



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFIA

PROGRAMA DE MESTRADO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE
SISTEMAS AMBIENTAIS

**Visualização de dados geográficos urbanos na Web: estudo de
caso na Região Metropolitana de Belo Horizonte.**

DAYAN MAGALHÃES CASTRO

Orientador: Profa. Dra. Ana Clara Mourão Moura
Co-Orientador: Prof. Dr. Clodoveu A. Davis Junior

Belo Horizonte (MG) – 2011



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFIA

PROGRAMA DE MESTRADO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE
SISTEMAS AMBIENTAIS

**Visualização de dados geográficos urbanos na Web: estudo de
caso na Região Metropolitana de Belo Horizonte.**

DAYAN MAGALHÃES CASTRO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado
em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, da
Universidade Federal de Minas Gerais, como
requisito final para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Profa. Dra. Ana Clara Mourão Moura
Co-Orientador: Prof. Dr. Clodoveu Davis Junior

Belo Horizonte (MG) – 2011

C355v
2011

Castro, Dayan Magalhães.

Visualização de dados geográficos urbanos na Web [manuscrito] : estudo de caso na Região Metropolitana de Belo Horizonte / Dayan Magalhães Castro. – 2011.
ix, 108 f.: il. (color.)

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2011.

Orientadora: Ana Clara Mourão Moura.

Co-Orientador: Clodoveu A. Davis Junior.

Bibliografia: f. 104-108.

1. Cartografia – Teses. 2. Mapeamento digital – Teses. 3. Belo Horizonte (MG) – Planejamento urbano – Teses. I. Moura, Ana Clara Mourão. II. Davis Junior, Clodoveu A. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. IV. Título.

CDU: 528.94

Dissertação defendida e aprovada, em 07 de fevereiro de 2011, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Ana clara mourão moura

Profa. Dra. Ana Clara Mourão Moura

Clodoveu Augustus Davis Júnior

Prof. Dr. Clodoveu Augusto Davis Júnior

Ilka Soares Cintra

Profa. Dra. Ilka Soares Cintra

Karla Albuquerque de Vasconcelos Borges

Dra. Karla Albuquerque de Vasconcelos Borges

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, me mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

A minha prezada orientadora e professora Ana Clara, meus agradecimentos pela disposição para discutir o projeto, bem como por seus questionamentos e contribuições na etapa de qualificação, acreditando em mim e por ser um exemplo profissional.

Ao Professor Clodoveu que mais uma vez participou da minha formação e que contribuiu com muito afincamento e dedicação na realização deste trabalho.

Agradeço também a minha amada esposa Talita e ao nosso pequeno Enzo por compreenderem meus momentos de ausência e me incentivarem em toda essa jornada.

Aos meus pais que me deram subsídios para que este momento se tornasse realidade.

Aos meus irmãos pelo apoio, conselhos e incentivos prestados durante esta etapa.

E também aos novos amigos que conquistei e que me apoiaram ao longo do curso, transformando os momentos difíceis em divertidos.

Há muito mais a quem agradecer... A todos aqueles que, embora não nomeados, me brindaram com seus inestimáveis apoios em distintos momentos, o meu reconhecimento e carinhoso muito obrigado!

"[...] claro que quando chegar ao fim do meu passeio saberei mais,
mas também é certo que saberei menos,
precisamente por mais saber,
por outras palavras, a ver se me explico,
a consciência de saber mais conduz-me à
consciência de saber pouco,
aliás, apetece perguntar, que é saber..."
(Saramago, 1989, p.72)

Resumo

O trabalho visa compreender as características e técnicas de visualização dos dados geográficos na *Web*, bem como o estudo de caso da implantação de uma IDE (Infraestrutura de Dados Espaciais), com o seu visualizador, no Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PDDI - RMBH). Este estudo de caso é composto pela avaliação do estado da arte da IDE em escala mundial e nacional, assim como a avaliação das demandas específicas da RMBH. Abrange também, a inserção da IDE e do aplicativo de visualização desenvolvido como elemento de intercâmbio dos dados no PDDI, e a visualização desses na IDE como forma de envolvimento da comunidade e transparência das informações. Nesse sentido, é necessário compreender as ferramentas atuais de visualização, bem como propor um novo aplicativo que trabalhe com um maior dinamismo na seleção dos dados, deixando os próprios usuários criarem os mapas. Esses podem ser encontrados em gerenciadores de bancos de dados, em sistemas de arquivos ou até mesmo em provedores de serviços disponíveis na internet.

Palavras chave: WebGIS; IDE; INDE; PDDI-RMBH; Geoserver; Geonetwork

Sumário

Lista de siglas	vii
Lista de figuras	viii
Lista de tabelas.....	ix
1. Apresentação.....	1
2. Objetivos da Pesquisa	4
3. Revisão Bibliográfica	5
3.1. Cartografia e o cadastro multifinalitário	5
3.2. Cartografia Multimídia	9
3.2.1. Visualização cartográfica	11
3.2.2. Arquitetura orientada a serviços (SOA)	14
3.2.3. Open Geospatial Consortium	16
3.2.4. Estado da arte em Visualização de mapas na Internet	18
3.2.5. Padrões para intercâmbio de dados na internet.....	22
3.3. Acesso público a dados geoespaciais.....	26
3.3.1. Políticas de acesso e uso dos dados – INDE	29
3.3.2. Políticas de acesso e uso dos dados - INSPIRE	31
4. Metodologia	38
4.1. Estudo de caso de Visualizador e IDE no PDDI – RMBH	40
4.2. Escolha dos softwares integrantes da IDE	40
4.3. PDDI - RMBH.....	42
4.4. Equipe do PDDI	44
4.5. Estruturando a IDE.....	46
4.6. IDE do PDDI	50
5. Geoprocessamento no PDDI – Implementação e resultados parciais	55
5.1. Etapas da organização e utilização de um SIG previstas para o PDDI	57
5.2. Atividades realizadas nesta etapa e ajustes metodológicos	59
5.3. Tratamento dos dados cartográficos e alfanuméricos.....	61
5.4. Camadas de dados geoespaciais trabalhadas para estruturação da coleção de dados	65
6. Inserção dos dados geoespaciais na IDE	75
6.1. Testes com usuários.....	78
6.2. Usuários	82
6.3. Síntese dos resultados dos testes.....	86
7. Conclusão	98
8. Referências Bibliográficas.....	104

Lista de siglas

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Áreas de Preservação Permanente
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CTM	Cadastro Territorial Multifinalitário
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EU	Conselho da União Européia
FJP	Fundação João Pinheiro
GEOMINAS	Programa Integrado de Uso da Tecnologia de Geoprocessamento pelos Órgãos do Estado de Minas Gerais
GML	Geography Markup Language
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	Infraestrutura de Dados Espaciais
IEDE	Infraestrutura Estadual De Dados Espaciais
IEF	Instituto Estadual de Florestas
IGA	Instituto de Geociências Aplicadas
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
KML	Keyhole Markup Language
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OCS	OpenGIS Catalog Service
OGC	Open Geospatial Consortium
PDDI	Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado
SOA	Service Oriented Architecture
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WGS	Web Gazetteer Service
WMS	Web Map Service
XML	Extensible Markup Language

Lista de figuras

Figura 1 - Uso dos mapas na visualização cartográfica	12
Figura 2 - Cronologia de IDEs	25
Figura 3 – Conceito de parcela	35
Figura 4 – Posse e propriedade	36
Figura 5 – Fluxograma da metodologia utilizada.....	39
Figura 6 – Estrutura organizacional e metodológica PDDI.....	44
Figura 6 - Parte do código fonte do visualizador	49
Figura 7 - Geoportais e IDE para uso local	50
Figura 8 - Biblioteca digital do PDDI e a IDE	53
Figura 9 -SPIT - Ferramenta de importação para PostGIS	76
Figura 10 - Inserção das camadas no Geoserver	77
Figura 11 - Demonstração do QuantumGis utilizando a IDE.....	84
Figura 12 - Gráficos de Comunicabilidade das tarefas.....	88
Figura 13 - Ponteiro do mouse no uso do zoom.....	91
Figura 14 - Alterando o estilo das camadas	92
Figura 15 - Execução da tarefa 1	94
Figura 16 - Execução da tarefa 2	94
Figura 17 – Execução da tarefa 3	95
Figura 18 - Execução da tarefa 5	95
Figura 19 – Execução da tarefa 6	96
Figura 20 – Execução da tarefa 7	96
Figura 21 - Execução da tarefa 10	97
Figura 22 - Execução da tarefa 11	97

Lista de tabelas

Tabela 1 - Lista parcial dos temas encontrados na base de dados da IDE (Fonte: Castro et al., 2010).....	54
Tabela 2 - Lista de tarefas do teste.	79
Tabela 3 - Percentual das respostas do questionário	86

1. Apresentação

Segundo Santana (2009), os mapas são meios de comunicação que têm como objetivo fornecer informações espaciais sobre ocorrências e fenômenos geográficos para o usuário. Quando empregam técnicas computacionais nas diferentes fases do estudo técnico científico, os mapas são utilizados para dar suporte às tomadas de decisão e também apresentar resultados.

A visualização cartográfica e sua recente aplicação na cartografia digital, com ênfase na cartografia multimídia e cartografia para a internet, juntamente com os recentes desenvolvimentos nas técnicas computacionais, fez com que surgisse uma variada gama de aplicativos e *plug-ins*¹ capazes de processar informações geográficas. Com o aparecimento do Google Earth², por volta de 2005, este mercado se tornou ainda mais sólido. Anteriormente, usuários que não tinham contato com conceitos geográficos passaram a “viver” neste mundo virtual, alavancando assim, a demanda que já era crescente, por dados geográficos. Juntamente com esse novo “mercado” e a demanda por mapas digitais é que os visualizadores foram se tornando populares. Estimava-se que por volta do ano 2000, 80% de todos os dados digitais gerados continham referências espaciais (MacEachren e Kraak, 2001). MacEachren ainda observa que tais referências habilitam a integração de uma vasta coleção de dados. Ao mesmo tempo, a magnitude e complexidade destas informações apresentam um grande desafio para a ciência da informação. Relata também que a visualização está se desenvolvendo em outras áreas, o que não acontece em relação aos dados espaciais:

¹ Pequenos programas com o intuito de adicionar recursos a outros softwares.

² Ferramenta que foi baseada no visualizador chamado *Keyhole Viewer*, que após a compra da *Keyhole* em 2004 pelo Google, mudou para este nome que conhecemos hoje.

“How do we transform these data into information, and subsequently into knowledge.”

“Over the past decade, methods and tools for visualization in support of science have advanced rapidly with demonstrated successes in areas such as medical imaging, process model visualization, and molecular chemistry. (...). Visualization is not being taken advantage of to exploit the full potential of geospatial data (MacEachren, 2000).”

Apesar de termos avançado na visualização de uma forma geral, o mesmo não aconteceu na mesma velocidade no âmbito geográfico. O georreferenciamento provê o mecanismo fundamental que conecta as diversas formas de dados necessários para resolver certos problemas de cunho ambiental, social e humano. Para o autor (op. cit), os dados geoespaciais são fundamentalmente diferentes de outros tipos de dados.

Segundo Xavier-da-Silva (2001), o que diferencia um dado geoespacial é que ele representa um fenômeno ou ocorrência que possui uma localização e uma extensão, sendo esta última relacionada ao tempo. Os dados geoespaciais são caracterizados de acordo com um referencial e estão sempre em evolução.

Podemos, assim, colocar que os dados geoespaciais se caracterizam por alguns aspectos:

- Dimensões e coordenadas. Estes dados são inerentemente estruturados em duas dimensões (latitude e longitude) ou em três dimensões, considerando a posição do mesmo em relação à superfície da Terra; ou ainda em quatro dimensões, se considerarmos o tempo. Assim, diferentes abordagens devem ser

desenvolvidas para a análise visual-computacional³ integrada destes dados.

- Nome. Muitos objetos em bancos de dados geoespaciais têm nomes significativos e úteis que podem ser utilizados tanto no acesso de banco de dados quanto na análise. No entanto, a classificação destes deve seguir modelos para que não ocorram erros taxonômicos que, segundo Moura (2005), significam errar na classificação ou atribuir um nome que acarretará ambiguidade.

No entanto, devido à carência de estudos sobre a geovisualização é que este trabalho foi proposto, no sentido de avançar com as técnicas de visualização.

³ Tradução do autor para o termo visual-computational

2. Objetivos da Pesquisa

Como objetivo geral, este estudo visa a disseminação de técnicas para a visualização, através da Web, de dados geoespaciais temáticos de escala regional e municipal. Para isso, é necessário o desenvolvimento de uma IDE, provida de um visualizador capaz de se conectar, de forma integrada, aos serviços⁴ de dados geográficos da mesma. A ferramenta de visualização irá funcionar como uma janela, permitindo o acesso aos dados organizados através da infraestrutura. Busca-se assim, a simplificação do processo de criação e disponibilização de mapas. Toda a estrutura deverá ser avaliada e adaptada para o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana.

E como objetivos específicos:

1. Estudar o uso de novas tecnologias para prover ferramental exploratório, facilitando assim, a visualização espacial e o fornecimento de informações que não seriam de fácil comunicação e difusão por mídia em papel. Entender como funcionam os mapas temáticos e de onde provêm os dados que são usados nos mesmos, sejam eles estáticos e /ou dinâmicos.
2. O estudo do ferramental e das tecnologias necessárias para disponibilização de serviços na Web. Tais serviços são capazes de prover dados geoespaciais dinâmicos, os quais alimentam a cadeia de construção de toda a estrutura.

⁴ Serviços são componentes abertos e auto-contidos, que suportam rápida composição de aplicações distribuídas (Papazoglou e Georgakopoulos, 2003).

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Cartografia e o cadastro multifinalitário

A cartografia é conhecida como a arte ou a técnica de conceber, obter, levantar, redigir e divulgar mapas. Um mapa é uma representação de parte da superfície terrestre, ou de toda ela, que é quase esférica, em uma superfície plana de papel ou de um monitor de vídeo. Essa representação deve obedecer a uma relação de semelhança oportuna que se denomina escala (JOLY, 1990).

A representação dessa superfície, quase esférica, em uma superfície plana na cartografia, requer técnicas e conhecimentos específicos. Esses conhecimentos são denominados *geodésicos*. *Geodésia* é a ciência que trata da forma e das dimensões da Terra (Ladeira, 2004).

A cartografia é, portanto, ao mesmo tempo, uma ciência, uma técnica e uma arte que engendram as atividades de levantamento de campo, de pesquisa bibliográfica, impressão e publicação final do mapa concebido. Exige-se então do cartógrafo profunda familiaridade com os procedimentos de criação e divulgação dos mapas, incluindo a prática da expressão gráfica, do desenho manual e da impressão, até o sensoriamento remoto e a cartografia computadorizada.

As funções e os objetivos da cartografia podem ser variados, tais como: referência, inventário, explicação, prospecção ou comunicação. Uma das aplicações mais importantes da cartografia é a que diz respeito ao cadastro, que visa, na maior parte das vezes, a agilidade no recolhimento de impostos pelos governantes do território, ou a facilitação das transações da terra, como vendas ou trocas.

Na Europa, o início do processo do cadastramento moderno se deu a partir do século XVIII, através do ducado de Milão (Philips, 2004). A conclusão do trabalho levou 30 anos em razão da morte de Carlos VI e de uma interrupção de onze anos, graças a uma guerra de sucessão liderada por Maria Tereza que enfim, copiou o cadastro, uma vez convencida da mesma idéia do pai.

Por outro lado, segundo Philips (op. cit), na França, onde a situação era praticamente a mesma, a nobreza também intermediava o repasse dos impostos para o governo central. Naquele mesmo século, houve algumas tentativas de reorganizar o cadastro para que o governo central tivesse acesso direto às suas fontes de financiamento. Todas fracassaram em razão, principalmente, da resistência da nobreza e do clero, detentores dos mesmos privilégios.

Em 1799, Napoleão tomou posse como primeiro cônsul e encontrou a França em situação muito precária, em face da necessidade de reorganização do Estado e da crise financeira. A nobreza já não existia mais e os 30% restantes que se livraram da guilhotina emigraram para outros países. Napoleão governou o país sem receita federal. Sendo assim, juntou seus técnicos para estudar o melhor modelo de cadastro para toda a França. Em 1803, decidiu criar um cadastro à base de um levantamento da periferia de cada município e de uma autodeclaração de cada proprietário, em que o mesmo declarava o tamanho de sua propriedade e de sua produção. Confrontado-as com a somatória da medição, já conhecida, da periferia do município. O que logicamente foi um fracasso pois, os proprietários nunca declaravam a verdade. Entretanto, a solução para sair dessa dificuldade era confrontar cada parcela de propriedade, em todos os municípios do império, com as medições gerais no campo. Napoleão reconheceu então, a importância do cadastro em um de seus decretos.

“Um bom cadastro de parcelas será o complemento do meu Código Civil para arquivar uma ordem sistemática nas propriedades de terras. É importante que as plantas sejam corretas para servirem para a definição dos limites das propriedades e, assim, evitarem futuros litígios (Philips, 2004, p.18).”

Ainda segundo Philips (op. cit), esse cadastro realizado nos anos seguintes pelos técnicos de Napoleão entrou para a história moderna e até hoje serve de modelo para muitos países modernos como o “cadastro napoleônico”. Assim, o objetivo principal do cadastro era aproximar o Estado do contribuinte e reduzir o poder dos intermediadores, nesse caso, os nobres. Ao mesmo tempo, seguia-se simplificando e reafirmando a relação Estado / Contribuinte. E conseqüentemente, a receita do Estado aumentaria. Assim, muitos pesquisadores avaliam a instalação do cadastro como sendo símbolo da modernização do Estado (Ladeira, 2004).

Ainda segundo Ladeira (op. cit), no Brasil, o cadastro de imóveis rurais tem origem em 1965/1966 através do Estatuto da Terra para objetivos fiscais. Diferente do cadastro Napoleônico, as informações sobre as propriedades eram adquiridas através de declarações dos proprietários e coletadas pelas UMC's (Unidades Municipais de Cadastramento). Essas unidades foram instaladas nos municípios pelo governo federal em convênio com as prefeituras municipais. As informações, como são declaradas, quase sempre não são precisas ou por deficiência nas técnicas de medição dos imóveis ou por fraudes que venham a ocorrer por interesses individuais dos proprietários. Esse cadastro já sofreu algumas atualizações, mas é utilizado até hoje com os mesmos princípios.

Atualmente, os cadastros de muitos países apresentam não somente a característica de serem puramente fiscais. Os conceitos de utilização, assim como as tecnologias empregadas para a produção dos mesmos evoluíram. Hoje, são utilizados instrumentos modernos como satélites avançados e computadores nos quais a precisão atingida é inigualável. As finalidades dos

dados produzidos são múltiplas, se prestando a necessidades legais, econômicas, sociais, ambientais, entre outras. O cadastro atualmente deve ser considerado multifinalitário (Ladeira, op. cit).

No ano de 2009, o Ministério das Cidades reconhece a importância do cadastro como instrumento de obtenção de um retrato da realidade urbana brasileira fundamental para a aplicação dos princípios do Estatuto da Cidade (Lei 10.257 de 10 de julho de 2001, que regulamenta o capítulo "Política Urbana" da Constituição brasileira). Em 7 de Dezembro de 2009, o referido Ministério publicou a portaria "Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros". Com a portaria, é instituída a política que reconhece a coleção de dados cartográficos, na forma de cadastros territoriais multifinalitários, como instrumento que dá bases para o planejamento e gestão territorial no Brasil.

"Art. 1º O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), quando adotado pelos Municípios brasileiros, será o inventário territorial oficial e sistemático do município e será embasado no levantamento dos limites de cada parcela, que recebe uma identificação numérica inequívoca (Philips, 2010, p.49)."

A partir deste cenário de cadastramento multifinalitário é que surgem estudos e conceitos que ajudam, de certa forma, na obtenção, divulgação e conjunção das informações que visam apoiar às decisões municipais. Um destes estudos são as chamadas IDEs, Infraestruturas de Dados Espaciais, que oferecem acesso a dados geoespaciais, bem como aos seus metadados, de forma a agilizar a busca e o trabalho do usuário, tornando assim, possível a confrontação das informações com outras fontes.

3.2. Cartografia Multimídia

A história da cartografia data da Grécia antiga, como mostra Santana (2009), onde os antigos utilizavam mapas para representar a sua visão de mundo e os lugares que o cercavam. A autora complementa que, inicialmente, houve relutância quanto ao uso de novas tecnologias na cartografia, devido ao fato de que os cartógrafos, muitas vezes militares, tinham o receio de que o computador não permitisse o desenho de um mapa tão preciso quanto os feitos à mão. Com a introdução efetiva da tecnologia, ela foi inicialmente utilizada apenas para a reprodução do processo tradicional, ainda que otimizado por alguns recursos de edição que facilitam, correções e reproduções. A dúvida nesse estágio era quanto à gravação dos mapas, pois existia o receio da perda de qualidade. Com o passar do tempo e a implementação total da tecnologia computacional, deu-se início aos mapas digitais, banco de dados para armazenamento de informações alfanuméricas, e até mesmo o início de conceitos como visualização cartográfica. Constitui-se, então, uma nova fase da cartografia: a cartografia multimídia.

A partir de então, a cartografia se difundiu de modo geral para um público cada vez maior, em diferentes setores de estudos universitários, o que permitiu o início da democratização da cartografia. Contudo, conforme mostra Monmonier (1982) a cartografia multimídia não pode ser encarada apenas como um simples elo entre a cartografia tradicional e um moderno processo de controle de equipamentos, mas sim como a mudança de processos e conceitos, os quais permitirão a utilização de mapas como um melhor instrumento de pesquisa, ensino e comunicação de informações, aumentando o valor de suas informações para a tomada de decisões.

“Com a revolução eletrônica na era da informação permitindo manipulação de grandes quantidades de dados, o aumento dos problemas ambientais de crescente complexidade, e a necessidade

de dados para conhecer e gerenciar essas questões ambientais, houve uma grande difusão da cartografia. Os mapas começam a ser entendidos como uma ferramenta de conhecimento territorial que devem responder a duas perguntas básicas: Quais são as características em tal localidade? Onde estão localizadas as características dadas (Santana, 2009, p.36)?”

A partir desse avanço, proporcionado pela era da informação, a cartografia, que tinha apenas a função de trazer imagens e dados georreferenciados de interesse do homem, desenvolveu-se para a representação de múltiplos fenômenos que o homem deve conhecer para que possa tomar determinadas decisões (Bertin, 1967). Contudo, os estudos desenvolvidos a partir da semiologia gráfica por Bertin já não funcionam da mesma maneira em uma realidade onde tudo é mais complexo. Sendo assim, é praticamente impossível que diferentes usuários tenham a mesma interpretação do mesmo mapa, como mostra Santana (op. cit.).

A partir do desenvolvimento dos estudos da cartografia surgiu a definição da Cartografia Multimídia. Peterson (1999), a define como sendo baseada na noção de que os mapas, combinados com outros meios de comunicação, levarão a representações mais realistas do mundo. O autor também cita que os artistas reconhecem que diferentes mídias podem ser usadas para criar diversas formas de expressão. Assim, as diferenças entre mapa estático e mídias dinâmicas têm sido notadas por um longo tempo.

3.2.1. Visualização cartográfica

Santana (2009), descreve que em um contexto mais geral, pode-se perceber a comunicação visual intimamente ligada à percepção visual, gerando o que podemos chamar de visualização. Nesse caso, o termo *visualização*, significa construir uma imagem visual na mente humana. E isto é mais do que uma representação gráfica de dados ou conceitos. Para Card (1999, p.21), significa “o uso de representações visuais de dados abstratos, suportadas por computador e interativas para ampliar a cognição”.

Na definição de Ramos (2005), a visualização cartográfica é o uso de representações visuais concretas - seja em papel, seja por meio de computador ou outra mídia - para tornar contextos e problemas espaciais visíveis, engajando-se às mais poderosas habilidades humanas para o processamento de informação, aquelas associadas à visão.

Na cartografia, o termo passou a ser mais utilizado há quatro décadas. A evolução cartográfica decorre da evolução das técnicas da tecnologia na informação visual, incluindo a computação gráfica associada aos sistemas de informação geográfica e a visualização científica. A visualização científica é descrita por Ramos (2005), como tendo esta conotação do uso de tecnologia com o objetivo de aumentar a apreensão de informações que possibilitem ao leitor, por meio de sua exploração, estabelecer suas próprias análises, chegando a um novo conhecimento:

“A visualização científica pode ser definida como o uso da tecnologia computacional para criar visualizações, com o objetivo de facilitar a compreensão, o raciocínio e a solução de problemas. A ênfase não está no armazenamento da informação, mas na construção do pensamento (Earnshaw e Wiseman, 1992, p.34).”

