



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro de Tecnologia e Ciências  
Faculdade de Engenharia

Felipe dos Santos Costa

**Uso de *web services* e softwares livres na disseminação de  
informações georreferenciadas sobre produtos da floresta  
amazônica**

Rio de Janeiro  
2009

Felipe dos Santos Costa

**Uso de *web services* e softwares livres na disseminação de  
informações georreferenciadas sobre produtos da floresta  
amazônica**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração Geomática.

Orientador: Prof. Dr. Oscar Luiz M. de Farias

Co-orientador: Prof. Dr. Sylvain J. M. Desmoulière

Rio de Janeiro  
2009

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC

Costa, Felipe dos Santos.

Uso de web services e software livre na disseminação de informações georreferenciadas sobre produtos da floresta amazônica / Felipe dos Santos Costa. 2009, p. 164.

Orientador: Prof. Dr. Oscar Luiz M. de Farias.

Co-orientador: Prof. Dr. Sylvain J. M. Desmoulière.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

Bibliografia: f. 149-159.

1. *Web services* geográficos. 2. Infraestrutura de dados espaciais. 3. Software livre. 4. Disseminação de dados. 5. Informações espaciais distribuídas.

CDU XXX.X

Autorizo para qualquer finalidade, a reprodução total ou parcial desta dissertação.

---

Assinatura

---

Data

**Felipe dos Santos Costa**

**Uso de *web services* e softwares livres na disseminação de informações georreferenciadas sobre produtos da floresta amazônica**

Dissertação submetida ao corpo docente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Computação.

Aprovada em 08 de abril de 2009

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Oscar Luiz Monteiro de Farias (Orientador)  
Faculdade de Engenharia da UERJ.

---

Prof. Dr. Sylvain J. M. Desmoulière (Co-orientador)  
Museu Nacional de História Natural - Paris.

---

Prof. Dr. João Araújo Ribeiro  
Faculdade de Engenharia da UERJ.

---

Prof. Dr. Rubens Nascimento Melo  
Departamento de Informática – Pontifícia Universidade Católica do Rio De Janeiro.

Rio de Janeiro  
2009

# DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus que me permitiu chegar até o final desse trabalho e a minha família: Graziane, Estêvão e Clara por terem me acompanhado com muito amor durante todo o percurso.

## AGRADECIMENTOS

Tenho muito a agradecer e a muitas pessoas, posso inclusive ter cometido o erro de esquecer algumas nessa lista, que me perdoem. Agradeço primeiramente a Deus por tudo que tem feito por mim por todos esses anos, e que com muito amor tem me dado bênçãos das quais não sou digno, dentre elas terminar esta dissertação.

Sou também muito grato a minha esposa Graziane, por ter me apoiado e motivado desde o início do projeto de fazer um mestrado, por ter me dado suporte emocional, logístico, gramatical e em muitos outros aspectos. Aos meus filhos Estêvão e Clara, o primeiro presente desde o início do mestrado me dando muitas alegrias e ânimo para perseverar, a Clara me deu as energias que eu precisava no final. Agradeço por entenderem a minha ausência em momentos importantes, vocês sofreram, eu sofri, mas chegamos ao final e vocês são a grande razão da minha vida.

Tenho muitas dívidas também para com meus pais e irmãos, nunca teria conseguido chegar a esse ponto se eles não tivessem me carregado desde o começo, me ensinado a andar com as próprias pernas e alçar vôos por conta própria. Foi nesse seio familiar que foi construído o que hoje sou. Obrigado Pai, Mãe, Priscila, David, Salomão, Raquel, Tobias e Lia por terem me ajudado também de diversas formas tanto em Manaus quanto no Rio durante o mestrado, pelas visitas, pelos diversos favores a mim e a minha família.

Agradeço a toda a minha parentada pelo apoio, aos meus tios e tias, primos, a minha sogra que nos ajudou no Rio, aos meus cunhados. Um super-obrigado aos meus avós que me acolheram em sua casa com tanto carinho quando voltamos do Rio sem ter onde ficar.

Aos meus amigos, principalmente os que nos visitaram quando estávamos no Rio. Aos irmãos da terceira comunidade neocatecumenal de Santa Rita de Cássia em Manaus e em especial aos da primeira comunidade de N. Sra. De Copacabana no Rio que nos acompanharam mais de perto nesse período de caminhada, obrigado pelas orações.

