para o desenvolvimento de ferramentas de visualização é que tais ferramentas podem ajudar a enfrentar o volume crescente de informação gerado pela chamada Sociedade da Informação (Fraser, 2002).

Este potencial só pode ser realizado no caso de *GVis*, se este for integrado com outras tecnologias de armazenamento, acesso e análise da informação georreferenciada.

Neste contexto, três prioridades de pesquisa foram apontadas pelo grupo de Geovisualização da *ICA*:

a) Integração SIG e *GVis*

Ambientes tradicionais de SIG tratam a exposição visual como uma saída, um ponto final de uma pergunta ou processo de análise. *GVis*, por outro lado enfatiza a exploração da informação e a geração de hipóteses, tanto na consulta como no resultado de uma.

Para a *GVis* alcançar seu potencial foi necessária uma nova visão tanto do SIG como da *GVis* com a incorporação dos assuntos associados e com a fusão das objetivos e funções do SIG e da *GVis*.

b) Integração de *Spatial Data Mining* e *GVis*

Como os volumes de dados continuam a aumentar, métodos de *Data Mining*, literalmente, Mineração de Dados, foram desenvolvidos para peneirar a vasta quantia de informação numa procura por relacionamentos e padrões de interesse para o usuário.

A visualização teve um papel decisivo em todas etapas do processo de *Data Mining*, desde o pré-processamento e identificação de erros, seleção da informação a ser procurada, até a interpretação dos resultados dessa mineração dos dados (Gahegan, 2000).

Para a informação georreferenciada, esta integração de *GVis* no processo de Mineração de Dados, exigiu não só a adaptação da abordagem com que a mineração de dados reconheça as propriedades únicas da informação espacial, mas

também a adaptação de ferramentas de SIG para facilitar a aplicação de ambos os métodos: *GVis* e Mineração de Dados (Lobben, 2005).

c) Generalização e Visualização

Muitas aplicações de *GVis* exigem facilidades para mudar a escala espacial ou temporal de representação. Essa visualização, que pode ser chamada de dinâmica, apresentou vários desafios para a pesquisa nessa área, que muito se assemelha à generalização cartográfica (Yaolin, et al. ,2003).

Um desses desafios foi o desenvolvimento de métodos de programação *VRML* para propiciar uma mudança de aparência sem descontinuidade de visualização quando se muda a escala, *zoom* - um problema que exige adaptar muitos conceitos de generalização desenvolvidos para mapas 2D à representações 3D.

Um outro item de generalização que necessitou de atenção foi a generalização de redes de informação extremamente conectadas. Assim como um mapa base com demasiados detalhes pode impedir a análise visual da informação nele contida, uma rede de muitos elos pode impedir a exploração visual, a busca ou a tomada de decisão. Foi necessário pois estudar métodos para generalizar estas redes.

4) Aspectos cognitivos do uso de ferramenta de visualização

A confiança no poder da visualização baseia-se na suposição de que a visão e a cognição humana têm uma capacidade de síntese poderosa e um padrão de busca eficiente que podem complementar o poder de processamento de dados dos computadores. Estudar essa área exigiu um entendimento mais completo do que era e como funcionavam a cognição e a percepção espacial humana e como estas estavam relacionadas a mapas e imagens (Lobben, 2001, 2002 e 2004).

Mas, enquanto já se tinha certo conhecimento sobre o que ocorria com mapas em papel, sabia-se pouco sobre visualizações 3D e dinâmicas.

Sete temas prioritários foram identificados nessa área pelo grupo de Geovisualização da ICA:

a) Aspectos cognitivos da representação dinâmica

Partiu-se da premissa que nosso conhecimento relacionado a cenas dinâmicas, mesmo cenas do mundo real, é limitado (Harrower, 2007).

E as perguntas chaves estavam relacionadas a itens como:

- o papel da animação no processo de entendimento;
- as implicações de vários parâmetros de uma animação, por exemplo, mudanças de exposição por segundo, suavidade na transição entre cenas, etc.;
- entender as diferenças que ocorrem no processamento cognitivo entre interpretar uma animação temporal e uma não-temporal;
- métodos para manter a orientação em vôos virtuais e outros.

b) A representação 3D e a realidade virtual

Como a tecnologia desenvolve esforços para criar representações cada vez mais realistas do ambiente geográfico, considerou-se importante analisar as implicações cognitivas deste realismo. Isso foi estudado em áreas como simuladores de vôo, na criação da sensação em desenhos animados e outras semelhantes.

As questões a serem enfrentadas incluíam os processos cognitivos envolvidos em:

- identificar a correspondência entre representações 2D e representações 3D;
- explorar o relacionamento semiótico entre sinal e veículo, referência e referente;
- os processos que tornam as representações crescentemente realista e
- desenvolver a integração de informação visual e sônica no contexto de imersão em mundos virtuais, conforme o que ocorre no mundo real.

c) Modelos, metáforas e interação homem-computador

Facilitar a interação homem-máquina requeria o desenvolvimento de abordagens lógicas para o projeto e a criação de controles apropriados de interface que permitissem que os operadores manipulassem os parâmetros da visualização. Também foi necessário um entendimento compreensivo dos aspectos cognitivos da interação com a visualização.

Os mapas são uma representação resumida e esquematizada daquilo que se chama realidade. A metáfora cartográfica, isto é, o entendimento do mapa como um modelo que aponta para uma realidade subjacente, pôs ao menos um freio na tendência idealista de reduzir a realidade ao modelo elaborado para representá-la por mais perfeito que fosse (Milovic, 2005).

d) A navegação na *Internet*

A *Internet* ainda é um labirinto complexo de informações em que os usuários freqüentemente sentem-se frustrados em seus esforços por localizar a informação que procuram.

A atenção a aspectos cognitivos sobre a maneira de encontrar a informação também foi um ponto importante, para pensar em como projetar ferramentas de interface que facilitassem a busca por informação.

Outro tema de pesquisa envolve as estratégias usadas para manter o sentido de orientação do operador e sua sensibilidade ao contexto em espaços de informação multidimensional.

e) Distinções entre Especialista e Não Especialista

A questão em debate foi o impacto do especialista no uso de *GVIs* e as diferentes estratégias de projeto que devem ser desenvolvidas para usuários não especialista.

Pelo menos duas formas de especialidades deviam ser consideradas: sobre a tecnologia que foi usada e sobre a área do conhecimento em que a tecnologia foi aplicada.

O entendimento das estratégias que empregavam os especialistas em uma aplicação de ferramentas de *GVis*, para explorar dados ou resolver problemas, podia ser útil para projetar ferramentas de *GVis* em que os principiantes pudessem aprender e usar essas mesmas estratégias.

f) A influência de métodos de *GVis* no processo do entendimento científico

Existia a hipótese implícita de que a visualização facilitaria a ciência, a pesquisa científica ou ajudaria o pesquisador em sua tarefa. Existia pouca evidência empírica sistematicamente coletada para apoiar ou refutar essa suposição e sabia-se relativamente pouco sobre como os pesquisadores realmente usavam as ferramentas e os métodos sofisticados de visualização.

Foi necessário testar essa hipótese subjacente e entender melhor as implicações dos métodos de representação geográficos visuais para a pesquisa científica.

g) O Papel da visualização na tomada de decisão.

A primeira questão foi saber se as ferramentas de *GVis* mudavam conforme as decisões e/ou o resultado das decisões ocorriam.

Supor que se produzem algumas mudanças é importante para confirmá-las ou não; em caso positivo, explorar a natureza dessas mudanças e se as decisões são mais coerentes ou melhores.

Perguntas e pesquisas adicionais foram feitas para incluir as implicações dos vários componentes de um ambiente de *GVis* na tomada de decisão; por exemplo, o tipos de exposição de informações apresentadas, os tipos de interações contempladas e os elementos levados em conta na tomada de decisão.

2.2.5 Período Atual, de 2007 a 2010

O foco principal proposto para o período atual, de 2007 a 2010, é uso de mapas e técnicas de Cartografia interativa para apoiar a análise visual da complexa, volumosa, heterogênea e crescente informação adquirida, medidas no espaço e no tempo.

O “estado da arte” da pesquisa em Geovisualização Analítica foi apresentado no último congresso da ICA em 2008 por diversos pesquisadores, e categorizados segundo os quatro temas apresentados a seguir:

1) Movimento

Relacionado a esse tema foram apresentados os seguintes trabalhos:

- O contexto de *“Syndromic Hotspots” – Uma abordagem analítica visual* (Maciejewski et al., 2008);
- Consultas visuais dimensionais e cruzadas para análise interativa e animada do movimento (Weaver, 2008);
- Uma abordagem analítica visual para a exploração de um grande volume de dados de movimentos (Andrienko e Andrienko, 2008);
- Uma abordagem analítica visual para avaliar o potencial de inferência de display de mapa animados (Fabrikant et al., 2008);
- Um ambiente analítico geovisual para investigação de eventos arqueológicos baseados em um cubo espaço-temporal (Huisman, 2008).

2) Séries de dados espaço-temporal

Relacionado a esse tema foram apresentados os seguintes trabalhos:

- Uma abordagem visual para mudanças temporais e mineração de dados espaciais (Fraley et al. , 2008);
- A exploração interativa de cubos de dados de multigranularidade temporal e espacial como suporte à Geovisualização assistida por computador (Beaulieu e Bedard, 2008);
- Geovisualização de notícias e publicações científicas para apoiar a percepção da situação em Saúde (Stryker et al. , 2008).

3) Métodos computacionais (análise de textos, agrupamentos, estatísticas, processamento de dados)

Relacionado a esse tema foram apresentados os seguintes trabalhos:

- Como visualizar documentos de textos não estruturados com o uso de árvores e mapas (Turton e Maceachren, 2008);
- Estudos analíticos visuais de resultados estatísticos por varredura espacial (Chen et al., 2008);

- O procedimento AMOEBA para visualização de agrupamentos (Jankowska, et al., 2008);
- Análise de tendência a furacão no Atlântico Norte com o uso de técnicas estatísticas e coordenadas paralelas (Steed, et al., 2008);
- Fluxo de trabalho ágil para Geovisualização analítica interativa de larga escala (Kramis e Gabathuler, 2008).

4) Estudos centrados no homem

Relacionado a esse tema foram apresentados os seguintes trabalhos:

- Avaliação da eficiência da varredura visual de telas de Geovisualização (Swienty e Reichenbacher, 2008);
- O papel da Geovisualização analítica e das organizações virtuais na busca de soluções para problemas de políticas públicas complexas (Armstrong et al., 2008);
- Encontro de eventos analíticos significantes em sessões de análises visuais (Hardisty, 2008);
- Visualização interativa de dados de reservatório de óleo (Lee et al., 2008);
- Estudos analíticos visuais no uso da densidade para equalizar a distorção geográfica (Bak et al., 2008).

Em 2010, o workshop da Comissão de GeoVisualização tem o seguinte tema: *GeoVA(t) - Geospatial Visual Analytics: Focus on Time* e pode-se consultá-lo em [http://geoanalytics.net/GeoVA\(t\)2010/](http://geoanalytics.net/GeoVA(t)2010/).

Com este capítulo espera-se ter contribuído para apresentar as linhas e tendências de pesquisa nessa área, bem como para apresentar uma revisão bibliográfica do conteúdo dos principais temas que foram tratados.

3 O Processamento Analítico *On-Line* (OLAP) e o Processamento Espacial Analítico *On-Line* (SOLAP)

"Cerca de oitenta por cento de todos os dados armazenados em bancos de dados corporativos tem um componente espacial" (Franklin, 1992).

3.1 Introdução

As técnicas de *OLAP* e *SOLAP*, quando bem implementadas são ferramentas úteis que permitem responder a muitas perguntas do tipo: "quem", "o que", "onde", "quando" e "por que".

O relatório tabular que esses programas emitem fornecem os fatos de forma resumida, mas para responder às perguntas "onde" de maneira eficaz, é necessário contar com o auxílio de mapas.

Um dos desafios da área de exploração, análise e suporte à decisão espacial é integrar os operadores espaciais com os operadores *OLAP* para gerar uma nova categoria de ferramenta denominada de *SOLAP*, *Spatial OLAP* ou *Spatial On-Line Analytical Processing*.

Neste capítulo procura-se fornecer uma panorâmica dessas novas ferramentas, apresentar conceitos e realizar uma revisão bibliográfica sobre os itens mais relevantes tais como *OLAP*, *SOLAP*, exemplos de aplicações analíticas e espaciais e critérios técnicos de avaliação da integração de soluções analíticas e espaciais.

3.2 OLAP

OLAP significa *On-Line Analytical Processing*, *processamento analítico em tempo real*, e foi empregado e definido pela primeira vez por Codd et al., em 1993.

As ferramentas *OLAP* são popularmente conhecidas como cubo de dados em função da analogia com o cubo "mágico" de dados que se popularizou há alguns anos.

Num sentido formal, *OLAP* pode ser definido como o acesso rápido a uma grande quantidade de dados sumarizados.

Destaca-se em termos práticos a facilidade e rapidez com que os usuários podem consultar grandes quantidade de dados e sumarizar quaisquer medidas numéricas que desejam estudar, em vários níveis de detalhe, através de uma variedade de combinações.

Atualmente os sistemas comerciais *OLAP* mais conhecidos são: *Microstrategy*, *Cognos*, *Business Objects*, *Hyperion Essbase*, *SAS OLAP*, *SAP BW* e *Microsoft Analysis Server*. Estas ferramentas também conhecidas como “cubo de dados” fazem parte de um segmento de mercado de informática denominado *BI*, *Business Intelligence*, literalmente Inteligência nos Negócios ou Inteligência Empresarial.

Apresenta-se na Figura 1 um exemplo de um cubo de dados relativa a uma aplicação para a área de saúde que servirá de exemplo para a apresentação de alguns conceitos e operações:

Figura 1- Exemplo de Cubo de Dados para análise de informações de câncer.
Fonte: Adaptado de Rivest, 2003 et al.

A Tabela 1 resume alguns conceitos e definições e toma como exemplo a Figura 1.

a) Definições

Tabela 1 - Definições de termos básicos *OLAP* acompanhado de exemplos do cubo de três dimensões da Figura 1. Fonte: Adaptado de Kramer e Nisbet, 2006 para o exemplo.

Termo	Definição
Dimensão	É uma perspectiva de visualização que é útil para analisar fatos. Exemplo: Tempo, Zonas Administrativas e Câncer correspondem a x, y e z na Figura 1.
Hierarquia da dimensão	Uma dimensão é hierarquizada e dividida em níveis. A hierarquia introduz uma ordem nos níveis da dimensão, que é usada para determinar o caminho de navegação. No exemplo a dimensão tempo subdivide-se em anos (2001, 2002 e 2003) e a dimensão câncer tem a sua hierarquia dividida em respiratório e digestivo que respectivamente se subdividem em pulmão e traquéia, estômago e cólon.
Nível da hierarquia	As dimensões freqüentemente são compostas de vários níveis de detalhe. No exemplo, a dimensão Tempo está dividida apenas no nível Ano, mas poderia estar dividida em Décadas e estes em Anos.
Membro do nível	São os componentes de um nível. No exemplo, os membros do nível Ano da dimensão Tempo são 2001, 2002 e 2003.
Fato	É um valor numérico ou medida ou indicador para uma particular combinação de membros das dimensões. No exemplo, o indicador, em destaque na Figura 1, é a mortalidade por câncer. Por exemplo, para o valor 0,99: O Fato é que a mortalidade por câncer digestivo de cólon da cidade de Quebec da província de Quebec no ano de 2001 é de 0,99.

b) Arquitetura de um sistema *OLAP*

A Figura 2 mostra uma arquitetura em camadas de um sistema *OLAP* Relacional, *ROLAP*, que é basicamente constituído de uma base de dados relacional com modelagem multidimensional, um servidor *OLAP*, responsável pelas operações *OLAP* que permitem a visualização multidimensional para um cliente *OLAP*.

Figura 2- Arquitetura de um sistema *OLAP*. Fonte: Adaptado da apresentação de Thierry Bussien, *Ecole Polytechnique Federal de Laussane* na *Université Laval* em 2007.

c) Operações Básicas *OLAP*

Da analogia do cubo “mágico” surge o paralelismo entre as operações que se fazem nele e as diversas operações de visualização de explorações multidimensionais, análises e tomada de decisão; cada face do cubo pode girar em torno do respectivo eixo e alterar a posição dos dados no espaço.

Da mesma forma que para um modelo de dados relacional tradicional é necessário conhecer as operações básicas de álgebra relacional, no modelo de dados multidimensional é necessário conhecer as operações básicas *OLAP*, (Machado, 2007). Essas operações são descritas a seguir e sua inserção no presente trabalho justifica-se pelo fato de propiciarem uma melhor compreensão da ferramenta e suas potencialidades.

c.1 Operações de *Drill Down* e *Drill Up* (ou *Roll Up*)

Essas são operações que alteram ou movimentam a visão que o usuário tem dos dados ao longo dos níveis hierárquicos de uma dimensão para mais ou para menos, de maneira análoga com as operações de zoom e generalização cartográfica. Esse verbo inglês *drill* pode ser traduzido como perfurar, penetrar, adentrar. Os qualificativos *down* e *up* indicam movimentos para cima ou para baixo.

O *drill down* refere-se à operação de aumentar o nível de detalhe da informação, corresponde a dar um *zoom* de aproximação, para ver mais detalhes, ou como se costuma exprimir nessa área, diminuir o nível de granularidade da informação, isto é, em detalhes menores como grãos.

O *drill up* ou *roll up* é o contrário. Corresponde a aumentar o nível de granularidade, agregar dados, diminuindo assim o nível de detalhe da informação.

c.2 *Drill Across*

O *drill across*, através, corresponde à operação de pular diretamente para um nível, sem passar pelos intermediários, por exemplo, de ano para mês sem passar por semestre.

c.3 *Drill Trough*

O *drill trough*, através de todas as partes, corresponde à operação de passar de uma informação de uma dimensão para a informação de outra dimensão. Ou seja, corresponde a mudar de dimensão. Por exemplo: passa-se, por exemplo, da análise da informação na dimensão tempo, em um determinado ano, para a análise da informação na dimensão geográfica, em uma determinada região.

c.4 *Slice and Dice*

Slice, fatiar e *Dice*, cortar em cubos menores, são operações para realizar a navegação através dos dados. Possui analogia com a visualização de um cubo “mágico”, em que se fatiam e cortam as informações em forma de dados. *Slice and dice* corresponde na prática a uma operação de filtragem de dados.

Slice é a operação de “cortar o cubo em fatias”, com a preservação da perspectiva de visualização dos dados.

Dice é a operação de extrair um “sub-cubo” através de cortes em fatias ou da interseção de vários cortes.