Ramos (2005), relata que a preocupação atual dos pesquisadores consiste em estudar o uso de novas tecnologias para prover ferramental exploratório para facilitar a percepção espacial, e fornecer ao leitor informações que não seriam visíveis por meio de mapas em papel:

“Na visualização cartográfica, interatividade e exploração são conceitos-chave. Assim, a cartografia digital e os sistemas de informação geográfica podem ser utilizados para a elaboração de uma aplicação na linha da visualização cartográfica, mas um mapa em formato digital não é necessariamente um mapa concebido dentro do conceito da visualização cartográfica (Ramos, 2005, p. 40).”

DiBiase (1992), propôs um modelo (figura 1) em que as funções do mapa estão relacionadas aos domínios públicos e privados. Para DiBiase, a ênfase estaria no papel do uso do mapa em ciência, na aquisição do conhecimento por meio da geração e interpretação das representações cartográficas.

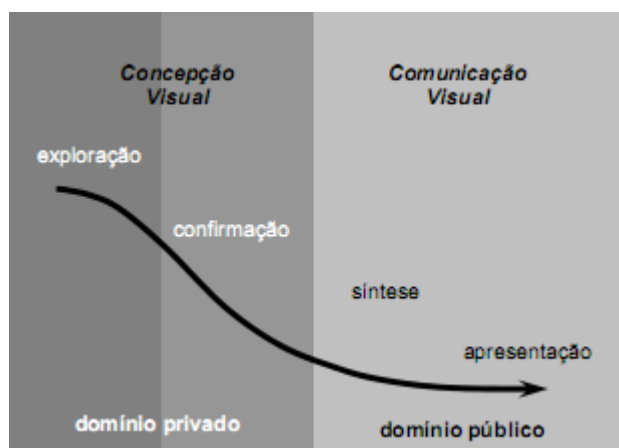


Figura 1 - Uso dos mapas na visualização cartográfica (Fonte: DiBiase, 1992, p.204)

Em um eixo, o foco está na promoção de uma imagem mental individual, sendo o domínio privado, em que é construído o conhecimento baseado na exploração de mapas, através da visualização cartográfica. Para o outro eixo

estão, no domínio público, os mapas de síntese, onde o público é amplo, realizando a comunicação cartográfica:

“As inovações trazidas pela visualização cartográfica exigem que algumas novas pesquisas sejam realizadas para que novas técnicas computacionais sejam aplicadas dentro do contexto das geoinformações. Surgiu um novo contexto de possibilidades de manipular dados que, juntamente com técnicas de computação e interfaces gráficas, permitam realizar análises por meio de interações e animações de mapas. Programas computacionais para cartografia permitem que o usuário interaja desde a seleção de características até a definição de simbologia a ser aplicada na visualização do mapa (Santana, 2009, p.51).”

Neste novo contexto, aliadas às mais diversas formas de interação a partir da Web, surgem novos desafios, aos quais os cartógrafos devem se adaptar. Segundo Cartwright (1999), apóiam-se na ideia de que a aquisição da informação é um processo ativo. Baseado nisso, acredita-se que ambientes interativos podem promover uma melhor aprendizagem, uma vez que os usuários são capazes de explorar ativamente as informações. O autor acredita que os mapas facilitam a compreensão do mundo e oferecem informações para tomadas de decisões significativas, sendo especialmente importantes para a participação democrática. Sugere a reflexão de que é uma tendência recente o fato de que a cartografia técnica se aproxime cada vez mais da cartografia dos leigos, e que esta esteja cada vez mais próxima da cartografia dos técnicos. Isso significa que faz parte dos valores contemporâneos a busca de linguagens de representação das variáveis espaciais que promovam o vínculo entre e realidade e a representação da mesma. Destaca-se como importante elemento da aproximação das linguagens o Google Maps⁵, que tem promovido a difusão do conhecimento cartográfico em escala global.

⁵ www.maps.google.com.br

3.2.2. Arquitetura orientada a serviços (SOA)

Serviços são componentes abertos que suportam rápida composição de aplicações distribuídas. São auto-contidos, o que significa que informações que descrevem os serviços, incluindo suas funcionalidades, interface dos métodos, comportamento e qualidade, podem ser obtidas do próprio serviço através de um conjunto padronizado de métodos (Papazoglou e Georgakopoulos, 2003).

Segundo Oliveira et al. (2008), os sistemas de informação geográficas têm seguido a evolução dos sistemas de informação em geral, com clara tendência ao uso do modelo orientado por serviços, baseado em plataforma Web. Segundo o autor, as vantagens oferecidas por esse modelo podem ser entendidas comparando arquiteturas mais novas com as tradicionais, pouco flexíveis, e limitadas em relação ao conjunto de tecnologias hoje existentes. Nos últimos anos, no entanto, com o desenvolvimento de arquiteturas aderentes aos padrões da rede mundial de computadores, tais características se tornaram inadequadas ao contexto Web. Assim, o mercado tem adotado, progressivamente, modelos de três camadas⁶ ou mais. A orientação por objetos foi outro ingrediente importante para essa mudança, permitindo modelar dados e aplicações com maior flexibilidade, voltadas ao reuso. Porém, o autor destaca que a consolidação da modelagem de serviços como padrão arquitetural de mercado depende de uma série de questões – de negócio, culturais e tecnológicas, a serem atendidas. Desse modo, a arquitetura orientada por serviços é a mais adequada em um ambiente Web, conforme relata Oliveira (op. Cit. p.2):

⁶ Modelo de desenvolvimento de *softwares* onde são divididas as camadas de dados, que são armazenadas em banco de dados, das regras de negócio, as quais determinam de que maneira os dados serão utilizados e a camada final de apresentação onde se encontra a interface do sistema.

“A Arquitetura Orientada por Serviços (Service Oriented Architecture - SOA) se torna atraente como uma tentativa de agregar valor ao negócio, permitindo modelar e aprimorar processos com redução do desperdício dos recursos de Tecnologia da Informação (TI). Em SIG, particularmente, SOA é atraente por permitir a concepção de sistemas interoperáveis e distribuídos, que funcionem utilizando módulos fracamente acoplados (Oliveira, 2008, p.2).”

O desenvolvimento de *software* baseado em componentes⁷ não é recente, mas tem sido alvo de muito interesse atualmente, de acordo com Davis e Lacerda (2005), devido ao seu potencial para reduzir custos e tempo de desenvolvimento e, especialmente, devido ao interesse na instalação e atualização de sistemas distribuídos. Uma das abordagens mais interessantes neste campo é a de arquiteturas orientadas a serviços.

Segundo Davis e Lacerda (2005), serviços acompanhados de suas descrições e operações fundamentais, tais como descoberta, seleção e chamada, constituem a base da SOA. A arquitetura, no entanto, suporta sistemas grandes com compartilhamento de dados e de capacidade de processamento, a partir da alocação distribuída de aplicações e recursos computacionais e através de redes de computadores.

⁷ Componentes são partes funcionais e lógicas de sistemas, com interfaces bem definidas. Comunicam-se com outros componentes através de mensagens contendo dados.

3.2.3. Open Geospatial Consortium

O Open Geospatial Consortium (OGC) propôs uma arquitetura para distribuição de dados e funcionalidades geográficas sobre a Internet, assim liderando o processo de padronização de formatos de dados, métodos e especificações de interfaces. Essa arquitetura é chamada *OpenGIS Services Framework* (Percivall, 2008).

Segundo Davis e Borges (2005), são apresentados abaixo alguns dos serviços primitivos especificados pela OGC:

- **Web Map Service (WMS):** um serviço para produção de mapas on-line, para que sejam visualizados diretamente na Web ou em aplicativos gráficos genéricos. Nesse serviço, os mapas são renderizações (apresentações matriciais) da realidade, e não incluem, portanto, o dado geográfico atual, a partir do qual o mapa foi criado.
- **Web Feature Service (WFS):** provê uma interface para inserção, seleção, atualização e remoção de feições geográficas (objetos vetoriais).
- **Web Coverage Service (WCS):** permite acesso a geocampos, da mesma maneira como no Web Feature Service. Entretanto, esse serviço não retorna imagens dos geocampos, mas sim, detalhes semânticos sobre os mesmos.
- **Web Gazetteer Service (WGS):** estende o Web Feature Service com recursos para a implementação de interfaces para gazetteers (Souza, Davis, et al., 2005).
- **OpenGIS Catalog Service (OCS):** suporta a publicação e pesquisa digital de coleções dos metadados de serviços e dos próprios dados. O serviço de catálogo utiliza uma das várias linguagens de consulta para encontrar e devolver resultados usando modelos de conteúdo e codificação conhecidos.

- **Web Terrain Service:** similar ao Web Map Service, mas destinado à visualização tridimensional de superfícies. Ambos podem produzir apresentações em formatos de imagem ou no formato SVG (Scalable Vector Graphics), que é vetorial. Atualmente a OGC discute a sua extensão chamada de Web View Service (WVS)

3.2.4. Estado da arte em Visualização de mapas na Internet

Segundo Ramos (2005), a computação na ciência cartográfica vem modificando profundamente a maneira de conceber, criar, estruturar, armazenar, manipular, analisar e distribuir mapas, principalmente nos últimos trinta anos. O autor ainda complementa que a computação trouxe profundas mudanças à cartografia, das quais podemos citar três:

- A tecnologia de criação de mapas se tornou acessível a todos. Assim, não apenas especialistas, mas qualquer usuário é capaz de criar um mapa com o auxílio de ferramentas da internet. Obviamente não estamos analisando a qualidade dos mapas, apenas a acessibilidade pelo uso das ferramentas.
- Mudou o propósito de produção de mapas. Hoje não se produzem mapas apenas para a comunicação de resultados, mas também para a exploração de informações.
- São produzidos novos mapas cuja produção seria difícil ou impossível em papel, como no caso dos mapas com elementos de multimídia, as animações cartográficas, os atlas digitais e os mapas interativos em 3D.

A multimídia desenvolvida anteriormente era distribuída apenas em mídias como disquetes, CDs e outros. Hoje a distribuição é feita de uma forma muito mais ampla e eficiente através da *Web*. Com isso, os mapas são produzidos quase que instantaneamente e publicados logo em seguida, através de aplicativos muitas vezes disponibilizados na rede mundial de computadores. Tais recursos, como é o caso dos visualizadores e *Webgis*, têm na sua maioria a capacidade de se conectar a provedores de dados para a visualização e criação dos mapas, como mostra Santana (2009). Esses servidores, por sua

vez, trabalham muitas vezes com dados estáticos armazenados em estruturas de arquivos através dos *shapefiles*⁸ ou via bancos de dados geoespacial.

É interessante citar também a existência dos servidores de mapas, os quais só exibem os mapas já desenvolvidos e armazenados por um especialista, e os sistemas Webgis, capazes não só de exibir como também de criar mapas e análises a partir de dados armazenados ou a partir de serviços de dados disponíveis pela internet, gerando assim, novas informações com ganho de conhecimento e integração de visões.

Isso se tornou mais complexo nos últimos anos se analisarmos a relativa queda nos custos dos equipamentos de GPS, que vêm sendo embutidos nos equipamentos eletrônicos mais comuns, como celulares, câmeras fotográficas, relógios, entre outros. Isso leva aos usuários o contato direto com geotecnologias e, de certa forma, faz com que se vejam imersos em mapas diariamente, uma vez que a interação aumenta a cada dia, com novas tecnologias que vão surgindo em um ritmo acelerado. Soluções colaborativas têm surgido, como as dos sites openstreetmap.org, flickr.com, del.icio.us e a plataforma Wiki de forma geral, em que os usuários são quem mantém a base de dados atualizada (Silva e Davis, 2008), contribuindo assim, para uma maior dinâmica na interação dos dados com os usuários. No entanto, o maior desafio atualmente é organizar todo esse “bando de dados”, como relata Moura (2005):

“A imensa coleção de dados hoje disponível é, na verdade, um labirinto de informações que muitas vezes não significa ganho de conhecimento nas análises espaciais. Muitos sistemas são, na verdade, “bando de dados” e não “banco de dados” (Moura, 2005, p.8).”

Para Cartwright (1999), esses sistemas tecnológicos para disponibilização de mapas devem, na realidade, conter uma grande gama de informações,

⁸ Formato que se tornou um dos padrões para o intercâmbio de objetos geográficos.

proporcionando acesso a elas de maneiras customizadas pelo usuário. Sendo assim, eles possuem o benefício de proporcionar um mapa que não é apenas uma imagem da realidade geográfica, mas também, uma máquina de pesquisas, dando acesso às geoinformações e seus atributos, além de possuir uma interface que permite ao usuário fazer a utilização do sistema sem erros.

Com este cenário dinâmico e interativo da cartografia é necessário que se desenvolvam ferramentas que possam ser configuradas para retroalimentação, bem como para aceitar que os próprios usuários criem os seus mapas, como mostram os trabalhos de mapas temáticos de Sandvik (2008) e o pensamento de Santana (2009):

“Os sistemas de informação geográfica, a multimídia e a internet permitiram uma cartografia interativa que permite que o usuário “converse” não mais com o cartógrafo, mas sim com o mapa. Com isso, os objetivos da cartografia têm mudado. Hoje a linha de pesquisa em cartografia que converge para a visualização cartográfica tenta criar regras e parâmetros para a relação entre leitor e mapa (Santana, 2009, p.94).”

A computação também está presente na visualização cartográfica, no sentido de estruturar os dados, serviços e ferramentas. Nas infraestruturas de dados espaciais, por exemplo, temos todo um arcabouço de ferramentas capazes de armazená-los e organizá-los de maneira a facilitar sua busca posteriormente. Tais estruturas, como demonstram os estudos de Davis e Lacerda (2005), se tornaram sistemas complexos, embutidos de certa forma nos chamados geoportais, que lançam mão dos serviços das Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) na internet. As IDEs necessitam, por sua vez, de visualizadores para exibirem o seu conteúdo geográfico através da internet. E percebe-se que a cada dia cresce o número de infraestruturas espaciais não só internacionalmente, mas também nacionalmente, como a INDE Brasileira (IDE nacional), que foi criada por decreto em 2008, e lançada oficialmente em abril de 2010. Com isso, as IDEs se consolidam também nos níveis estaduais como

no caso da Bahia (Souza e Copque, 2010 e Pereira et al., 2009), as municipais e em regiões metropolitanas (Castro et al., 2010). Quanto ao conceito de geoportal e IDE, esse será melhor explorado na próxima seção.

3.2.5. Padrões para intercâmbio de dados na internet

O intercâmbio de dados no início da era digital era realizado de maneira despadronizada. Aos poucos, padrões foram surgindo e estabelecendo uma ordem no caos gerados por formatos de dados específicos em que apenas determinados *softwares* eram capazes de manuseá-los.

Com o desenvolvimento do Google Earth por volta de 2005, um importante passo foi dado na aceitação do público em geral, em relação ao manuseio de informações geográficas, o que gerou um ganho até mesmo na padronização dos dados geoespaciais para a Web. A partir disso, o padrão KML (*Key-Hole Markup Language*) foi criado, inicialmente para ser a base de dados do Google Earth, mas devido a sua rápida aceitação ele está atualmente sendo mantido pelo OGC. O sucesso do KML se explica em parte por ser baseado no padrão XML, que é um padrão já consolidado para troca de informações na Web de acordo com Mathiak e Kupfer (2004).

Outro padrão baseado em XML é o GML ou *Geography Markup Language*, desenvolvido pela OGC para padronizar o intercâmbio de informações geográficas. Segundo Mathiak e Kupfer (2004), os principais elementos do modelo GML são as propriedades geográficas, as quais representam objetos geoespaciais do mundo real. As geometrias definidas no padrão são: *Point*, *Linestring*, *Box*, *Linear Ring* e *Polygon*. GML permite ainda que os usuários do modelo tenham sua própria versão do GML, adaptando suas necessidades individuais. Essa individualidade é muito necessária para dados geoespaciais.

Geoportal e IDE

De acordo com Tait (2005), desde 1990 cresce o interesse em Web sites que provêem acesso a informações geográficas. Interesse esse que reflete de certa maneira no mundo dos negócios, em que empresas privadas e até mesmo públicas percebem que dados geoespaciais aliados a sistemas SIG⁹ são capazes de agregar valor aos processos de negócios. O autor relata, ainda, que nos últimos seis anos a comunidade SIG, juntamente com as empresas desenvolvedoras dos *softwares*, incrementou a tecnologia usada para habilitá-los em ambientes distribuídos.

Já o conceito de geoportal é definido por Maguire e Longley (2005) como sendo uma porta de ligação da Web que organiza o conteúdo e serviços, tais como diretórios, ferramentas de busca, informações da comunidade, recursos de suporte, dados e aplicações. O autor ainda observa que os geoportais estão relacionados com as IDEs, facilitando assim, a funcionalidade do geoportal, que inclui a descoberta de fontes de informação e conteúdo, e acesso on-line a dados e aplicações. De acordo com Davis e Alves (2005), alguns exemplos de geoportais existentes atualmente são o Geospatial One-Stop, dos EUA (www.geodata.gov), o National Geospatial Data Framework (Beaumont, Longley, 2004) e o MultiAgency Geographic Information for the Countryside (MAGIC) (Askew, Evans, 2005), do Reino Unido, e o EU-Geoportal, um componente do projeto Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE, 2002).

Segundo Maguire e Longley (2005), a expressão “infraestrutura de dados espaciais” (ou spatial data infrastructure, SDI) foi proposta pelo Mapping Sciences Committee, do U.S. National Research Council, em 1993. De acordo com Davis e Alves (2005), ela foi usada inicialmente para descrever o

⁹ Sistemas de informações Geográficas

provimento de acesso padronizado à informação geográfica. Porém, a maior parte das discussões sobre esse tema enfoca particularmente o conteúdo idealizado para uma IDE de âmbito nacional. Assim, definida como sendo “o conjunto de tecnologias, políticas e pessoas necessárias para promover o compartilhamento de dados geoespaciais em todas as esferas do governo, no setor privado, nas organizações sem fins lucrativos e na comunidade acadêmica” (FGDC 2001).

As IDEs vem sendo desenvolvidas preferencialmente usando a arquitetura orientada a serviços (service oriented architecture, SOA). De acordo com Davis e Alves (2005), em uma IDE, múltiplos provedores de informação, cada qual especialista em um conjunto de dados temáticos ou em dados sobre uma região específica, catalogam os serviços que são capazes de prestar em um catálogo público, de acordo com metadados padronizados. Usuários podem então selecionar os serviços de informação existentes no catálogo segundo seu interesse e conectar-se a eles através da Internet. Essa abordagem é benéfica primeiramente porque usuários sempre têm acesso à versão mais atual dos dados, além, é claro, de estar acessando o dado na sua fonte institucional, seja ela estadual, municipal, federal ou mesmo privada. Um segundo benefício, apontado por Castro et al. (2010), é a capacidade de manterem-se menores os programas, sem necessidade de muito espaço local de armazenamento de dados, sendo esse um fator importante para aplicações de computação móvel.

Na Figura 2 é possível perceber o desenvolvimento cronológico das IDEs em todo o mundo.



Figura 2 - Cronologia de IDEs (Fonte: CONCAR, 2010, p.46)

3.3. Acesso público a dados geoespaciais

Os constantes avanços das IDEs (Infraestrutura de Dados Espaciais) em todo o mundo, e mais recentemente no Brasil com a INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais), que será detalhada no próximo capítulo, juntamente com o crescente volume de dados geoespaciais que são produzidos diariamente, permite-se dizer que é necessário trazer o foco das discussões não somente para as questões técnicas e de infraestrutura, mas também para a questão da acessibilidade dos dados envolvidos por estas estruturas.

Para Craglia e Annoni (2007) e Davis e Lacerda (2005), IDEs de primeira geração foram produzidas e orientadas com o foco nos dados. A segunda geração já é orientada a serviços, enfatizando parcerias e envolvimento das partes interessadas, embora ainda sejam conduzidas por organizações do setor público, com uma participação limitada do setor privado ou da sociedade em geral. Neste estudo de caso do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PDDI-RMBH), é possível observar um avanço, de certa forma, como foi realizado no projeto INSPIRE (MARTÍN-VARÉS, 2007), da Comunidade Econômica Européia, detalhado nas próximas seções, que promove amplo acesso à infraestrutura, pois ela foi desenvolvida justamente para atender às necessidade da sociedade ao acesso à informação.

Embora o projeto do PDDI tenha tido como objetivo a visualização de dados por diferentes grupos de usuários e para difundir a informação espacial para a comunidade, ele precisa lidar com o fato de que a grande maioria os dados tratados nesse estudo são públicos, ou seja, foram criados por instituições públicas, o que requer o aprofundamento das discussões sobre o acesso à informação espacial:

"As prefeituras foram pioneiras e ainda hoje são grandes usuárias da tecnologia SIG, o que é natural, dada a forte presença de componentes geográficos em meio à informação que sustenta a atuação dos agentes públicos municipais, notadamente nas áreas de saúde, planejamento urbano, educação, transportes e trânsito, urbanização, obras públicas e desenvolvimento social (Davis, 2010, p.1)."

Além das prefeituras, existem diversas organizações, públicas e privadas, que usam e produzem informação geográfica urbana. Estas incluem concessionárias de serviços públicos (energia, abastecimento de água, esgotamento sanitário, telecomunicações) e prestadores de serviços privados. Entretanto, em termos de informação geoespacial, é difícil para os usuários saberem o que está disponível, onde podem ser encontradas as informações, quem são os mantenedores e finalmente, como podem ser acessadas.

Observa-se ainda que os Sistemas de Informações Geográficas municipais existentes são limitados por restringirem as informações disponíveis às suas respectivas jurisdições, deixando de contribuir para a atuação planejada, para a qual o acesso a diferentes variáveis e a síntese de informações é base. O problema se agrava nas regiões de fronteira com municípios limítrofes, pois a não-disponibilização de informações de um município para o outro dificulta as ações de planejamento regional (Davis, 2010).

Através de iniciativas e de desenvolvimento de IDEs, como o INSPIRE, a INDE e a IDE do PDDI, respectivamente, é que podemos direcionar e responder aos questionamentos dos usuários de informações geoespaciais.

Quando a sociedade tem algum acesso à coleção de dados espaciais de seu território, isso acontece geralmente em arquivos PDF, adequados para

impressões e leituras, mas limitados quanto a consultas. Cabe, portanto, aos administradores "habilitarem" as IDEs para pesquisas e acessos públicos, fazendo o *download* de arquivos nos geoportais ou, simplesmente, acessando-os via visualizadores. Em muitos casos essa questão passa a ser tratada no âmbito legal, como é feito nos EUA, onde existe uma lei exigindo que os dados de suas agências sejam disponibilizados à sociedade de forma essencialmente gratuita, (Davis e Lacerda, 2005).

3.3.1. Políticas de acesso e uso dos dados – INDE

Segundo Onsrud (2000), para assegurar que os recursos de informação pública estejam disponíveis para o futuro das gerações, a informação pública deve ser divulgada e transferida por diversos meios e canais, tanto quanto possível. Quando os recursos de informações disponíveis são tornados públicos, o seu potencial de uso pelas gerações futuras é ampliado. Esse potencial é crescente, ele nunca diminui.

Para a Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR, 2010), esta é a filosofia que permeia a construção de IDE nos países. Tal filosofia deve embasar a formulação de políticas de acesso e uso dos dados. São apresentadas algumas das recomendações sobre essas mesmas políticas e o uso dos dados, formuladas em sintonia com os princípios citados:

- Maximizar a disponibilidade de informação do setor público para o seu uso e reutilização enfatizando a transparência e boa governança;
- Fomentar o acesso e as condições de reuso da informação do setor público, ampliando o acesso, a utilização, a integração e o seu compartilhamento;
- Melhorar o acesso à informação e divulgar seu conteúdo em formato eletrônico e pela Internet;
- Interoperabilidade: tornar os SIGs interoperáveis, ou seja, deverá ser possível combinar dados de fontes distintas.

A Comissão Nacional de Cartografia descreve que a informação geográfica disseminada na INDE por órgãos públicos federais, estaduais, distritais e municipais deverá ser livre e gratuita para todo usuário que se identifique via portal SIG Brasil, conforme estabelece o Art. 3º, § 2º do Decreto nº 6666/08.