À minha turma do mestrado na Uerj, professores e aos meus colegas de trabalho no INPA e na Fiocruz, pelo companheirismo e suporte, em especial ao Maquiné e Roberto pela compreensão e tempo cedidos para terminar esta dissertação.

Finalmente agradeço à FAPEAM pela bolsa de estudos que possibilitou manter-me durante o mestrado e aos meus orientadores Oscar e Sylvain pela orientação, incentivo, ajuda, correções, pela oportunidade de ir a África do Sul apresentar o trabalho, pela confiança, amizade e por terem acreditado em mim.

## RESUMO

COSTA, Felipe dos Santos. Uso de *web services* e softwares livres na disseminação de informações georreferenciadas sobre produtos da floresta amazônica. 2009. 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação, concentração em Geomática). Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Informações georreferenciadas têm sido cada vez mais necessárias para o planejamento e tomada de decisão nos mais diversos setores da sociedade. Novas formas de disseminação, como os *web services* do *Open Geospatial Consortium* (OGC), têm contribuído para a facilidade no acesso a esse tipo de informação. Mesmo com todos os avanços tecnológicos na área de distribuição de dados, ainda existe baixa disponibilidade de dados georreferenciados sobre a Amazônia. O objetivo do presente trabalho é exatamente a elaboração de uma infraestrutura de dados espaciais, ou seja, um ambiente de compartilhamento e utilização de dados georreferenciados, baseado na tecnologia de *web services*, metadados e de interfaces que permitam fácil acesso do usuário a esses dados. Nesta dissertação são discutidos os padrões OGC, os mais relevantes servidores de dados georreferenciados, os principais clientes de *web services*, e a revolução na disseminação de dados georreferenciados que os *geobrowsers* e clientes *web* ofereceram aos usuários. Os dados disponibilizados para o estudo de caso são provenientes de um projeto para Valorização de Produtos Florestais Não-Madeireiros—PFNM—em andamento no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia—INPA—bem como dados de outros órgãos governamentais. Tal projeto visa incentivar o uso de SIG's no estado do Amazonas oferecendo suporte tecnológico para a implantação de bancos de dados georreferenciados e compartilhados entre entidades, otimizando os recursos aplicados nesta área por meio do uso de softwares livres e da integração de informações difusas atualmente disponíveis, além de contribuir para a valorização dos PFNM.

Palavras-chaves: *Web services*, Metadados, SDI, *Geobrowsers*, SIG, Banco de dados, Produtos Florestais, Amazônia.

## **ABSTRACT**

Georeferenced information has been increasingly required for the planning and decision-making in different sectors of society. New ways of dissemination of data, such as the Open Geospatial Consortium (OGC) web services, have contributed to the ease of access to this information. Even with all the technological advances in the area of data distribution, there is still low availability of georeferenced data about the Amazon. The goal of the present work is the development of a spatial data infrastructure (SDI), that is, an environment of sharing and use of georeferenced data based on the technology of web services, metadata and interfaces that allow the user easy access to these data. The present work discuss the OGC patterns, the most relevant georeferenced data servers, the main web clients, and the revolution in the dissemination of georeferenced data which geobrowsers and web clients offered to regular users. Data to be released for the case study come from the project Exploitation of Non-wooden Forest Products-PFNM-in progress at the National Institute of Research in the Amazon-INPA-as well as from inventories of NGOs and other government bodies. Besides contributing to the enhancement of PFNM, this project aims at encouraging the use of GIS in the state of Amazonas offering tech support for the deployment of geographic databases and sharing between agencies, optimizing the resources applied in this area through the use of free software and integration of diffuse information currently available.

Keywords: Web services, Metadata, SDI, Geobrowsers, GIS, Databases.



## Lista de siglas

CRS.....	Coordinate Reference System
CSW.....	Catalogue Services for the Web
EPSG.....	European Petroleum Survey Group
GML.....	Geography Markup Language
HTTP.....	Hypertext Transfer Protocol
IDE.....	Infraestrutura de Dados Espaciais
ISO.....	International Organization for Standardization
KVP.....	Keyword Value Pair
OGC.....	Open Geospatial Consortium
OWS.....	OGC Web Service, ou Open Web Service
SFS.....	Simple Feature Specification
SIG.....	Sistema de Informação Geográfica
SLD.....	Styled Layer Descriptor
SQL.....	Structured Query Language
UML.....	Unified Modeling Language
URI.....	Universal Resource Identifier
URL.....	Uniform Resource Locator
URN.....	Universal Resource Name
WCS.....	Web Coverage Service
WFS.....	Web Feature Service
WFS-T.....	Web Feature Service with Transaction
WMS.....	Web Map Service
XML.....	eXtensible Markup Language