As operações *OLAP* podem ser utilizadas combinadas, ou seja, pode-se realizar um *slice* e um *dice* ao mesmo tempo ou até combinar ambos com operações de *drill down* ou *roll up*.

c.5 *Pivot* ou *Swap*, Pivoteamento.

Pivotear, ou girar em torno de um eixo, corresponde a mudar o ângulo pelo qual os dados são vistos. Na prática, corresponde à modificação da posição das dimensões em um gráfico ou troca de linhas por colunas em uma tabela.

3.3 *SOLAP*

SOLAP, *Spatial Olap*, pode ser definida como uma ferramenta visual construída especialmente para apoiar a análise espaço-temporal de maneira rápida e fácil e para explorar dados, através do enfoque multidimensional e com disponibilização da informação em diferentes níveis de agregação, tanto em visualizações cartográficas como em tabelas e diagramas. (Bédard, 2004).

A ferramenta *SOLAP* também é conhecida como GeoCubo.

A Figura 3 mostra em um diagrama esquemático a posição relativa dessas tecnologias classificadas quanto a natureza do dado e ao nível de agregação de dados. Apresenta também a convergência dos sistemas SIG e *OLAP* na *SOLAP*.

Figura 3 - Natureza dos Dados versus Nível de Agregação dos Dados. Fonte: Adaptado da apresentação de Thierry Bussien, *Ecole Polytechnique Federal de Laussane* na *Université Laval* em 2007.

A Figura 4 mostra como a exploração interativa de uma ferramenta *SOLAP* pode apoiar a Geovisualização Assistida por Computador pois durante o processo de exploração, permite-se uma interação natural com os dados e potencializa-se o pensamento. (Beaulieu e Bédard, 2008). Como se pode verificar na Figura 4 uma equipe é constituída, cada um exercendo um papel. O especialista que detêm o conhecimento passa os requisitos ao analista programador e ao modelador de dados. Definida a solução *SOLAP*, esta é entregue para o especialista testar e homologar a solução que lhe permitirá posteriormente fazer suas análises e tomadas de decisão.

Figura 4 – Equipe constituinte de um processo de desenvolvimento sobre uma ferramenta *SOLAP* para análise de dados e geração de conhecimento. Fonte: Adaptado de Beaulieu e Bédard, 2008.

Para que os objetos possam ser visualizados e manipulados em mapas, deve-se efetuar a interligação das informações espaciais de um cubo de dados à geometria dos objetos armazenados no correspondente banco de dados espacial ou geográfico (Ferreira et al., 2005). Tais estruturas resultam na integração da Cartografia e dos componentes multidimensionais de uma solução *SOLAP* e permitem uma exploração interativa e multidimensional do fenômeno.

Conforme pode-se verificar na Figura 5, a introdução de dados espaciais nas diversas fases da elaboração transformou um sistema corporativo de *Business Intelligence*, *BI*, para um sistema corporativo de *Spatial Business Intelligence*, *Spatial BI* ou *GeoBI* para ter como resultados aplicações *SOLAP*, aplicações de *Spatial Data Mining* e painéis de controle orientado a mapas.

Figura 5 - Sistema corporativo de *Spatial BI*. Fonte: Adaptado de (Badard e Dubé, 2009b).

3.3.1 Componentes de uma ferramenta *SOLAP*

Os componentes necessários para uma ferramenta *SOLAP* ideal são: dimensões espaciais, medidas espaciais e estrutura de dados espaciais, detalhados a seguir.

a) Dimensões Espaciais

Um sistema *SOLAP* contempla três tipos de dimensões espaciais, segundo Bédard et al., 2001: não geométrica, geométrica e mista.

As dimensões espaciais não geométricas usam referências espaciais nominais, isto é, somente o nome dos lugares ou objetos tais como Brasil, Estado de São Paulo, Cidade de São Paulo, Sub-Prefeitura do Campo Limpo, Distrito do

Campo Limpo e Rua Nossa Senhora do Bom Conselho. Este tipo de dimensão espacial é a única contemplada por ferramentas convencionais *OLAP* (não espaciais).

Quando usadas com ferramentas *SOLAP*, a dimensão espacial *não geométrica* é tratada como as outras dimensões descritivas e os dados geométricos associados não são utilizados. Neste caso análises espaço-temporal podem ficar incompletas e podem ser perdidas relações corretas ou correlações entre variáveis do fenômeno em estudo. Os outros dois tipos de dimensões espaciais visam minimizar este potencial problema.

Para fazer isso, as dimensões espaciais geométricas abrangem, para todos os tipos de variáveis e em todos os níveis de detalhes, formas geométricas, por exemplo, polígonos para representar fronteira de países, que são espacialmente referenciados para permitir que elementos dessa classe possam ser visualizados e selecionados cartograficamente.

As dimensões espaciais *mistas* abrangem formas geométricas para um subconjunto de membros ou níveis de detalhes e somente dados alfanuméricos para outros. A Figura 6 apresenta um exemplo de cada um dos três tipos de dimensão espacial.

Figura 6 - Exemplo dos três tipos de dimensões espaciais. Fonte: Adaptado de Rivest et al., 2003).

Cada nível de dimensão espacial, que têm formas geométricas associadas a seus membros, pode permitir operações do tipo *drill* espacial em feições cartográficas.

b) Medidas Espaciais

Dentro de uma ferramenta de *SOLAP*, os mapas são utilizados para visualizar os membros das dimensões geométricas ou das dimensões espaciais mistas, com o uso de variáveis visuais como cor, intensidade, textura, etc., que estão ligadas aos valores das diferentes medidas contidas no cubo de dados associado ao mapa. Um sistema *SOLAP* fornece dois tipos de dimensões e suas medidas espaciais.

Um primeiro tipo de medida espacial é a categoria das geometrias que representam os objetos espaciais que correspondem a uma particular combinação de tipos de variáveis em um cubo de dados. Consiste num conjunto de coordenadas, que exige uma operação geométrica como, por exemplo, uma união espacial, uma fusão espacial ou uma interseção espacial, que podem ser feitas com polígonos. Para implantar este tipo de medida espacial, pode ser necessário usar ponteiros, armazenados dentro da estrutura de dados multidimensional para apontar para as formas geométricas armazenadas em outra estrutura ou em um banco de dados de outro programa.

Um segundo tipo de medida espacial resulta do cálculo de uma medida espacial ou de operadores topológicos. Exemplos deste tipo de medida podem ser superfície e distância para o primeiro caso e número de vizinhos, para o segundo. (Rivest, et al., 2001).

De maneira semelhante, dimensões espaciais também podem ser usadas para apresentar os resultados de operações espaciais de análise de maneira hierárquica. Por exemplo, adjacente, adjacente por pontos, adjacente por um só ponto e podem ser usadas para encontrar medidas que correspondem aos membros de operadores espaciais selecionados de uma dimensão espacial de operadores (Marchand et al., 2004).

As métricas são calculadas pelo servidor *OLAP* ou *SOLAP*. O servidor agrega e armazena fisicamente essa agregação de acordo com as possíveis combinações de membros da dimensão.

No caso de servidores *SOLAP*, no entanto, é quase impossível materializar todas as possíveis agregações geométricas de métricas espaciais, pois isto pode resultar num aumento desproporcional do espaço necessário para armazenamento.

c) Estruturas de Dados Espaciais

A arquitetura de um sistema *SOLAP* é composta de uma base de dados espaço-temporal estruturada de maneira multidimensional, um servidor *SOLAP* e pelo menos um cliente *SOLAP* (Body et al., 2003). A base de dados espaço-temporal armazena a geometria associada aos membros de cada dimensão e as respectivas medidas espaciais.

O servidor *SOLAP* manipula a base de dados multidimensional espaço-temporal e realiza os cálculos numéricos e espaciais necessários para calcular os valores das medidas associadas com possíveis combinações de membros da dimensão.

Atualmente, nenhum servidor deste tipo está disponível no mercado; para suprir esse ideal teórico, deve-se utilizar uma combinação personalizada de tecnologias. Tal sistema deve ter a capacidade de manipular adequadamente dados espaciais. Para mais detalhes, pode-se consultar Bédard et al., 2007 e Proulx e Bédard, 2008.

3.3.2 Tipos de suporte fornecidos pela ferramenta *SOLAP*

De forma geral uma ferramenta *SOLAP* deve prover:

a) Suporte a uma estrutura de cubo de dados espacial

A solução deve incluir uma estrutura de cubo de dados espacial para administrar e configurar os elementos espaciais. Esta estrutura deve conter as dimensões espaciais organizadas numa hierarquia espacial de membros. Por exemplo, a estrutura deve possibilitar as seguintes camadas: mundo, países e estados.

Na modelagem orientada a objetos, OO, um modelo é uma abstração de alguma coisa, cujo propósito é permitir que se tenha uma idéia aproximada dessa coisa antes de construí-la (Rumbaugh et al., 1991).

A agregação é uma forma especial de associação entre objetos, onde um deles é considerado composto por outros. (Rumbaugh et al., 1991).

A generalização é o relacionamento hierárquico entre um elemento mais geral e um elemento mais específico, ou seja, algo de nível mais baixo, que define uma hierarquia de herança entre classes; classes herdam elementos de outras classes. O inverso é denominado especialização (Rumbaugh et al., 1991).

Na figura 7b) apresenta uma solução não orientada a objetos, em que não existe uma hierarquia entre as camadas, ou seja, não é possível obter automaticamente os elementos de uma pela composição de elementos de outras.

Já a solução *SOLAP*, figura 7a), utiliza na modelagem os conceitos de Orientação a Objetos, agregação e generalização, através uma hierarquia implícita que permite a manipulação automática dos dados e a obtenção de novos dados e camadas a partir de outros.

Figura 7 - Solução *SOLAP*, caso a), modelada em camadas de abstração versus uma solução convencional de sobreposição de camadas de mapas, caso b). Traduzido de Proulx e Bédard, 2008.

b) Suporte para várias fontes de dados espaciais

Normalmente, dentro de uma organização, os dados espaciais estão disponíveis em vários formatos; na filosofia de trabalho com cubos de dados espaciais, não deve ser necessário padronizar nem converter formatos: uma ferramenta *SOLAP* deve poder trabalhar com dados em diversos formatos. Quanto a

mapas deve aceitar diversos padrões nos formato vetorial e matricial onde os mais comuns da indústria SIG são, entre outros, *ESRI Shapefiles*, *Mapinfo Tab* e *SVG*.

c) Suporte para trabalhar com muitas dimensões espaciais em um cubo de dados espacial

Numa aplicação de *SOLAP*, podem ser necessárias dimensões espaciais de diferentes tipos. A Figura 8 apresenta um exemplo em que há dois tipos de dimensões espaciais: elementos geométricos podem ser associados a linhas como as linhas de transmissão elétrica, e os que podem ser associados a polígonos como os distritos regionais, medidas respectivamente em comprimento (km) e área (km²).

Figura 8 - Exemplo de dois tipos de dimensões espaciais: a) linhas de transmissão elétrica, representada por linhas e b) distritos regionais, representado por polígonos.
Fonte: <http://spatialolap.scg.ulaval.ca>

d) Suporte para todas as primitivas espaciais simples e complexas - padrão ISO

A geometria descreve a forma dos objetos através de coordenadas e funções matemáticas. Elementos espaciais podem ser agrupados em subclasses: geometrias básicas, por exemplo pontos, linhas e polígonos e geometrias complexas, por exemplo poligonais vazadas e redes lineares.

A ISO produziu o padrão Esquema Espacial – 19.107 que define um grupo de tipos de dados e operações espaciais para espaços geométricos e topológicos.

A comunidade de geomática usa estas regras quando desenvolve aplicações geoespaciais. Veja-se que na Figura 9 a Cidade de Montreal, em amarelo, é

representada por diversos polígonos agregados. O fato da cidade ser constituída de diversas ilhas fluviais gera uma geometria complexa.

Figura 9 - Exemplo de geometria complexa de Montreal representada pelas ilhas fluviais que compõe essa cidade. Fonte: <http://spatialolap.scg.ulaval.ca>

e) Suporte para dados espaciais ao longo do tempo

Construir sistemas multidimensionais exige coletar dados de fontes heterogêneas e dados que variam ao longo do tempo. Os dados são integrados em estruturas multidimensionais organizadas ao redor de vários eixos de análise ou dimensões e neste caso, a dimensão tempo é a mais importante.

São muitos os fenômenos que variam ao longo do tempo e os modelos multidimensionais existentes nos programas tradicionais não dispõem de recursos para levar em conta, nem parcialmente, estas evoluções, a não ser mapas em diversas datas, cada um como dado isolado.

Assim, surge um dilema para o projetista de *data warehouse*, (repositório de dados): ou mantêm-se o rastro da evolução dos dados, com a limitação na capacidade de comparação pelos analistas, ou mapeia-se todos os dados numa dada versão, o que implica uma visão estática e a perda de dados de anos anteriores e posteriores (Body et al., 2002).

Um exemplo de dados que mudam com o tempo é o caso da representação de países em um mapa-múndi. As Figuras 10 e 11 mostram a mudança da cartografia de países ocorrida com o colapso da União Soviética: primeiro a situação agregada e depois, numa representação parcial, o surgimento de novos países, através de um processo de desagregação política com reflexos cartográficos.

Figura 10 - União Soviética unificada em 1991

Figura 11 – Situação em 1994, após o colapso da União Soviética, com os novos países criados: Federação Russa em laranja e os novos países: Armênia, Ucrânia, Bielorrússia, Uzbequistão, etc. Fonte: <http://spatialolap.scg.ulaval.ca>

As abordagens para lidar com algumas dessas questões de rastreabilidade são as seguintes:

- Os modelos focalizam o mapeamento dos dados na versão mais recente;
- Os modelos rastreiam a história dos dados e mantêm o rastro da evolução do sistema. Alguns escolhem representar os dados de um modo temporalmente coerente de apresentação, um mapa para cada data escolhida. Mas, apesar

disso, estes modelos não são capazes de efetuar comparações ao longo do tempo.

- Os usuários estão cientes das necessidades tanto de rastrear a história do dado como de comparar dados históricos.

Algumas aproximações combinadas para realizar esses estudos ao longo do tempo, são propostas por Body et al., 2002 e RIVEST et al. 2005.

f) Suporte para generalização cartográfica automática ou representação cartográfica múltipla de elementos

Quando o usuário necessita ter uma visão cartográfica global de um fenômeno, não basta simplesmente agregar dados espaciais, pois o mapa se torna sobrecarregado, poluído e ilegível. Antes, devem-se aplicar processos de generalização de mapa.

De acordo com Weibel e Dutton, 1999, a generalização de mapas é a operação que consiste em reduzir a complexidade do mesmo num processo de redução de escala, realçar o essencial, suprimir aquilo que não tem relevância no novo nível, manter relações lógicas, eliminar possíveis ambigüidades entre objetos do mapa e conservar a qualidade estética.

Todo mapa contém algum nível de generalização. Por definição, um mapa é um modelo da realidade para determinado fim em que detalhes desnecessários são eliminados e dados úteis são realçados para manter o mapa legível e transmitir as informações desejadas.

Nessa operação, alguns objetos individuais e até categorias inteiras de objetos são eliminadas, outros são substituídos por um símbolo de tamanho maior ou menor, algum são deslocados, as formas são simplificadas, elementos podem ser agrupados para formar blocos e assim por diante.

No contexto de aplicações web interativas como aplicações *SOLAP*, o tempo de resposta deve ser pequeno. A maioria dos processos de generalização cartográfica é complexa, exige intervenção humana e costuma demorar.

Uma solução é armazenar generalizações pré-calculadas na chamada base de dados de múltiplas representações, que pode ser descrita como uma base de dados espacial que pode ser usada para armazenar o mesmo fenômeno do mundo real em diferentes níveis de detalhe temático e geométrico.

g) Funções de Visualização

A interface com o usuário de uma ferramenta *SOLAP* fornece recursos para explorar dados espaciais de maneira intuitiva e interativa.

A capacidade de interligar ou sincronizar várias visões da mesma informação num contexto de exploração interativa de dados traz novas possibilidades e sua implantação efetiva depende de pesquisas em Geovisualização.

As funções de visualização melhoram o acesso e a forma de análise de dados espaço-temporal para usuários não-técnicos. Veja-se Rivest et al., 2001 e Proulx e Bédard, 2008.

Algumas funções de visualização da tecnologia *SOLAP* serão apresentadas a seguir:

- **Vários Tipos de Visualização: mapas, tabelas, diagramas estatísticos**

Uma ferramenta *SOLAP* possibilita trabalhar com visões tabulares e vários tipos de diagramas: gráficos de barras horizontais e verticais, gráficos tipo “pizza”, gráficos de pontos, gráficos de linhas e gráficos de áreas. Vários tipos de mapas também podem ser construídos, de acordo com as seleções de membros realizadas nas diferentes dimensões. Mapas simples e multimapas são comuns. Mapas temáticos e mapas com diagramas sobrepostos são mais especializados e permitem a representação de muitas dimensões num mapa, muitas medidas num mapa ou ambos.

Mapas simples são os que mostram diversos elementos geométricos em uma única dimensão espacial, como na Figura 12.

Figura 12 - Exemplo de diversos elementos em uma única dimensão espacial (*mapa simples*). Fonte: <http://spatialolap.scg.ulaval.ca>

Multimapas é um termo para designar uma série de mapas relacionados, por exemplo, os que representam algum tema e suas variações a cada ano. A idéia foi introduzida por Tufte, 1983, baseado no conceito de coleções introduzido por Bertin, 1967. Um exemplo é Figura 13 em que se vê a evolução de um fenômeno em nível mundial, entre 2000 e 2004.

Figura 13 – Figuras (*multimapas*) que mostram a evolução temporal de um fenômeno. Fonte: <http://spatialolap.scg.ulaval.ca>

Mapas com diagramas sobrepostos são mapas com histogramas ou gráficos de “pizza” sobrepostos nos elementos geométricos que representam a dimensão espacial; por exemplo, a Figura 14 apresenta 3 variáveis em gráfico de “pizza”, um para cada continente. Os valores numéricos complementam a informação gráfica.

Figura 14 - Exemplo com diagramas de “pizza” com 3 variáveis em cada continente.
Fonte: <http://spatialolap.scg.ulaval.ca>

h) Funções de Exploração Interativa

A interface com o usuário de uma ferramenta *SOLAP* deve possibilitar a exploração de dados espaciais de maneira intuitiva e interativa.

A capacidade de ligar ou sincronizar várias visões da mesma informação num contexto de exploração interativa de dados traz novas possibilidades.

A seguir são apresentadas algumas funções de exploração da tecnologia *SOLAP* com referência à manipulação dos componentes geométricos dos dados espaciais e aos operadores de navegação pela base de dados: Rivest et al. (2005) e Proulx e Bédard (2008).

i) Funções de exploração disponíveis nas visualizações de mapas

Numa interface cliente *SOLAP*, variantes dos operadores *OLAP* são usadas para tirar proveito da estrutura de dados espaciais multidimensionais e dos níveis diferentes de detalhe desses dados.