Várias questões legais afetam o acesso e o uso de informação geoespacial, entre as quais: a lei de propriedade intelectual (por exemplo, direito autoral,

patente e segredo de negócios), a liberdade de acesso à informação (ter acesso aos registros de governo) e a privacidade de informação de indivíduos (Onsrud, 2010).

Sendo assim, as políticas gerais de informação de nações são dirigidas a encorajar o fornecimento de dados à sociedade, promovendo desenvolvimento econômico sem descuidar dos aspectos de segurança nacional, garantindo privacidade de informação pessoal, apoiando o funcionamento efetivo de processos democráticos, e protegendo direitos de propriedade intelectuais. Na maioria das nações todos esses motivos são apoiados, mas ainda competem com leis complementares (CONCAR, 2010). No entanto, dados geoespaciais cujo sigilo seja assegurado por lei, por questões de segurança da sociedade e do Estado, não estarão disponíveis para acesso público na INDE.

3.3.2. Políticas de acesso e uso dos dados - INSPIRE

A diretiva INSPIRE foi aprovada no ano de 2007 pelo Parlamento Europeu e o Conselho da União Européia (EU). Essa diretiva visa estabelecer regras gerais para uma Infraestrutura de informação espacial da Comunidade Européia, orientada para a implementação das políticas comunitárias de meio ambiente e outras políticas ou ações, em uma interpretação cada vez mais ampla por parte da EU, que podem impactar o meio ambiente (Martín-Varés, 2007).

O processo de padronização, iniciado na Europa, primeiramente contou com um conjunto de especificações básicas desenvolvido por um grupo de trabalho técnico de agências de cadastro e de registro da terra. Estas especificações serviram como base para o INSPIRE Technical Working Group (TWG). Sua metodologia é fortemente baseada nos estudos de caso que contribuem para o desenvolvimento de especificações que atendem às necessidades dos usuários, em que as mesmas foram testadas e revisadas. Nesse processo de elaboração das especificações, as agências aprenderam com os erros e geraram uma lista de itens que devem ser priorizados de acordo com Martín-Varés e Salzmann (2009):

- Inicie as atividades no início do processo de especificação, de preferência em cooperação com seus parceiros internacionais. Desta forma você pode realmente fazer a diferença na formação do modelo.
- Use sua experiência nacional em propor práticas em vez de especificações buscando a perfeição de modelagem.
- Mantenha-o simples, o que irá estimular uma rápida implementação e estimulará o aprendizado do usuário. Agências têm uma boa visão e experiência na implementação dessas questões e tem uma interação diária com seus clientes.
- Se você fizer sua lição de casa corretamente, será bem acolhido pelas autoridades Européias.

- Tenha em vista que a elaboração das especificações adequadas é uma operação tediosa. Em virtude da multiplicidade de opiniões e culturas leva-se tempo até a obtenção do entendimento mútuo.
- Consulta pública e testes realmente melhoram a solução proposta.
- Trabalhar com estudos de caso faz com que você se concentre nas questões que realmente importam para utilizadores finais.

Portanto, cabe a este sistema permitir combinar informações e conhecimentos do território procedentes de diferentes setores e elaborados por autoridades distintas. Além disso, disponibilizarão a governos, empresas e cidadãos, todos os mapas e dados associados disponíveis em território Europeu. Tem como desafios o incremento da interoperabilidade dos SIG (Sistemas de Informações Geográficas) a promoção da harmonização e padronização das estruturas de dados e interfaces e, finalmente, a eliminação de barreiras políticas para a troca de dados (Martín-Varés, 2007).

O que se entende por Infraestrutura de Informação Espacial na visão do INSPIRE:

- Metadados: informações que descrevem conjuntos e serviços de dados espaciais e torna possível a sua descoberta e uso.
- Conjuntos de dados espaciais e os serviços de dados espaciais: as operações que podem ser executadas através de uma aplicação de informática sobre os dados.
- Os serviços e tecnologias de rede: os estados membros estabeleceram e gerem uma rede com os serviços de localização, visualização, *download* e transformações para alcançar a interoperabilidade. São serviços gratuitos ou com taxas reduzidas com o acesso público liberado.
- Os acordos sobre a partilha, acesso e utilização: a comissão deve estabelecer e operar um nível Geoportal INSPIRE ao nível comunitário.

Os estados membros por sua vez, devem prover o acesso aos serviços do geoportal INSPIRE

Os 5 princípios necessários para a funcionalidade da IDE do INSPIRE:

- Os dados devem ser recolhidos uma vez e mantidos no nível em que se faz mais eficiente.
- Deve ser possível combinar dados de fontes distintas da UE e compartilhá-los entre muitos usuários (interoperabilidade).
- Os dados devem ser coletados em um nível de governo e compartilhados entre todos os níveis.
- Os dados espaciais necessários devem ser disponibilizados em condições que não restrinjam a sua ampla utilização.
- Deve ser fácil para todos a descoberta dos dados geográficos disponibilizados, bem como a sua avaliação e adequação para cada objetivo e saber em que condições pode ser usado.

Cada estado membro adotará medidas para a disponibilização do conjunto de dados e serviços espaciais de acordo com seus órgãos públicos. No entanto, dados e serviços estarão abertos para as autoridades públicas de outros estados membros da comunidade Européia. A equipe de trabalho encarregada dessa tarefa também deve estudar o impacto de tais normas nos países da UE e do grau de detalhe que deve ter a regra obrigatória para não interferir nos regulamentos de cada Estado membro.

Pesquisas realizadas e os casos de usos indicam que a parcela cadastral é o elemento primordial na IDE do INSPIRE, que gradualmente, está evoluindo para ser cada vez mais o elemento de maior importância (Martín-Varés e Salzman, 2009).

De acordo com Philips (2010), a parcela cadastral é a menor unidade do cadastro, definida como uma parte contígua da superfície terrestre com regime jurídico único, de modo que nos bancos de dados não há unidades territoriais menores do que ela. As parcelas são contíguas, de maneira que não se sobreponham umas às outras nem haja lacunas entre elas. Se dentro de um imóvel, houver mais do que um regime jurídico, esse será dividido em mais de uma parcela. Diz-se então que regime jurídico, para a definição da parcela, é em primeiro lugar, o proprietário que pode ser uma pessoa física ou jurídica; mas também outros direitos específicos, registrados no Registro de Imóveis como direito de usufruto, direito de superfície, etc., que podem justificar o levantamento e o registro cadastral em mais de uma parcela, sendo uma o imóvel com a inscrição desse direito específico e a outra sem tal direito. Dessa maneira, o direito específico está perfeitamente espacializado dentro do imóvel.

Já o conceito de parcela, está incorporado como referência nas Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros, através da Portaria No. 511, de 7 de Dezembro de 2009.

O croqui da Figura 3 facilita a compreensão desse conceito. O registro do lote foi separado em duas parcelas: uma que se refere à faixa de domínio da orla, que é propriedade pública e não edificável, e a outra que está associada à propriedade privada.

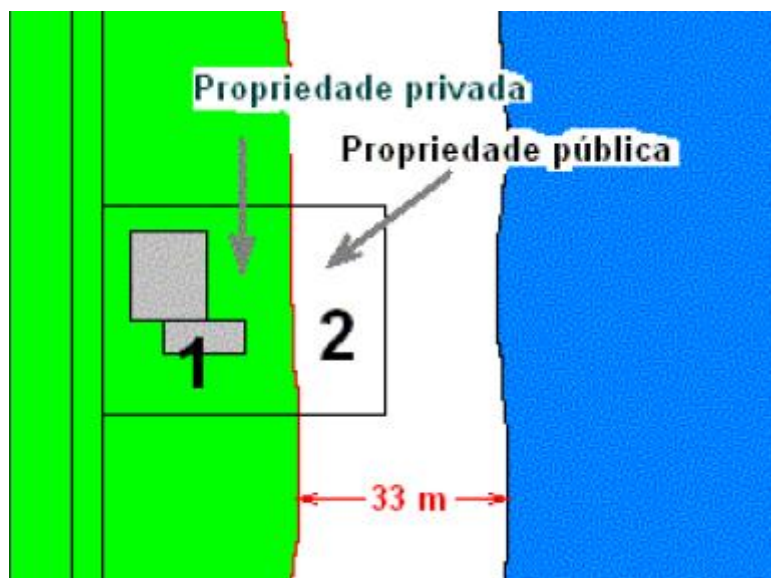


Figura 3 – Conceito de parcela (Fonte: PHILIPS, 2010, p.52)

Também na Figura 4 exemplifica a importância do uso de parcelas, no exemplo 4 parcelas, para registrar condições diferentes de posse e propriedade, sendo que é possível ter diferentes condições de posse, propriedade e regime jurídico. A vantagem da construção de um cadastro territorial tendo a parcela como referência está no mapeamento das ocupações reais e jurídicas dos imóveis, a exemplo do que já é praticado na IDE Européia.

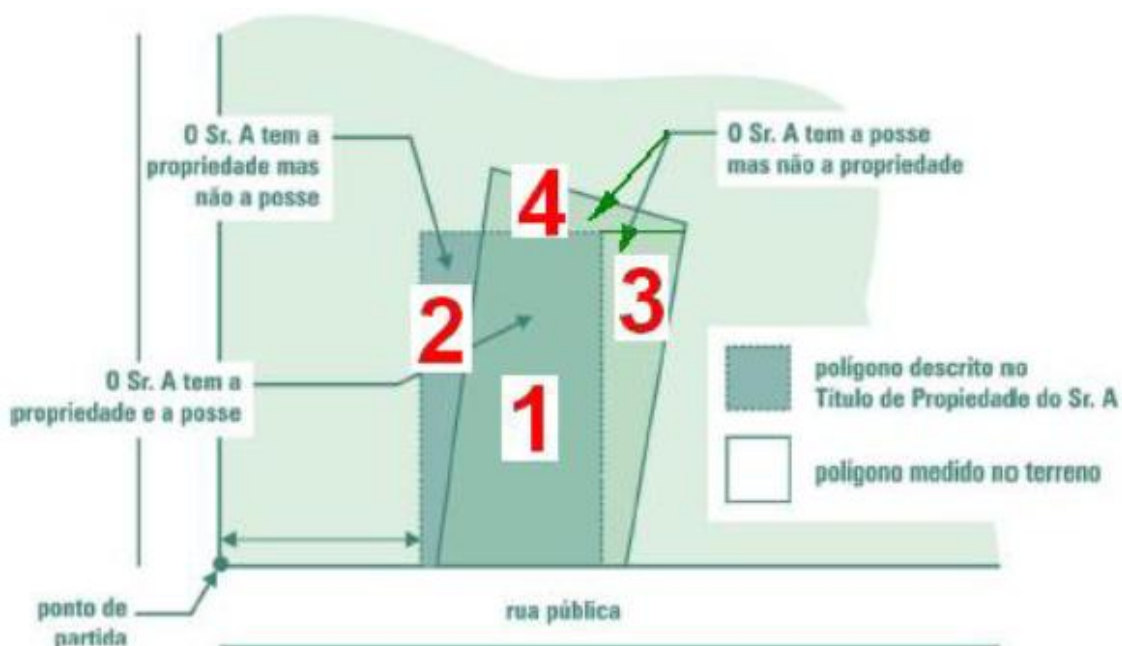


Figura 4 – Posse e propriedade (Fonte: PHILIPS, 2010, p.56)

A IDE Européia prevê que no futuro usos adicionais irão surgir. Ela será referência no registro e monitoramento de contaminações, uso do solo ou erosão dos mesmos, com destaque sempre da parcela como referência territorial. Segundo Martín-Varés e Salzmann (2009), na IDE Européia, a parcela deve ser usada como um localizador para o futuro previsível. Cabe às várias aplicações, seja a administração da terra, os subsídios agrícolas e o monitoramento ambiental, anexar conteúdo à parcela. Isso fornece flexibilidade no uso e, ao mesmo tempo, essa abordagem torna a implementação mais simples. O uso da parcela como um localizador, geralmente, evita discussões sobre os regimes de acesso quando são incluídas, por exemplo, as informações temáticas sobre o imóvel. Ao mesmo tempo, a presença ubíqua de cadastros e registros de terras em toda a Europa, garante a manutenção a nível nacional da parcela cadastral. Sendo assim, a parcela tem se tornado um elemento central, sustentável e de referência cadastral na infra-estrutura Européia de dados espaciais.

Tal iniciativa serve de exemplo para muitos outros processos de unificação em IDEs em todo o mundo. Ao todo, 27 estados-membros da União Européia têm sido capazes de chegar a um acordo num campo que sempre foi visto principalmente como interesse nacional, mas que no final, tem muitas outras vantagens internacionais (Martín-Varés, 2007).

4. Metodologia

A partir da fase conceitual, em que buscamos na literatura por conceitos bem como os desafios encontrados na área, desenvolvemos o domínio do problema. Nesta fase buscamos responder algumas perguntas, por exemplo: Por que focar em geovisualização? Por que usar uma infraestrutura de dados espaciais para a solução? Também foram tomadas algumas decisões nesta fase em relação à definição dos *softwares* a serem utilizados, como mostrado na seção 4.2, bem como possíveis ferramentas e customizações a serem desenvolvidas. Outro ponto definido nesta etapa foi a busca por servidores, de dados geoespaciais, a serem catalogados na estrutura. Assim, baseando-se nestes questionamentos e utilizando a pesquisa dos temas a partir das referências bibliográficas apresentadas nos capítulos anteriores, concluiu-se a etapa conceitual do trabalho. A figura 5 apresenta resumidamente os passos de cada fase.

Para o nível operacional foram implantadas as ferramentas definidas na etapa conceitual, como mostra a seção 4.2, ou seja: o gerenciador de banco de dados, o *software* de catalogação de metadados, o servidor Web, a base de dados inicial, a busca e devida inserção das informações sobre os provedores de serviços, configuração e customizações necessárias das ferramentas. Na implantação abordamos a construção da Infraestrutura em si, utilizando técnicas de programação para atingir os parâmetros definidos na fase conceitual e operacional. E também a execução da instalação dos *softwares* escolhidos para a estrutura e a construção do catálogo de metadados, inserindo as informações dos servidores de dados buscados na etapa anterior. Após a finalização do processo de construção da estrutura foram realizadas adaptações para adequar o visualizador desenvolvido para o projeto PDDI.

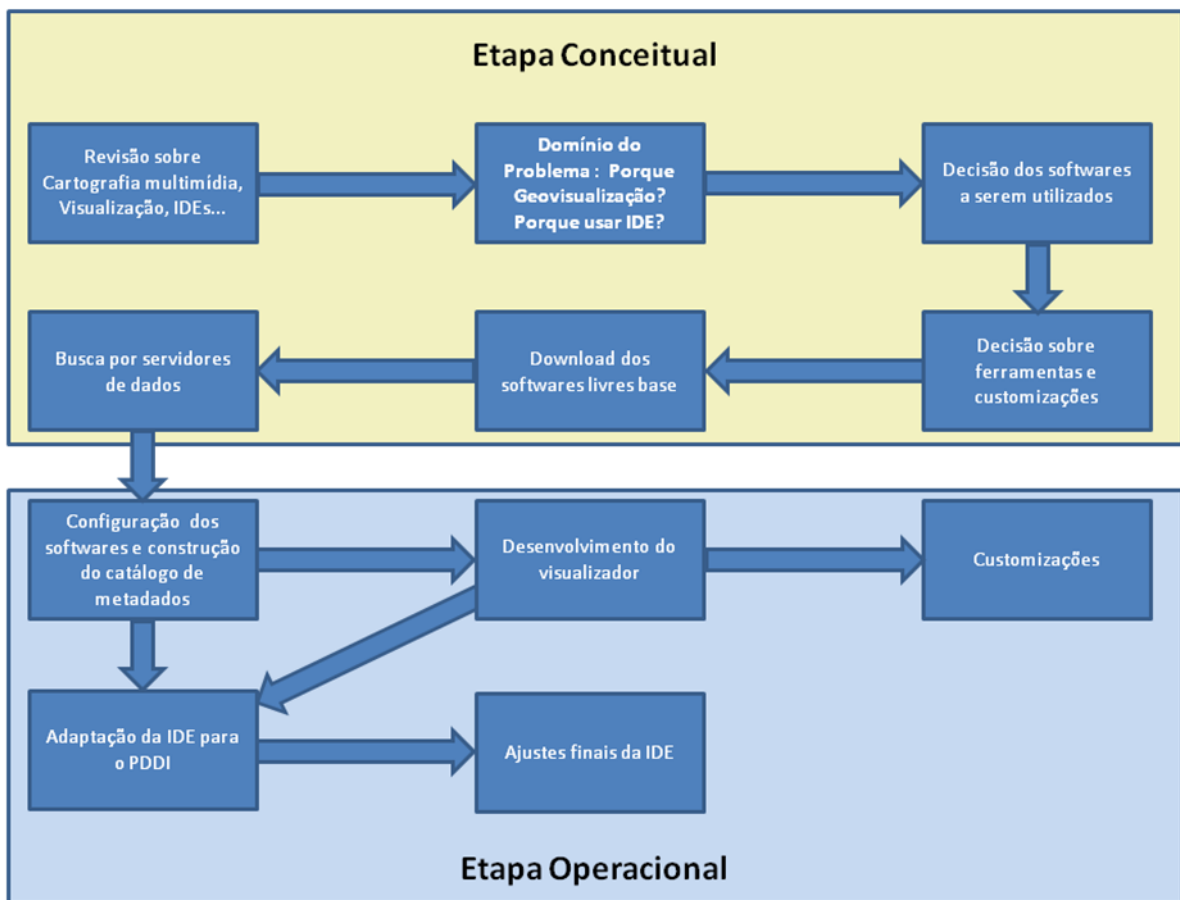


Figura 5 – Fluxograma da metodologia utilizada.

4.1. Estudo de caso de Visualizador e IDE no PDDI – RMBH

Através de uma demanda do governo do estado foram iniciados, em 2009, estudos com o objetivo de elaborar referenciais e estratégias de ação para o planejamento do desenvolvimento integrado da RMBH (PDDI-RMBH, 2010). Assim, como parte deste planejamento foi realizado o presente estudo de caso, composto pela avaliação do estado da arte da IDE em escala mundial e nacional, assim como a avaliação das demandas específicas da RMBH. Abrange também, a inserção da IDE como elemento de intercâmbio de dados no PDDI, e a visualização desses na IDE como forma de envolvimento da comunidade e transparência das informações. Para cada etapa foram desenvolvidos os aplicativos de informática necessários. Nos próximos capítulos é descrita a IDE segundo suas etapas de desenvolvimento até a proposição do visualizador embutido na IDE.

4.2. Escolha dos softwares integrantes da IDE

Para o desenvolvimento da etapa operacional, nos baseamos em aplicativos livres e *open source*. Segundo Silveira (2005), o movimento do *software* livre é a maior expressão da imaginação dissidente de uma sociedade que busca mais do que a sua mercantilização. Trata-se de um movimento com base no princípio do compartilhamento e na solidariedade praticada pela inteligência coletiva conectada na rede mundial de computadores. Sendo assim, complementando esta rede de inteligência coletiva, é que tomamos a decisão de utilizarmos somente *softwares* livres, e conseqüentemente, que possuem códigos-fonte abertos.

Silveira (2005) ainda descreve que a construção de uma infraestrutura de informação para os países em desenvolvimento, utilizando *software* livre, já é uma alternativa economicamente viável, tecnologicamente inovadora e estável.

Afirmação que é confirmada com o pensamento de Raymond (1999), em que ele define o modelo de desenvolvimento do código aberto denominado “bazar”, no qual qualquer um com acesso à internet e habilidades de programação pode integrar o processo de desenvolvimento do *software*. Por isso, Raymond argumenta que o desenvolvimento do *software* livre envolve um número tão grande de horas de programação qualificada a um custo orçamentário zero que dificilmente uma grande corporação poderia dispor.

Embasados nesses princípios, escolhemos os seguintes *softwares* para compor a nossa IDE: Ubuntu, Geoserver, Geonetwork, OpenLayers, Apache, PostGIS, PostgreSQL e as bibliotecas MapFish, GeoExt entre outros. Nas próximas seções, as explicações sobre os softwares escolhidos são apresentadas, segundo suas aplicações e potencialidades.

A partir dos testes de usabilidade e de interface propostos por Santana (2009), adaptamos as nossas ferramentas e objetivos para estruturar a IDE com o seu visualizador. Um maior detalhamento dos procedimentos usados na etapa operacional é abordado na seção 4.5.

4.3. PDDI - RMBH

O Governo de Minas Gerais, por meio da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana (SEDRU), em consonância com as diretrizes estabelecidas pelo Conselho Deliberativo de Desenvolvimento Metropolitano da RMBH e da Assembléia Metropolitana, está em 2010, promovendo a elaboração do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PDDI-RMBH). O plano conta com ampla participação da sociedade civil e para a condução do processo a Universidade Federal de Minas Gerais foi contratada. Formando assim, uma equipe multidisciplinar, com especialistas de diferentes áreas, atuando de forma integrada e complementar, envolvendo outras instituições acadêmicas como Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG além de consultores externos.

“O Plano Metropolitano, tendo como pressuposto a construção de um sentido de solidariedade e de identidade metropolitana, apresentará as grandes linhas de ação voltadas para a promoção do desenvolvimento sustentável na RMBH, compatibilizando crescimento econômico, equidade social e sustentabilidade ambiental, com ênfase no reordenamento territorial capaz de reduzir as desigualdades sócio-espaciais (PDDI-RMBH, 2010, p.10).”

O objetivo do plano, segundo o PDDI-RMBH (2010), é a elaboração de estudos referenciais e de estratégias de ação para o planejamento do desenvolvimento integrado da RMBH. Ele consiste em estudos básicos e na identificação de políticas e projetos prioritários, os quais orientarão o governo estadual, os municípios e o sistema de gestão metropolitano na condução de um planejamento permanente da RMBH. O projeto contempla também a elaboração de planos específicos, políticas, programas e projetos, criando soluções compartilhadas, por meio do diálogo com os cidadãos metropolitanos.

A proposta é mobilizar toda a sociedade metropolitana a identificar, reconhecer, discutir e propor ações para a melhoria da RMBH.

De acordo com Castro et al. (2010), um dos produtos do PDDI é a estruturação de uma vasta coleção de dados para os 34 municípios constituintes da RMBH e 14 do Colar Metropolitano, dados que têm, em sua maioria, um componente espacial. A coleção deve estar ao alcance de vários especialistas de diversas áreas, que trabalham simultaneamente com dados geoespaciais básicos e geram novos dados sobre a região em suas respectivas áreas de trabalho.

O autor ainda cita que as infraestruturas de dados espaciais oferecem solução interessante para esse tipo de demanda, pois permitem que se construam ambientes tecnologicamente neutros, apoiados na Web, dotados de mecanismos de busca por dados a partir de metadados previamente catalogados. A estrutura da IDE do PDDI é totalmente apoiada em *software* livre, cuja operação é facilitada e concentrada em um geoportal, dotado de uma interface de visualização, assim como um ambiente de colaboração, em que um ou mais especialistas podem criar e acompanhar o andamento dos dados estudados por eles.

4.4. Equipe do PDDI

A equipe do PDDI contou com a participação de várias pessoas de diferentes áreas, conforme é mostrado na Figura 6.