## Lista de ilustrações

Figura 1: Contexto da dissertação no âmbito da Geomática.....	22
Figura 2: Exemplificação do funcionamento de uma IDE (Camboin, 2007). ....	36
Figura 3: Inicialmente os servidores estão isolados, após o processo de colheita dos dados os mesmos passam a possuir os seus metadados e os de seus parceiros (Ticheler, 2007). ....	38
Figura 4: Interface do Google Maps, função de roteirização.....	39
Figura 5: Paradigma antigo de produção de conteúdo para a web.....	40
Figura 6: Atualmente os usuários são ao mesmo tempo produtores (producers) e consumidores (consumers) de informação, que surge de maneira colaborativa, originando o termo 'prosumer'.....	40
Figura 7: Projeto OpenStreetMap1 que visa mapear o mundo a partir do mapeamento voluntário, disponibilizando os dados de forma livre.....	41
Figura 8: Arquitetura de web services com papéis de Fornecedor, Cliente e Registro, trocando mensagens através da Internet por meio de suas interfaces de comunicação (Queiroz, 2007b). .....	49
Figura 9: Diagrama de Classes de feições definidos pelo padrão SFS (OGC 2006a). ....	51
Figura 10: Exemplo de representação dos dados em SQL (OGC 2006a).....	52
Figura 11: Diagrama de Classes das tabelas de metadados, componentes do padrão SFS-SQL (OGC 2006b).....	53
Figura 12: Representação gráfica do arquivo GML acima; os pontos vermelhos correspondem aos featureMember do arquivo GML, exibidos utilizando o software livre Qgis; ao clicar em um dos pontos são exibidos os atributos, também presentes no GML.....	55
Figura 13: Componentes do padrão GML no diagrama de classes UML (OGC 2007c).....	57
Figura 14: Elementos de um arquivo KML (Google, 2009).....	58
Figura 15: Exemplo de visualização de dados georreferenciados, usando o padrão KML no software Google Earth (Desmoulière, 2007).....	59
Figura 16: Diagrama de sequência que demonstra o funcionamento de um WFS (Queiroz 2007b).....	64
Figura 17: Diagrama de sequência que demonstra o funcionamento de um WMS (Queiroz 2007b).....	66
Figura 18: Tipos de coberturas disponíveis até a versão atual do padrão em vermelho. (Queiroz 2007b).....	67
Figura 19: Resultado da aplicação do SLD acima numa camada de pontos onde houveram	

inventários florestais.....	71
Figura 20: A mesma camada da figura anterior porém vista de uma escala menor. A tag '<Rule>' permite a definição de estilos de acordo com uma determinada regra.....	71
Figura 21: Relacionamento entre os principais padrões OGC e W3C (Queiroz 2007b).....	72
Figura 22: Demonstração de notícia em um blog atrelado à localização espacial.....	76
Figura 23: Mapa dos pontos de inventário com cores para cada protocolo de coleta.....	79
Figura 24: Distribuição dos pontos de amostragem do inventário florestal na Amazônia Legal brasileira.(Desmoulière, 2007).....	81
Figura 25: Variáveis registradas na tabela tv_individuo.(Desmoulière, 2007).....	83
Figura 26: Arquitetura de IDE baseada baseada em softwares livres.(Ticheler, 2007).....	87
Figura 27: Diagrama entidade-relacionamento das tabelas do inventário florestal. ....	92
Figura 28: Arquitetura de funcionamento do Mapserver. (Mapserver, 2009).....	94
Figura 29: Mapa dinâmico para web desenvolvido utilizando Mapserver e PHP/Mapscript, dados armazenados em base Postgis e em ESRI shapefiles. (Costa, 2007).....	96
Figura 30: Exemplo de WMS gerado pelo Geoserver e acessado pelo Google Earth.....	97
Figura 31: Exemplo de aplicação utilizando Mapguide OpenSource.(Mapguide, 2009).....	100
Figura 32: Num dos testes de Aime (2008) o resultado obtido foi que o Mapserver apresentava melhor desempenho ao disponibilizar dados oriundos de um shapefile; em contrapartida, o Geoserver apresentou melhor desempenho ao acessar uma fonte de dados Postgis.....	104
Figura 33: Tela Inicial de administração do Geoserver, uma de suas grandes vantagens em relação aos outros softwares.....	106
Figura 34: Seção de configuração do servidor, interface onde é possível configurar os metadados e opções dos web services, além de permitir a configuração da fonte de dados em si.....	106
Figura 35: Trecho da configuração de metadados para o servidor: informação sobre o ponto de contato.....	106
Figura 36: Opções de configuração do WFS.....	107
Figura 37: Opções de configuração do WMS.....	107
Figura 38: Criação de um novo Store.....	108
Figura 39: Seção de configuração de um FeatureType.....	109
Figura 40: Após criado um estilo, este deve ser atribuído ao FeatureType, lembrando que vários estilos podem ser disponibilizados para o usuário.....	110
Figura 41: Opções de pré-visualização das camadas ativas.....	110