Os operadores são *drill-down*, *roll-up* ou *drill-up*, *drill-across*, *pivot* ou *swap* e *slice and dice*, já definidos anteriormente.

Quando se manipulam dados contidos nas dimensões espaciais, geométricas ou mistas, os operadores são denominados *drill-down* espacial, *roll-up* espacial e *drill-across* espacial. Eles são executados diretamente ao clicar nos elementos, membros da dimensão em estudo, ou numa seleção de muitos elementos, no mesmo ou em níveis diferentes de detalhe de uma dimensão. Veja-se: Pastor, 2004.

- **Pivot de dimensões em mapas**

Uma operação útil em dados multidimensional é o pivoteamento. Aplicado a um mapa, o *pivot* pode permitir mudar a orientação das dimensões exibidas e produzir um tipo de mapa diferente.

Na Figura 15, tem-se o exemplo de um multimapa temporal onde através da operação *pivot* em que um mapa por ano foi alterado para um mapa para todos os anos.

Figura 15 - Exemplo de *multimapa* em 4 tempos alterada através da operação *pivot* para um mapa para todos os anos. Fonte: <http://spatialolap.scg.ulaval.ca>

j) Suporte ao mapeamento automático inteligente

Para melhorar o processo de descoberta de conhecimento e produzir informações e mapas para auxiliar o raciocínio do usuário, é necessário automatizar alguns processos.

O sistema deve gerar instantaneamente mapas coerentes quando usa regras de visualização predefinidas de acordo com a seleção do usuário.

Temas, classificação e tipos de visualização podem ser definidos automaticamente mediante a escolha do usuário.

Quando o sistema tradicional exige uma criação manual de mapa, o conhecimento deve ser do próprio usuário e isso exige tempo. Num processo de criação automática de mapa, o sistema possui informações e conhecimentos pré-definidos e o usuário tem mais tempo para explorar os dados e descobrir informações e relações.

k) Análise da dimensão temporal através de uma linha cronológica com operação de *drill*.

A ferramenta ideal *SOLAP* deve incluir uma linha de tempo, por exemplo uma reta com as datas significativas, com operação de *drill* interativa. Esta linha cronológica permite que o operador controle a visualização das dimensões de tempo e realize as operações de *drill-down* e *drill-up* diretamente no cursor de tempo. A Figura 16 ilustra essa situação.

Os mapas animados, ou seja, a apresentação de vários mapas numa seqüência temporal, pode retratar uma tendência ou um padrão que não seria aparente se os mapas fossem vistos individualmente: Kraak et al. (1996) e Peterson (1999).

Figura 16 - Exemplo de linha cronológica que permite a geovisualização animada e facilita a geovisualização da evolução de fenômenos.

Fonte: <http://spatialolap.scg.ulaval.ca>

l) Agrupamento de membros espaciais

A ferramenta ideal *SOLAP* deve permitir o agrupamento de membros espaciais quando for necessário criar novos objetos espaciais baseados em unidades menores.

As medidas ou métricas associadas a estes membros espaciais são utilizadas para produzir os valores de medida para o novo membro espacial, por exemplo através da soma ou da média dos valores individuais do nível mais baixo. Isso é exemplificado na Figura 17 em que os países africanos da área azul são agregados para produzir uma nova métrica que resulta inclusive na mudança de cor para o laranja.

Figura 17 - Exemplo de agregação de unidades menores, que produziu uma nova métrica para o conjunto. Fonte: <http://spatialolap.scg.ulaval.ca>

m) Análise espacial e métrica em membros espaciais

A ferramenta ideal *SOLAP* deve incluir operadores de análise espacial que permitam calcular medidas agregadas baseadas num operador espacial e permitam criar o membro espacial resultante. Por exemplo, na Figura 18, a aplicação de um *buffer* de 1 quilômetro ao longo de uma determinada estrada agrega os valores das medidas dos objetos incluídos dentro do *buffer* e gera um membro espacial agregado e o correspondente valor da medida.

Figura 18 - Exemplo de cálculo de medida agregada que utilizou o operador *buffering*. Fonte: <http://spatialolap.scg.ulaval.ca>

3.3.3 Exemplos de aplicações analíticas e espaciais

As aplicações *SOLAP* são estudadas e desenvolvidas no Brasil desde 2003. Veja-se SILVA et al., 2003, SILVA, J.; et al., 2004, BAPTISTA, C. et al., 2006, SILVA, R. O. L. et al., 2007, FILETO, R. et al., 2007, FILETO, R. et al., 2008. As Universidades que mais estudam aplicações *SOLAP* são as Universidades Federais de Pernambuco e Santa Catarina e recentemente os estudos estão voltados para colocar esta solução como um serviço Web e como ferramenta de exploração de conhecimento na Visualização Cartográfica ou Geovisualização.

No exterior diversos estudos e projetos com *software* comerciais foram desenvolvidos pela equipe do prof. Bédard da *Université Laval*, Canadá. Na França destacam-se os trabalhos desenvolvidos pela INSA de Lyon. Estes são os dois países que atuam mais fortemente na área. Veja-se Body et al., 2002, Body et al., 2003 e Bimonte, 2007.

Trabalhos relacionados com *software open-source* são conduzidos pelo prof. Badard da equipe de pesquisa *GeoSOA*, da *Université Laval*. Veja-se Badard e Dubé, 2009.

Estudos e aplicações em *Web SOLAP* e Geovisualização podem ser vistas no Brasil em FILETO et al. 2008 e no Canadá em Beaulieu e Bédard, 2008.

A seguir tem-se dois exemplos de duas tecnologias com operações *SOLAP* integradas com operações para visualizações de mapas. Uma das aplicações transformou-se em software comercial e outra foi desenvolvida a partir da integração

de tecnologias *open-source*. A primeira foi desenvolvida na *Université Laval*, Quebec, Canadá e hoje é comercializada com o nome *JMap Spatial OLAP* através da empresa canadense *Kheops*. A segunda foi desenvolvida no laboratório *LIRIS* do *INSA* na *Université Lyon, Lyon, France* e o produto foi denominado *GeWOlap*,

A seguir apresentam-se dois exemplos, um para cada tecnologia. O primeiro é na área de Saúde, câncer, (Rivest et al., 2005) e o segundo é na área Ambiental, poluição (Bimonte, 2007).

Ex. 1) Operações *SOLAP* através da tecnologia *JMap Spatial OLAP* para o segmento de saúde em Quebec.

- A Figura 19 apresenta um exemplo de uma operação *Spatial drill-down* no polígono, que resulta em um mapa que mostra o distrito de Quebec pertencente à Cidade de Quebec. Pode-se ver que uma vez aplicada a operação no distrito de Quebec, pintado de amarelo, com indicador que varia de 0,83 a 1,20, aparecem os sub-distritos do distrito de Quebec com cores variadas para os diferentes indicadores.

Figura 19 -.Operação *Spatial drill-dow*

- b) A Figura 20 mostra uma operação *Spatial roll-up* que resulta em um mapa que mostra todos os distritos do nível mais alto na dimensão, o nível da região metropolitana.

Figura 20 -. Operação *Spatial roll-up*

- c) A Figura 21 mostra uma operação temporal *drill-across* no nível anos da dimensão tempo, que resulta em uma nova tabela, que mostra não apenas o ano de 1995, mas todos os outros períodos de tempo no mesmo nível de detalhe.

Figura 21 - Operação temporal *drill-across*

d) A Figura 22 mostra o comportamento espaço-temporal, 4 imagens, da mortalidade por câncer respiratório por distrito para os anos de 1995, 1996, 1997 e 1998.

Figura 22 – Figuras comparativas no espaço e no tempo.

- e) A Figura 23, mostra os indicadores de mortalidade de câncer respiratório, através de polígonos coloridos e o número de mortes, com símbolos circulares proporcionais, por distrito da cidade de Quebec no ano de 1995.

Figura 23 - Figura temática.

- f) Na Figura 24, o mapa, a tabela e o gráfico de barras apresentam a mesma informação: as mortes devido a câncer respiratório para 1995 e para todos os distritos da província de Quebec, cada um com uma cor, de acordo com a convenção da classe. A mesma classificação de dados e a mesma cor foram utilizadas para cada classe em todas as telas, conforme a legenda no canto inferior direito.

Figura 24 - Um exemplo onde uma coleção de telas e simbologia gráfica são sincronizadas.

Ex. 2) Operações **SOLAP** pela tecnologia **GeWOlap** para a área Ambiental.

Neste exemplo desenvolvido pela *Université Lyon* tem-se a modelagem dimensional, exemplo de tela com operadores analíticos e espaciais e telas com os resultados dessas operações.

- a) Na Figura 25 tem-se: (1) o modelo de dados multidimensional do Cubo CORILA com a tabela fato Poluição para medir os indicadores médios de poluição da zonas da lagoa de Veneza, (2) a hierarquia dos membros da dimensão Lagoa (hierarquia espacial com respectivos estereótipos espaciais), (3) a hierarquia da dimensão Poluentes e a dimensão temporal Data.

Figura 25 - Modelo de dados dimensional e hierarquia dos membros das dimensões do Cubo CORILA

b) Na Figura 26 tem-se a interface visual o *GeWOLAP* onde (A) é a barra de ferramentas com funcionalidades *OLAP* no Painel de Dados, (B) é a barra de ferramentas com funcionalidades SIG e (C) a barra de ferramentas com funcionalidades *SOLAP*. À esquerda tem-se o Painel de Controle.

Figura 26 –Tela com detalhes das barras de ferramentas com funcionalidades *OLAP*, *SOLAP* e SIG

A Figura 27 mostra em (1) os dados iniciais das duas regiões e em (2) o resultado após a operação *Drill-Down* ao sul da região da Lagoa Norte.

Figura 27 - Operação *Drill-Down*

A Figura 28 mostra em (1) os dados iniciais e em (2) os resultados da aplicação de uma operação *Buffer*.

Figura 28 - Operação: *Buffer*

A Figura 29 mostra em (1) os dados iniciais e em (2) os resultados da operação *Overlay*.

Figura 29 - Operação *Overlay*

A apresentação desses exemplos teve a finalidade de apresentar algumas potencialidades desses dois programas, que se referem às duas tecnologias mais avançadas, desenvolvidas por pesquisadores dessas duas Universidades, Laval e

Lyon, que estão na linha de frente em nível mundial e também serviu para apresentar na prática, as operações *SOLAP*.

3.4 Critérios técnicos de avaliação da integração de soluções analíticas e espaciais

No verão de 2007, a equipe da linha de pesquisa industrial em “bases de données géoespatiales décisionnelles” do “Centre de Recherche en Géomatique” da “Université Laval, Quebec, Canada”, estabeleceram critérios para avaliar os produtos comerciais que fornecem soluções *SOLAP*. Veja-se Proulx e Bédard, 2007 e o LGS Group, 2000.

Estes critérios de avaliação podem ser usados para identificar o produto que melhor atende às necessidades do usuário com sua aplicação específica.

Para isso é necessário identificar as preferências com relação a cada um dos critérios descritos na tabela de avaliação, como se verá mais abaixo.

Em certos casos, uma dada preferência pode ter um grande peso na escolha final; por exemplo, se o programa deve permitir um determinado formato de dados espacial ou se a solução não exige um servidor *OLAP*.

Pode-se então comparar as preferências com as soluções estudadas. Os critérios de avaliação são agrupados em duas categorias: uma relacionada à arquitetura e uma relacionada às características do problema.

3.4.1 Critério de avaliação relacionado à arquitetura

Os principais critérios de avaliação referem-se ao componente cartográfico, ao componente multidimensional e as abordagens de integração.

Na Tabela 2 estão descritos os critérios de avaliação relacionados à arquitetura onde cada um desses itens será explicado em seguida.

Tabela 2 - Quadro de avaliação de produtos quanto a arquitetura contemplada.

Fonte: Traduzido de Bédard et al, 2007.

	Preferências da Empresa	Produto A	Produto B
Arquitetura Contemplada			
a) Componente Cartográfico			
Tipo de componente Cartográfico: Tecnologia GIS Web-GIS Visualizador Cartográfico Visualizador Vetorial Ferramenta de Visualização			
Nome do componente Cartográfico			
Formatos de dados espaciais			
b) Componente Multidimensional			
Nome do cliente/servidor OLAP			
Nome do acesso Multidimensional			
c) Abordagens de Integração			
OLAP Predominante GIS Predominante Solução integrada			

a) Componente cartográfico

De fato, muitos tipos de componentes cartográficos podem ser usados para construir o componente cartográfico da solução, tais como:

- Tecnologias GIS: *ESRI ArcGIS*;
- *WEB-GIS: ESRI ArcIM*;
- Visualizadores cartográficos: *ESRI ArcExplorer*;
- Visualizadores vetoriais: Visualizador SVG e
- Ferramentas de visualização.

Se a ferramenta contempla a leitura de dados em formato de dados espaciais padronizados, por exemplo *ESRI Shapefile*, o gerenciamento dos dados espaciais e suas atualizações na aplicação são mais simples.

Os critérios de avaliação a ter em conta no componente cartográfico são:

- Tipos de componente cartográfico;
- Nome do componente cartográfico e
- Formatos de dados espaciais.

b) Componente multidimensional

O componente multidimensional pode ser:

- Um servidor OLAP: *Microsoft Analysis Services, SAS OLAP, SAP BW*;

- Um cliente *OLAP*: *Microstrategy*, *Business Object*,
- Acesso a bases de dados multidimensionais sem exigir um Servidor *OLAP*: arquivos .cub, do *Microsoft Analysis Services*,
- Acesso a um modelo estrela instalado numa base de dados relacional.

Quando um servidor *OLAP* ou um cliente *OLAP* é utilizado na solução, o gerenciamento do cubo de dados é facilitado com uma estrutura de dados dedicada, índices específicos, algoritmos poderosos de agregação, etc.

Por outro lado, a opção por usar um servidor/cliente *OLAP* torna a solução mais cara e trabalhosa de implementar.

Os critérios de avaliação estudados são:

- Nome do servidor/cliente *OLAP* e
- Nome do acesso multidimensional.

c) Abordagens de integração

Implementar um sistema *SOLAP* exige desenvolvimentos importantes para construir uma tela personalizada e para usar *OLAP* e componentes de cartografia como serviços de retaguarda.

De acordo com Proulx e Bédard, 2007, várias abordagens básicas e de integração de ferramentas *OLAP* e SIG podem ser consideradas: Predominantemente SIG, Predominantemente *OLAP* e Solução Integrada

A tecnologia integrada *SOLAP* é ainda incomum no mercado comercial e a integração mais freqüentemente usada é a integração parcial entre os dois componentes.

c1) Abordagem Predominantemente SIG

A abordagem Predominantemente SIG oferece capacidades de SIG dentro de uma interface gráfica de usuário SIG. Normalmente só é contemplado o acesso simplificado a fontes de dados *OLAP* e praticamente nenhuma funcionalidade *SOLAP* são contempladas.

c2) Abordagem Predominantemente *OLAP*

A abordagem Predominantemente *OLAP* oferece capacidades plenas *OLAP* dentro de uma interface gráfica de usuário *OLAP*, mas funcionalidades limitadas de SIG; algumas ferramentas oferecem seleção espacial de objetos como *buffering*, isto

é, armazenamento. Geralmente estas soluções são bidirecionais entre o *OLAP* e o SIG, o que implica que a seleção de um componente, por exemplo, o mapa, afeta o resultado do outro componente, por exemplo, na tabela *OLAP*.

c3) Solução Integrada

Numa solução integrada, são contempladas características tanto *OLAP* como SIG.

A principal interface gráfica de usuário é feita sob medida e construída sobre as tecnologias subjacentes (isto é *OLAP* e SIG) e a aplicação *SOLAP* é desenvolvida com o benefício da integração de funções *OLAP* e SIG.

Estas ferramentas, se implantadas, integram o gerenciamento de dados espaciais multidimensionais e facilitam a instalação e a atualização de cubos de dados espaciais.

Em resumo, as abordagens de integração são:

- c1) Predominantemente SIG;
- c2) Predominantemente *OLAP*;
- c3) Solução Integrada.

3.4.2 Critério de avaliação relacionado com as características contempladas pela solução

Os aspectos relacionados às características contempladas pela solução compõem a segunda parte do critério de avaliação, e estão resumidos na Tabela 3.

a) Estrutura do cubo de dados espacial

Para permitir operações de *drill* nos níveis espaciais de uma dimensão espacial, deve-se definir uma ligação entre os dados multidimensionais e os dados espaciais.

Ao interligar os membros espaciais de um cubo de dados multidimensional às geometrias correspondentes armazenadas numa base de dados espacial, estes

membros podem ser visualizados em um mapa. Vários tipos de dimensões espaciais podem ser contempladas por uma aplicação *SOLAP*.

É necessário configurar uma aplicação *SOLAP* para permitir estas implementações. Esta configuração pode ser feita por agentes ou pelo administrador através da definição de comandos da linguagem *XML*.

b) Nível de assistência dado ao usuário

Para este ponto deve-se ter em conta os critérios de nível de assistência dado ao usuário (S/N), ou seja assistência com um agente ou sem assistência.

c) Operadores espacial *drill*

Para este ponto deve-se ter em conta onde o operador espacial *drill* atua: (no membro espacial / no nível espacial).

Os operadores espaciais são: *drill* espacial nos membros, *drill* espacial nas seleções, ou *drill* espacial nos níveis. São executados diretamente ao clicar nos elementos (membros da dimensão) mostrados nos mapas ou numa seleção de muitos elementos (no mesmo ou em níveis diferentes de detalhe de uma dimensão). Os operadores espaciais que são contemplados por uma solução *SOLAP* foram ilustrados no item 3.3.3 nas operações de exploração disponível para Geovisualização. Normalmente, soluções comerciais não oferecem todos estes níveis de interação.

Para este ponto, o critério a ter em conta é o nível de operadores espaciais contemplados (por membro/por seleção/ por nível).

d) Mapas avançados

Vários tipos de mapas podem ser contemplados por uma solução *SOLAP*. Mapas simples são comuns. Os multimapas, mapas temáticos complexos e mapas com diagramas sobrepostos são mapas avançados que podem ser usados para representar muitas dimensões ou muitas medidas num mapa. Os tipos de mapas que podem ser contemplados por uma solução *SOLAP* já foram ilustrados anteriormente.

Para este ponto, o critério a ter em conta é se Mapas avançados são ou não suportados (S/N).

e) Criação automática de mapa

O usuário pode criar manualmente um mapa, mas mesmo a criação de um mapa temático simples pode ser uma tarefa difícil quando o mapa tem que adaptar-se a regras gráficas de semiologia.