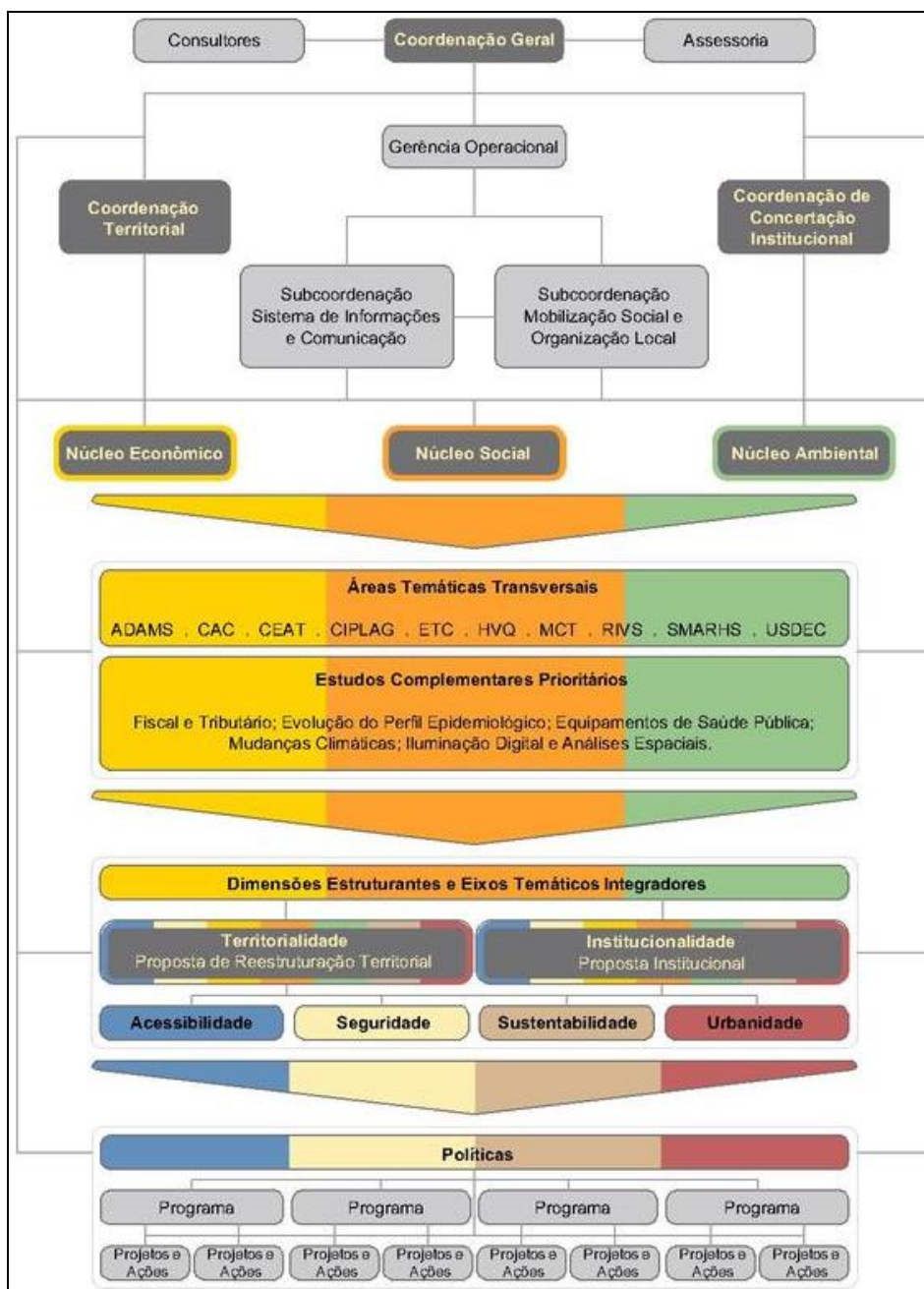


Figura 6 – Estrutura organizacional e metodológica PDDI. (Fonte: PDDI-RMBH, 2010)

Na Subcoordenação de Sistema de Informações e Comunicação coordenada por um consultor tínhamos algumas sub áreas, como exemplo, a de infraestrutura, que foi a responsável pelo desenvolvimento da IDE, instalação e configuração dos servidores, carregamento dos dados e desenvolvimento do visualizador.

Na área de cartografia e geoprocessamento contávamos com uma equipe que também participou de várias outras demandas ao longo do projeto. Incluindo nesta lista, o desenvolvimento do modelo de potencial de interação, os estudos da rede de centralidades, acessibilidades e impedâncias no território da RMBH. Além, dos estudos de vocações e conflitos de interesse para ocupação do território da RMBH. A equipe de geoprocessamento também foi a responsável pela compilação dos dados geográficos em arquivos *shapefile*.

O desafio de carregar o banco de dados espacial com os dados validados e até mesmo produzidos pela equipe de cartografia passou, inicialmente, por mim. A tarefa de transformar vários arquivos digitais no formato *shapefile* em arquivos de texto em um formato que o banco de dados espacial entendesse, se mostrou bastante complexa, devido principalmente, ao volume de informação. Os arquivos de texto gerados seriam mais tarde inseridos no banco de dados sendo finalmente interligados e descritos pela estrutura da IDE configurada por um membro da equipe de infraestrutura e por mim. Já o desenvolvimento do visualizador foi tarefa delegada a mim. O que por si só representou um grande desafio como descrito no próximo capítulo.

4.5. Estruturando a IDE

No escopo do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), foi proposta a criação de uma IDE com a finalidade de tornar o acervo de dados geográficos formado para o projeto mais amplamente disponível e com acesso tecnologicamente neutro. Para isso foi desenvolvido um visualizador capaz de se integrar a IDE do PDDI e habilitar a exibição dos dados organizados por ela. Nos tópicos abaixo são apresentados, com mais detalhes, cada item da IDE, além das etapas de desenvolvimento do visualizador.

- Sistema Operacional – Ubuntu Server 9.04 LTS

O sistema operacional escolhido foi o Ubuntu Server 9.04 LTS. A razão de escolher essa distribuição Linux foi o amplo suporte *online*, além de um versátil gerenciador de pacotes que facilita muito o trabalho do administrador da IDE. No entanto, um grave problema encontrado foi o fato dos pacotes dos aplicativos estarem desatualizados. O *software* que estava no repositório chegou, em alguns casos, a ter uma defasagem de mais de um ano da última versão estável. No entanto, para várias dependências a utilização do aplicativo contido nesta distribuição, chamado de “apt-get”, foi bem prática e rápida, auxiliando assim, a instalação dos outros *softwares* (Davis, A.G., 2010).

- Banco de Dados – PostgreSQL 8.4.4 + PostGIS 1.5.1

O gerenciador de bancos de dados escolhido foi o PostgreSQL com a sua extensão espacial PostGIS. As razões para essa escolha foram segundo Davis, J. (2010):

- *Open Source*: o PostgreSQL é um gerenciador de bancos de dados completamente *open source* e gratuito, garantindo assim

um dos propósitos da IDE, ser construída utilizando apenas produtos de código aberto.

- Excelente extensão geográfica: o PostGIS é melhor aceito pela comunidade do que seu “concorrente”, igualmente livre, que é o MySql Spatial.

Tanto o PostgreSQL, quanto sua extensão, tiveram que ser instalados a partir do código fonte disponibilizado pelo *site* do desenvolvedor, pois a versão escolhida não existia, empacotada, nos repositórios utilizados pelo Ubuntu.

- JSP e Servlet Container – Apache Tomcat 6

O Tomcat é um excelente *launcher* de aplicações Web feitas em Java, como o GeoServer e o GeoNetwork. Por isso, ele foi incluído na infraestrutura do servidor. Entretanto, como o Tomcat e outros aplicativos usados foram desenvolvidos em Java necessitamos instalar também a JDK 6 (*Java Platform Standard Edition 6 Development Kit*).

Este *software* tem seu controle de contas de usuários no arquivo `/var/lib/tomcat6/conf/tomcat-users.xml`. Lá é possível definir regras, que são papéis de administração do Tomcat. Os papéis “admin” e “manager” são necessários para se obter permissão para fazer tudo no sistema, como inserir programas “.war”, que são arquivos de aplicativos para a Web.

- GeoServer 2.0.2 e Geonetwork 2.4.6

O GeoServer é um *software* feito em Java que permite usuários compartilhar e editar dados geoespaciais. Desenvolvido para publicar dados geoespaciais de qualquer fonte utilizando padrões abertos, como os serviços Web do *Open Geospatial Consortium*.

O Geonetwork é um aplicativo de catálogo de metadados que gerencia recursos referenciados espacialmente. Oferece edição de metadados poderosa e funções de pesquisa. Atualmente é usado em inúmeras iniciativas IDEs em todo o mundo.

A instalação tanto do Geoserver quanto do Geonetwork foi bastante simples, podendo ser utilizados na forma de *Web Archive* (.war). O Tomcat é capaz de receber esse arquivo e colocá-lo *online* automaticamente.

A tarefa mais complexa, e de certa forma repetitiva, foi a inserção e devida descrição dos dados gerados pela equipe de cartografia e geoprocessamento. Ao todo foram 270 elementos no banco de dados que deveriam ser interligadas ao geoserver e descritas no geonetwork. Outro fato importante no carregamento dos dados foi a criação dos arquivos de estilos onde eram descritos, por exemplo, a cor da linha a ser desenhada, assim como a espessura, se era transparente ou não entre outros atributos.

- Visualizador da IDE

Para o desenvolvimento da ferramenta de visualização da IDE foram utilizadas as bibliotecas GeoEXT¹⁰, OpenLayers¹¹, ExtJS¹² e javascript. Essas, bem como a opção de se utilizar a linguagem de programação Java, proporcionaram, de certa forma, uma maior agilidade no desenvolvimento do aplicativo. Já a interface do visualizador foi planejada baseando-se nos modelos apresentados no *site* das bibliotecas OpenLayers e GeoEXT, também levando em consideração o estudo da interface definida por Santana (2009). Na Figura 7 o

¹⁰ <http://www.geoext.org/index.html>

¹¹ <http://www.openlayers.org/>

¹² <http://www.sencha.com/products/js/>

código do visualizador é mostrado parcialmente, juntamente com a imagem dos municípios da região metropolitana.

Apesar de existir modelos já criados utilizando as bibliotecas de desenvolvimento o visualizador demandou muitas horas de programação principalmente para customizações necessárias para a apresentação dos dados gerados pela equipe de cartografia.

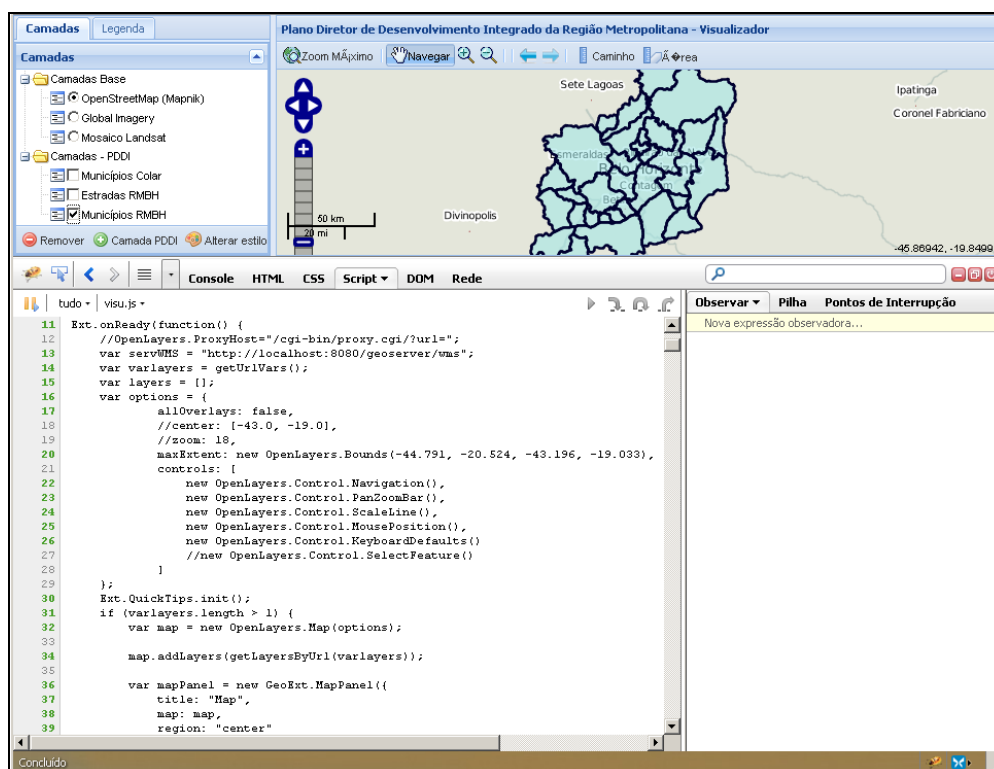


Figura 7 - Parte do código fonte do visualizador

4.6. IDE do PDDI

Castro et al. (2010), definiu a estrutura do projeto da IDE para o PDDI da RMBH prevendo um Geoportal, um provedor de serviços Web geoespaciais baseado nos padrões do OGC, um catálogo de metadados, uma biblioteca digital e um sistema de produção colaborativa de dados geoespaciais (Silva e Davis, 2008 e Goodchild, 2007). Toda essa estrutura, inicialmente, está contida em um servidor localizado na UFMG, porém com a evolução do plano está prevista a migração do gerenciamento dos dados para os respectivos órgãos produtores.

A Figura 8 apresenta, segundo o autor, o funcionamento e os componentes da IDE desenvolvida para o PDDI, baseada em SOA. Os números indicados na figura mostram etapas do processo de funcionamento da IDE, descritas com mais detalhes a seguir.

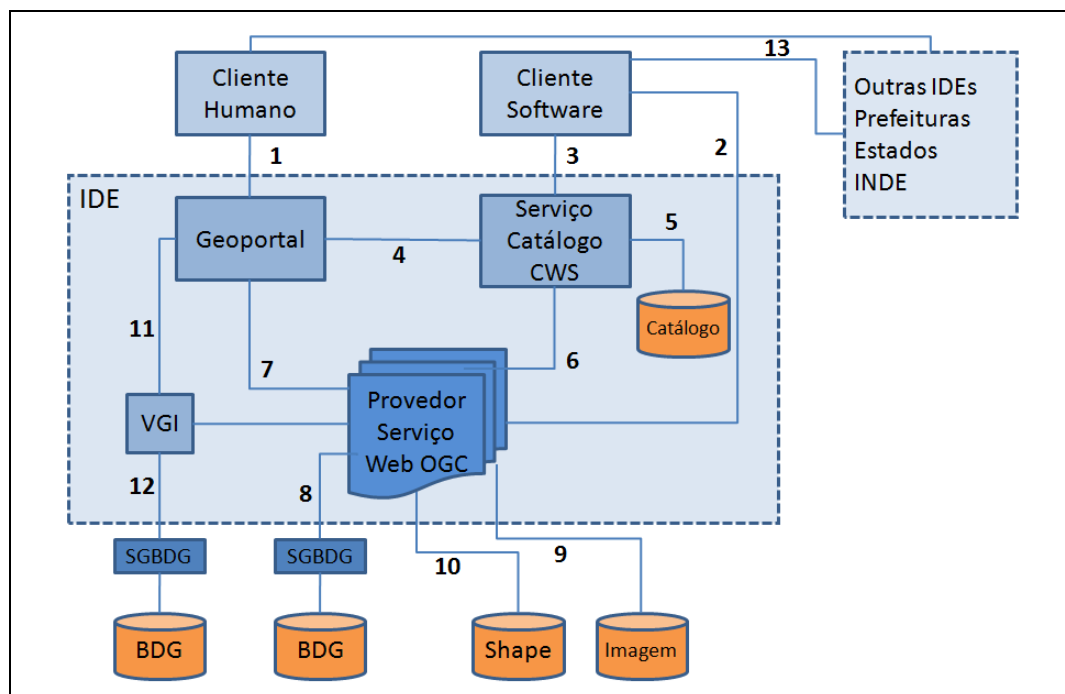


Figura 8 - Geoportais e IDE para uso local (Fonte: Castro et al., 2010)

1. O usuário faz uma pesquisa ao catálogo de metadados utilizando o geoportal.
2. Um *software* cliente externo à IDE (SIG ou um visualizador) pode solicitar dados diretamente ao provedor de serviço, utilizando o padrão de comunicação Web estabelecido pelo OGC, caso conheça os parâmetros de acesso aos serviços ou os tenha obtido anteriormente no serviço de catálogo (3).
3. É permitido também ao software cliente fazer buscas no serviço de catálogo, procurando um serviço, do qual ele ainda não conhece o endereço e parâmetros.
4. Para responder à solicitação gerada pelos clientes, o geoportal acessa o serviço de catálogo para buscar o dado desejado.
5. O serviço de catálogo acessa seu banco de dados para responder à consulta feita pelo cliente ou pelo geoportal.
6. Serviços disponíveis nos provedores precisam ser previamente registrados no catálogo de metadados.
7. O visualizador contido no geoportal acessa o provedor de serviço e permite a interação direta dos clientes, usando apenas um navegador.
8. Internamente o provedor de serviço acessa o banco de dados associado a ele sempre que é preciso publicar, atualizar ou inserir algum dado. Observe-se que o dado pode estar disponível de outras formas, como *shapefiles* (10) ou imagens (9); o gerenciador de banco de dados geográficos (SGBDG) não é obrigatório.
11. Outra opção dentro do geoportal é o acesso ao ambiente colaborativo geográfico, uma interface para um sistema de *volunteered geographic information* (VGI), que é usado para que cidadãos possam contribuir para a formação de acervos de dados de interesse local ou para se manifestar quanto a quaisquer aspectos do plano.
12. Internamente, o sistema VGI usa um SGBDG para registrar as contribuições recebidas. Um sistema de filtragem e de verificação da confiabilidade dos dados é acoplado ao VGI. O sistema colaborativo

pode acessar também o provedor de serviços Web, de modo a usar dados disponíveis como pano de fundo para apoiar a atividade de contribuição voluntária.

13. Da mesma forma que os clientes utilizam toda a estrutura da IDE do PDDI, podem também se conectar a outras IDEs que estejam em operação em prefeituras, governos estaduais ou a INDE.

Além da IDE, o PDDI propôs o desenvolvimento de uma biblioteca digital, como mostrado na Figura 9. De acordo com Plano Metropolitano RMBH (2010), essa é um sistema eletrônico complexo que ultrapassa as funcionalidades e serviços prestados pelas tradicionais bibliotecas físicas. Além de indexar e tornar disponível para pesquisa *online* características dos documentos, tais como autor, descrição e assunto, a biblioteca digital é capaz de fornecer o próprio conteúdo, como por exemplo, artigos no formato pdf e imagens, entre outros. Em relação aos principais exemplos de bibliotecas digitais, podemos citar a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), a Biblioteca Digital Brasileira em Computação (BDBComp), a Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e a Biblioteca Virtual em Saúde (BVS).

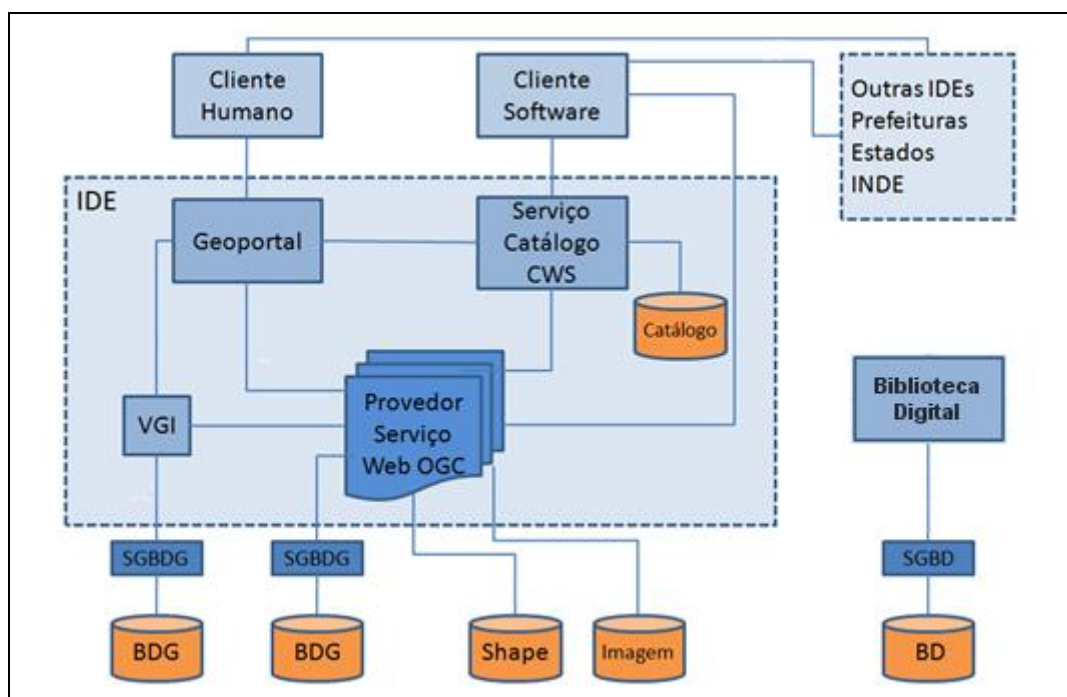


Figura 9 - Biblioteca digital do PDDI e a IDE (Fonte: adaptado de Castro et al., 2010)

A atual configuração da IDE é totalmente baseada em *software* livre. Isso permite, juntamente com o formato de serviços Web OGC, que o acesso ao dado seja possível de maneira independente da tecnologia que for adotada pelo cliente. Consegue-se, assim, promover a interoperabilidade com outras IDEs, bem como outros serviços via Web. Com isso, torna-se possível para o usuário, seja ele *expert* ou não, uma liberdade para escolher as ferramentas de trabalho com as quais pretende manipular os dados disponíveis na IDE, bastando que o *software* seja compatível com os padrões WFS, WMS ou WCS, por exemplo.

Atualmente, o banco de dados do projeto inclui 270 tabelas. A Tabela 1 apresenta alguns dos temas disponíveis. Ao final do projeto, cada tema ou grupo de temas estará inserido no catálogo de metadados e então poderá ser acessado através de serviços WMS, WFS ou WCS, de acordo com as características do dado.

**Tabela 1 - Lista parcial dos temas encontrados na base de dados da IDE
(Fonte: Castro et al., 2010).**

Grupo	Descrição	Fonte
Área de Proteção Permanente (APP)	Cursos D'água; Declividades; Topos de morro; Represas	IGAM
Dados MG e Brasil	Brasil UTM; MG Aeroportos; MG Ferrovias; Macro regiões; Meso regiões; Micro regiões; Rodovias;	Geominas
Geologia	Litologia CPRM milhão	CPRM
Hidrografia	Rede de drenagens; Bacias; Unidades de Planejamento	IGAM; IGA; Geominas
Limites	Estadual; Municipal e Metropolitano	Geominas; Prodemge
Mancha Urbana	Quadrilátero; 1991; 2002; Colar Metropolitano	Cartograma IGA; Codemig 2005
Projetos	Estrada real; Rodoanel	DER-MG; FIEMG - Instituto Estrada Real
Recursos Minerais	CPRM; DNPM pedidos de pesquisa	CPRM; DNPM
Sistema Viário	Estradas; Vias urbanas; Metrô	DER e Geominas; SIRUS; IGA
Transporte	Deslocamentos; Áreas homogêneas	FJP e Pesquisa OD 2002
Unidades de Desenvolvimento Humano (UDHs)	Unidades de Desenvolvimento Humano RMBH	FJP
Unidades de Conservação	Zona de amortecimento; Uso sustentável; Unidades de conservação	IEF

Acoplado ao geoportal da IDE do PDDI, está disponível um visualizador capaz de exibir os dados geoespaciais armazenados na IDE, assim como os dados que provêm de outras IDEs. Esse visualizador já na sua primeira versão é capaz de exibir dados provenientes de outras IDEs que utilizam a padronização dos seus serviços no formato OGC.

5. Geoprocessamento no PDDI – Implementação e resultados parciais

Segundo Moura (2003), a informação organizada, correta e disponível de forma ágil é um recurso estratégico e indispensável para tomar decisões adequadas e em tempo hábil. Nesse contexto, o Geoprocessamento é importante ferramenta de gestão, pois é um conjunto de tecnologias para processamento da informação cuja localização geográfica é uma característica inerente, indispensável para análise.

A autora (op. cit) explica que o termo Geoprocessamento, surgido do sentido de processamento de dados georreferenciados, significa implantar um processo que traga um progresso, um andar avante, na grafia ou representação da Terra. Não é somente representar, mas é montar um sistema e associar a esse ato um novo olhar sobre o espaço, um ganho de conhecimento, que é a informação.

Um sistema de geoprocessamento pode, ainda, dar apoio à pesquisa desde a etapa da elaboração da base de dados até a etapa de construção de diagnósticos e prognósticos. Na etapa da estruturação de bases cartográficas são aceitáveis até aplicativos de CAD (*Computer Aided Design*), pois a função é apenas a representação gráfica e georreferenciadas das informações. Na etapa de caracterização inicial de fenômenos podem ser adotados aplicativos da linha *Desktop Mapping* cujo objetivo é associar tabelas a elementos cartográficos e responder a duas perguntas fundamentais: “em tal local, qual é a característica” e “tal característica, onde está localizada”. Contudo, para se elaborar análises espaciais mais complexas, através da aplicação de modelos com vistas a gerar novas informações mais do que recuperá-las em um banco de dados, trazendo ganho de conhecimento aos estudos, é fundamental que

sejam adotados aplicativos da linha SIG com o emprego de modelos baseados em álgebra de mapas (Moura, op. cit.).