Figura 42: Pré-visualização da camada de pontos de inventário do RADAM usando Openlayers.....	111
Figura 43: Em uma IDE, os dados disponíveis por meio de web services podem ser encontrados utilizando-se de um catálogo de metadados e de um portal na internet que disponibiliza os metadados disponíveis. (OGC, 2004a).....	112
Figura 44: O Geonetwork implementa tanto os serviços de Catálogo quanto um Portal para acesso. (Ticheler, 2007).....	114
Figura 45: Geonetwork - Interface do usuário.....	115
Figura 46: Seção administrativa do Geonetwork.....	116
Figura 47: Trecho de um metadado sendo editado usando o Geonetwork.....	117
Figura 48: Configuração de harvesting de um servidor do IBGE.....	118
Figura 49: Dados oriundos de fontes distintas, indicadas pelos ícones à esquerda (fonte local em marrom; fonte remota, do IBGE, em azul).....	119
Figura 50: Interface do GvSIG.....	121
Figura 51: Interface do Quantum GIS.....	122
Figura 52: Interface do uDig, uma das grandes utilidades do uDig é exportação de SLD, permitindo que o estilo configurado para exibição de um mapa seja utilizado por softwares como o Geoserver.....	123
Figura 53: Interface do I3Geo.....	126
Figura 54: Exemplo da interface do Openlayers acessando dados do projeto OpenStreetMap em conjunto com uma informação em KML.....	127
Figura 55: Interface do Mapfish com opção de edição de feições ativada.....	128
Figura 56: Uma das várias formas de visualização de informação georreferenciada com Google Earth (Sandvik, 2008).....	131
Figura 57: Tela da interface PgAdmin3 para edição e execução de consultas em SQL na base de dados.....	133
Figura 58: Mapa resultante da combinação de camadas de várias fontes utilizando o software GvSig.....	134
Figura 59: Mapa demonstrando a relação entre a espécie Bombax munguba e o solo Gleissolo. ....	135
Figura 60: Ação no Qgis que lista as espécies encontradas e a sua frequência em um determinado ponto de inventário.....	135
Figura 61: Interface para acesso aos dados das espécies.....	136
Figura 62: Mapa de abundância da Carapa guianensis – andiroba (planta muito utilizada como	

produto medicinal), no software I3Geo.....	137
Figura 63: Ocorrência e abundância de <i>Hevea brasiliensis</i> (seringueira) no Google Earth....	137
Figura 64: Ilustração da arquitetura utilizada para acesso aos dados.....	138
Figura 65: Passos para adição de web services a partir de consulta ao catálogo de metadados usando o padrão CSW.....	139
Figura 66: Interface do Qgis listando as camadas disponíveis em web services no servidor do MMA.....	140
Figura 67: Dados do INPE de desmatamento em Rondônia e pontos onde houveram inventários.....	141
Figura 68: Estimativa de volume de madeira a partir dos dados de inventário.....	142
Figura 69: Pontos de ocorrência da espécie <i>Bombax munguba</i> representados utilizando a API do site HeatMapAPI.....	143
Figura 70: Pontos de inventários visualizados utilizando-se o software Google Earth.....	144