As ferramentas *SOLAP* ajudam muito na criação de mapas e podem usar regras incorporadas para gerar mapas coerentes baseados nas definições prévias do usuário.

Por exemplo, num mapa gerado através uma operação *drill down*, a ferramenta *SOLAP* pode aplicar automaticamente as classificações e cores apropriadas segundo regras de visualização predefinidas.

O uso deste tipo de regras automáticas ajuda a aumentar o processo de descoberta de conhecimento e ajuda o usuário a manter sua linha de raciocínio.

Para este ponto, o critério a ter em conta é se existe criação automática de mapa (S/N: sim ou não).

f) Operação *Pivot* de dimensões em mapas

O *pivot* é uma operação útil em dados multidimensionais. Aplicado num mapa, o *pivot* pode permitir mudar a orientação das dimensões exibidas para produzir um tipo de mapa diferente. No entanto, são necessárias regras para produzir o *pivot* no mapa de acordo com a seleção das dimensões ativas.

Como foi visto anteriormente, um multimapa temporal baseado em três anos de interesse pode ser alterado para um mapa com diagramas sobrepostos baseados em anos.

Para este ponto, o critério a ter em conta é se executa a operação *Pivot* de dimensões em mapas (S/N).

A seguir serão apresentadas algumas soluções, que são os produtos a serem avaliados e cujas características fornecem dados para preencher as últimas colunas das Tabelas 3 e 4

Tabela 3- Quadro de avaliação dos produtos quanto às características *SOLAP* contempladas. Fonte: Traduzido de Traduzido de Bédard et al, 2007.

	Preferências da Empresa	Produto A	Produto B
Características			
a) Estrutura do Cubo Níveis Espaciais Membros Espaciais			
b) Assistência ao Usuário (S/N) Assistência por "Wizard" Livre - Sem Assistência			
c) Operadores Espaciais "Drill" por nível "Drill" por membros "Drill" por seleção de membros			
d) Mapas Complexos (S/N) Mapa com diagramas superpostos Multimapas Mapa temático complexo			
e) Criação automática de mapa (S/N) Gerar mapa Aplicar temas no mapa			
f) Permite pivoteamento no mapa (S/N)			

Tabela 4 - Tabela com servidores *OLAP* e clientes *OLAP* mais populares abordados para soluções integradas e predominantemente SIG. Fonte: Traduzido de Traduzido de Bédard et al, 2007.

	MapInfo Location Intelligence 1.1	MapIntelligence Integeo	SAS Web OLAP Viewer for Java	Oracle Application 10g MapViewer
Servidores OLAP populares				
Microsoft Analysis Services	X		X	
SAP Business Warehouse	X	X	X	
Hyperion Essbase acquired by Oracle	X	X		
SAS OLAP Server		X	X	
Oracle OLAP		X		X
IBM DB2 OLAP Server				
Clientes OLAP populares				
Cognos	X	X		
Business Object Acquired by SAP	X	X		
MicroStrategy	X			

3.4.3 Soluções importantes de fornecedores

A seguir serão apresentadas algumas soluções comerciais importantes para identificar o produto que melhor atende às suas necessidades, o usuário pode usar os critérios de avaliação aqui proposto, com foco na aplicação concreta e com o guia dos quadros das Tabelas 3 e 4.

A informação aqui contida é o resultado de um trabalho realizado no verão de 2007 pela equipe da linha de pesquisa em base de dados geoespaciais para o suporte à decisão da Universidade Laval (Quebec). Esta revisão se propôs avaliar produtos comerciais que oferecem capacidades combinadas de *OLAP* e de SIG. Veja-se Proulx e Bédard, 2007.

Uma lista completa de soluções *OLAP* pode ser encontrada no diretório de produtos do TDWI, 2009. Nessa referência estão listados também os produtos que não se encontram em nenhuma das categorias definidas.

a) Soluções Integradas

Em uma solução integrada, são contempladas características tanto de *OLAP* como de SIG.

A principal interface gráfica do usuário é feita sob medida e construída sobre as tecnologias subjacentes (isto é *OLAP* e *SIG*) e a aplicação *SOLAP* é desenvolvida para beneficiar-se da integração de funções das duas.

Nomeia-se esta integração de "Tecnologia *SOLAP*". Portanto, estas ferramentas integram o gerenciamento dos dados espaciais multidimensionais e facilitam a instalação e a atualização de cubos de dados espaciais.

A tecnologia *JMap Spatial OLAP* (da empresa Kheops), desenvolvida inicialmente pela *Université Laval*, é instalada numa arquitetura que consiste num *Web-GIS* (Servidor *JMap*) combinado com acesso relacional *OLAP*. Com esta solução é possível instalar cubos de dados definidos numa arquitetura Relacional *OLAP* (com o uso uma conexão JDBC) com acesso aos formatos vetorial e matricial mais comum da indústria SIG.

A tecnologia *SAS Web OLAP viewer for Java* (da empresa SAS) é instalada numa arquitetura que consiste do *ESRI ArcGIS* integrado com um Servidor *SAS OLAP* e, como clientes, cubos de dados de multidimensionais (*SAS OLAP*, *Microsoft Analysis Services* e *SAP BW*). Esta solução permite visualizar dados multidimensionais em mapas.

b) Soluções predominantemente SIG

A abordagem predominantemente SIG oferece capacidades de SIG dentro de uma interface gráfica de usuário SIG. Normalmente, somente é contemplado o acesso simplificado a fontes de dados *OLAP* e praticamente não existe nenhuma funcionalidade *OLAP*.

As alianças entre fornecedores de soluções *OLAP* e SIG facilitaram o desenvolvimento de tais aplicações. Existem muitas formas de integração e alguns exemplos dessas soluções são:

A tecnologia *OLAP Add-on for ArcGIS* (da empresa ESRI), que contempla a visualização no ambiente ArcGIS, e lê dados extraídos de um Servidor *OLAP* (por exemplo *Microsoft SQL Server*, *SAS OLAP Server* e *SAP BW*). Esta solução é unidirecional, ou seja, os usuários *OLAP* só tem acesso aos dados descritivos *OLAP*. A ferramenta oferece características que permitem ler dados multidimensionais e exportar para uma camada cartográfica do *ArcGIS*. Esta solução exige a presença do *ESRI ArcIMS* ou o servidor *ArcGIS* da ESRI.

A tecnologia *OLAP ADDIN for MapPOINT* (da empresa Microsoft) é um programa voltado para a análise, a visualização e a comunicação de informação comercial, que utiliza mapas e dados geográficos. Ele utiliza o formato *.cub* (da Microsoft) e converte-o para um formato tabular em que o *MapPoint* pode solicitar de informações *OLAP* e criar mapas. A criação do mapa é feita manualmente pelo usuário no assistente de solicitação de informações *OLAP*.

O cubo de dados do servidor *SQL* da Microsoft (*.cub*) deve conter componentes geográficos tais como endereços, toponímia, coordenadas (por exemplo longitudes / latitudes) de tal modo que o *MapPoint* pode automaticamente representar as medidas nos mapas. Esta ferramenta não contempla operações de *drill* espacial no mapa.

A tecnologia *Location Intelligence Component* (da empresa MapInfo) é instalada numa arquitetura que consiste no visualizador cartográfico *MapXtreme 4.7* acoplado a uma ferramenta *OLAP* (*MicroStrategy*, *Business Objects*, *Cognos Visualizer*). O administrador do servidor deve preparar um arquivo de configuração *XML* e armazenar as referências dos identificadores do objeto no mapa para os identificadores de dados multidimensionais.

A tecnologia *MapIntelligence* (da empresa Integeo) é um *software* intermediário que conecta um *SIG* (*ESRI ArcIMS* ou *MapInfo MapXTreme*) a bases

de dados multidimensionais (*Oracle, Hyperion Essbase, Cognos, BusinessObject, SAS, SAP BW*). Oferece capacidades cartográficas e muitos operadores de análise espacial em mapas.

A Oracle oferece a opção *Oracle 10g OLAP* e o *Application Server 10g MapViewer* para desenvolver aplicações *ad-hoc*. Esta aplicação deve ser construída com o *JDeveloper* e exige conhecimento de Oracle para ser implementado.

Os servidores *OLAP* e clientes *OLAP* mais populares que contemplam capacidades de cartografia são fornecidas pelas soluções Predominantemente SIG ou Integradas, que vem resumida na Tabela 4.

c) Soluções Predominantemente OLAP

A abordagem Predominantemente *OLAP* oferece plena capacidade *OLAP* dentro de uma interface gráfica de usuário *OLAP*, porém com limitadas funcionalidades *SIG* (algumas ferramentas oferecem seleção espacial de objetos como a operação de *buffering*).

Infelizmente, muitos produtos comerciais de *OLAP* não contemplam Geovisualização (ou Visualização Cartográfica) logo não foram considerados nesse estudo.

Geralmente, essas solução são bidirecionais, o que implica que a seleção numa Geovisualização (por exemplo, um mapa) reflete-se no resultado na outra visualização (por exemplo a tabela *OLAP*). Os produtos comerciais são apresentados a seguir.

A tecnologia *TargIT BI Suite 2K7* (da empresa TarGIT), é instalada numa arquitetura que consiste num geovisualizador proprietário integrado e com acesso a um cubo de dados multidimensional (*Microsoft Analysis Services, IBM DB2, Oracle OLAP 9i*).

O *TargIT* permite a configuração de *layers* do *Mapinfo* para a instalação de mapas escaláveis, que são aqueles em que os níveis cartográficos são associados aos elementos do cubo de dados multidimensional e onde a navegação entre os níveis é realizada ao usar a operação *zoom*.

A tecnologia *Tableau software 4.0* (da empresa Tableau) é uma ferramenta de visualização que tem acesso a cubos de dados multidimensionais (*Microsoft Analysis Services, Essbase e IBM DB2 OLAP servers*). Esta solução exige um formato de dados específico para definir os dados espaciais.

A tecnologia *JRubik* (disponível na *SourceForge.net*) é um cliente *OLAP* cujo desenvolvimento é baseado em componentes *JPivot*. O cliente *OLAP* pode ser conectado ao servidor *Mondrian OLAP*, que é um projeto de código aberto.

d) Soluções comerciais de *OLAP* que não contemplam Geovisualização.

- *Proclarity Analytics 6.0* (tecnologia da empresa Microsoft) - não contempla Geovisualização como a versão prévia 4.0 suportava.
- *Cognos Analysis Studio* (tecnologia da empresa Cognos)
- *Beyond 20/20 Perspective* (tecnologia da empresa Beyond 20/20)
- *Panorama Novaview 5.0* (tecnologia da empresa Panorama) não contempla Geovisualização como a versão prévia 4.5 fazia.
- *Media* (tecnologia da empresa Speedware)

e) Produtos fora de categoria

Os seguintes produtos comerciais são ferramentas de *geração de relatórios*:

- *Business Objects Integration Kit for ESRI GIS* (tecnologia da empresa SAP para a empresa ESRI) oferece uma ponte bidirecional entre os dados geográficos da ESRI e produtos *BusinessObjects XI* (mais especificamente, *Crystal Report Server XI release 2*). Esta solução exige o *ESRI ArcIMS* ou o *ESRI ArcGIS Server*.
- *GIS adapter for WebFOCUS* (tecnologia da empresa ESRI para a empresa Information Builders) pode ser usada para implementar a solução com a ferramenta de relatórios *WebFocus* da Information Builders.
- *Web Data Server version 7.0* (tecnologia da empresa Beyond 20/20) projetada para os usuários poderem acessar e analisar facilmente dados de arquivos multidimensionais, para então copiá-los para posterior uso. Esta solução integra como uma ponte bidirecional, o *browser* de mapas e a ferramenta de relatórios.

f) Produtos comerciais que são ferramentas de painel espacial (*spatial dashboard*)

Painéis espaciais não podem ser considerados como soluções *SOLAP*. Normalmente, exigem desenvolvimentos importantes para construir uma interface de usuário e operadores *drill* sob medida para cada nova aplicação:

- *Dundas* (tecnologia da empresa Dundas)
- *iDashboard* (tecnologia da empresa iDashboard)

- *Syntell 4i* (tecnologia da empresa Syntell)

g) Soluções Apenas de Visualização

Finalmente, as seguintes soluções comerciais são ferramentas de visualização que não suportam análise de multidimensional (*OLAP*) e assim não pode ser considerado como soluções que combinam análise multidimensional e cartografia:

- *Push'n See* (tecnologia da empresa Korem)
- *GeoVista Studio* (tecnologia da empresa Geovista Center)
- *AVS Express* (tecnologia da empresa Advanced Visual Systems).

Este capítulo 3 encerra a visão conceitual e teórica do tema, que procurou desenvolver conceitos e apresentar exemplos que auxiliassem sua compreensão, bem como apresentou critérios de avaliação de produtos comerciais. A seguir apresenta-se a parte prática, que consistiu no desenvolvimento de um protótipo que implementa num caso concreto diversos conceitos estudados.

4 Aplicação: Desenvolvimento de um protótipo *desktop* de Geovisualização Analítica para a gestão da coleta seletiva e transporte de resíduos recicláveis em ambiente urbano.

Este capítulo apresenta o desenvolvimento do protótipo de uma ferramenta *desktop* de Geovisualização Analítica, constituída de uma solução *SOLAP* parcialmente *OLAP* e parcialmente SIG, para:

- realizar as tarefas de geovisualização, exploração e análise dos dados para a gestão da coleta seletiva e transporte de resíduos urbanos recicláveis, que foi aplicada experimentalmente aos distritos da sub-prefeitura de Campo Limpo na cidade de São Paulo;
- auxiliar os gestores ambientais a diagnosticar os problemas relacionados com a coleta e destinação de resíduos recicláveis e propor recomendações para a melhoria desses serviços.

Métodos e Materiais

O desenvolvimento passou pelas seguintes fases:

- 4.1 – Descrição do Problema e Levantamento dos Requisitos
- 4.2 - Mapeamento e Entendimento do Processo
- 4.3 - Modelagem de Dados
- 4.4 - Desenvolvimento do protótipo
- 4.5 - Testes e Resultados Preliminares

Observação: As fases 4.1 a 4.3 correspondem ao que se denomina Métodos e as seguintes, que descrevem os elementos constituintes da solução, incluem o que se denomina Materiais.

Essas fases são detalhadas nos itens a seguir:

4.1 Descrição do Problema e Levantamento de Requisitos

a) Descrição do Problema

No Brasil, existe muito resíduo com possibilidade de ser reciclado, porém este é simplesmente descartado irregularmente ao longo das vias e córregos da cidade. (Schneider, 2003) e (Schneider e Philippi Jr., A., 2004). Além de ser um desperdício econômico, é um fator causador de

proliferação de sujeira e aumento de doenças transmissíveis, bem como de entupimento de tubulações com o consequente agravamento das inundações. Por incrível que pareça, o Brasil importa toneladas de resíduos para serem reciclados.

Do ponto de vista da logística nas cidades brasileiras, no entanto, são muito poucos os pontos de descarte regular de resíduos recicláveis tais como o RSD, Resíduo Sólido Doméstico e o RCD, Resíduo de Construção e Demolição. Pinto, 1999a e 1999b, descreve que os chamados Ecopontos de RCD deveriam estar bem distribuídos ao longo das sub-bacias hidrográficas de uma área urbana, ou seja, as sub-bacias das redes de drenagem. Veja-se também Tucci e Silveira, 2001. O aumento de pontos de descarte regular de RSD e RCD ao longo das sub-bacias de drenagem contribuiria para:

- o aumento da reciclagem do RSD e RCD nessas áreas, com reflexo na melhoria dos indicadores a eles associados;
- a diminuição das enchentes uma vez que os resíduos são responsáveis pelo entupimento das redes de drenagem e na poluição difusa nos rios urbanos.

4.1.1 Usuários e Entrevistas

Os usuários do protótipo desenvolvido são técnicos e gestores dos seguintes órgãos e instituições:

- Secretaria de Serviços da PMSP,
- Limpurb,
- Sub-Prefeituras, e no caso concreto a do Campo Limpo,
- Secretaria Municipal do Meio Ambiente,
- Secretaria Estadual do Meio Ambiente,
- CETESB,
- SABESP,
- Defesa Civil,
- Comitês de Bacias Hidrográficas,
- Ministério das Cidades.

Foram feitas entrevistas com alguns possíveis usuários desses órgãos, com um roteiro básico mas sem muita rigidez quanto aos itens. A técnica foi levantar algumas questões e deixar espaço para comentários livres.

Foram feitas também outras entrevistas, pessoais e por *email*, com técnicos da Limpurb para entendimento dos processos e para a coleta de dados relacionados com o volume de resíduo de construção e de demolição descartados irregularmente na região. Foram feitas entrevistas com os usuários e visitas aos locais de descartes irregulares.

Foi feita uma visita na empresa Base, uma Área de Triagem e Transbordo, ATT, no Jaçanã que é tida como referência, pois foi uma das primeiras a instalar uma unidade de reciclagem em suas dependências. Nesta visita foram obtidas diversas informações importantes para entender a cadeia de coleta e destinação dos resíduos de construção e demolição e dos resíduos sólidos domiciliares, que vem descrita mais adiante.

Através delas foi possível:

- Verificar quais os relatórios e mapas eles costumam elaborar para tomar decisões;
- Identificar Métricas, ou seja, os fenômenos e fatos que gostariam de ver mensurados;
- Identificar Dimensões, ou seja as variáveis do problema;
- Elaborar a matriz de Métricas por Dimensões e
- Identificar a menor granularidade desejada, ou seja, o nível de detalhe, das informações desejadas.

Esses relatórios, mapas, métricas, dimensões, granularidade são apresentados mais adiante no desenvolvimento do protótipo e serviram para fixar os requisitos mínimos.

4.1.2 Questionamento básico dos gestores

Nessas entrevistas surgiu o seguinte questionamento básico dos gestores:

1. Quais são os potenciais volumes/tonelagem dos resíduos recicláveis (RCD e RSD) ?
2. Qual é a economia gerada com a reciclagem de resíduos recicláveis (RCD e RSD) ?
3. Qual é o potencial de empregos a serem gerados para catadores ?
4. Qual é o potencial de cooperativas de catadores que poderiam ser criadas ?
5. Quais são os indicadores críticos dos distritos da Sub-Prefeitura ?
6. Quais são os indicadores de leptospirose por distrito ?
7. Um Eco Ponto de RCD por distrito é suficiente ?
8. Onde estão situadas as áreas de coleta seletiva de RSD instaladas na região ?
9. Onde estão localizados os pontos de entrega voluntária de RSD da região ?
10. Onde estão localizados locais de deposição irregular e as zonas de risco ?
11. Quão próximo estão os transportadores de RCD dos pontos de deposição irregular existentes ?

Essas perguntas orientaram o entendimento do problema e o desenvolvimento do protótipo e suas funcionalidades como se verá a seguir.