Os Sistemas Informativos Geográficos, ao buscarem formas de trabalhar com relações espaciais e lógicas, tendem a evoluir do descritivo para o prognóstico. Como um sistema, é um conjunto de partes que interagem; que não estão somente agregadas, mas sim correlacionadas. Em lugar de simplesmente descrever elementos ou fatos, podem traçar cenários, simulações de fenômenos com base em tendências observadas ou julgamentos de condições estabelecidas, de modo a produzir informações espacializadas antes não perceptíveis Moura (2003).

Observa-se hoje, uma grande difusão do SIG na produção de inventários e apoio à prática do planejamento, uma vez que permite a definição física e a análise quantitativa dos componentes ambientais, mesmo análises qualitativas, atribuindo pesos às características identificadas dentro de uma escala de valores estabelecida. Tem-se tornado o principal instrumento de planejamento de exploração mineral e gestão da recuperação ambiental por possibilitar um retrato mais fiel da complexidade e permitir a integração de análises por disciplinas diversas.

O Geoprocessamento tem papel significativo na nova visão de gestão da ocupação antrópica, sobretudo no que se refere à gestão de dados de patrimônio cultural, composto pelos recursos ambientais e históricos. A informação organizada, correta e disponível de forma ágil é um recurso estratégico e indispensável para tomar decisões adequadas e em tempo hábil. Nesse contexto, o Geoprocessamento é importante ferramenta de gestão, pois é um conjunto de tecnologias para processamento da informação, cuja localização geográfica é uma característica inerente, indispensável para análise.

5.1. Etapas da organização e utilização de um SIG previstas para o PDDI

1. Definição dos objetivos no uso do sistema – entrevistas junto aos dirigentes de área para identificação das aplicações desejadas, perguntas a serem respondidas e definição da coleção de dados;

2. Organização da base de dados alfanumérica (tabelas) e cartográfica (mapas):

- mapas analógicos ou digitais;
- incorporação de dados resultantes de observação de campo;
- imagens de sensoriamento remoto;
- dados alfanuméricos (tabelas);
- produtos destinados à comunicação da informação;

3. Organização do SIG:

- Georreferenciamento de toda a coleção de dados;
- Associação de produtos cartográficos a alfanuméricos;
- Implementação do sistema de gerenciamento de dados;
- Estruturação das variáveis em superfícies potenciais matriciais;
- Estudo de modelos de análise espacial adequados aos objetivos de cada setor;

4. Construção de análises:

- Estudos de correlações de variáveis e procedimentos heurísticos de combinação de superfícies potenciais;
- Estudos de evolução temporal;
- Estudos de área de influência de fenômenos de interesse
- Estruturação da Árvore de Decisões e aplicação de modelo de Análise de Multicritérios;

5. Calibração do sistema:

- A partir de análise dos produtos obtidos por procedimentos de conhecimento especialista e de procedimentos heurísticos cotejar os resultados obtidos à realidade existente e calibrar e validar resultados;

6. Apoio à tomada de decisões:

- Os produtos apresentados pelo Geoprocessamento serão relacionados à espacialização de variáveis e fenômenos e à elaboração de mapas de potencialidades e limitações de cada eixo de estudo.

- Uma vez apresentados estes produtos, podem ser elaborados relatórios e propostas de intervenção, manejo e restrições.

5.2. Atividades realizadas nesta etapa e ajustes metodológicos

1. Definição dos objetivos no uso do sistema.

Foram realizados encontros com todas as equipes com o objetivo de identificar as demandas e orientar sobre como deveriam estruturar a coleção de dados com vistas ao emprego em Sistemas de Informações Geográficas e análise espacial. Mediante o conhecimento das expectativas foi realizada a estruturação de coleção de dados básicos que seriam do interesse de todo o grupo.

Visando a difusão dos princípios e potencialidades no emprego das geotecnologias, realizada apresentação em reunião de trabalho de todo o grupo sobre o estado da arte do geoprocessamento através de estudos de casos de aplicação de modelos de análise espacial, para que as equipes visualizassem possibilidades de colaboração do geoprocessamento no apoio à tomada de decisões.

2. Organização da base de dados alfanumérica (tabelas) e cartográfica (mapas):

- mapas analógicos ou digitais;
- incorporação de dados resultantes de conhecimento de campo;
- imagens de sensoriamento remoto;
- dados alfanuméricos (tabelas);
- produtos destinados à comunicação da informação.

A base cartográfica estruturada para o projeto já é bastante extensa e de boa qualidade. Todas as camadas de informação precisaram ser trabalhadas pela equipe do geoprocessamento, pois muitas vezes há uma

longa distância entre a existência e a disponibilidade do dado e a sua condição de uso. Mesmo as camadas de informação que chegaram como “prontas para o uso” foram submetidas a detalhados processos de correção. Sobre este trabalho de grande envolvimento apresentamos a descrição na próxima seção, assim como a relação de camadas geradas e os trabalhos executados para suas correções.

3. Organização do SIG:

Foram cumpridas as etapas:

- Georreferenciamento de toda a coleção de dados;
- Associação de produtos cartográficos a alfanuméricos;

Os dados estruturados em SIG – Sistemas de Informações Geográficas foram organizados em formato shapefile e geotiff, que podem ser utilizados em muitos *softwares* de geoprocessamento, uma vez que eles têm sido considerados formatos de intercâmbio entre aplicativos. Estes formatos podem ser utilizados nos softwares ArcView, Geomedia ou Mapinfo, mas podem também ser utilizados nos *softwares* livres Spring e TerraView. Para as equipes que não têm familiaridade com o geoprocessamento foram disponibilizados mapas já compostos para visualização, com combinação de camadas de informação, em formato PDF.

5.3. Tratamento dos dados cartográficos e alfanuméricos

As ciências espaciais encontram-se em uma fase em que os recursos disponíveis para as análises e interpretações apresentam grande avanço, tornando-se a tônica das pesquisas hoje realizadas. Contudo, observa-se a supervalorização dos meios em detrimento dos fins, e pouca preocupação com a metodologia de trabalho adotada e, principalmente, com a adequação do pensamento científico às tendências e exigências da era contemporânea. Mesmo com a expressiva difusão dos SIGs, observa-se o uso de novas ferramentas, mas a aplicação de um pensamento já ultrapassado de visão estanque das variáveis, perdendo a oportunidade de dar um passo a mais na busca de correlações de variáveis para melhor caracterização da realidade espacial.

Em uma época em que os dados digitais são amplamente distribuídos e que os veículos de comunicação tornaram o acesso às informações muito facilitado, é fundamental verificar a qualidade destes dados, para que eles de fato resultem em produção de informação e nos deem condições de caracterizar a complexidade espacial dos territórios em estudo. A coleção de dados hoje disponível é, na verdade, um labirinto de informações que muitas vezes não significa ganho de conhecimento nas análises espaciais. Muitos sistemas são, na verdade, “bando de dados” e não “banco de dados”.

Portanto, é fundamental evitar os perigos da falta de conhecimento sobre a qualidade e veracidade dos dados, com destaque para os aspectos que foram verificados e ajustados pela equipe:

- Verificação da fonte (autoria, data de elaboração e descritivos dos dados)
- Verificação da escala da fonte e avaliação das aplicabilidades em função de suas limitações

- Conversão e ajustes de dados em estrutura CAD para a lógica e estrutura SIG
- Correção de sistema de projeções e coordenadas
- Correção do georreferenciamento
- Verificação da metodologia empregada na construção do produto digital
- Ajuste e associação de tabelas de atributos (dados alfanuméricos)
- Correção topológica dos dados cartográficos
- Composição de diferentes formatos de distribuição dos dados com vistas a atender a diferentes usuários

Como seria natural, ainda é muito comum a existência de coleções de dados urbanos em formato CAD. Não obstante a riqueza gráfica que se pode obter em uma representação CAD, há como limitação a ausência de modelos de representação da Terra, pois os dados são georreferenciados em coordenadas planas, partindo do princípio de que a Terra não apresenta curvatura, o que é suficiente para uma extensão territorial restrita, adequada aos limites da Região Metropolitana e seu colar. Não é possível, por exemplo, trabalhar em CAD segundo coordenadas geográficas e elaborando mapas que cubram todo o território mineiro, a não ser que eles sejam croquis e não mapas, pois são ignorados os efeitos da curvatura da Terra, o que impede medições, entre outras conseqüências.

Destaca-se que o risco de se trabalhar com arquivos CAD é o fato de que uma representação de uma superfície curva como a Terra exige a adoção modelos que, por sua vez, são a adoção de elipsóides e seus respectivos *data*. Em Minas Gerais encontramos dados elaborados a partir dos elipsóides SAD-69 com *datum* em Chuá, elipsóide de Hayford com *datum* em Córrego Alegre e com o elipsóide WGS84, sobretudo quando os dados são capturados por GPS (*Global Positioning System*). Como os aplicativos CAD não realizam conversão de projeções e coordenadas, há o risco do manuseio de dados oriundos de

representações em diferentes *datums* sem que o usuário tenha condições de verificar este erro.

Outra limitação dos arquivos CAD é a falta de associação a dados alfanuméricos, o que significa que não são associados atributos de informações aos elementos gráficos. Foram muitos os trabalhos de associação de tabelas e ajustes destas tabelas para tornar possíveis as consultas, a composição de mapas temáticos e a combinação de variáveis e informações.

Contudo, o principal problema dos dados oriundos de formatos CAD está relacionado às questões topológicas. Por pensar a representação espacial como desenho, sem conhecimento de suas utilizações futuras, é comum observarmos os erros e termos que realizar suas necessárias correções:

- toponímia (textos) compondo camadas de dados como primitivas gráficas, o que traz sérias conseqüências para processos de análise espacial, uma vez que o texto não é uma variável suscetível a processos de análise. O tratamento significa a separação destas camadas ou elementos e a criação de tabelas com esses dados, associadas às primitivas gráficas, para a realização de consultas.

- correção geométrica de linhas e polígonos, pois muitas vezes um desenho com vistas à visualização pode representar uma área com uma linha aberta, mas que não forma, de fato, uma superfície fechada; assim como podem acontecer duplicação ou incongruência de fronteiras, entre outros erros topológicos. A correção topológica de grande número das variáveis mapeadas foi a mais trabalhosa atividade realizada, com ênfase para a correção dos polígonos de setores censitários, correção de fronteiras entre unidades territoriais mapeadas, entre outros.

- ajustes de escalas, pois alguns dados são compostos por diferentes fontes que apresentam diferentes escalas. Devido a complexidade dos olhares que irão compor o PDDI, há diferentes escalas de integração dos dados, o que exigiu não só ajustes nesta etapa, como irá definir algumas restrições na etapa de cruzamento dos dados.

- ajustes no modo de representação dos dados, pois os mesmos em formato CAD ainda são elaborados muito dentro da lógica de “desenho” e não de “informação espacial”. Como consequência ocorre, por exemplo, representação de rios com linhas duplas e na forma de poligonais, como se fossem dois elementos gráficos distintos. Sendo assim, necessário realizar correções de geração de polígonos, geração de eixos, construção de faixas de domínio (buffers), entre outros procedimentos.

As correções descritas foram mais visíveis em arquivos CAD, mas podemos afirmar que a maioria das camadas de variáveis trabalhadas, ainda que oriundas de SIGs, precisaram passar por ajustes de sistemas de projeções e coordenadas, associação de novas tabelas, correção topológica, ajustes de escalas e ajustes no modo de representação dos dados. Mesmo a imagem de satélite precisou ser corrigida, por novo georreferenciamento com adoção de expressiva coleção de pontos de controle.

É apresentada, a seguir, a relação de camadas de variáveis estruturadas.

5.4. Camadas de dados geoespaciais trabalhadas para estruturação da coleção de dados

- Solos

Fonte: GEOMINAS, escala 1:1.000.000, disponível em: www.geominas.mg.gov.br

Seria interessante conseguirmos mapa em escala de melhor detalhe, mas não existe para toda a área da RMBH e Colar Metropolitano. Assim, as interpretações desta variável e seus cruzamentos com as demais informações resultarão em visão macro da questão.

- Topografia

- CurvasNível e PontosCotados: GEOMINAS, Fonte do Projeto Geominas, que por sua vez teve como fonte mapas IBGE. Obtidos através da Prodemge.

Escalas: 1:100.000 mapas 2533, 2536, 2495, 2496, 2497, 2498 e 1:50.000 mapas 2571, 2572, 2573, 2574, 2534, 2535. A diferença de escalas resulta em variação perceptível nos mapeamentos topográficos e nos cálculos de declividades. Contudo, as escalas de pior resolução estão concentradas no Colar Metropolitano, de modo que a RMBH apresenta boa representação desta variável.

- Altimetria – Fonte curvas de nível e pontos cotados: GEOMINAS, trabalhados para resolução de 25 metros

Trabalhos da equipe: construção de modelo digital de elevação, fatiamento e simbolização, escolha do tratamento gráfico da informação e estudos sobre a resolução espacial.

- Declividades – Fonte curvas de nível e pontos cotados: GEOMINAS, trabalhados para resolução de 25 metros

Trabalhos da equipe: construção de modelo digital de elevação, fatiamento e simbolização, escolha do tratamento gráfico da informação e estudos sobre a resolução espacial.

- Hidrografia

- Rios_CRMBH- Rios até a área do Colar Metropolitano - Fonte: IGAM
escala 1:50.000 disponível em
<http://www.igam.mg.gov.br/geoprocessamento/downloads>

Trabalhos da equipe: correção topológica das primitivas gráficas e estudos de tratamento gráfico da informação.

- Represas_CRMBH- Represas até a área do Colar Metropolitano -
Fonte: IGAM escala 1:50.000 disponível em
<http://www.igam.mg.gov.br/geoprocessamento/downloads>

- Rios_RMBH – Rios até a área da RMBH - Fonte: Cartograma IGA gerado para o projeto do Rodo-Anel, 2002, escala 1:50.000, original em Autocad

Trabalhos da equipe: conversão de formatos e estudos de correção topológica das primitivas gráficas. Foi necessário extensivo trabalho de ajuste, uma vez que as representações existentes objetivavam visualização e não o emprego em Sistemas de Informações Geográficas. As questões relativas a estas correções foram comentadas no item anterior.

- Represas_RMBH – Represas até a área da RMBH - Fonte: Cartograma IGA gerado para o projeto do Rodo-Anel, 2002, escala 1:50.000, original em Autocad

Trabalhos da equipe: conversão de formatos.

- Bacias Nível 6 – Bacias Federais Nível 6 – Fonte: ANA, disponibilizadas pelo IGAM – escala 1:50.000 disponível em <http://www.igam.mg.gov.br/geoprocessamento/downloads>

Trabalho da equipe: conversão de projeções e coordenadas.

- Unidades de Planejamento – Fonte: IGAM – escala 1:50.000 disponível em <http://www.igam.mg.gov.br/geoprocessamento/downloads>

Trabalho da equipe: conversão de projeções e coordenadas.

- Rede de Drenagem Fonte: GEOMINAS, Fonte do Geominas: mapas IBGE.

Escalas: 1:100.000 mapas 2533, 2536, 2495, 2496, 2497, 2498 e 1:50.000 mapas 2571, 2572, 2573, 2574, 2534, 2535. A diferença de escalas resulta em variação perceptível nos mapeamentos da rede de drenagem, sobretudo na densidade de canaletas. Contudo, as escalas de pior resolução estão concentradas no Colar Metropolitano, de modo que a RMBH apresenta boa representação desta variável.

Trabalhos da equipe: conversão de projeções e coordenadas e mosaicagem da coleção.

- Unidades de Conservação

- Mapeia separadamente UCs Combio, UCs Biosfera do Espinhaço, Uso Sustentável, Proteção Integral e Zona de Amortecimento. – Fonte: IEF Apresenta também uma camada elaborada com a soma de todas as tipologias.

Trabalho da equipe: integração das diferentes camadas e simbolização do conjunto.

- Referências cartográficas

- Série IBGE - Relação das cartas do IBGE usadas na área de trabalho.
Disponível em: www.geominas.mg.gov.br

- Retângulo de Trabalho – área de recorte dos mapeamentos, definida pela equipe como o retângulo de envolvimento que cobre toda a RMBH e Colar Metropolitano.

- APP – Áreas de Preservação Permanente

- Topo de Morro – Metodologia testada e proposta pela equipe do geoprocessamento (Moura e Magalhães) – fatiamento do conjunto de curvas de nível da região segundo a integração de subbacias nível 6 do IGAM, seguido de identificação do último terço do relevo em cada subbacia e recorte do topo de morro. Escala 1:50.000.

- Declividade acima de 30% - Trabalho desenvolvido a partir dos dados de topografia (fontes citadas).

- Faixas de domínio de cursos d'água: cursos de menor porte a faixa foi de 30 metros e de maior porte foi de 50 metros (não foram identificados rios de largura maior que 100 metros, que exigiriam faixa de 100 metros). Trabalho desenvolvido a partir dos dados de hidrografia (fontes citadas) e mediante extensivas ações de correção topológica e ajuste dos rios para uso em SIGs e análise espacial.

Rios_RMBH_Buffer30.shp

Rios_RMBH_Buffer50.shp

Rios_CRMBH_Buffer50.shp

Represas_RMBH_Buffer100.shp

Represas_CRMBH_Buffer100.shp

- Cabeceiras – raio de 50 metros. Desenvolvido a partir dos dados de hidrografia (fontes citadas).

- Geologia

Fonte: CPRM, escala 1:1.000.000. Disponível em:
<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>

Trabalho de conversão de projeções e coordenadas e edição de legendas.

Estão disponíveis dados em escala muito superior, elaborados pelo projeto de mapeamento do Quadrilátero Ferrífero pela CODEMIG (Codemig 2005 – Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero, escala 1:50.000), mas o referido projeto não cobriu toda a RMBH, de modo que tivemos que adotar a escala apresentada pelo mapeamento da CPRM. Contudo, observamos que o detalhamento é suficiente para a identificação de áreas propícias ou de risco à ocupação urbana do ponto de vista geológico.

- Setores Censitários

- Bases Urbanas – Fonte: IBGE, escala 1:5.000 ou 1:10.000. Cerca de um quarto dos municípios já apresentavam os desenhos de setores censitários urbanos disponíveis no site do IBGE. Para os demais foi necessário vetorização a partir de mapas em pdf do IBGE. Para os desenhos já prontos, disponíveis em:

ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais/

Trabalho da equipe: georreferenciamento de mapas e vetorização de grande parte dos setores censitários urbanos, mosaicagem da coleção de setores urbanos, correção topológica das fronteiras.

- Bases Rurais- Fonte: IBGE, escala 1:250.000 disponível em:

ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais/

Devido à grande diferença de escalas entre as bases urbanas e a base rural foi necessário extenso trabalho de correção do conjunto, realizando ajustes entre setores de municípios vizinhos, ajustes no encaixe do rural e urbano e separação dos setores urbanos no conjunto do rural (para se optar pela melhor escala).

Uma vez somados os setores rurais e urbanos foi composto o SC_Totais. A ele foram associadas as tabelas do IBGE, Censo de 2000, que permitem fazer consultas temáticas. As tabelas foram: básico, domicílio, morador, pessoa1, pessoa2, pessoa3, pessoa5, pessoa6, pessoa7, instrução1, instrução2, instrução3, instrução4, instrução5, instrução6. Execução de verificação de associação entre setores censitários e tabelas do IBGE.

- Recursos Minerais

- DNPM Pedidos de Pesquisa – Fonte: DNPM, disponível em:

<http://sigmine.dnpm.gov.br/>

- CPRM Recursos Minerais – Fonte: CPRM, disponível em

<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>

- Mancha Urbana

- Mancha Urbana 1991 – Fonte: Cartograma IGA gerado para o projeto do Rodo-Anel, 2002, escala 1:50.000, original em Autocad

- Mancha Urbana 2002 IGA – Fonte: Cartograma IGA gerado para o projeto do Rodo-Anel, 2002, escala 1:50.000, original em Autocad

- Mancha Urbana Colar 2002 – Vetorizado pela equipe de geoprocessamento a partir de imagem Landsat de 2002, com resolução de 15 metros (fusão da banda pan). Escala 1:50.000.

- Mancha Urbana Quadrilátero Codemig 2005 – Fonte: CODEMIG, CD “Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero”, escala 1:50.000

- Transporte
 - AreasHomogeneas_Indices - Fonte: FJP e Pesquisa OD 2002, organizados por ETG-UFMG
 - Deslocamentos – Fonte: FJP e Pesquisa OD 2002, organizados por ETG-UFMG

- Imagem de Satélite
 - Landsat 2002 – Resolução de 15m devido à fusão com a banda pancromática. Fonte: trabalhada inicialmente pela SEMAD e retrabalhada pela equipe, em trabalho de correção do georreferenciamento por expressiva coleção de pontos de controle.

- Dados MG e Brasil
 - Rodovias Principais
 - Rodovias Federais
 - Ferrovias
 - MG Macrorregiões
 - MG Mesorregiões
 - MG Microrregiões
 - MG Regiões Administrativas
 - Contorno MG
 - Brasil_UTM
 - MacroSP – macrorregião polarizada por SP
 - MacroRJ – macrorregião polarizada pelo RJ
 - MacroBH – macrorregião polarizada por BH
 - MacroCO – macrorregião polarizada pelo CO
 - Brasil_Cid50a100mil_hab
 - Brasil_Cid100a500mil_hab
 - Brasil_CidMais500mil_hab
 - MG Aeroportos
 - MG SedesMun96

- MG Ferrovias

Todas as camadas Fonte: GEOMINAS, escala 1:1.000.000, disponível em: www.geominas.mg.gov.br. Realização de conversão de projeções e coordenadas.

- Referências Espaciais

Destaque de pontos notáveis através de seleção de sedes de interesse e criação de camadas a partir de pesquisa:

- Universidades – coleta de dados realizada pela equipe de geoprocessamento.

- Grandes equipamentos – mapeamento realizado pela equipe do geoprocessamento através de consulta espacial no GoogleMaps

- BH Bus – mapeamento realizado pela equipe do geoprocessamento através de consulta ao site da BHBUS – Transfácil

- IDH Baixo (a partir de trabalho do Japão)

- Inhotim – mapeamento realizado pela equipe do geoprocessamento através de consulta espacial no GoogleMaps

- Centro Administrativo – mapeamento realizado pela equipe do geoprocessamento através de consulta espacial no GoogleMaps

- Distritos RMBH – pontos de distritos. Fonte: GEOMINAS, escala 1:1.000.000, disponível em: www.geominas.mg.gov.br.

- Sedes RMBH – pontos de sedes. Fonte: GEOMINAS, escala 1:1.000.000, disponível em: www.geominas.mg.gov.br

-ETEs – estações de tratamento de esgotos – Fonte: Cartograma IGA gerado para o projeto do Rodo-Anel, 2002, escala 1:50.000, original em Autocad

- Limites

- Contorno-COLAR-RMBH – região do Colar Metropolitano em baixa resolução (escala 1:250.000) elaborado a partir de dados GEOMINAS

- Contorno-RMBH – área da RMBH em baixa resolução (escala 1:250.000) elaborado a partir de dados GEOMINAS
- Municípios_COLARM – municípios do Colar Metropolitano em escala 1:50.000 – Fonte: Prodemge
- Municípios_RMBH – municípios da RMBH em escala 1:50.000 – Fonte: Prodemge.
- LimiteRMBH-Detalhado – área da RMBH em alta resolução (escala 1:50.000) elaborado através de processos topológicos de soma de polígonos de municípios, originalmente cedidos pela Prodemge.

- Arruamento

- Rodovias – separadas pelos tipos municipal, estadual e federal. Fonte: DER-MG. Trabalhos de correção topológica e preenchimento de tabela com o nome das rodovias.
- Ferrovias - Escalas: 1:100.000 mapas 2533, 2536, 2495, 2496, 2497, 2498 e 1:50.000 mapas 2571, 2572, 2573, 2574, 2534, 2535.
- Metrô – linha existente e linhas previstas - Fonte: Cartograma IGA gerado para o projeto do Rodo-Anel, 2002, escala 1:50.000, original em Autocad
- Vias Urbanas – Fonte: SIRUS. Trabalho de mosaicagem de municípios, conversão de formatos e conversão de projeções e coordenadas.

- UDH

Trabalho de ajustes topológicos das fronteiras entre os setores espaciais.

- Macrozoneamento dos Planos Diretores Municipais

Fonte: Rede SIRUS. Trabalho de associação de tabelas a partir das informações de compatibilização fornecidas pela SEDRU. A compatibilização recebida significa a classificação das várias tipologias

propostas pelos Planos Diretores Municipais, ou seja, a identificação do que têm em comum e agrupamento em classes.