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1. Tabela com tipos de protocolo utilizados pelo Radam.....	79
Tabela 2. Tabelas do inventário florestal.....	82
Tabela 3. Atributos da camada tree_inventorylayer (3131 registros).....	82
Tabela 4. Atributos da tabela tv_individuo (147528 registros).....	83
Tabela 5. Atributos da tabela es_dc_species (2381 registros) .....	84
Tabela 6. Atributos da tabela es_dc_speciessynonym (2919 registros).....	84
Tabela 7. Atributos da tabela es_dc_commonname (84 registros) .....	84
Tabela 8. Atributos da tabela tv_metod_amostrag (10 registros) .....	85

## Sumário

Lista de siglas.....	9
Lista de ilustrações.....	10
Lista de Tabelas.....	14
1 Introdução.....	18
1.1 Contexto da dissertação no âmbito da Geomática.....	21
1.2 Objetivos.....	22
1.3 Hipóteses .....	23
1.4 Estrutura da dissertação.....	24
2 Os avanços da Geomática e a necessidade de compartilhamento.....	25
2.1 A informação georreferenciada .....	25
2.2 Softwares Livres para Geomática .....	29
2.3 Arquiteturas de armazenamento em SIG.....	30
2.4 Arquiteturas de distribuição de Informações Georreferenciadas .....	32
2.5 Infraestruturas de Dados Espaciais .....	33
2.6 Catálogo de metadados .....	36
2.7 Google Maps, APIs, Web services, Geobrowsers e Web 2.0 - O início da democratização da informação georreferenciada.....	38
3 Padrões de intercâmbio de dados geográficos.....	42
3.1 Padrões Web .....	43
3.1.1 XML .....	43
3.1.2 DTD .....	44
3.1.3 XML Schema .....	45
3.2 Web services .....	47
3.3 Padrões OGC .....	50
3.3.1 SFS e SFS-SQL.....	51
3.3.2 GML .....	53
3.3.3 KML .....	57
3.3.4 OWS .....	59
3.3.4.1 WS-Common.....	59
3.3.4.2 Requisição GetCapabilities .....	61
3.3.4.3 Todas as demais requisições .....	61
3.3.5 WFS .....	62

3.3.6 WMS .....	64
3.3.7 WCS.....	66
3.3.8 WPS .....	67
3.3.9 CSW .....	68
3.3.10 SES e SLD.....	69
3.3.11 WMC.....	72
3.4 Outros formatos .....	73
3.4.1 GEOJSON .....	73
3.4.2 GEORSS .....	74
4 Estudo de Caso.....	77
4.1 Ambiente de desenvolvimento.....	77
4.2 O Projeto de Valorização de Produtos Florestais Não-Madeireiros.....	77
4.2.1 Base de dados RADAM .....	78
4.2.2 Outras camadas de informação utilizadas .....	85
5 Tecnologias utilizadas.....	87
5.1 Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados.....	88
5.1.1 PostgreSQL / Postgis .....	88
5.1.2 MySQL Spatial.....	89
5.1.3 Opção pelo PostgreSQL/Postgis.....	90
5.1.4 Processo de conversão de dados (Oracle para PostgreSQL/Postgis).....	90
5.2 Servidor de Mapas.....	92
5.2.1 MapServer .....	93
5.2.2 GeoServer .....	96
5.2.3 Deegree.....	98
5.2.4 MapGuide Open Source .....	99
5.2.5 FeatureServer .....	101
5.2.6 Mapfish Server.....	102
5.2.7 Opção pelo Geoserver.....	102
5.2.8 Processo de Configuração de Camadas no Geoserver .....	105
5.3 Catálogo de Metadados .....	111
5.3.1 Geonetwork.....	112
5.3.2 Deegree.....	113
5.3.3 A opção pelo Geonetwork.....	114
5.3.4 Processo de Catalogação de Dados .....	114



5.4 Clientes.....	119
5.4.1 Desktop.....	120
5.4.1.1 GvSIG .....	120
5.4.1.2 Quantum Gis.....	122
5.4.1.3 uDig.....	123
5.4.1.4 OpenJUMP .....	123
5.4.2 Web.....	124
5.4.2.1 I3Geo.....	125
5.4.2.2 Openlayers.....	126
5.4.2.3 Mapfish Client.....	127
5.4.3 Google Earth.....	130
6 Análise dos Resultados.....	132
6.1 Acesso direto à base de dados.....	132
6.2 Interface Web para os Dados de Produtos Florestais.....	136
6.3 Acesso por meio de Web services.....	138
6.4 Outras possíveis utilizações.....	140
6.5 Agregação de dados de outros levantamentos de PFM.....	142
6.6 Execução de processos via web.....	142
6.7 Visualização dos dados em Geobrowsers.....	144
7 Conclusão.....	145
8 Referências .....	148
9 Anexos .....	160
9.1 Instalação do PostgreSQL 8.3 com Postgis no Ubuntu 8.10 .....	160
9.2 Instalação de Apache 2 Mapserver e PHP5 com Mapsript .....	160
9.3 Instalação Tomcat 6 .....	161
9.4 Instalação do Geoserver 1.7 no Ubuntu.....	162
9.5 Instalação do Geonetwork 2.2 no Ubuntu usando como Servlet Tomcat 6 .....	163