4.1.3 Visitas à região em estudo

A região de estudo é a Sub-Prefeitura do Campo Limpo, que é constituída de três distritos: Vila Andrade, Campo Limpo e Capão Redondo. Esta Sub-Prefeitura fica localizada na zona sul da cidade de São Paulo, na Região Metropolitana de São Paulo, no Estado de São Paulo, Brasil. Vê-se na Figura 30 a localização, em verde, da Sub-Prefeitura do Campo Limpo na Região Metropolitana de São Paulo, em azul. Neste trabalho esta Sub-Prefeitura foi escolhida como área piloto porém, em um estudo mais completo, a questão dos resíduos urbanos recicláveis deverá levar em conta toda a Região Metropolitana.

Figura 30 - A localização, em verde, da Sub-Prefeitura do Campo Limpo, em bege do Município de São Paulo e em azul, da Região Metropolitana de São Paulo. Fonte: Figura desenvolvida no ArcExplorer pelo Autor.

Foram feitas diversas visitas aos locais de descarte irregular da Sub-Prefeitura do Campo Limpo para documentação fotográfica. Na fotografia da Figura 31 pode-se ter uma idéia da dimensão do problema de descarte irregular de resíduos de construção e demolição na região.

Figura 31 – Fotografia de um local de descarte irregular de Resíduo de Construção e Demolição na região Sub-Prefeitura do Campo Limpo. Fonte: Autor.

4.2 Mapeamento e Entendimento do Processo de Coleta Seletiva de Resíduos Urbanos Recicláveis

4.2.1 Escopo do protótipo

O escopo do protótipo é atender às seguintes fases da Logística Reversa (Aguiar e Fontana, 2001) dos resíduos urbanos recicláveis: a) geração e descarte, b) coleta e transporte e c) triagem e transbordo, conforme mostrado nas Figuras 32 e 33.

Figura 32 - Fases da Logística Reversa dos Resíduos Urbanos Recicláveis. As fases em vermelho foram implementadas no protótipo. Fonte: Autor.

A partir da Figura 32 tem-se o escopo e as fases implementadas no protótipo conforme o esquema da Figura 33.

Figura 33 - Escopo do protótipo. Fonte: Autor.

4.3 Modelagem de Dados

Neste item, além de indicar a modelagem e as opções feitas, optou-se por desenvolver alguns conceitos específicos para facilitar a compreensão do leitor, em vez de abrir mais um capítulo teórico ou criar anexos.

4.3.1 Metodologia de Modelagem

A metodologia escolhida e a mais utilizada para modelar banco de dados é o Modelo de Entidade e Relacionamento, MER, Veja-se Chen, 1976 e Setzer, 1989. Esta metodologia foi adaptada para utilizar os estereótipos espaciais que são representações que indicam a espacialidade nos modelos. Veja-se Borges, 1997. Neste trabalho foram utilizados os seguintes estereótipos espaciais:

☆ Ponto

□ Polígono

4.3.2 Modelagem Dimensional

A modelagem dimensional é a mais adequada para modelar *Data Warehouses* em uma arquitetura *OLAP* Relacional, ou *ROLAP*. Veja-se Imnom et al., 2000, Kimball e Ross, 2004, Kimball et al. 2004 e Machado, 2007.

O modelo dimensional é o mais utilizado em Sistemas de análise e suporte à decisão, os chamados Sistemas de *Business Intelligence*, onde cubos *OLAP*, planilhas, tabelas e gráficos dinâmicos são utilizados como interface com o usuário para consulta e análise.

4.3.3 Conceituação de Data Warehouse e Data Mart

Data Warehouse, *DW*, é de uma coleção de bancos de dados onde se armazenam dados apenas para consulta. Cada um desses bancos de dados é denominado *Data Mart*, *DM*, e armazena dados sobre um determinado assunto. Ou seja, diversos *Data Marts* constituem um *Data Warehouse*.

Um *DM* é basicamente constituído de uma Tabela Fato e respectivas Tabelas Dimensões:

1)Tabela Fato

Fato é tudo que pode ser representado por meio de valores numéricos. É um evento mensurável ou seja, pode ser uma métrica, medida ou indicador. Veja-se Machado, 2007.

Tem as seguintes características:

- Varia ao longo do tempo
- Possui valores numéricos de avaliação.
- Seu histórico pode ser mantido e cresce com o passar do tempo.

2)Tabelas Dimensão

Exemplos de tabelas dimensão são: tabela dimensão tempo, tabela dimensão geografia, etc.

4.3.4 Tipos de Modelo Dimensional

Há diversos tipos de modelo dimensional como se pode ver na Figura 34 e que são explicados na sequência.

Tipos de modelo de dados dimensional em uma arquitetura OLAP Relacional (ROLAP)

- A) Estrela
- B) Floco de neve
- C) Misto
- D) Constelação

Figura 34 - Tipos de modelos de dados dimensional, adaptado de Bussien, T., (2007)

a) Modelo Estrela

No modelo Estrela as tabelas dimensões são denormalizadas, isto é, o conteúdo de campos podem ser duplicados.

Este é o modelo mais recomendado e utilizado em *DM* com grande volume de dados por uma questão de melhor *performance* nas consultas.

b) Modelo Floco de Neve

Neste modelo as tabelas dimensões são normalizadas. A unicidade do dado e a integridade referencial estão garantidas. Este modelo é mais recomendado em *DM* com volumes de dados menores.

c) Modelo Misto

Como o próprio nome diz, é um misto dos dois modelos acima.

d) Modelo Constelação

Este modelo é constituído de muitas tabelas fato que compartilham as tabelas dimensões. A maioria dos *DWs* de empresas que tratam de diversos assuntos encontram-se nesta categoria.

Neste protótipo o *DW* utilizou o modelo em constelação e foi constituído de três *DMs*, ou seja tem-se três Tabelas Fato:

- Resultados Estimados da Reciclagem dos Materiais
- Indicadores Sócio-Econômicos e Ambientais
- Localização e Atributos dos Pontos da Coleta Seletiva de Resíduos

Recicláveis

As tabelas fato compartilham as tabelas dimensões e permitem a consulta aos temas de cada uma.

4.3.5 Modelagem das Entidades e respectivos relacionamento e domínios

A seguir apresenta-se a Modelagem das Entidades, (Figuras 35 a 37) que foram implementadas neste protótipo e aquelas passíveis de serem implementadas no futuro. Apresenta-se também o relacionamento entre elas e os respectivos domínios.

O relacionamento “um para muitos” está representado nesta modelagem de dados de duas maneiras: (1:N) ou $\text{+} \text{---} \text{<}$.

a) Entidades Ponto, Tipo de Ponto e Resíduo Urbano Reciclável ,
respectivos relacionamento e domínios.

Figura 35 - Relacionamento do Ponto com o Tipo de Ponto e o Resíduo Urbano Reciclável. Fonte: Autor.

nononono	Implementadas
nononono	Não Implementadas

A Figura 35 pode ser entendida como: Pontos, ou Locais, estão presentes em todas as fases da coleta seletiva. Os Pontos podem ser Monitorados ou Não, Solidário ou Não, Voluntário ou Não e Bonificado ou Não.

No protótipo levam-se em conta os seguintes Tipos de Pontos:

- PIR - Ponto de Descarte Irregular
- PEV –Ponto de Entrega Voluntária de RSD
- CTT – Centro de Triagem e Transbordo de RSD
- EcoPonto – Ponto de Entrega Voluntária de RCD
- ATT – Área de Triagem e Transbordo de RCD

b) Entidades Pontos de Coleta, Transporte e Resíduos Urbanos Recicláveis e respectivos relacionamentos e domínios

Figura 36- Relacionamentos da Coleta Seletiva com o Transportador, com o Coletor Catador e o Resíduo Urbano Reciclável. Fonte: Autor.

Na Figura 36, a parte implementada, entende-se que a coleta seletiva de RSD e RCD é realizada através de caminhões localizados na região. Do que está por implementar entende-se que veículos, carrinhos a tração manual e a pé também coletam e transportam resíduos recicláveis na região. Estes tipos de transportes normalmente são utilizados por coletores ou catadores que podem ser autônomos, cooperados ou funcionários.

c) Modelo Lógico das Tabelas Dimensões: Apresenta-se a seguir os modelos das seis, 6, Tabelas Dimensões:

Dimensão 1: Espacial com duas hierarquias: Hierarquia por Região Administrativa e Hierarquia por Bacias Hidrográficas com seus respectivos Níveis Hierárquicos. São duas opções: no presente trabalho optou-se pela hierarquia por região administrativa.

Figura 37 - Dimensão Espacial: Hierarquia por Região Administrativa, por Bacias Hidrográficas e respectivos Níveis Hierárquicos. Fonte: Autor.

A seguir tem-se o modelo da Tabela Dimensão 1: Espacial, implementada na opção hierarquia por região administrativa.

Dimensão 1: Espacial

Dentre as duas opções a dimensão escolhida foi a Espacial por Região Administrativa nos níveis Sub-prefeitura e Distrito, modelada desta forma:

Domínio

CL/CRE - Campo Limpo / Capão Redondo
CL/CLM - Campo Limpo / Campo Limpo
CL/VAN - Campo Limpo / Vila Andrade

Domínio

CL - Campo Limpo

A menor granularidade do dado nesta dimensão é Distrito. No caso do protótipo a Sub-Prefeitura é a do Campo Limpo constituída dos Distritos da Vila Andrade, Campo Limpo e Capão Redondo.

Dimensão 2: Tempo

Domínio

2005

A dimensão Tempo tem o ano como menor granularidade do dado. No protótipo foi implementado o ano de 2005, mas podem ser implementados os dados de qualquer ano.

Dimensão 3: Material do Resíduo Reciclável

Domínio

RCD / Tijolo
 RCD / Bloco
 RCD / Cerâmica
 RCD / Argamassa
 RCD / Concreto
 RCD / Madeira
 RSD / Papel e Papelão
 RSD / Plástico
 RSD / Vidro
 RSD / Alumínio
 RSD / Aço

Domínio

RCD - Resíduo de Construção e Demolição

RSD - Resíduo Sólido Domiciliar

Esta dimensão apresenta os onze materiais recicláveis considerados e indicam se são Resíduos de Construção e Demolição ou Resíduos Sólidos Domiciliares.

Dimensão 4: Fase da Coleta Seletiva **Domínio**

DES / RSD - Descarte / RSD

TRT / RSD - Triagem e Transbordo / RSD

CET / RSD - Coleta e Transporte / RSD

CET / RCD - Coleta e Transporte / RCD

TRT / RCD - Triagem e Transbordo / RCD

DES / RCD - Descarte / RCD

Domínio

DES / RSD / PEV - Descarte / RSD / Pt. Entrega Voluntária

TRT / RSD / COC - Triagem e Transbordo / RSD / Coop. Cat.
 TRT / RSD / CTT - Triagem e Transbordo / RSD / Central

CET / RSD / TCC - Coleta e Transporte / RSD / Compactador
 DES / RSD / PIR - Descarte / RSD / Ponto Irregular

CET / RCD / TCB - Coleta e Transporte / RCD / Tr. Caçambas

CET / RCD / TBC - Coleta e Transporte / RCD / Tr. Basculante
 TRT / RCD / ATT - Triagem e Transbordo / RCD / Área
 DES / RCD / ECP - Descarte / RCD / Eco Ponto
 DES / RCD / PIR - Descarte / RCD / Ponto Irregular

Esta dimensão descreve o local onde se encontra o resíduo reciclável, se é RCD ou RSD e se esse local pertence à fase de descarte, coleta e transporte ou triagem e transbordo.

Dimensão 5: Vínculo

Vínculo

Domínio

PF - Pessoa Física

PJ - Pessoa Jurídica

SV - Sem Vínculo

Esta dimensão específica identifica se a uma pessoa ou empresa é Pessoa Física, Jurídica ou Sem Vínculo.

Dimensão 6: Estágio

Estágio

Domínio

1 – Em Projeto

2 – Em Licitação

3 – Em Operação

4 – Abandonado

Esta dimensão identifica se o ponto ou local está no estágio de projeto, licitação, operação ou abandonado.

d) Modelo Lógico das Três Tabelas Fato e Relacionamento com as Seis Tabelas Dimensão

1) Tabela Fato 1: Resultados Estimados da Reciclagem dos Materiais.

O grupo de quatorze métricas que foi denominado de Resultados Estimados da Reciclagem dos Materiais está descrito detalhadamente na Tabela 12 – Anexo A4.

Na Figura 38 vê-se a Tabela Fato 1 relacionada com as Tabelas Dimensão com os quatorze Resultados Estimados da Reciclagem de Materiais, classificados por Tempo, Sub-Prefeitura, Distrito, Categoria do Resíduo Reciclável e Material.

Figura 38- Modelo Lógico Dimensional da Tabela Fato 1: Resultados Estimados da Reciclagem dos Materiais. Fonte: Autor.

A Tabela Fato 1 pode ser lida como uma frase, por exemplo, se selecionarmos uma das 14 métricas, pode-se saber que em 2005 a que distrito da Sub-Prefeitura ele pertencia, qual o tipo de material e qual a categoria de resíduo, RSD ou RCD.

2) Tabela Fato 2: Indicadores Sócio, Econômico e Ambiental

Na Figura 39, tem-se o modelo da Tabela Fato 2 com trinta e três métricas ou seja trinta e três Indicadores Sócio-Econômico e Ambiental por Distrito da Sub-Prefeitura, neste caso no ano de 2005, que estão descritos detalhadamente na Tabela 17 – Anexo A9.

Figura 39 - Modelo Lógico Dimensional da Tabela Fato: Indicadores Sócio, Econômico e Ambiental.
Fonte: Autor.

3) Tabela Fato 3: Ponto.

Um Ponto é constituído de sua Localização, endereço e coordenadas geográficas e respectivos atributos. Na tabela 19 – Anexo A11, a métrica para cada registro é 1, ou seja 1 ponto.

A Tabela Fato 3 está relacionada com as seis dimensões e pode ser lida como uma frase, por exemplo: se selecionarmos no protótipo um ponto específico, pode-se saber que em 2005 a que distrito ele pertencia, seu endereço, quais as suas coordenadas (longitude e latitude), qual a categoria do ponto, se era administrado por pessoa jurídica ou física, se estava ou não concluído, a que categoria o material reciclável pertencia, RSD ou RCD, quem era o responsável pelo local e qual o seu telefone.

Figura 40- Modelo Lógico Dimensional da Tabela Fato 3: Ponto: Localização (endereço e coordenadas) e respectivos atributos dos pontos da Coleta Seletiva de Resíduos Recicláveis. Fonte: Autor.

4.4 Modelo Físico do Data Warehouse

No presente ítem apresenta-se na Figura 41 o Modelo Físico Dimensional do *Data Warehouse* em forma de constelação, criado no banco de dados *Microsoft Access*. Este *Data Warehouse* é constituído dos três *Data Marts* detalhados no modelo lógico, ou seja as três tabelas Fato, Figuras 38, 39 e 40 com seus respectivos Relacionamentos, compartilhados com as seis Dimensões. Os campos em negrito são os campos chaves das tabelas. Nas tabelas 12 – Anexo A4, 17 – Anexo A9 e 19 – Anexo A11, tem-se em detalhe as descrições e respectivos códigos das três Tabelas Fato apresentadas na Figura 41.

Figura 41- Modelo Físico do *Data Warehouse*. Fonte: Autor.

4.5 Definição dos Materiais Empregados

Apresenta-se a seguir os Softwares, Banco de Dados e Dados com respectiva referência cartográfica e ano adotado para a implementação.

4.5.1 Softwares

Dada a disponibilidade, o conhecimento e a facilidade de uso por parte do autor do presente trabalho, o protótipo de sistema foi constituído a partir das seguintes tecnologias: Banco de Dados e Ferramenta OLAP: *Microsoft Access*, Ferramenta SIG: *Esri ArcGis* e o Ferramenta para Cálculos de Estimativas: *software VERDES* (Viabilidade Econômica da Reciclagem dos Resíduos Sólidos). O *software VERDES* desenvolvido por Conceição et al. (2005), baseado em Conceição (2005) e Calderoni (2003), uma vez alimentado com dados de população e sócio-econômicos, colhidos pelo autor para a presente pesquisa, possibilita o cálculo de estimativas de resultados (economia e desperdício) a partir da reciclagem de materiais em uma área urbana.

As ferramentas do *Microsoft Access* de consulta alfanumérica utilizadas foram as tabelas e planilhas dinâmicas, que possuem operadores do tipo *OLAP*.

O protótipo utilizou recursos com características predominantemente SIG (*Esri ArcGis*) na análise do RCD reciclável e predominantemente *OLAP* (Tabela e Gráfico Dinâmica do *Access*) na análise do RSD reciclável. Não foi possível georeferenciar os dados da rede formal de RSD pois esta é inexistente na região; por isso a inexistência de dados. Existe uma rede informal de RSD mas para isso seria necessário um levantamento de campo. O *software VERDES* calcula estimativas basicamente para O RSD.

4.5.2 Arquitetura do *Data Warehouse* Geográfico

Definiu-se que a arquitetura deste *Data Warehouse* Geográfico, DWG, ou Banco de Dados Geográficos, (Casanova et al., 2005) seria dual, uma vez que foi necessária a conversão de dados, uma vez que o *Microsoft Access* armazena dados alfanuméricos mas não armazena dados vetoriais nem *raster*. As tabelas com extensão *.MDB* foram convertidas para *.DBF* para

serem usadas em conjunto com os arquivos com extensão. SHP (*ShapeFile*) utilizados no *Esri ArcGis*.

4.5.3 Coleta de Dados

Os dados utilizados, para efeito de desenvolvimento do protótipo, foram os disponíveis para o ano base de 2005. A aplicação de forma operacional exigirá a atualização dos mesmos.

Os dados foram obtidos de relatórios, planilhas e arquivos disponibilizados na Internet e órgãos da PMSP. Especificamente:

- a) Imagens DigitalGlobe e coleta de latitudes e longitudes de endereços através dos portais Guia Mais e Google Earth. Tem-se como exemplo a Figura 42.

No centro da Figura 42, retângulo vermelho, tem-se a Área de Triagem e Transbordo de Resíduos de Construção e Demolição chamada Morelix, com sua respectiva coordenada geográfica no canto inferior esquerdo.

Figura 42 - Imagem com destaque para a ATT Morelix. Fonte: DigitalGlobe.

- b) Parâmetros e valores de mercado em R\$ por tonelada de materiais recicláveis obtidos a partir de artigos de jornais, ano base 2005, e do portal do CEMPRES, Compromisso Empresarial para Reciclagem. Como exemplo, pode-se ver a Tabela 5.

Tabela 5- Preço em R\$ por Tonelada de Materiais Recicláveis em 12/2005.