No estudo de caso do PDDI uma das etapas mais importantes no desenvolvimento da IDE foi a construção da base de dados geoespaciais dos municípios constituintes, pelo setor de geoprocessamento do projeto. No próximo capítulo retratamos os esforços de conversão e inclusão dos dados para o banco escolhido o PostgreSQL com sua extensão espacial PostGIS.

6. Inserção dos dados geoespaciais na IDE

A informação geográfica em meio digital tem potencial para funcionar como ponto de união entre dados provenientes de diferentes organizações, integrando-os com base na localização geográfica. Esse potencial de integração, que sempre foi considerado um ponto forte da tecnologia SIG, só se viabiliza com eficiência se usuários e aplicações puderem acessar os dados de forma independente da tecnologia adotada para sua construção (Davis, 2010) e também se estes dados forem bastante consistentes, retratando a realidade de forma verdadeira.

E para que estes dados se tornem consistentes e independentes, habilitando assim os pontos de união entre eles, precisam passar por outras fases de lapidação. Sendo assim, após o enorme esforço de catalogação e ajustes dos dados pela equipe de geoprocessamento do PDDI, surge a necessidade de inclusão dos mesmos no banco espacial escolhido como o repositório. Conseqüentemente, para o carregamento dos arquivos *shape* no PostgreSQL, foi preciso a padronização de todos os nomes de arquivos como, por exemplo, a retirada da acentuação e a classificação deles de acordo com os seus temas. Para acelerar a importação dos dados, nos casos onde foi possível, utilizou-se a ferramenta SPIT, contida no *software* Quantum GIS, que é um sistema de informação geográfica (SIG) de código livre. Com esta ferramenta é possível carregar vários arquivos *shape*, de forma mais automatizada, desde que o tipo do dado seja conhecido. Na Figura 10 podemos ver que o arquivo "Rios_RMBH.shp" não teve o seu tipo devidamente classificado pela ferramenta, já para o outro arquivo foi classificado como multipolígono, facilitando assim a sua importação. Em casos como os do "Rios_RMBH.shp", em que a ferramenta não conseguiu identificar o tipo de objeto utilizado, precisou-se utilizar a de importação, do próprio PostGIS, chamada de "shp2sql". O uso desta é de certa forma, mais manual e trabalhosa do que a ferramenta Spit, disponível no QuantumGIS.

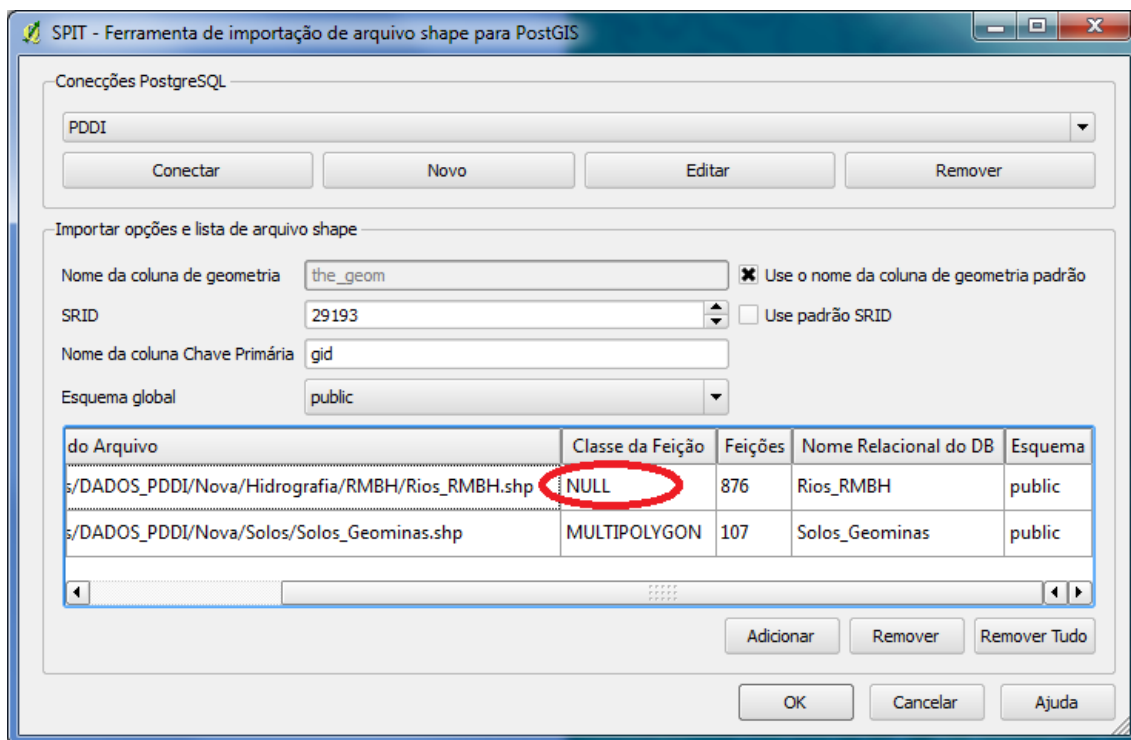


Figura 10 -SPIT - Ferramenta de importação para PostGIS

Os objetos que eram classificados de maneira correta pelas ferramentas, citadas anteriormente, necessariamente passavam por uma fase de verificação quanto à integridade dos seus dados. Para isso, objetos desenhados na forma de linha, por exemplo, eram verificados se continham no mínimo dois pontos, início e fim. Para os polígonos, foi necessário verificar se eram fechados, ou seja, se o início e o fim espacialmente eram os mesmos pontos.

Em alguns casos, mesmo após uma busca detalhada por erros nas bases de dados, foram encontrados alguns problemas de integridade, por exemplo, no caso dos dados que retratavam as represas da região metropolitana. Dentre os vários multipolígonos existentes nesta feição encontramos uma linha solitária, o que resultou em erro na inserção deste dado no banco. Este erro, particularmente, foi o mais difícil de ser corrigido, pela natureza da própria camada.

Esta verificação da integridade dos dados poderia ter sido desabilitada na inserção dos dados no banco, mas por uma questão de qualidade dos mesmos, escolhemos fazê-la à medida que inseríamos os objetos no banco.

Após finalizarmos o devido carregamento dos dados no banco geoespacial é necessário iniciar a etapa de publicação dos objetos na *Web* através do software Geoserver, como pode ser visto na Figura 11.

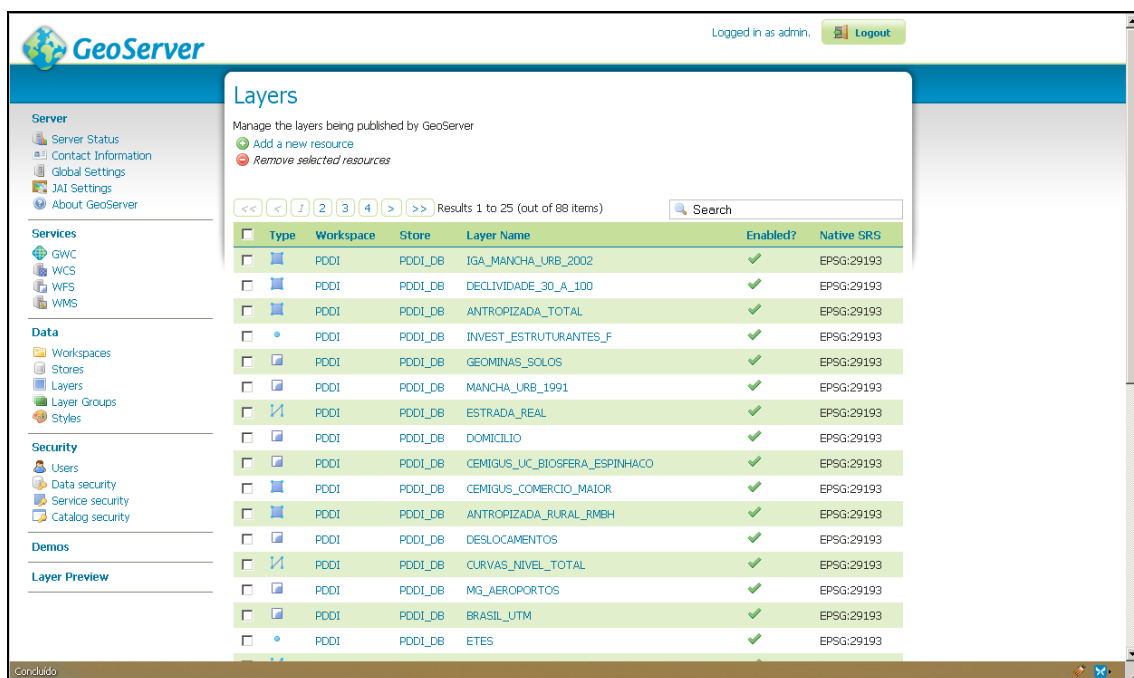


Figura 11 - Inserção das camadas no Geoserver

6.1. Testes com usuários

A execução de testes com pessoas que, de certa forma, têm contato com dados geoespaciais foi a última etapa prevista para se validar todo o conjunto de *softwares*, tendo como função identificar situações críticas na sua utilização. O propósito desses testes é proporcionar um meio de verificar componentes individuais no sistema propostos por grupos de usuários finais e, assim, sistematizar uma média de consensos para verificar se é possível criar um aplicativo comunicável e acessível ao maior número de usuários. Existem diversas abordagens que são utilizadas para avaliar os erros em componentes específicos de um sistema, tais como entrada de dados, passagem de parâmetros, funcionamento da interface, entre outros (Sommerville, 2000).

Santana (2009), defende que quando se trata de *softwares* aplicados à cartografia, são poucos os estudos sobre testes de comunicabilidade e usabilidade que fazem uso da prática de avaliação do usuário. Sendo assim, para a avaliação do visualizador no estudo de caso analisado, foram utilizadas as mesmas técnicas usadas pela autora, em seu estudo de comunicabilidade em WebGIS.

Para se iniciar os testes é preciso definir a primeira fase, quando são traçados os objetivos e funções do mesmo. Nesse trabalho tem-se como objetivo avaliar dois itens do visualizador: a interpretação da simbolização dos mapas e dos controles interativos (comunicabilidade), e a eficiência do *software* (usabilidade). Como a estruturação dos servidores do PDDI com os seus *softwares* ainda não está totalmente concebida e não há previsões, o terceiro item, que avaliaria as limitações dessa infraestrutura, perde o sentido, pois os testes serão realizados localmente em um notebook, não utilizando a estrutura prevista pelo plano, sendo assim não será realizada.

Na segunda fase é importante definir as questões que se objetiva responder com esses testes:

- O uso do *software* necessita de algum treinamento ou experiência prévia?
- Os usuários veem o uso do visualizador como uma melhoria em relação aos mapas tradicionais?
- Que mudanças devem ser realizadas no visualizador?
- O aplicativo está comunicável?
- O aplicativo está acessível em termos de usabilidade?
- O usuário intermediário terá um ganho de conhecimento em conceitos cartográficos ao ponto de poder se tornar um usuário avançado, ou seja: os usuários poderão mudar de padrão de conhecimento com o incentivo do aplicativo?

Para a fase final foi estabelecida uma lista de tarefas a serem executadas pelos participantes, que é mostrada na Tabela 2, para se conseguir chegar às respostas esperadas. Cada atividade colocada no teste possui relação particular com uma tarefa específica implementada no visualizador.

Tabela 2 - Lista de tarefas do teste.

ID	Lista de tarefas
1	Utilize a ferramenta de zoom de retângulo para achar a lagoa da Pampulha em BH.
2	Clique em algum ponto dentro da lagoa para descobrir sua descrição.
3	Pegue a ferramenta do pan e verifique o aeroporto da pampulha ao lado da lagoa.
4	Dê um zoom menos para ver uma extensão maior do mapa.
5	Pegue a ferramenta de régua e meça quantos metros tem a pista do aeroporto da Pampulha.
6	Pegue a ferramenta de medir área para ver quantos quilômetros quadrados tem a área da lagoa da Pampulha.
7	Peça para ver o mapa inteiro na ferramenta de "Zoom máximo".
8	Acrescente mais uma camada do PDDI, através do botão adicionar, chamada "Metro_linha2".
9	Troque o estilo das cores da legenda na camada adicionada clicando duas vezes sobre a mesma.
10	Habilite todas as camadas do PDDI presentes no controle de layer.
11	Remova a camada Municípios RMBH.

Além da execução da tarefa o usuário ainda deveria acrescentar informações de classificação quanto a uma expressão de comunicabilidade. Abaixo é descrito o conjunto de expressões de comunicabilidade disponível para escolha

do usuário, de acordo com Prates et al. (2003), seus significados e algumas ações de interface que caracterizam cada uma delas.

- Cadê? - Ocorre quando o usuário sabe a operação que deseja executar, mas não a encontra de imediato na interface. Um sintoma freqüente é abrir e fechar menus e submenus e passar com o cursor de mouse sobre botões, inspecionando diversos elementos de interface sem ativá-los.
- E agora? – O usuário não sabe o que fazer e procura descobrir o seu próximo passo. Os sintomas incluem vagar com o cursor do mouse sobre a tela e inspecionar os menus de forma aleatória ou sequencial.
- Ok feito – O usuário consegue realizar a tarefa sem nenhuma dificuldade.
- Por que não funciona? – A operação efetuada não produz o resultado esperado, mas o usuário não entende ou não se conforma com o fato. O sintoma típico consiste em o usuário repetir a ação.
- O que houve? - O usuário não percebe ou não entende a resposta dada pelo sistema para a sua ação. Os sintomas típicos incluem repetir a ação, buscar uma forma alternativa de alcançar o resultado esperado ou procurar um help que o auxilie na execução da tarefa.
- Para mim está bom - Ocorre quando o usuário acha equivocadamente que concluiu uma tarefa com sucesso. O sintoma típico é encerrar a tarefa e indicar na entrevista ou no questionário pós-teste que a mesma foi realizada com sucesso.

A realização dos testes foi adaptada principalmente em decorrência do tempo disponível para a sua realização. Outro fator importante foi a adequação para a realidade do projeto. Esses testes foram desenvolvidos a partir das técnicas apresentadas por Prates et al. (2003).

6.2. Usuários

Após a definição do roteiro dos testes, os usuários foram convocados para a sua realização. Tais usuários são pessoas que não estão ligadas diretamente com o projeto PDDI, o que nos deu respostas mais confiáveis, de certa forma, pois não tiveram contato prévio com o visualizador antes dos testes. A idéia inicial seria aproveitar o servidor da IDE do próprio PDDI, como pessoas do corpo técnico do referido projeto. Contudo, como o servidor não ficou disponível, a alternativa foi realizar os testes com 16 pessoas usando dados em computadores desktop (e não pelo *site*, como previsto), sendo eles usuários não relacionadas ao projeto, mas que nos levaram a conclusões bastante interessantes. Esses usuários foram subdivididos em dois grupos:

- Os intermediários, que de acordo com Cooper (1995), têm certo conhecimento cartográfico e utilizam internet e computador com uma frequência regular, mas não diária. Esse grupo foi composto por estudantes de geografia, geologia, engenharia, etc.
- Os avançados, que detém conhecimento especialista nos conceitos cartográficos e utilizam computador e internet como ferramenta de trabalho diário. Esse grupo foi composto de profissionais de geoprocessamento e de tecnologia da informação.

Como o objetivo dos testes foi o de apresentar as dificuldades e facilidades no acesso de dados geoespaciais, não incluímos os usuários novatos, aqueles que não têm muita familiaridade com o computador. O motivo é que eles não apresentam contato contínuo com os aplicativos espaciais, muito menos os publicados na Web, o que tornaria a análise da ferramenta pouco consistente.

Seguindo ainda o roteiro realizado por Santana (2009), após a seleção do grupo, cada usuário foi instruído sobre como realizar o teste, a fim de se evitar resultados tendenciosos ou errôneos.

Antes de serem iniciados os testes, direcionados a partir da lista de tarefas da Tabela 2 (pág.25), foi solicitado que o usuário respondesse ao seguinte questionário:

- Você já ouviu falar do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da RMBH?
- Você sabe o que significa Infraestrutura de Dados Espaciais - IDE?
- Você conhece a INDE (IDE Nacional)?
- Você sabe o que é um METADADO?
- Já fez algum tipo de busca através de Metadados?
- Você já acessou alguma ferramenta que manipula dados geográficos na Web?
- Quando se fala de dados geoespaciais o que você tem em mente?

Antes de finalizar os testes foi mostrada ao entrevistado a possibilidade de se usar os dados da IDE a partir de ferramentas instaladas no próprio computador do usuário. Para isso, foi utilizado o *software* QuantumGIS, que permite a conexão direta, utilizando a conexão com o banco e indireta utilizando os padrões WMS, WFS da IDE aos dados publicados por ela, como observa-se na Figura 12. Esta demonstração foi incluída para que os usuários fixassem mais a ideia de usarem provedores de dados quaisquer para a apreciação de dados geográficos. Não obstante, optou-se por não incluir qualquer tarefa para o usuário utilizar o QuantumGIS, pois tal ferramenta não é obrigatória no uso da IDE.

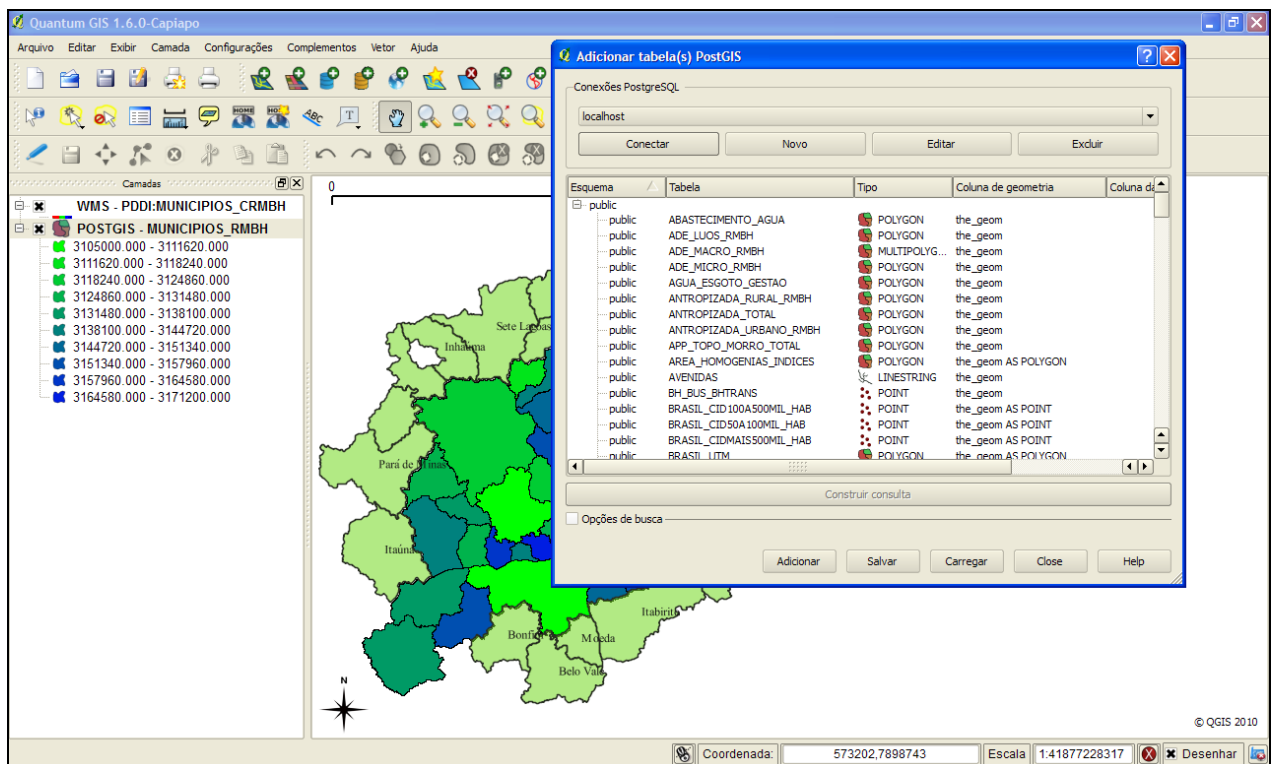


Figura 12 - Demonstração do QuantumGis utilizando a IDE

Ao final do teste e da demonstração, foi solicitado um comentário verbal sobre a utilização do visualizador, seus pontos críticos e relevantes, além de respostas a novas perguntas:

- Você acha que o WebGIS atende aos objetivos propostos?
- A interface é fácil de usar?
- A interface é fácil de entender?
- Os diálogos interface – usuário são auto-explicativos?
- Você avalia que o ambiente é exploratório?
- Você considera que o layout da interface ajuda no desenvolvimento das atividades?
- Você acha que a partir deste visualizador é possível fazer com que as pessoas se interessem mais pelas informações espaciais?

- O que mudou na sua compreensão a partir da experiência de uso da ferramenta de visualização embutida na IDE?
- A sua compreensão quanto as IDEs foi aprimorada?
- Você acha útil a construção de IDEs tanto para órgão públicos quanto para os privados?

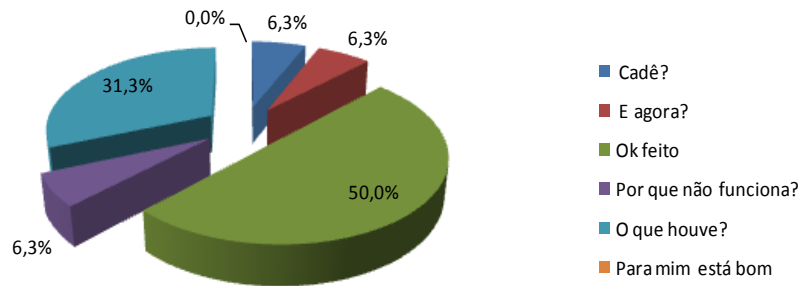
6.3. Síntese dos resultados dos testes

De acordo com os testes executados foi realizada a tabulação dos valores e a posterior análise. Na Tabela 3 e na Figura 13 (pág.88), são mostrados os resultados obtidos a partir das respostas dos usuários.

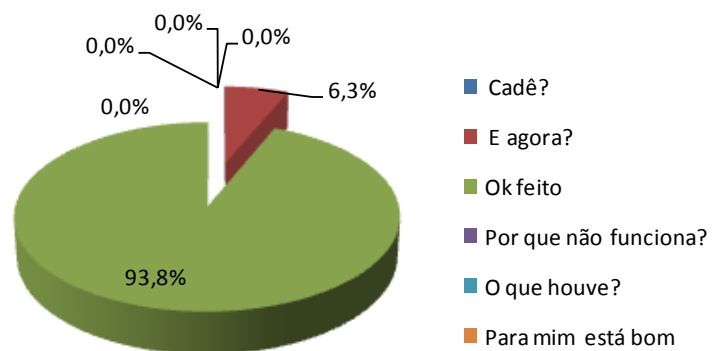
Tabela 3 - Percentual das respostas do questionário

PERGUNTAS	SIM	NAO	Indiferente/Indeciso
Você já ouviu falar do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da RMBH?	31,3%	56,3%	12,5%
Você sabe o que significa Infraestrutura de Dados Espaciais - IDE?	50,0%	43,8%	6,3%
Você conhece a INDE (IDE Nacional)?	37,5%	56,3%	6,3%
Você sabe o que é um METADADO?	93,8%	6,3%	0,0%
Já fez algum tipo de busca através de Metadados?	62,5%	37,5%	0,0%
Você já acessou alguma ferramenta que manipula dados geográficos na Web?	100,0%	0,0%	0,0%
Você acha que o visualizador atende os objetivos propostos?	100,0%	0,0%	0,0%
A interface é fácil de usar?	100,0%	0,0%	0,0%
A interface é fácil de entender?	100,0%	0,0%	0,0%
Os diálogos interface – usuário são auto-explicativos?	81,3%	18,8%	0,0%
Você avalia que o ambiente é exploratório?	93,8%	6,3%	0,0%
Você considera que o layout da interface ajuda no desenvolvimento das atividades?	93,8%	6,3%	0,0%
Você acha que a partir deste visualizador é possível fazer com que as pessoas se interessem mais pelas info	87,5%	12,5%	0,0%
A sua compreensão quanto as IDEs foi aprimorada?	100,0%	0,0%	0,0%
Você acha útil a construção de IDEs tanto para órgãos públicos quanto para os privados?	100,0%	0,0%	0,0%

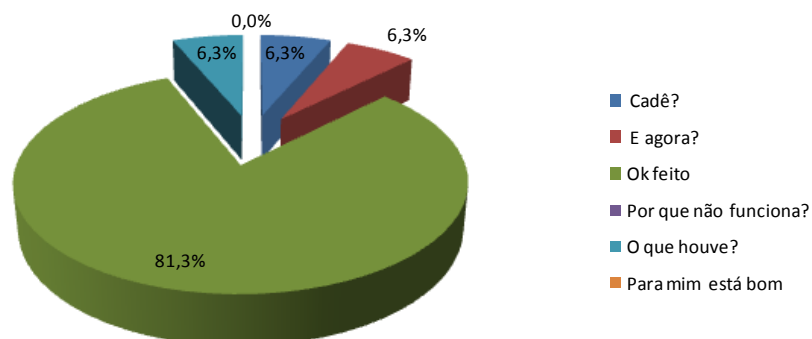
2. Clique em algum ponto dentro da lagoa para descobrir sua descrição.