Código e Descrição do Material	Preço em R\$ por Tonelada
1 - Papel e Papelão	102,96
2 – Plástico	30,42
3 – Vidro	77,22
4 – Alumínio	2.340,00
5 – Aço	53,82
Fonte: Jornais e CEMPRES	

- c) Indicadores sócio-econômicos de relatórios da Emplasa, empresa de planejamento do município de São Paulo, dos distritos de São Paulo, oriundos de dados do Censo de 1991 e 2000 com projeções para 2010. Foi feita uma interpolação linear para 2005. Na Tabela 6 apresenta-se o indicador Renda Média, enfatizado em amarelo, os dados dos 3 distritos do Campo Limpo: Vila Andrade, Campo Limpo e Capão Redondo. No final de 2010 contar-se-á com os dados diretos do Censo que poderão ser carregados diretamente.

Tabela 6 - Exemplo do Indicador Incrementos de Renda Média por distritos municipais em ordem decrescente de incremento populacional – 1991 e 2000.
Fonte: Emplasa.

ordem	distrito	incremento populacional	Renda Média - correção IGPM/FGV			
			1991	2000	var. abs.	var %
1	Grajaú	139.682	746,37	597,70	-148,67	-19,92
2	Cidade Tiradentes	94.376	620,98	598,82	-22,16	-3,57
3	Jardim Ângela	67.432	678,70	568,12	-110,58	-16,29
4	Jaraguá	52.715	871,76	724,50	-147,26	-16,89
5	Itaim Paulista	49.464	595,11	597,42	2,31	0,39
6	Capão Redondo	47.296	814,04	711,37	-102,67	-12,61
7	Parelheiros	47.242	684,67	602,71	-81,96	-11,97
8	Brasilândia	45.737	706,56	666,13	-40,43	-5,72
...	...	...	...	...	...	...
15	Jardim São Luís	34.877	911,57	806,65	-104,92	-11,51
16	Campo Limpo	32.056	1015,06	958,78	-56,28	-5,54
17	Vila Andrade	31.073	3570,64	3383,44	-187,20	-5,24

- d) Endereços de Pontos de Descarte, Coleta, Triagem e Transbordo disponíveis no *site* da Secretaria de Serviços da PMSP e dados de descartes irregulares de entulhos fornecidos pela Limpurb, empresa responsável pela limpeza urbana do município de São Paulo. Veja exemplo na Tabela 7.

Tabela 7 - Relação das ocorrências de ordens de serviço para coleta de deposição irregular de RCD e Volumosos, no período de 20/11/2002 a 19/11/2003. Fonte: Limpurb.

Tipo de Logradouro	Locais dos Serviços	Coleta Manual	Coleta Mecanizada	Coleta de Grandes Volumes	Total
R.	Itapaiúna	0	199	4	203
R.	Campo Novo do Sul	0	147	0	147
Av.	João Dias	0	105	1	106
R.	Amâncio Pedro de Oliveira	0	71	0	71
R.	Frei Luis Beltrão	0	42	1	43
R.	Praia do Miramar	0	42	0	42
R.	Safra, da	0	39	3	42
Av.	Carlos Caldeira Filho	0	38	3	41
R.	Ana Aslan	0	39	1	40
Est.	Baronesa, da (da Al. Carlos Marchais à EST. da Cumbica)	0	39	1	40
R.	PAULO LEMORE, R. DR. LUIZ MIGLIANO	0	32	1	33
R.	Marmeleira da Índia	0	28	0	28
R.	Praia da Costa Verde	0	28	0	28
Trav.	Sene do Reino	0	28	0	28
Marginal	Rio Pinheiros (da Ponte do Morumbi à Ponte João Dias)	0	0	22	22
R.	Mercantes, dos	0	14	4	18
R.	Olavo Leite	0	17	0	17
R.	Solidariedade, da	0	14	2	16
R.	Damasco	0	14	0	14
R.	Visconde do Rio Grande	0	14	0	14
R.	Chapada de Minas	0	13	0	13
Est.	MBoi Mirim, do	0	10	3	13
R.	Henrique San Mindlin	0	0	11	11
R.	Dr. José Serra Ribeiro	0	8	2	10
R.	Sebastião Muniz de Souza	0	10	0	10

- e) Arquivos no formato *shape* de Mapas Temáticos do Município de São Paulo. Veja-se exemplo na Figura 43, que mostra a Sub-Prefeitura do Campo Limpo, com destaque em verde as favelas e os municípios vizinhos de Taboão, Embu e Itapeverica da Serra à esquerda e o demais distritos de São Paulo à direita.

Figura 43- Favelas da Sub-prefeitura, em verde e os municípios vizinhos de Taboão, Embu e Itapeverica. Fonte: Tela do ArcExplorer desenvolvido pelo Autor.

Os endereços foram convertidos para longitude e latitude através do portal de localização Guia Mais e do *Google Earth* no referencial WGS 84.

Todos os arquivos vetoriais estavam georreferenciados em coordenadas geográficas (λ , φ) em SAD69.

As longitudes e latitudes obtidas em graus foram convertidas no Excel através de rotina de conversão para graus decimais. A conversão de WGS 84 para o SAD-69 foi realizada no *Esri ArcGis*. A ferramenta de consulta espacial escolhida foi o *Esri ArcMap*.

Decidiu-se interpolar linearmente todos os dados para 12/2005 uma vez que o Censo ocorre a cada 10 anos.

4.5.4 Fluxo de Carga de Dados nos *Data Marts* e nos Cubos *OLAP*

Para melhor entendimento das próximas figuras, cada processo de carga e cada campo das tabelas tem uma cor. A carga é feita de baixo para cima a partir de uma abordagem *bottom-up* uma vez que os dados de origem obtidos vêm do nível operacional. Após a carga e o processamento *batch*, em lote, os dados operacionais transformam-se em informações para consulta dos níveis gerenciais e estratégicos. A carga total do DW foi feita em quatro etapas; primeiro as tabelas Dimensões, do nível mais alto para os níveis mais baixo na hierarquia, para garantir o relacionamento e a integridade referencial entre elas. As cargas das tabelas Fato foram feitas nas próximas três etapas, uma para cada *Data Mart*, nos 3 fluxos seguintes, para garantir o relacionamento e a integridade referencial com as tabelas Dimensão. Uma vez que o *Data Mart* esteja carregado, basta utilizar o Cubo *OLAP* acessar o *Data Mart* e assim, automaticamente, as informações podem ser visualizadas. A cor azul clara significa que as tabelas estão vazias.

- 1ª Etapa: Fluxo da Carga de Dados dos Resultados Estimados da Reciclagem dos Materiais (cor verde) e parte dos Indicadores Sócio, Econômico e Ambiental. O azul claro significa que as tabelas estão vazias.

Figura 44- Carga de Dados das Tabelas Fato e dos Cubos: Resultados Estimados da Reciclagem dos Materiais e de Indicadores Sócio, Econômico e Ambiental. Fonte: Autor.

a) Tabelas de Origem

Nesta primeira etapa, os dados que carregam as Tabelas Fato 1 e 2 e os Cubos vem das seguintes Tabelas de Origem:

- Tabela de parâmetros de entrada. Veja-se Tabela 9 - Anexo A1.
- Tabela de dados de materiais. Veja-se Tabela 10 - Anexo 2.
- Tabela de dados da população. Veja-se Tabela 11 - Anexo 3.

Observação: Nas tabelas do Anexo A, as cores dos campos, representam as mesmas convenções, ou seja, indicam em que etapa foram carregados.

Nesta carga inicial o aplicativo VERDES, Figura 45, foi alimentado pelos dados de origem para calcular as estimativas das reciclagens de materiais por distrito.

Figura 45– Página de entrada do aplicativo VERDES - Viabilidade Econômica da Reciclagem dos Resíduos Sólidos. Fonte: CONCEIÇÃO, M. M. et al 2005.

b) Métricas da Tabela Fato 1 “Resultados Estimados da Reciclagem dos Materiais”

- Tabela Fato 1 “Resultados Estimados da Reciclagem dos Materiais”.
Veja-se Tabela 12 – Anexo 4.

- 2ª Etapa: Fluxo de Carga de Dados dos Indicadores Sócio, Econômico e Ambientais (cor azul escuro). Dado que a carga é incremental, são mantidos os dados carregados anteriormente.

Figura 46- Carga de Dados da Tabela Fato e do Cubo: Indicadores Sócio, Econômico e Ambiental. Fonte: Autor.

a) Tabelas de Origem

Nesta segunda etapa, os dados que carregam a Tabelas Fato 2 e os Cubo vem das seguintes Tabelas de Origem:

- Tabela de dados da Limpurb de descarte irregular de RCD. Veja-se Tabela 13 – Anexo A5.
- Tabela de dados sobre favelas. Veja-se Tabela 14 - Anexo A6.
- Tabela de dados de desenvolvimento. Veja-se Tabela 15 – Anexo A7.
- Tabela de dados sobre área construída. Veja-se Tabela 16-Anexo A8.

b) Métricas da Tabela Fato “Indicadores Sócio, Econômico e Ambiental

- Tabela Fato “Indicadores Sócio, Econômico e Ambiental” por Distrito. Veja-se Tabela 19 – Anexo 11.

- 3ª Etapa: Fluxo de Carga de Dados dos Pontos: Localização e Atributos dos Pontos da Coleta Seletiva de Resíduos Recicláveis (cor vermelha)

Figura 47- Carga de Dados da Tabela Fato e do Cubo Modelo Lógico Dimensional dos Pontos da Coleta Seletiva de Resíduos Recicláveis. Fonte: Autor.

a) Tabelas de origem de endereços de Pontos.

Nesta terceira etapa, os dados que carregam a Tabela Fato 3 e o Cubo vem da seguinte Tabelas de Origem:

- Tabelas de endereços de Pontos. Veja-se Tabela 18 – Anexo A10.

b) Tabela Fato 3, Ponto: Localização e atributos dos Pontos da Coleta Seletiva e Transporte de Resíduos Recicláveis”.

- Tabela Fato “Pontos de Localização e atributos dos Pontos da Coleta Seletiva e Transporte de Resíduos Recicláveis”. Veja-se Tabela 19 – Anexo A11.

4.6 Testes e Resultados Preliminares

4.6.1 Testes

O protótipo foi apresentado e testado por dois especialistas que trabalham nas áreas de SIG e dois especialistas que trabalham na área de resíduos recicláveis. Eles navegaram pelo protótipo e puderam testá-lo através das seguintes consultas espaciais sobre o RCD, Resíduo de Construção e Demolição Reciclável, e consultas alfanuméricas sobre o RSD, Resíduo Sólido Domiciliar Reciclável.

4.6.2 Resultados das Consultas Espaciais

Após os dados terem sido carregados, o sistema permite geovisualizar, explorar, analisar e tomar decisões.

Na atual circunstância da Sub-Prefeitura do Campo Limpo, inexistente uma rede formal de coleta seletiva de RSD (Resíduo Sólido Domiciliar Reciclável) que normalmente é constituída das seguintes categorias de pontos:

PEV - Ponto de Entrega Voluntária

COC - Cooperativa de Catadores de Triagem e Transbordo

CTT - Central de Triagem e Transbordo

TCC - Transportador Caminhão Compactador

Por isso esses dados constam da Tabela Dimensão 4 mas não constam na Tabela Fato 3, Tabela 19 – Anexo 11.

A coleta seletiva na região é informal e não existem dados cadastrados. Para se obterem tais dados seria necessária uma pesquisa de campo.

Porém, na Sub-Prefeitura do Campo Limpo, existe uma rede formal de coleta seletiva de RCD (Resíduo de Construção e Demolição Reciclável) constituída das seguintes categorias de pontos:

TCB - Transportador Caminhão Caçamba

TBC - Transportador Caminhão Basculante

ATT - Área de Triagem e Transbordo

ECP - Eco Ponto

PIR - Ponto Descarte Irregular

Estes dados categóricos constam tanto na Tabela Dimensão 4 como na Tabela Fato 3, Tabela 19 – Anexo 11.

Por isso é que a rede de RCD, nos 4 exemplos a seguir, é o principal foco das consultas espaciais e isso permite avaliar o funcionamento e as potencialidades do protótipo.

a) Ex.1: Consulta e análise da localização de Pontos de Descarte Irregular de RCD (PIR) e possíveis locais de implantação de pontos de coleta regular.

O primeiro exemplo pode ser visto na Figura 48. Como se vê na tela de consulta à esquerda, existem várias categorias de pontos georeferenciados de RCD. Nesta tela pode-se ver também que foi selecionada a opção ponto de descarte irregular de RCD (entulho), ou PIR, que são os pontos em azul destacados na tela gráfica da direita. Pode-se verificar visualmente que existe uma quantidade maior de pontos irregulares de entulho no Distrito do Capão Redondo (CR) e também a inexistência de um ponto de coleta central no distrito de Campo Limpo. Este é um dado relevante para o tomador de decisão, pois o orienta de que este seria um bom local para a implantação de um ponto de coleta regular de RCD, também denominado Eco ponto.

Figura 48- Pontos de descarte irregular, PIR, de resíduos sólidos, enfatizados em azul, apresentam os resultados desta consulta espacial. Fonte: Tela do protótipo desenvolvido no ArcMap pelo Autor.

b) Ex. 2: Análise da localização atual e planejamento de futuras ATTs.

Outro exemplo é o apresentado na Figura 49. Foi feita uma consulta, semelhante à anterior, agora para a categoria ATT, e pode-se verificar que na região existe uma única área de triagem em transbordo (ATT) de RCD, que se situa na divisa do distrito da Vila Andrade (VA) com o distrito do Campo Limpo (CL). Este local é o mesmo da Figura 42 e da Figura 50. O tomador de decisão logo vê a conveniência de implantar ATTs mais próximas dos pontos de descarte irregular, tanto no distrito do Capão Redondo (CR) como no distrito do Campo Limpo (CL), combinando essa decisão com a dos locais de implantação de Ecopontos.

Figura 49- – Área de Triagem e Transbordo, ATT, presente na região administrada pela Sub-Prefeitura do Campo Limpo em cor azul. Fonte: Tela do protótipo desenvolvido no ArcMap pelo Autor.

Figura 50- Foto da ATT Morelix. Fonte: Autor.

c)Ex. 3: Posicionamento relativo dos TCBs e ATTs

Figura 51 - Consulta espacial sobre a localização dos Transportadores de Caminhão Caçamba, (TCB). Fonte: Tela do protótipo desenvolvido no ArcMap pelo Autor.

Mais uma aplicação é o da Figura 51, com ênfase nos TCBs. Vê-se na tela uma concentração de transportadoras de caminhão caçamba no entorno da ATT Morelix (resultado da consulta anterior, exemplo 2) e todas dentro do distrito do Campo Limpo. O tomador de decisão, à vista desta figura pode avaliar que existe uma aglomeração de transportadores de caminhão caçamba no distrito do Campo Limpo e próxima a ATT Morelix (Figuras 42 e 50). Esta é uma informação relevante que salta à vista na representação gráfica e não seria possível numa simples listagem. A implantação de nova ATT pode levar em conta, por parte dos tomadores de decisão, os locais atuais de TCBs. A maior proximidade minimiza os custos de transporte.

c) Ex. 4: Análise de Ecopontos existentes e estudo de implantação de novos

Figura 52 - Consulta Espacial sobre os Ecopontos de RCD. Fonte: Tela do protótipo desenvolvido no ArcMap pelo Autor.

Já na Figura 52, a aplicação enfatiza os Ecopontos. Nesta consulta estão os três Ecopontos, ECP de RCD da Sub-Prefeitura. Verifica-se que estes estão concentrados no Distrito do Capão Redondo. São eles: Ecopontos Cafuringa, em projeto, Parque Fernanda (Figura 53) e Parque Santos Dias, ambos em operação. Pode-se verificar na Figura 48 que a maior concentração de pontos de descartes irregulares de RCD fica no Distrito do Capão Redondo. O Distrito do Campo Limpo não possui nenhum ECP. O tomador de decisão deve ter isso em conta no momento de implantar novos ECPs. A Prefeitura de São Paulo promete um Ecoponto por Distrito e pode-se visualizar que, na média, isso é verdade nesta Sub-prefeitura mas isso não resolve a demanda.

Figura 53 - Ecoponto Parque Fernanda. Fonte:PMSP

4.6.3 Resultados de Consultas Alfanuméricas

A seguir apresentam-se um exemplo de consulta alfanumérica, com destaque para os resultados estimados de reciclagem de RSD por distrito.

Figura 54 - Cubo de Dados Resultados Econômicos da Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares. Em destaque o símbolo desse cubo. Fonte: Tela do *Pivot Table* do Access do protótipo desenvolvido pelo Autor.

Para melhor entender as Figuras 54 e 55 montou-se a Tabela 5 onde se apresenta a Economia Total obtida pela Reciclagem (*EconTotRc*) e a Economia Total Perdida pela Não Reciclagem (*EcTPdnRc*) de 5 resíduos domiciliares no nível da Sub-Prefeitura.

Tabela 8 - Código e Descrição do Material Reciclável de RSD e Resultados Anuais Estimados em R\$ do que é reciclado e do que não é reciclado. Fonte: Autor.

CodMater	Descrição	Total Reciclado (R\$)	Total Não Reciclado (R\$)
1	Papel e Papelão	14.267.898,00	20.531.854,00
2	Plástico	5.156.773,00	24.310.503,00
3	Vidro	242.016,00	308.021,00
4	Alumínio	734.625,00	81.624,00
5	Aço	812.653,00	993.243,00
	Total Anual em R\$	21.213.965,00	46.225.245,00

A Figura 54 é na realidade um cubo de dados pois tem todos os elementos de um cubo definidos na Tabela 1. Tem sua estrutura apresentada na pequena janela à direita. À esquerda, contém os resultados de métricas, valores estimados em R\$ com a reciclagem de RSD da região obtidos através do cálculo do software VERDES a partir de indicadores sócio-econômicos (população, etc) e valores de mercado dos materiais recicláveis. Na área central, tem-se a sumarização das duas métricas por Sub-prefeitura por Distrito por Categoria de Resíduo Reciclável (RSD) por Material Reciclável (de 1 a 5).

Dos diversos indicadores existentes na Tabela Fato “Resultados Estimados da Reciclagem de Resíduos” foram escolhidos, através da análise dos valores, os mais significativos do ponto de vista econômico: *EconTotRc* (Economia Total obtida pela Reciclagem) e a *EcTPdnRc* (Economia Total Perdida pela Não Reciclagem) dos 5 resíduos domiciliares. Mais detalhes sobre a metodologia de cálculo podem ser vista em Calderoni (2003). O gráfico de barras da Figura 55, é uma visão em barras dos números apresentados nas tabelas da Figura 54.