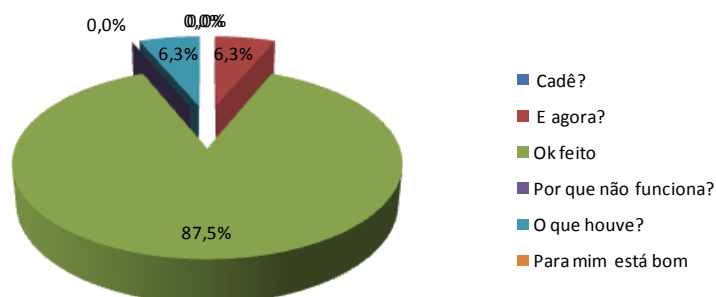
4. Dê um zoom menos para ver uma extensão maior do mapa.



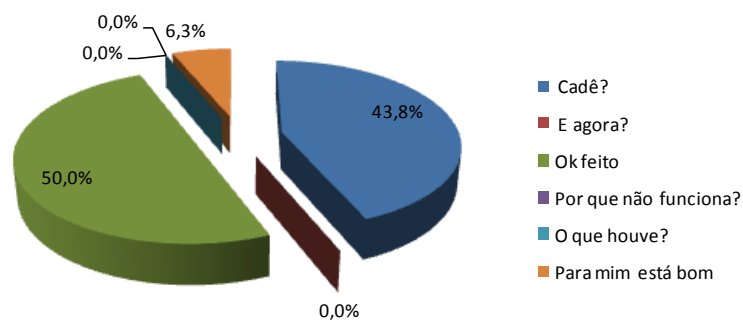
5. Pegue a ferramenta de régua e meça quantos metros tem a pista do aeroporto da Pampulha.



6. Pegue a ferramenta de medir área para ver quantos quilômetros quadrados tem a área da lagoa da Pampulha.



8. Acrescente mais uma camada do PDDI, através do botão adicionar, chamada "Metro_linha2".



9. Troque o estilo das cores da legenda na camada adicionada clicando duas vezes sobre a mesma.

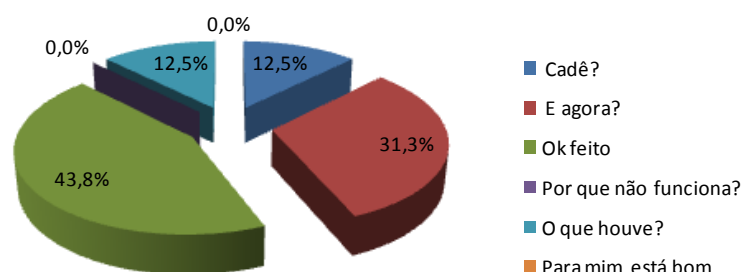


Figura 13 - Gráficos de Comunicabilidade das tarefas.

Para as tarefas 1, 3, 7, 10 e 11 todos os usuários foram classificados na etiqueta "Ok feito". A partir da descrição de Prates et al. (2003), significa que o usuário não teve nenhuma ruptura de comunicação ao realizar as tarefas.

Através das respostas do questionário é possível perceber que cerca da metade dos usuários não tinham conhecimento do projeto PDDI. Outro fator relevante é que também cerca de metade dos usuários não sabiam o que significava IDE, bem como não tinham conhecimento da IDE nacional INDE, apesar de todos eles já terem acessado alguma ferramenta de manipulação de dados geoespaciais e muitos terem conhecimento do que é um metadado.

Após os usuários terem respondido o primeiro questionário e realizado as tarefas propostas, responderam ao segundo. Nesse, quase que a totalidade deles declarou que os diálogos interface-usuário são auto-explicativos, avaliaram que o ambiente é exploratório e, o mais importante, manifestaram que o visualizador pode despertar o interesse das pessoas pelas informações espaciais. Outra característica importante observada neste questionário é de que 100% dos usuários classificaram que a compreensão quanto as IDEs foram aprimoradas e que acham úteis a construção de IDEs tanto para órgãos públicos quanto para os privados.

A partir dos testes realizados com os usuários, foi possível responder às perguntas colocadas no capítulo 6.1:

- O uso do *software* necessita de algum treinamento ou experiência prévia?

Não. Como, dentre os usuários participantes dos testes não haviam usuários básicos e de acordo com os índices de afirmações das perguntas referentes à interface como visto na Tabela 3, é possível afirmar que não é necessário treinamento em relação a ferramenta.

- Os usuários veem o uso do visualizador como uma melhoria em relação aos mapas tradicionais?

Sim. Alguns dos comentários dos usuários foram sobre a relação do visualizador com a evolução dos aplicativos digitais que estão mudando a forma de criar, apresentar e compartilhar os mapas hoje em dia. Sendo assim, os usuários perceberam essa melhoria a partir do uso do visualizador.

- Que mudanças devem ser realizadas no visualizador?

Alguns dos aprimoramentos que os usuários perceberam foram corrigidos para a apresentação final como, por exemplo, a interação entre o botão “Navegar” e os botões de zoom. Quando algum deles é selecionado, todos os outros são desligados. Outro ponto levantado pelos usuários foi a necessidade de alteração do ponteiro do mouse quanto ao uso do comando de aproximação, o zoom, observado na Figura 14, o que ajudaria na interação do aplicativo com o usuário. Logo após os testes foram providenciadas tais alterações.

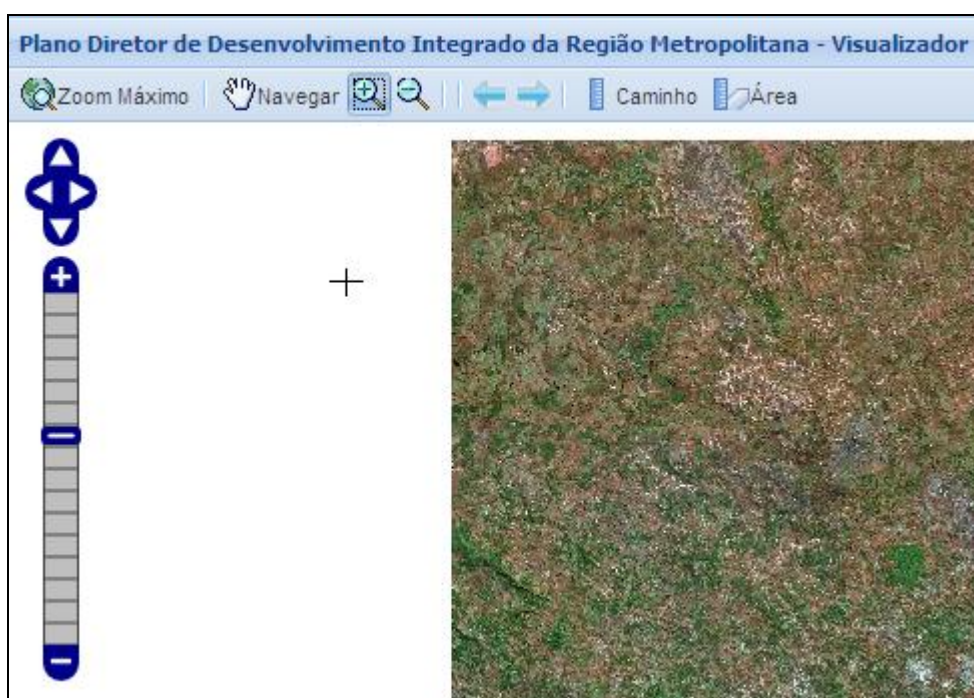


Figura 14 - Ponteiro do mouse no uso do zoom

Outro ponto que mereceria um maior aprimoramento e que não foi diretamente explicitado, mas foi detectado nas observações da realização do teste, foi o demonstrado na tarefa 2, Figura 13 (pág.88). O fato aconteceu na transposição da tarefa 1, que utilizava a ferramenta de zoom, para a tarefa 2, na qual era necessário clicar em algum ponto do mapa para exibir a descrição do mesmo, usando para isso, o botão de navegação. A ruptura de comunicação acontecia quando o usuário deixava de selecionar a ferramenta de navegação, permanecendo o zoom habilitado, e clicava com o mouse para obter a descrição. O esperado não acontecia, pois o mapa era redesenhado, tendo em vista o comando de zoom aplicado. Seria necessário então, desligar automaticamente o comando de zoom a cada utilização, permitindo, assim, a navegação pelo usuário.

Outro ponto a ser aprimorado é o modo de alteração do estilo de cada camada, pois o atual deixa os usuários um pouco confusos como descrito por eles próprios, tarefa 9, Figura 13 (pág.88) e observado também na Figura 15.

Assim, deve ser aprimorada a forma de adicionar novas camadas, pois a partir do observado nos resultados da tarefa 8, Figura 13 percebe-se que a atual interface gera um pouco de dificuldade na execução das tarefas.

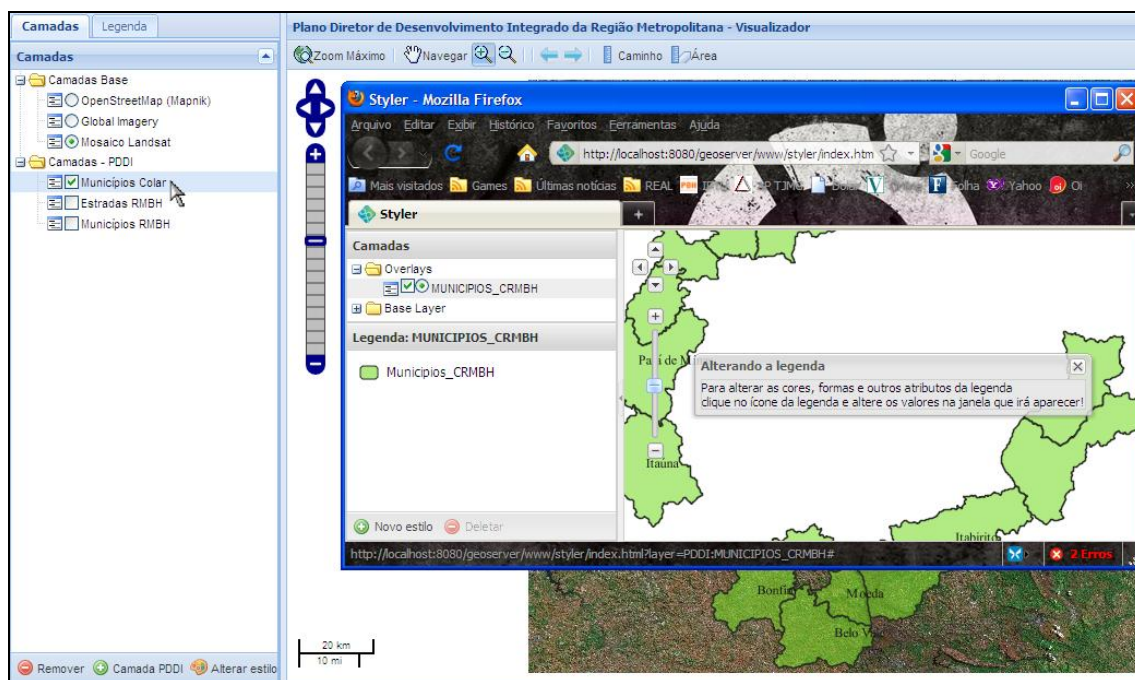


Figura 15 - Alterando o estilo das camadas

- O aplicativo está comunicável?

Como demonstrado nos testes, o visualizador está comunicável, visto que as tarefas 1, 3, 7, 10 e 11 tiveram 100% dos usuários com a etiqueta "Ok Feito". Para as outras tarefas (2, 4, 5, 6, 8, 9) todos eles obtiveram um percentual bem próximo da média de 90%, o que demonstra também uma resposta bastante positiva, exceto nas tarefas 2, 8 e 9. É necessário destacar também que a comunicação depende das experiências vividas por cada um, mesmo sendo intermediários e avançados, o que dificulta, um pouco, o desenvolvimento de um aplicativo totalmente comunicável para todas as pessoas.

- O aplicativo está acessível em termos de usabilidade?

Como os testes foram focados em usuários intermediários e avançados o visualizador está sim, acessível, em termos de usabilidade, pois tais usuários já têm algumas experiências que os auxiliam na navegação. Assim, os usuários já têm de certa forma, um mapa mental de ferramentas geográficas conhecidas por ele facilitando a interação com o aplicativo. Isso é possível de ser percebido a partir da análise da Tabela 3 (pág. 86), onde 93,8% dos usuários responderam sim a pergunta sobre a ajuda que o layout da interface no aplicativo traz no desenvolvimento das atividades.

- O usuário intermediário terá um ganho de conhecimento em conceitos cartográficos ao ponto de poder se tornar um usuário avançado, ou seja: eles poderão mudar de padrão de conhecimento com o incentivo do aplicativo?

Sim. Como visto nos testes, à medida que o usuário ia se interagindo com o software percebeu-se uma ligeira melhora na condução do visualizador, deixando a entender que eles podem sim, em muitos casos, se tornarem usuários avançados da ferramenta.

As figuras de Figura 16 a Figura 23 apresentam algumas das tarefas sendo executadas por um usuário.

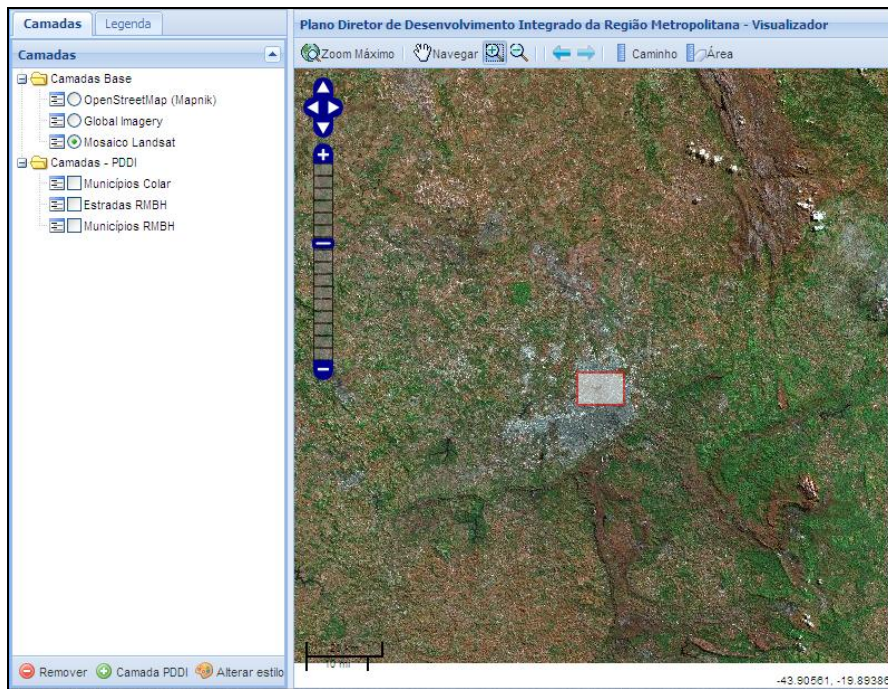


Figura 16 - Execução da tarefa 1

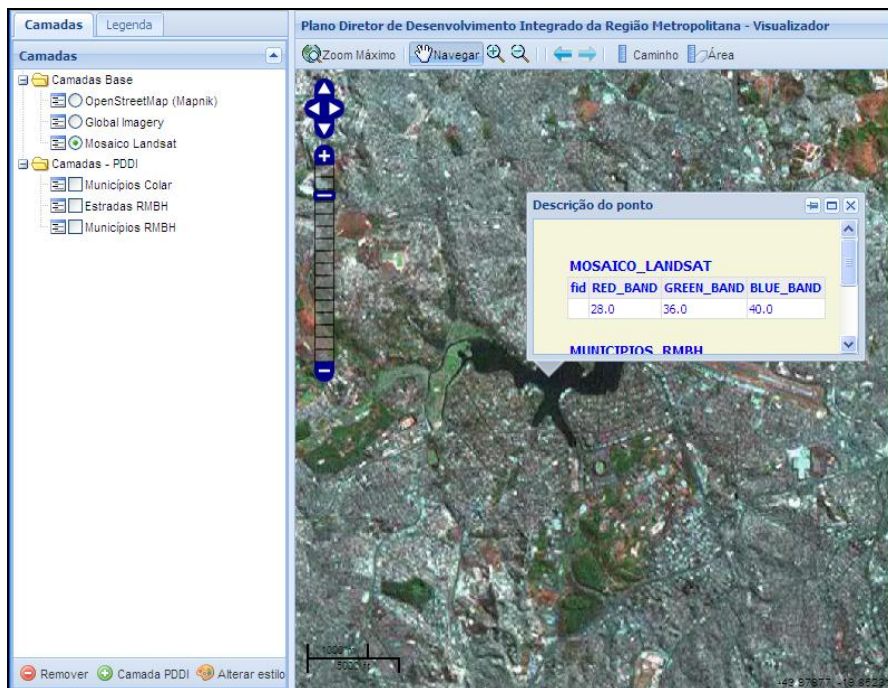


Figura 17 - Execução da tarefa 2

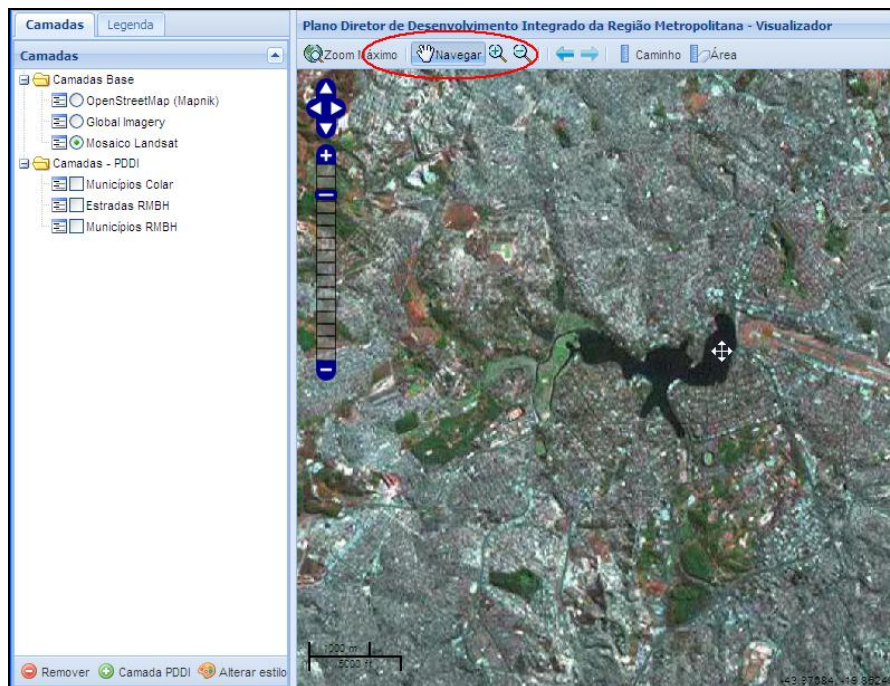


Figura 18 – Execução da tarefa 3

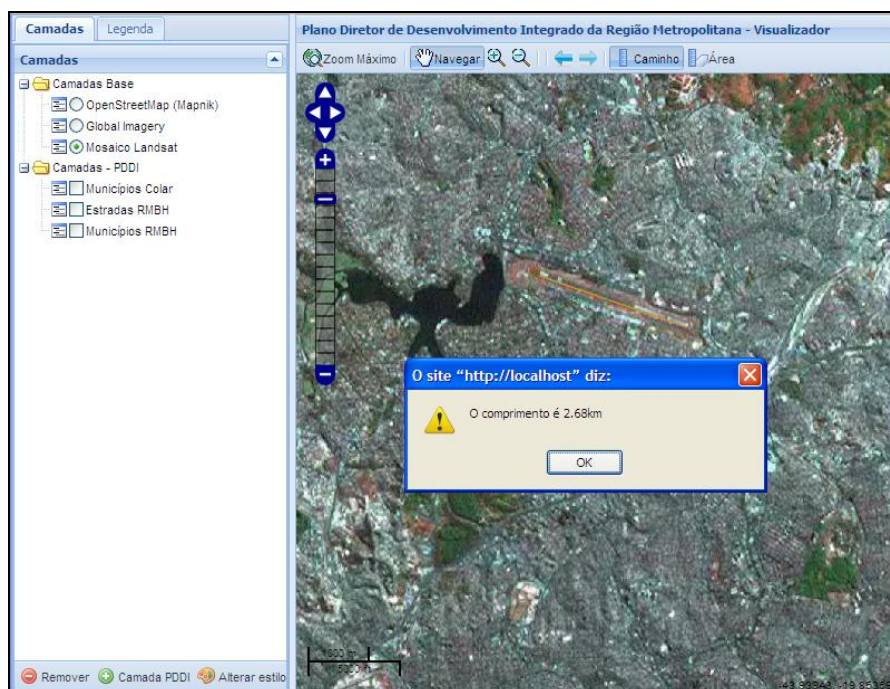


Figura 19 - Execução da tarefa 5

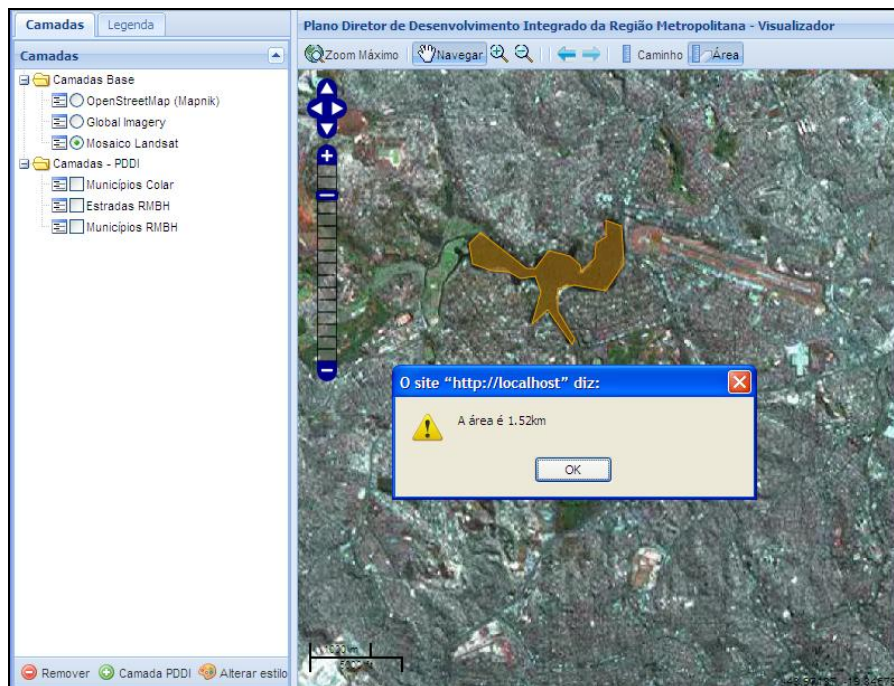


Figura 20 – Execução da tarefa 6

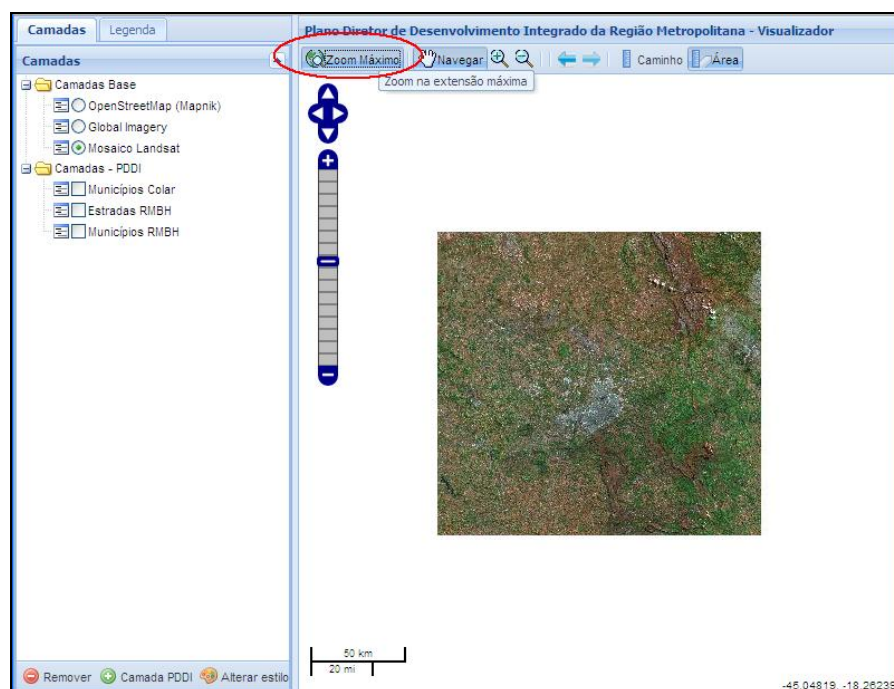


Figura 21 – Execução da tarefa 7

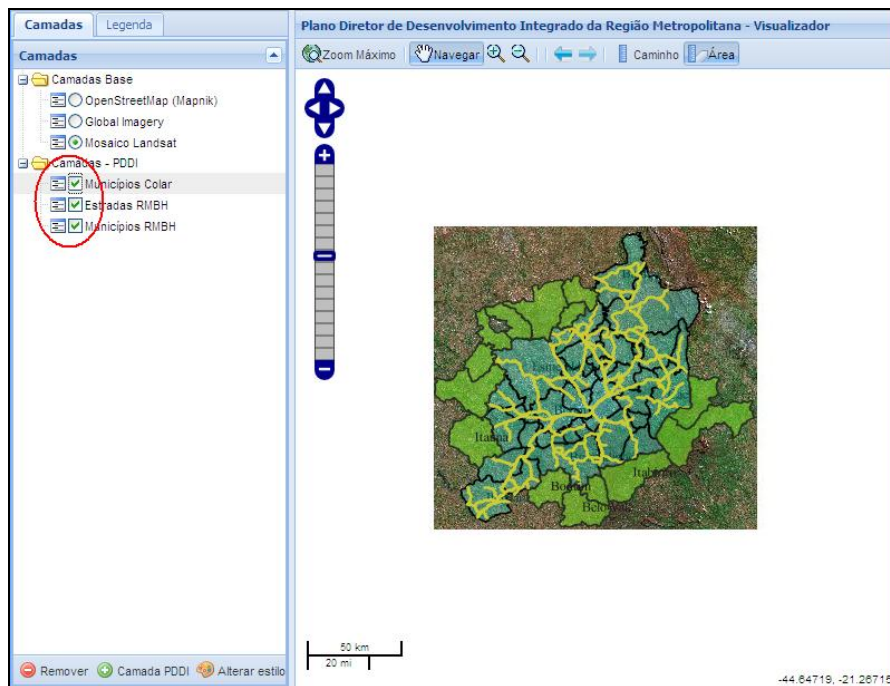


Figura 22 - Execução da tarefa 10

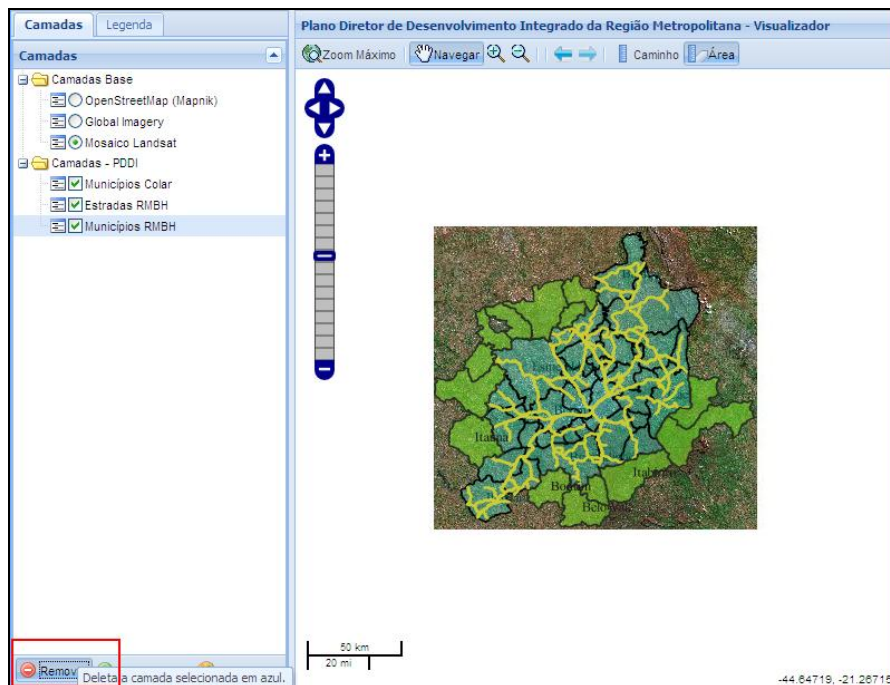


Figura 23 - Execução da tarefa 11

7. Conclusão

A dissertação aqui desenvolvida aponta a promoção das técnicas de visualização, bem como o desenvolvimento de uma IDE e de um visualizador para o estudo de caso do PDDI. Desse modo, o envolvimento com este estudo de caso foi primordial para o aprimoramento desta dissertação, tanto no campo técnico, como no teórico. Quanto aos estudos teóricos referenciais, foi possível comprovar que é grande o interesse por sistemas que traduzem o modo de visualização do estático para o dinâmico digital.

Testes foram realizados para checar a consistência da comunicabilidade e usabilidade do visualizador desenvolvido. A partir das respostas dos usuários aos questionários e das suas expressões de comunicabilidade, foi possível analisar respostas interessantes, tanto para a ferramenta desenvolvida, no sentido de melhorá-la, quanto na perspectiva do conhecimento dos usuários em relação as IDEs. Assim, percebeu-se que, em um grupo relativamente pequeno de pessoas que são, de certa forma, ligadas a áreas que poderiam fazer uso intensivo de IDEs, grande parte dos usuários ainda não as conhecem. Entretanto, após o devido esclarecimento sobre as IDEs, perceberam que poderiam usá-las em seu dia a dia.

Devido a característica direcionada aos futuros usuários dos dados gerados pelo PDDI, que são pessoas que têm alguma habilidade com o computador, e também pela finalidade prática de visualização dos dados, o aplicativo desenvolvido não possui muitas funções além da própria visualização. Entretanto, a própria estrutura da IDE permite, se os usuários assim o desejarem, fazer análises mais aprofundadas a partir dos dados disponibilizados na mesma. Isto é possível a partir do uso dos aplicativos, dos quais eles têm mais conhecimento, desde que utilizem os padrões OGC, que são amplamente utilizados no mercado.

A partir da escolha dos *softwares* necessários para o funcionamento da IDE é possível identificar algumas potencialidades e limitações. A gratuidade das licenças dos *softwares* e a conseqüente rapidez na atualização das versões podem ser apontadas como um ponto positivo. Entretanto, foram necessárias muitas horas na instalação e adaptação dos sistemas para habilitar a IDE com estes *softwares*. Outra limitação diz respeito ao teste que analisaria a estrutura informacional da IDE, o que acabou por não acontecer, devido o servidor não estar operando adequadamente. Assim, em um ambiente local como foi realizado os testes da infraestrutura, os mesmos perdem o sentido. Desse modo pode-se notar que muitas das dificuldades estariam relacionadas as autorizações de difusão e a questões técnicas de operação do sistema. Em relação a avaliação dos testes, essa nos permitiu notar que existem ainda, alguns pontos a serem aprimorados na ferramenta de visualização. Entretanto, para o desenvolvimento do visualizador, as bibliotecas utilizadas, bem como a opção de utilizar a linguagem Java, proporcionaram agilidade no desenvolvimento do aplicativo. De forma geral, grande parte das horas de desenvolvimento da IDE como um todo foi consumido na adaptação dos dados e da criação do banco de dados geográfico.

Entretanto, o visualizador solucionou o que poderia ser um grande empecilho no desenvolvimento da IDE do PDDI, a exibição dos dados geográficos armazenados na estrutura. Do contrário a IDE não teria uma porta de acesso tão fácil de ser acessada e, ao mesmo tempo, que atendesse aos requisitos de comunicabilidade e usabilidade de ferramentas de visualização.

Portanto, ao finalizar este estudo de caso foi possível ressaltar a necessidade de se desenvolver cada vez mais as IDEs, sejam elas regionais, municipais, estaduais e ou nacionais. Pois, muitas vezes, elas não atingem o objetivo principal que é a de facilitar o uso e a disponibilização dos dados geográficos. Outro aspecto é que o ganho de informação atrelado a essas estruturas ficou

claro no estudo de caso do PDDI e em outros países, como foi demonstrado no texto. Desse modo o propósito do visualizador foi atingido, auxiliando a compreensão, utilização e análise de dados geoespaciais por um grande número de pessoas.

Já para o Brasil, fica a necessidade de se investir em políticas que mantenham o desenvolvimento das IDEs em todos os níveis, possibilitando assim, a freqüente atualização das infraestruturas de acordo com as novas tecnologias que forem surgindo, habilitando-as, sempre, aos novos tipos de acesso, permitindo assim, um maior envolvimento da sociedade, de maneira geral. A partir deste estudo foi possível perceber também, mesmo que em ambiente de teste, devido a não conclusão de algumas etapas do PDDI, que as pessoas são favoráveis as IDEs, principalmente em ambientes públicos, pois elas agilizam o processo de busca das informações que muitas vezes não estão acessíveis aos usuários. É necessário também, a constante padronização dos envolvidos no desenvolvimento das IDEs regionais, possibilitando ainda a interoperabilidade real entre os vários setores. Outro ponto a ser ressaltado é o fato da IDE ter sido desenvolvida com *softwares* livres, o que permite uma posterior adaptação a realidade de outros setores, agilizando, de certa forma, uma possível implantação em novos ambientes.

Um aspecto primordial diz respeito à difusão dos dados, que ao menos no PDDI, encontra-se muitas barreiras na sua publicação, prejudicando os grandes interessados em dar acesso para a população de modo geral. Foi possível perceber, a partir deste estudo, que em muitas IDEs espalhadas pelo mundo, os dados são publicados sem nenhuma restrição de acesso, justamente pela própria natureza do dado, ou seja, por ele ser público. Sendo assim, no Brasil e em Minas Gerais estamos muito defasados em relação à política de difusão de dados públicos.

Outra observação é que a partir do histórico dos avanços das geotecnologias no mundo, é possível perceber um constante desenvolvimento da cartografia voltada para as pessoas, pois está ficando cada vez mais próxima dos seus usuários finais, ou seja, pessoas comuns que a utilizam em suas tarefas diárias, de forma ubíqua, seja com seu GPS automotivo selecionando as melhores rotas, ou utilizando o seu *smartphone* para postar, nas IDEs, as fotos com geotags, dos problemas encontrados em sua cidade. Afinal de contas, cada vez mais a interação entre o mundo dos dados geoespaciais e as pessoas, vem aumentando. Com isso, desenvolve-se também, o conjunto de tecnologias que implementam essas ferramentas, aprimorando consequentemente, as políticas e até mesmo as pessoas, fazendo com que elas cada vez mais interajam com esse mundo num ciclo que não poderá ser quebrado, baseado no estudo da evolução da cartografia.

Em relação a avaliação da IDE no PDDI, cabe ainda, observar as dificuldades enfrentadas pela equipe de cartografia e geoprocessamento na estruturação dos dados e na inserção de sua atuações em equipe. Os primeiros desafios, como já comentado, foram quanto à autorização da difusão de dados, todos de origem pública, e submetidos a amplo tratamento para que fossem organizados de modo a terem condições de passar de “dado” para “informação”. Foram realizados, ainda, trabalhos de ajustes de projeções e coordenadas, correções topológicas, estruturação de metadados, correção taxonômicos, entre muitos outros ajustes, já relatados no presente trabalho. Mas, mesmo ocorrendo amplo investimento na correção dos dados, de modo que eles não fossem publicados do modo original, a autorização para difusão ainda é um obstáculo.

Destaca-se também, entre todas as dificuldades, o “gap” de compreensão sobre o papel da cartografia digital, do geoprocessamento e da difusão de dados através do IDE, uma vez que mesmo entre usuários acostumados a lidar com a informação espacial, ainda há muita confusão sobre os limites de cada uma das tecnologias e suas funções. A expectativa sobre a participação do

geoprocessamento foi muito relacionada a estruturação de bases cartográficas que, muitas vezes, não poderiam ser elaboradas sem amplo apoio de campo ou através do investimento significativo em imagens de alta resolução. As geotecnologias ainda são vistas como “instrumentos mágicos” de elaboração de dados espaciais, com o esquecimento de que para se produzir informações coerentes são necessárias estruturações de procedimentos metodológicos adequados, sustentáveis, possíveis dentro do prazo e recursos existentes, assim como tenham critérios reproduzíveis e possam ser amplamente aceitos como verdades. Nesse caso, os investimentos em procedimentos metodológicos e lógicas de análise e representação espacial ainda são a principal contribuição que se pode oferecer por aqueles que atuam na área.

Ainda não se sabe adequadamente a diferença entre dado e informação. O geoprocessamento é um conjunto de métodos e técnicas destinados ao processamento de dados para transformá-los em informação. Informação como ganho de conhecimento. Isto se dá através de proposição, implantação, calibração e validação de modelos de análise espacial. Modelos que são retratos de uma realidade recortados segundo uma escala temporal, espacial e de conceitos sobre esta realidade.

Por fim, pode-se apontar que a estruturação de uma IDE e o investimento na visualização de dados que esta IDE apresenta, são os primeiros passos para que a comunidade, tanto científica, como técnica, e também usuários leigos; seja incentivada a desenvolver o olhar espacializado sobre as informações e que, com isto, haja o amadurecimento dessa nova forma de gestão do bem público.

Posteriormente, um estudo mais amplo possibilitará a catalogação e exibição no geoportal de dados de IDEs externas, tais como o INDE, IEDE, ANA, CPRM, IBGE, MMA e outros. Várias dessas IDEs estão atualmente em construção.

Além disso, um experimento está sendo conduzido para avaliar o uso de outros provedores de serviços, como o MapServer e o MapGuide OpenSource, sendo este último a base da ferramenta VGI.

8. Referências Bibliográficas

ASKEW, D., S. Evans, R. Matthews e P. Swanton. **MAGIC: a geoportal for the English countryside**. Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 29, Nº 1, pp.71-85, 2005.

BEAUMONT, P., P. A. Longley e D. J. Maguire. **Geographic information portals - a UK perspective**. Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 29, Nº 1, pp.49-69, 2004.

BERTIN, J. **Semiologie graphique**. Paris – Neuchatel: Mouton-Gauthiers-Villars. 431p. 1967

CARD, S.K., MACKINLAY, J.; SHNEIDERMAN, B. **Readings in Information Visualization: using vision to think**. Morgan Kaufmann Publishers. 689p. 1999.

CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M. P. **Multimedia Cartography**. In: CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M. P.; GARTNER, G. **Multimedia Cartography**. 1a ed. Berlin: Springer-Verlag, 343 p, 1999.

CASTRO, D. M. **Infraestrutura de dados espaciais para o plano diretor de desenvolvimento integrado da região metropolitana de belo horizonte**. In XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia. Aracaju, SE, Brasil, 2010.

CONCAR, **Plano de ação para implantação da INDE Infraestrutura de dados espaciais**, Disponível em < <http://www.concar.ibge.gov.br>>. Acesso em 06 de novembro de 2010

COOPER, A. **About Face. The Essentials of User Interface Design**. IDG Books, 580p, 1995.

CRAGLIA, M.; ANNONI, A. **Approach to the Development of Spatial Data Infrastructures in Europe**. In: ONSRUD, H. J. **Research and theory in advancing spatial data infrastructure concepts**. ESRI Press, Redlands, CA, 293p, 2007.

DAVIS, A. G. **Guia de instalação e configuração de uma Infraestrutura Open Source de Dados Espaciais (IDE)**. Plano Metropolitano - RMBH. Belo Horizonte, MG, Brasil, 2010.

DAVIS JR, C. A. **Infraestruturas de dados espaciais no contexto metropolitano de Belo Horizonte.** In: Plano Metropolitano RMBH. **Produto 6 - Subcoordenação de Sistema de Informação e Comunicação.** Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana. Belo Horizonte, MG, Brasil, 2010.

DAVIS JR, C. A., K. A. V. BORGES, et al. **O Open Geospatial Consortium.** Bancos de Dados Geográficos. M. A. Casanova, G. Câmara, C. A. Davis Jr, L. vinhas e G. R. d. Queiroz, Editora MundoGEO, Curitiba (PR), pp. 379-395, 2005.

DAVIS JR. and LACERDA L. ALVES. **Local Spatial Data Infrastructures Based on a Service-Oriented Architecture.** In VII Simpósio Brasileiro de Geoinformática Geoinfo, Campos do Jordão - SP, Brasil, pp. 30-45, 2005.

DIBIASI, D. **Animation and the role of map design in Scientific Visualization.** Cartography and Geographic Information Systems, v.19, n.4, p.201-214, 265-266, 1992.

EARNSHAW, R.A.; WISEMAN, N. **An introductory guide to scientific visualization.** 1ed. Berlim: Springer – Verlag, 156p, 1992.

FGDC. **Content Standard for Digital Geospatial Metadata Workbook.** Reston, VA, Federal Geographic Data Committee, 2001.

GOODCHILD, M.F., 2007. Citizens as Voluntary Sensors: Spatial Data Infrastructure in the World of Web 2.0. International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, Vol. 2, pp. 24-32.

INSPIRE Architecture and Standards Working Group. **INSPIRE Architecture and Standards** Position Paper. Brussels, Commission of the European Communities, 2002.

JOLY, F. **A Cartografia.** 1ed. Campinas, SP: Papirus, 136p. 1990.

LADEIRA, L. F. B. **Mudanças no cadastro rural brasileiro: novas técnicas de representação espacial ou novo paradigma?** Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Geografia, UFMG, 56p, 2004.

MACEACHREN, A.M. and KRAAK, M., **Research challenges in geovisualization.** Cartography and Geographic Information Systems, Vol. 28, N° 1, p.3-12, 2001.

MAGUIRE, D. J. and P. A. LONGLEY. **The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures.** In: Computers, Environment and Urban Systems Vol. 29, Nº 1, p.3-14, 2005.

MARTÍN-VARÉS, A., V., **La parcela catastral en las Infraestructuras Nacionales de Datos Espaciales (NDSI) y en INSPIRE.** Resultados del grupo de trabajo sobre el papel de la parcela catastral en Europa. Catastro, 2007.

MARTÍN-VARÉS, A., V. and SALZMANN, M. **The Establishment of the Cadastral Parcel as a Core Element in the European SDI - Lessons Learned and View Towards Inspiring Applications.** GSDI 11 Conference, Rotterdam, 2009.

MATHIAK, B., A. KUPFER, et al.. **Using XML languages for modeling and Web-visualization of geographical legacy data.** In: VI Brazilian Symposium on Geoinformatics (GeoInfo 2004), Campos do Jordão (SP), 2004.

MONMONIER, M.S. **Computer-Assisted Cartography; Principles and prospects.** 1ed. New Jersey. Prentice Hall Inc. 214p. 1982.

MOURA, A. C. M.. **A importância dos metadados no uso das geotecnologias e na difusão da cartografia digital.** Belo Horizonte, II Seminário Nacional sobre Mapeamento Sistemático – CREA-MG, 2005.

MOURA, A. C. M.. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano.** 1ed. Belo Horizonte. 294p. 2003.

OLIVEIRA, P. A., DAVIS JR., C. A., OLIVEIRA, P. F. A. **Proposição de infraestrutura de dados espaciais (SDI) local, baseada em arquitetura orientada por serviços.** In: X Brazilian Symposium on Geoinformatics, 2008, Rio de Janeiro (RJ). Proceedings of the X Brazilian Symposium on Geoinformatics. Porto Alegre (RS): SBC - Sociedade Brasileira de Computação, 2008.

ONSRUD, H.J. **The tragedy of the information commons.** In: TAYLOR, F. Policy Issues in modern cartography. Oxford: Elsevier Science. p. 141-158, 2000.

ONSRUD, H.J. **Geographic information legal issues.** Oxford: EOLSS Publishers, 2004. Disponível em: <<http://www.spatial.maine.edu/~onsrud/pubs/GILegalIssues.html>>. Acesso em: 06 nov. 2010.

PAPAZOGLU, M. P. and GEORGAKOPOULOS, D. **Service-Oriented Computing**. Communications of the ACM 46(10): 25-28, 2003.

PDDI-RMBH. **Plano Metropolitano RMBH**.

Disponível em <<http://www.rmbh.org.br>>. Acesso em 18 Jul 2010

PERCIVALL, G. **OpenGIS Reference Model**. Open Geospatial Consortium, Inc., Version 2, 2008.

PEREIRA, G. C., DAVIS JR., C. A., ROCHA, M. C. F. **Establishing a Sub-National SDI in Bahia State (Brazil) – its limits and possibilities**. In: 27th Urban Data Management Symposium, 2009, Ljubljana, Slovenia. Proceedings of the 27th Urban Data Management Symposium. Lyon, França : Urban Data Management Society, p.151-158, 2009.

PETERSON, M. P. **Elements of Multimedia Cartography**. In: CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M. P.; GARTNER, G. **Multimedia Cartography** 1a ed. Berlin: Springer-Verlag, 343 p, 1999.

PHILIPS, J. W. **O Cadastro Napoleônico**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2003.

PHILIPS, J. W. **Breve histórico do cadastro de imóveis no mundo**. Instituto de Registro Imobiliário do Brasil. Nº317, p.14-19p, 2004.

PHILIPS, J. W. **Seminário Nacional Diretrizes para o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM): Formação de Multiplicadores**. Ministério das Cidades. p.49-57p, 2010.

Plano Metropolitano RMBH. **Produto 3 - Subcoordenação de Sistema de Informação e Comunicação**. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana. Belo Horizonte, MG, Brasil, 2010.

PRATES, R.O.; SOUZA, C.S.; BARBOSA, S.D.J **Avaliação de interfaces de usuários – conceitos e métodos**. XXII Jornada de Atualização em Informática em Anais do XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Campinas, São Paulo, Brasil, p. 245 – 293, 2003

RAMOS, C. **Visualização Cartográfica e Cartografia Multimídia: Conceitos e Tecnologias**. São Paulo: ed.UNESP, 2005.

RAYMOND, E. S. **The cathedral and the bazaar**. Sebastopol, CA, O'Reilly, 268p, 1999.

SANDVIK B. **Using KML for Thematic Mapping**. Part 2 supporting document. MSc GIS Dissertation, Institute of Geography, School of GeoSciences, University of Edinburgh, 54p, 2008.

SANTANA, S. **Modelagem de comunicação em WebGIS para difusão de dados geográficos e promoção de análise espacial**. Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, UFMG, 168p, 2009.

SARAMAGO, J. **História do Cerco de Lisboa**. 5.Ed., Círculo de Leitores, 384p, 1989

SILVA, J. C. T., DAVIS. JR, 2008. Um framework para Coleta e Filtragem de dados geográficos fornecidos voluntariamente. In X Simpósio Brasileiro de Geoinformática Geoinfo, Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

SOMMERVILLE, I. **Software Engineering**. 6.ed., Pearson Education Ltd, 693p, 2000.

SILVEIRA, S. A. **Inclusão digital, software livre e globalização contra-hegemônica**. Seminários temáticos para a 3ª Conferência Nacional de C,T&I, 2005, Disponível em http://www.fortium.com.br/faculdefortium.com.br/arquimedes_belo/material/inclusao_digital.pdf. Acesso em 25 nov. 2010.

SOUZA, F. A., COPQUE, A. C. S. M. **Infraestrutura de Dados Espaciais no Estado da Bahia**. In XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia. Aracaju, SE, Brasil, 2010.

SOUZA, L. A., C. A. DAVIS JR, et al. **The Role of Gazetteers in Geographic Knowledge Discovery on the Web**. 3rd Latin American Web Congress (LAWeb 2005), Buenos Aires, Argentina, 2005.

TAIT, M. G. **Implementing geoportals: applications of distributed GIS**. In: Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 29, N° 1, pp.33-47, 2005.

XAVIER-DA-SILVA. **Geoprocessamento e análise ambiental**. Rio de Janeiro: J. Xavier da Silva. 227 p, 2001.