Figura 55 - Cubo de Dados - Gráfico de Barras da Consulta Numérica Anterior
Fonte: Tela do Gráfico Dinâmico do Access do protótipo desenvolvido pelo Autor.

Um gestor ambiental que visualize e analise o indicador de desperdício, ou seja o Total Não Reciclado de RSD na Tabela 9 e mais facilmente através das figuras, pode facilmente identificar a oportunidade perdida anualmente pela não reciclagem, principalmente de Papel e Papelão, R\$ 20.531.854,00 e Plástico, R\$ 24.310.503,00, ou seja um total parcial de R\$ 44.842.357,00, só para a Sub-Prefeitura do Campo Limpo. Este mesmo gestor baseado na análise das consultas espaciais feitas no item anterior pode constatar a não existência de uma rede formal de coleta seletiva de RSD. Com estas informações este gestor pode, por exemplo, justificar o investimento, uma vez que existe retorno comprovado, tomar a decisão de implantar uma rede formal de coleta seletiva de RSD que conteria, distribuídos pela região:

- Pontos de Entrega Voluntária - PEV, fomentando nestes principalmente a coleta seletiva de papel, papelão e plástico;
- Cooperativas de Catadores - COC, com os catadores existentes da região;
- Centrais de Triagem e Transbordo - CTT, aparelhadas com Caminhões de Coleta e Transporte - TCC.

Muitas consultas seriam possíveis mas as 4 espaciais e 2 alfanuméricas, que foram apresentadas, mostram que o protótipo de sistema já produz resultados operacionais interessantes que permitem análise e tomada de decisão.

5 Conclusão, recomendações e trabalhos futuros

5.1 Recomendações e trabalhos futuros

A seguir são apresentadas algumas recomendações de desenvolvimento e trabalhos futuros.

Como mostrado no capítulo anterior, o protótipo auxilia o gestor ambiental a definir e mapear possíveis locais na região para a instalação de pontos regulares para descarte, coleta, triagem e transbordo de resíduos urbanos recicláveis.

Figura 56 - Fases da Logística Reversa dos Resíduos Urbanos Recicláveis. As fases em vermelho foram implementadas no protótipo.

Figura 57 - Relacionamento do Ponto com o Tipo de Ponto e o Resíduo Urbano Reciclável. Fonte: Autor.

O sistema está preparado para funcionar também com a introdução de dados de outra natureza, quando forem coletados. Pode-se assim incorporar:

- As fases de aterro, reciclagem e comércio na logística reversa dos resíduos recicláveis, conforme se pode ver na Figura 56, que é a própria Figura 32, repetida por comodidade de leitura.
- Novas entidades, que são possíveis pontos de descarte, coleta, triagem e transbordo: Supermercados, Igrejas, Corpo de Bombeiros, Condomínios, Sucateiros, Ferros-Velho, Aparistas, Escolas de Samba, conforme se pode ver novamente na Figura 57, que é a própria Figura 35 repetida.
- Questões tais como: se esses pontos serão monitorados ou não, solidários ou não, voluntários ou não e bonificados ou não;

- Na coleta e no transporte, os seguintes tipos de transporte: veículo utilitário, veículo a tração animal, carrinho a tração manual, pedestral;

- Se os coletores e catadores serão cooperados, autônomos, avulsos ou funcionários; Para esse tema veja-se Grimberg e Blauth, 1998.

- Fazer as análises são somente pela dimensão espacial administrativa (município, sub-prefeitura, distrito) mas também pela dimensão espacial bacias (Bacias, Sub-bacias) conforme a Figura 37. Pinto (1999a e 1999b) recomenda que os EcoPontos sejam distribuídos pela Bacia de Captação de Resíduos Urbanos. Recomenda-se também que a localização dos Ecopontos siga condicionantes ambientais de maneira análoga à que é feita para a instalação de aterros sanitários (Brollo, 2004).

- O levantamento da legislação junto aos órgãos estaduais e municipais para saber quais os critérios necessários para a implantação dos diversos tipos de Pontos de Coleta Seletiva e sua incorporação ao programa, para ajudar os tomadores de decisão, que atualmente precisam conhecer toda a legislação.

O nível mais alto adotado na dimensão espacial administrativa foi sub-prefeitura, mas este poderia avançar para níveis maiores; se desejado no âmbito da cidade de São Paulo ou mesmo da Grande São Paulo. O que foi feito para a Sub-Prefeitura do Campo Limpo pode ser estendido para a Cidade São Paulo, para a Região Metropolitana e em qualquer cidade uma vez que a célula mínima, o distrito, já foi feita. Com os dados, trata-se apenas de uma questão de agregação.

Quanto mais reduzido for o tempo de coleta, mais próximo de um sistema de monitoração dinâmico este estaria. Para o sistema ser dinâmico seria necessário que tanto os pontos fixos como elementos móveis, caçambas e todos os meios de transportes tivessem, por exemplo, identificadores por rádio-frequência.

Acredita-se que com o escopo ampliado, mais explorações e análises poderão ser feitas e muito mais conhecimento acumulado haverá sobre esse domínio.

Este protótipo teve um modelo de dados único e a vantagem de utilizar tanto operadores SIG como operadores OLAP. Este modelo de dados pode ser implantado no futuro em uma solução Web SOLAP com a vantagem de ter as consultas OLAP e SIG integradas em uma só aplicação.

5.2 Conclusão

Considera-se que os objetivos foram cumpridos, uma vez que nesta dissertação os seguintes itens foram apresentados:

- 1) Os diversos conceitos envolvidos em Geovisualização e Processamento Analítico;
- 2) Os processos, metodologias e tecnologias utilizadas no desenvolvimento do protótipo que constituiu a parte prática desta dissertação;
- 3) O protótipo, um sistema analítico que combinou navegação e consulta para recuperar informações através de operações espaciais e alfanuméricas multidimensionais;
- 4) Os exemplos de aplicação do protótipo, mostraram como este pode auxiliar gestores ambientais a melhorar a gestão da coleta seletiva de resíduos urbanos recicláveis.

O protótipo é uma ferramenta útil que pode ser aplicada em todos os distritos da capital, ou seja, no Município de São Paulo. Este protótipo também pode ser adaptado para qualquer município que queira fazer análises equivalentes, levando em conta as peculiaridades da cadeia de resíduos local.

6 Referências Bibliográficas

- AGUIAR, E. M.; FONTANA, A. M., 2001 – Capítulo 8- Logística, Transportes e Adequação Ambiental do livro Gestão Logística do Transporte de Cargas – Editora Atlas.
- BEAULIEU, V. AND BEDARD, Y., 2008 - *Interactive Exploration of Multi-granularity Spatial and Temporal Datacubes: Providing Computer-Assisted Geovisualization Support*, Universite Laval, Canada.
- BAPTISTA, C.; SAMPAIO, M., SOUSA, A., 2006 - *Towards a Logical Multidimensional Model for Spatial Data Warehousing and OLAP* - University of Campina Grande – Brazil.
- BADARD, T.; DUBÉ, E., 2009a - *Geospatial BI with FOSS: an introduction to GeoMondrian and Spatialytics* - GeoSOA research group at Laval University – Canada.
- BADARD, T.; DUBÉ, E., 2009b - *Enabling geospatial Business Intelligence*, GeoSOA research group, Laval University, Department of geomatics sciences - Canada.
- BÉDARD, Y., MERRETT, T., HAN, J., 2001. *Fundamentals of spatial data warehousing for geographic knowledge discovery*. In: Miller, H., Han, J. (Eds.), *Geographic Data Mining and Knowledge Discovery*. Taylor and Francis, London, pp. 53–73
- BÉDARD, YVAN; RIVEST, SONIA; PROULX, MARIE-JOSÉE, 2005. *Merging GIS and Business Intelligence for Spatial Data* - Canada NSERC Industrial Research Chair in Geospatial Databases for Decision-Support Centre for Research in Geomatics Dept. of Geomatics Sciences; <http://www.spatialbi.org/>
- BÉDARD, Y., M.-J. PROULX & S. RIVEST, 2005. *Enrichissement du OLAP pour l'analyse géographique : exemples de réalisation et différentes possibilités technologiques*, *Revue des Nouvelles Technologies de l'Information - Entrepôts de données et l'Analyse en ligne*, sous la direction de F. Bentayeb, O. Boussaïd, J. Darmont et S. Loudcher, Cépaduès-Éditions, France, pp. 1-20.

- BÉDARD, Y., S. RIVEST, & M.-J. PROULX, 2007. *Spatial On-Line Analytical Processing (SOLAP): Concepts, Architectures and Solutions from a Geomatics Engineering Perspective*, In: Robert Wrembel & Christian Koncilia (ed(s)), *Data Warehouses and OLAP: Concepts, Architectures and Solutions*, Chap. 13, IRM Press (Idea Group), London, UK, pp. 298-319., <http://spatialolap.scg.ulaval.ca>
- BERTIN, J., 1967. *Sémiologie graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes*. Mouton, Paris
- BIMONTE, S., 2007. *Intégration de l'information géographique dans les entrepôts de données et l'analyse en ligne : de la modélisation à la visualisation - L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon*
- BODY, M.; MIQUEL, M; BÉDARD, Y. & TCHOUNIKINE, A., 2003. *Handling Evolutions in Multidimensional Structures*, IEEE 19th Int. Conf. on Data Engineering (ICDE), March 5-8th, Bangalore, India.
- BODY, M.; MIQUEL, M; BÉDARD, Y. & TCHOUNIKINE, A., 2002. *A Multidimensional and Multiversion Structure for OLAP Applications*, *Proceedings of the ACM Fifth International Workshop on Data Warehousing and OLAP*, pp. 1-6, <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=583890.583891>.
- BORGES, K. A. V., 1997. *Modelagem de dados geográficos – uma extensão do modelo OMT para aplicações geográficas*. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro.
- BROLLO, M. J., 2004. –Seleção de Áreas para Implantação de Aterros Sanitários – ABGE / RESID' 2004 – Seminário sobre Resíduos Sólidos
- BUSSIEN, T., 2007 - *Technologie et application du SOLAP*. Ecole Polytechnique Federal de Laussane / Université Laval.
- CALDERONI, S., 2003 – Os Bilhões Perdidos no Lixo – HUMANITAS- FFLCH-USP
- CASANOVA, M., DAVIS, C., VINHAS, L., QUEIROZ, G. R., CÂMARA, G., 2005 - *Banco de Dados Geográficos*, Editora MundoGEO.

- CHEN, P., 1976 - The Entity-Relationship Model-Toward a Unified View of Data, ACM Transactions on Database Systems, Vol. 1, No. 1, Pages 9 - 36
- CODD, E.F., COOD, S.B. AND SALLEY C.T., 1993. *Providing OLAP to user Analysts: An IT mandate. White Paper, E.F. Cood and Associates.*
- CONCEIÇÃO, M. M., 2005 - Os empresários do lixo: um paradoxo da modernidade – Editora Átomo.
- CONCEIÇÃO, M. M.; ROBLES,D.; FIOCCO, D., 2005 – *Software VERDES V.1.4*
- EPUSP; FCTH, Projeto Cabucu de Baixo 2002 - POLUIÇÃO DIFUSA - GERENCIAMENTO INTEGRADO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS EM ÁREAS URBANAS - Fonte: <http://www.phd.poli.usp.br/cabucu/qualidade.htm>
- FERREIRA, K. R.; QUEIROZ, G. R., PAIVA; J. A., SOUZA; R. C. M., CÂMARA, G., 2005 - Banco de Dados Geográficos / INPE – Mundo Geo
- FILETO, R.; SHIGUNOV, F., 2007 Interação entre *OLAP* e *GIS* na implementação de uma aplicação *web* para apresentação de dados do vestibular da UFSC.Dependimento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina -.
- FILETO, R.(1); SOARES, M.(2); SANTOS, N.(2)., 2008 Uma aplicação *OLAP* com visualização cartográfica via *Web*. (1) Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, BRASIL. (2) Departamento de Ciências de Tecnologias de Informação, Instituto Superior das Ciências do Trabalho e da Empresa, Lisboa, PORTUGAL.
- FUKUROZAKI, S.; SEO, E. S. M., 2004 – A Implantação das Áreas de Triagem e Transbordo na Cidade de São Paulo.
- FUKUROZAKI, S. H.; SEO, E. S. M., 2005 - Os resíduos da Construção e Demolição no Contexto Habitacional do Município de São Paulo – 23º Congresso da ABES.
- GRIMBERG, E.; BLAUTH; P., 1998 - Coleta Seletiva: Reciclando Materiais, Reciclando Valores – Pólis.
- ICA - International Cartographic Association - <http://www.icaci.org/>

- ICA Commission on GeoVisualization - <http://geoanalytics.net/> e <http://geoanalytics.net/ica/>
- IMNOM, W. H. ; TERDEMAN, R. H.; IMHOFF, C., 2000 – *Data Warehousing – Berkeley*
- JOHN, V. M.; AGOPYAN, V.; ANGULO, S. C.; ZORDAN, S.E.; ULSEN, C. ; MIRANDA, L.F.R, 2001 a 2005 – Reciclagem de Resíduos como Material de Construção – EPUSP – Artigos Técnicos em <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/>
- KIMBALL, R. ; ROSS, M., 2004 – *The Data Warehouse Toolkit- The Complete Guide to Dimensional Modeling – Wiley*
- KIMBALL, R.; CASERTA, J. M., ARGY, 2004 – *The Data Warehouse ETL Toolkit- The Complete Guide to Dimensional Modeling – Wiley*
- KRAMER, G. AND NISBET, S., 2006 - *The Practical Union of OLAP Analysis and Geographic Mapping*, <http://www.esri.com/news/arcuser/0206/olap1of2.html>
- LGS GROUP, 2000. *Analysis of health surveillance business intelligence tools & applications. Final report for Health Canada.*
- MACEACHREN, A. M., 1998 - “Visualization - Cartography for the 21st century” - *Proceedings of the Polish Spatial Information Association Conference, May, 1998, Warsaw Poland, Department of Geography, Pennsylvania State University, USA, Chair of ICA Commission on Visualization.*
- MACHADO, F.N,R, 2007 – *Tecnologia e Projeto de Data Warehouse, Uma Visão Multidimensional*, 3ª edição, São Paulo, Editora Érica.
- PINTO, T. P., 1999a. - *Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana – Tese de Doutorado – EPUSP.*
- PINTO, T. P., 1999b - *Bacias de Captação de Resíduos Sólidos – Instrumento para uma Gestão Sustentável.*
- PROULX, M.J. ET Y. BÉDARD, 2007, *Evaluation of commercial products that offer combined capabilities of OLAP analysis and cartography. (French only- Évaluation des produits commerciaux offrant des capacités combinées d'analyse OLAP et de cartographie), Research report, Industrial Research Chair*

in Geospatial Databases for Decision Support, Departement of Geomatics Sciences, September 25th, 2007, Université Laval. 55 pp.

PROULX, MJ, BÉDARD, Y., 2008, *Fundamental Characteristics of Spatial OLAP Technologies as Selection Criteria, LocationIntelligence 2008, April 29 , Santa Clara, CA, USA.*

RAISZ, E., 1962, *Cartografia General, Primeira Parte, História de los Mapas, Madrid.*

RIVEST, S., BÉDARD, Y., MARCHAND, P., 2001. *Towards better support for spatial decision-making: defining the characteristics of Spatial On-Line Analytical Processing (SOLAP). Geomatica, the Journal of the Canadian Institute of Geomatics 55 (4), pp. 539–555.*

RIVEST, S., BÉDARD, Y., PROULX, M.-J., NADEAU, M., 2003. *SOLAP: a new type of user interface to support spatio-temporal multidimensional data exploration and analysis. Proceedings of the ISPRS Joint Workshop on Spatial, Temporal and Multi-Dimensional Data Modelling and Analysis, Quebec, Canada, October 2-3.*

RIVEST, S., Y. BÉDARD, M.-J. PROULX, M. NADEAU, F. HUBERT & J. PASTOR, 2005. *SOLAP: Merging Business Intelligence with Geospatial Technology for Interactive Spatio-Temporal Exploration and Analysis of Data, Journal of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) "Advances in spatio-temporal analysis and representation 60 (1), pp. 17-33.*

RUMBAUGH, J. ; BLAHA, M.; PERMERLANI, W.; EDDY, F. ; LORENSEN, W. *Modelagem e Projetos Baseados em Objetos. New Jersey; Prentice-Hall, 1991.*

SCHNEIDER, D. M. , 2003. *Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo – Dissertação de Mestrado - FSPUSP –*

SCHNEIDER, D. M. e PHILIPPI JR., A., 2004 - *Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo –*

SETZER, V. , 1989 – *Banco de Dados – Edgard Blucher,*

- SILVA, J. ; TIMES, V. C.; FIDALGO, R.; BARROS, R., 2003. *Towards a Web Service for Geographic and Multidimensional Processing – Information Technology Center – Federal University of Pernambuco*
- SILVA, J.; TIMES, V. C.; FIDALGO; R., SALGADO; A. C., SILVA JR, G. A., 2004 – Propondo uma Linguagem de Consulta Geográfica Multidimensional - GOLAPA/UFPE - GeoInfo
- SILVA, R. O. L.; MANHÃES, R. S.; GITAHY, P. F., 2007. - *WebGeoOlap: Visualização de dados multidimensionais e geográficos para ambiente web* - FSMA, Macaé, RJ, Brasil
- TUCCI, C. E.M.; SILVEIRA, A., 2001 - Gerenciamento da Drenagem Urbana – UFRGS.
- TDWI. 2009, através do seguinte caminho: www.tdwi.org / [TDWI Product Directory](#) / *Business Analytics / OLAP*.

7 Bibliografia

- ACEVEDO, W. AND MASUOKA, P. 1997. *Time-series animation techniques for visualizing urban growth. Computers & Geosciences 23(4): 423-436.*
- ANDRIENKO, G; ANDRIENKO, N., 2008 - *A Visual Analytics Approach to Exploration of Large Amounts of Movement Data - Fraunhofer Institute IAIS.*
- ARMSTRONG, M. P.; BENNETT, D. A.; WANG, S. AND XIAO, N., 2008 - *The Role of GeoSpatial Visual Analytics and Virtual Organizations in the Search for Solutions to Complex Public Policy Problems.*
- BAK, P., KEIM, D. A., SCHAEFER, M., STOFFEL, A., OMER, I. – 2008 - *Visual Analytics Using Density Equalizing Geographic Distortion - Univ. Konstanz.*
- BUTTENFIELD, B. P. AND GANTER, J. H., 1990. *Visualization and GIS: What should we see? What might we miss? Proceedings of the 4th International Symposium on Spatial Data Handling (pre publication copy)*
- BUZIEK, G., 1997. *The design of a cartographic animation - Experiences and results. ICA/ACI International Cartographic Conference (ICC 97) 18th International Cartographic Conference Stockholm, Sweden, pp. 1344-1351.*
- CARTWRIGHT, W., 1997. *The application of a new metaphor set to depict geographic information and associations. ICA/ACI International Cartographic Conference (ICC 97) Stockholm, Sweden, pp. 654-662.; New media and their application to the production of map products. Computers & Geosciences 23(4): 447-456.*
- CHEN, J.; MACEACHREN, A.; LINGERICH, E., 2008 - *Visual Analytics of Spatial Scan Statistic Results - GeoVISTA Center and Department of Public Health Sciences, PSU.*
- COLLINS, B. M. 1993. *Data visualization has it all been done before? In Animation and Scientific Visualization: Tools and Applications, ed. R. A. E. a. D. Watson, pp. 3-28. New York: Academic Press.*

- DAVIS, T. J. AND KELLER, C. P. 1997. *Modelling and visualizing multiple spatial uncertainties. Computers & Geosciences 23(4): 397-408.*
- DIBIASE, D. 1990. *Visualization in the earth sciences. Earth and Mineral Sciences, Bulletin of the College of Earth and Mineral Sciences, Penn State University 59(2): 13-18.*
- EDSALL, R. AND PEUQUET, D. 1997. *A graphical user interface for the integration of time into GIS. ACSM/ASPRS Seattle, Washington, pp. 8.*
- EHLSCHLAEGER, C. R., SHORTRIDGE, A., M. AND GOODCHILD, M. F. 1997. *Visualizing spatial data uncertainty using animation. Computers & Geosciences 23(4): 387-396.*
- EVANS, B. J. 1997. *Dynamic display of spatial data-reliability: does it benefit the user? Computers & Geosciences, special issue on Exploratory Cartographic Visualization 23(4): 409-422.*
- FABRIKANT, S. I. AND BUTTENFIELD, B. P. 1997. *Envisioning user access to a large data archive. GIS/LIS '97 Cincinnati, OCT. 28-30, pp. 686-692.*
- FABRIKANT, S. I., HESPANHA, S. R., MONTELLO, D.R., ANDRIENKO, G., ANDRIENKO, N. 2008 - *A visual analytics approach to evaluate inference affordance from animated map displays.- Univ. Zurich.*
- FAIRBAIRN, D. AND PARSLEY, S. 1997. *The use of VRML for cartographic presentation. Computers & Geosciences, special issue on Exploratory Cartographic Visualization 23(4): 475-482.*
- FERNANDES, J. P., FONSECA, A., PEREIRA, L., FARIA, A., FIGUEIRA, H., HENRIQUES, I., GARÇÃO, R. AND CÂMARA, A. 1997. *Visualization and interaction tools for aerial photograph mosaics. Computers & Geosciences, special issue on Exploratory Cartographic Visualization 23(4): 465-474.*
- FRALEY, G.; JANKOWSKI, P.; GIOVANDO, C., 2008 - *A Visual Approach to Data Mining Spatial and Temporal Change - San Diego State University.*
- FRANKLIN, C. 1992. *An Introduction to Geographic Information Systems: Linking Maps to Databases. Database, April, pp. 13-21.*

- FRASER D., 2002 - *Using Available Information to Increase Awareness of Spatial Database Uncertainty, Proceedings of the MSIA 2002 Conference, Melbourne, May 13th-15th.*
- GAHEGAN, M., 2000 - *Visual exploration in geography: analysis with light. To appear in: Geographic knowledge discovery and spatial data mining (Eds. Miller, H. J. and Han, J.), London: Taylor & Francis.*
- HARDISTY, F., 2008 - *GeoJabber: Finding Significant Analytic Events in Collaborative Visual Analysis Sessions - GeoVISTA Center.*
- HARROWER, M., 2007 - Cognitive Limitations of Animated Maps. *Cartographica* 42, no. 4:349-358.
- HOWARD, D. AND MACEACHREN, A. M. 1996. *Interface design for geographic visualization: Tools for representing reliability. Cartography and Geographic Information Systems* 23(2): 59-77.
- HUISMAN , O. ; SANTIAGO, I.; KRAAK, M.; RETSIOS, BAS, 2008, *Development of a geovisual analytics environment for investigating archaeological events based upon the Space-time Cube – ITC.*
- JANKOWSKA, M.; ALDSTADT, J.; GETIS, A.; WEEKS, J.; FRALEY, G.- 2008 - *An AMOEBA procedure for visualizing clusters - San Diego State University and University at Buffalo*
- KELLER, P. AND KELLER, M. 1992. *Visual Cues: Practical Data Visualization. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press.*
- KRAAK, M.-J. AND MACEACHREN, A. M. 1994. *Visualization of spatial data's temporal component. Proceedings, Spatial Data Handling, Advances in GIS Research Edinburgh, Scotland, 5-9, September, 1994, pp. 391-409.*
- KRAAK, M.-J., EDSALL, R.M., MACEACHREN, A.M., 1996. *Cartographic animation and legends for temporal maps: exploration and/or interaction. Proceedings of the 7th International Conference on Spatial Data Handling, The Netherlands, August 12–16th, pp. 17–28.*

- KRAAK, M.-J. AND VAN DRIEL, R. 1997. *Principles of hypermaps. Computers & Geosciences 23(4): 457-464.*
- KRAMIS, M. AND GABATHULER, C., 2008 - *Streamlined Workflow for LargeScale Interactive Geographic Visual Analytics - Univ. Konstanz and Univ. Zurich.*
- LEE, S. Y.; LEE, K. W.; NEUMANN, U., 2008 - *Interactive Visualization of Oil Reservoir Data - University of Southern California.*
- LEITNER, M. AND BUTTENFIELD, B. P. 1996. *The impact of data quality displays on spatial decision support. GIS/LIS '96 Denver, Colorado, Nov. 19-21, pp. 882-894.*
- LOBBEN, A. 2001. *Identifying the Cognitive Tasks of Map Reading and Navigation. Presented at the annual meeting of the Association of American Geographers. February/March 2001. New York.*
- LOBBEN, A., 2002. *Measuring the Relative Influence of Cognitive Process on Navigational Map Reading. Presented at the annual meeting of the Association of American Geographers. March 2002. Los Angeles, California.*
- LOBBEN, A. 2004. *Tasks, Strategies and Cognitive Processes Associated with Navigational Map Reading: A Review Perspective" The Professional Geographer. May. Volume 56, Number 2. Pages 270-281.*
- LOBBEN, A., 2005. *Controlling the Visualization: Evaluating Spatial Data Mining Patterns While Exploring a Familiar Geographic Environment. Ninth International Conference on Information Visualization, IV 2005. London, UK. IEEE Computer Society.*
- MACEACHREN, A. M. 1995. *How Maps Work: Representation, Visualization and Design. Guilford Press.*
- MACEACHREN, A. M. AND GANTER, J. H. 1990. *A pattern identification approach to cartographic visualization. Cartographica 27(2): 64-81.*
- MACEACHREN, A. M. AND KRAAK, M.-J. 1997. *Exploratory cartographic visualization: Advancing the agenda. Computers & Geosciences 23(4): 335-343.*

- MACEACHREN, A. M., POLSKY, C., HAUG, D., BROWN, D., BOSCOE, F., BEEDASY, J., PICKLE, L. AND MARRARA, M. 1997. *Visualizing spatial relationships among health, environmental, and demographic statistics: interface design issues. 18th International Cartographic Conference Stockholm, June 23-27, pp. 880-887.*
- MACEACHREN, A. M. AND TAYLOR, D. R. F., ED. 1994. *Visualization in Modern Cartography. Oxford, UK: Pergamon.*
- MACIEJEWSKI, R.; RUDOLPH, S.; TEBBETTS, G.; EBERT, D. S., 2008 - *Contextualizing Syndromic Hotspots - A Visual Analytics Approach - Purdue University, PURVAC.*
- MARCHAND, P., BRISEBOIS, A., BÉDARD, Y., EDWARDS, G., 2004. *Implementation and evaluation of a hypercube-based method for spatio-temporal exploration and analysis. Journal of the International Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) 59 (1-2), pp. 6–20.*
- MCCORMICK, B. H., DEFANIT, T. A. AND BROWN, M. D. 1987. *Visualization in scientific computing - A synopsis. IEEE Computer Graphics ;Applications July: 61-70.*
- MERATNIA, N. AND DE BY, R.A. (2003) *Trajectory representation in location - based services : problems and solutions. In: Proceedings of the 3rd IEEE Workshop on Web and Wireless Geographical Systems (W2GIS 2003) in conjunction with the Fourth International Conference on Web Information Systems Engineering (WISE), 13 December 2003, Rome, Italy. 7 p. Full text*
- MILOVIC, M.; SPRANDEL, M.; COSTA, A. A.; NASCIMENTO, W. F. - *Cartografia da racionalidade moderna - Sociedade e Diferença. Brasília, Casa das Musas, 2005.*
- MITAS, L., BROWN, W. M. AND MITASOVA, H. 1997. *Role of dynamic cartography in simulations of landscape processes based on multivariate fields. Computers & Geosciences 23(4): 437-446.*

- NEVES, N., SILVA, J., GONCALVES, P., MUCHAXO, J., SILVA, J. M. AND CAMARA, A. 1997. *Cognitive spaces and metaphors: A solution for interacting with spatial data. Computers & Geosciences 23(4): 483-488.*
- PASTOR, J., 2004. *Conception d'une légende interactive et forable pour le SOLAP. Unpublished M.Sc. Thesis, Geomatics Sciences Department, Université Laval. <http://www.theses.ulaval.ca/2004/21994/21994.pdf>.*
- PETERSON, M.P., 1999. *Active legends for interactive cartographic animation. International Journal of Geographic Information Science 13 (4), pp. 375–383.*
- QIAN, L., WACHOWICZ, M., PEUQUET, D. AND MACEACHREN, A. 1997. *Delineating Operations for Visualization and Analysis ff Space-time Data in Gis, GIS/LIS '97 Cincinnati, OCT. 28-30, pp. 872-877.*
- RHYNE, T.-M. 1997. *Going virtual with geographic information and scientific visualization. Computers & Geosciences, special issue on Exploratory Cartographic Visualization 23(4): 489-492.*
- STEED, C. A., FITZPATRICK, P. J.; JANKUN-KELLY, T.J., AND SWAN, J. E., 2008 - *North Atlantic Hurricane Trend Analysis using Parallel Coordinates and Statistical Techniques.*
- STRYKER, M.; TURTON, I.; MACEACHREN, A. M. , 2008 - *Health Geojunction: Geovisualization of News and Scientific Publications to Support Situation Awareness - GeoVISTA Center.*
- SWIENTY, O. AND REICHENBACHER, T., 2008 - *Evaluating the visual scanning efficiency of geovisualisation displays - TU Munich and Univ. Zurich.*
- TAYLOR, D. R. F. 1991. *Geographic information systems: The microcomputer and modern cartography. In Geographic information systems: The MicroComputer and Modern Cartography, ed. D. R. F. Taylor, pp. 1-20. Oxford, UK: Pergamon.*
- TUFTE, E.R., 1983. *The Visual Display of Quantitative Information. Graphics Press.*
- TURTON, I. AND MACEACHREN, A. M., 2008 - *Visualizing Unstructured Text Documents using Trees and Maps - GeoVISTA Center.*
- WEAVER, C., 2008. *Cross-dimensional Visual Queries for Interactive+Animated Analysis of Movement -GeoVISTA Center.*

- WEIBEL, R. & G., DUTTON, 1999. *Generalizing Spatial Data and Dealing with Multiple Representations*. In P. Longley, M. Goodchild, D. Maguire & D. Rhind (Eds.), *Introduction. Geographical Information Systems: Principles and Technical Issues*, pp. 125-155.
- YAOLIN, L.; MOLENAAR, M. AND AI, T. ,2003. *Categorical database generalization aided by data model*. In: *ICC 2003 : Proceedings of the 21st international cartographic conference : cartographic renaissance, 10-16 August 2003, Durban, South Africa*. International Cartographic Association (ICA), 2003. pp. 2308-2318. *Full text*.
- Yu, C., 2008. *GeoAgent-based Knowledge Acquisition, Representation, and Validation*. Department of Geography, the Pennsylvania State University

8 Anexo A

Tabela 9- Anexo A1 - Tabela de parâmetros de entrada. Fonte: Autor.

Ano
Salário Mínimo
Cotação do Dólar
Quantidade em kg de lixo gerado por dia por habitante
Custo da reciclagem por tonelada
Custo evitado com a coleta por tonelada
Percentual de orgânico consumido por habitante
Consumo em litros de óleo por habitante por mês
Consumo de água em litros por habitante por dia

Tabela 10 – Anexo A2 - Tabela de dados de materiais. Fonte: Autor.

Ano
Código do Material
Código da Categoria RSU
Consumo
Índice de Reciclagem
Preço por Tonelada

Tabela 11 – Anexo A3 - Tabela de dados da população. Fonte: Autor.

Ano
Sub-Prefeitura
Distrito
População do Distrito
Índice de Exclusão do Distrito
Índice Desenvolvimento Humano
Renda Chefe da Família
Escolaridade no Distrito
Classe Social
Coeficiente de Construção
Incidência Estimada de Leptospirose

Tabela 12 – Anexo A4 - Métricas da Tabela Fato 1 “Resultados Estimados da Reciclagem dos Materiais”. Fonte: Autor.

Consumo (qtde ou %)	Consumo
Índice de Reciclagem	IndiReci
Resultado Anual em R\$	ResAnnual
Peso total em toneladas	PesTotal
Peso total reciclado em toneladas	PesTotRc
Economia de matéria prima em R\$	EconMaPr
Economia de água em R\$	EconAgua
Economia de energia elétrica em R\$	EconEnEl
Economia total proporcionada pela reciclagem em R\$	EconTotRc
Peso total não reciclado em toneladas	PesTtnRc
Economia de matéria prima perdida em R\$	EcMaPrPd
Economia de água perdida em R\$	EcAguaPd
Economia de energia elétrica perdida em R\$	EcEnElPd
Economia total perdida pela não reciclagem em R\$	EcTPdnRc

Tabela 13 – Anexo A5 - Tabela de dados da Limpurb de descarte irregular de RCD. Fonte: Autor.

Sub-Prefeitura
Distrito
Quantidade de Coletas de Descarte Irregular Manual
Quantidade de Coletas de Descarte Irregular Mecanizadas no Ano
Quantidade de Coleta de Descarte Irregular de Grandes Volumes

Tabela 14 – Anexo A6 - Tabela de dados sobre favelas. Fonte: Autor.

Sub-Prefeitura
Distrito
Área Favelada
Densidade de População
Densidade de Domicílios
População na Área Favelada
Domicílios na Área Favelada

Tabela 15 – Anexo A7 - Tabela de dados de desenvolvimento. Fonte: Autor.

Sub-Prefeitura
Distrito
População do Distrito
Índice de Exclusão do Distrito
Índice Desenvolvimento Humano
Renda Chefe da Família
Escolaridade no Distrito
Classe Social
Coeficiente de Construção
Incidência Estimada de Leptospirose

Tabela 16 – Anexo A8 - Tabela de dados sobre área construída. Fonte: Autor.

Sub-Prefeitura
Distrito
Área Construída Residencial Horizontal Baixo Padrão
Área Construída Residencial Horizontal Médio Padrão
Área Construída Residencial Horizontal Alto Padrão
Área Construída Residencial Vertical Baixo Padrão
Área Construída Residencial Vertical Médio Padrão
Área Construída Residencial Vertical Alto Padrão
Área Construída Comercial Serviços Horizontal
Área Construída Comercial Serviços Vertical

Tabela 17 – Anexo A9 - Métricas da Tabela Fato “Indicadores Sócio, Econômico e Ambiental” por Distrito. Fonte: Autor.

População do Distrito	PopDistr
Índice de Exclusão do Distrito	IndExDis
Área Construída Residencial Horizontal Baixo Padrão	ACRHbPd
Área Construída Residencial Horizontal Médio Padrão	ACRHmPd
Área Construída Residencial Horizontal Alto Padrão	ACRHapd
Área Construída Residencial Vertical Baixo Padrão	ACRVbPd
Área Construída Residencial Vertical Médio Padrão	ACRVmPd
Área Construída Residencial Vertical Alto Padrão	ACRVaPd
Área Construída Comercial Serviços Horizontal	ACCSHor
Área Construída Comercial Serviços Vertical	ACCSVer
Área Favelada (m2)	AreaFave
Densidade de População	DensPopu
Densidade de Domicílios	DensDomi
População na Área Favelada	PopArFav
Domicílios na Área Favelada	DomArFav
Peso em toneladas de resíduos (orgânico e inorgânico)	PesoResd
Economia possível com a reciclagem (5 resíduos RSD)	EcPosRc
Economia obtida com a reciclagem (5 resíduos)	EcObtdRc
Economia perdida com a não reciclagem (5 resíduos)	EcPddNRc
Empregos de 1 S.M (Salário Mínimo) gerados	Emp1SMG
Empregos potenciais de 1 S.M. a serem gerados	EmpP1SM
Empregos de 1 S.M perdidos	Emp1SMP
Potencial de Cooperativas de RSD	PotCoRSD
Potencial de Centrais de Triagem de RSD	PotCTRSD
Potencial de ATTs de RCD	PtATTRCD
Potencial de EcoPontos de RCD	PtEcoRCD
Incidência Estimada de Leptospirose	IncEsLep
Índice Desenvolvimento Humano	IDH
Renda Chefe da Família	Renda
Quantidade de Coletas de Descarte Irregular Mecanizadas Ano	QColDIMc
Quantidade de Coleta de Descarte Irregular de Grandes Volumes	QColDIGV
Quantidade Total de Coletas de Descarte Irregular	QColDICa
Estimativa de RSD Gerado	EstRCDgr

Tabela 18 – Anexo A10 - Tabelas de endereços de Pontos. Fonte: Autor.

Endereços de Áreas de Triagem e Transbordo
Endereços de Eco Pontos
Endereços de Pontos de Descartes Irregulares
Endereços de Pontos de Transportadores Basculantes
Endereços de Pontos de Transportadores de Caçambas

Tabela 19 – Anexo A11 - Tabela Fato “Pontos de Localização e atributos dos Pontos da Coleta Seletiva e Transporte de Resíduos Recicláveis”. Fonte: Autor.

Latitude em graus	Latitude
Longitude em graus	Longitude
Lat convertido para graus decimais	Lat
L.ong. convertido para graus decimais	Long
Ano	Ano
Sub-Prefeitura	CodSubPr
Distrito	CodDistr
Categoria do Resíduo Reciclável	CodCatRu
Categoria do Ponto	CodCatPt
Fase	CodFase
Nome	Nome
Vínculo	CodVincul
Estagio	CodEstag
Endereço	Endereco
CEP	Cep
Bairro	Bairro
Responsável	Responso
Telefone	Telefone