# 1 Introdução

Nestes tempos de mudanças climáticas a Amazônia tem-se tornado cada vez mais importante na visão da sociedade que começa a se preocupar mais e mais com o meio ambiente. Estudos indicam que a floresta é influência positiva no balanço climático global por ser um grande sumidouro de gás carbônico (CO<sub>2</sub>, grande vilão do aquecimento global), por manter ativos os ciclos da água, além de preservar as riquezas da sua inigualável biodiversidade (Soares-Filho et. Al, 2005; Fearnside, 2006).

O desmatamento e as queimadas contribuem para o lançamento de milhares de toneladas de gás carbônico na atmosfera. Tais atividades ocorrem, em sua maioria, devido a pressões de atividades econômicas, como exploração madeireira, plantações de soja e criação de gado, que acabam por destruir a floresta.

Diversas iniciativas, incluindo ações governamentais, projetos de pesquisa e ONGs, estão sendo postas em prática, a fim de que o desenvolvimento da Amazônia ocorra de maneira sustentável, ou seja, utilizando-se de recursos naturais renováveis e da biodiversidade da região. Contudo, para que essa meta seja atingida, a sociedade como um todo necessita de informações *sobre* os recursos existentes e *como* desenvolver-se de maneira sustentável utilizando-se desses produtos.

No interior da Amazônia, muitos habitantes ainda acabam preferindo explorar a madeira ou destinar a área para pasto ou plantação, que tem um retorno econômico imediato maior, do que manter a floresta em pé, usando-se apenas dos seus recursos naturais, por falta de formas de escoamento da produção de recursos naturais renováveis como copaíba, andiroba e castanha, para citar os mais comuns.

As indústrias que poderiam beneficiar tais produtos, como, por exemplo, as indústrias de cosméticos e farmacêutica, muitas vezes não conseguem ter acesso à matéria-prima, pois não têm conhecimento exato de onde são produzidas e acabam por comprar produtos com preço elevado, repassando esse valor ao consumidor final, sem mencionar os produtos que deixam de entrar no mercado devido à falta de matéria-prima e de informação. No meio dessa cadeia produtiva estão os "atravessadores", que compram ou trocam esses produtos da floresta a preços irrisórios, tornando a atividade extrativista pouco vantajosa para o homem do interior, e vendem nos centros urbanos a um valor bem acima do que foi pago inicialmente.

Existe um hiato entre o caboclo, que não vê vantagem econômica significativa em

explorar os recursos renováveis, e a indústria, que não tem acesso à matéria-prima necessária para a produção de derivados industrializados destes produtos. Tal vazio ocorre, em grande parte, por falta de informação sobre onde encontrar uma determinada matéria-prima, sendo essa informação muitas vezes tratada com certo sigilo. Embora atualmente existam programas governamentais de incentivo à preservação e ao desenvolvimento sustentável no interior, como o Bolsa Floresta no Estado do Amazonas, ainda há muito a ser feito para que se tenha uma cadeia produtiva eficiente e realmente sustentável.

Uma tentativa de ajudar nesse processo foi realizada no Siglab, Laboratório de Geoprocessamento e Análise Espacial do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, onde pesquisas sobre a região amazônica têm sido realizadas usando ferramentas da Geomática. Um dos projetos de pesquisa, intitulado "Valorização de Produtos Florestais Não-Madeireiros" - PFMN, usa dados de inventários florestais do RADAM, um projeto do governo Brasileiro que mapeou recursos naturais e aspectos geográficos da região Amazônica durante a década de 70, resultando no maior inventário florestal jamais realizado. Este inventário, que ainda encontra-se em uso, aos poucos foi sendo digitalizado e armazenado em bases de dados informatizadas sob tutela da Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais (DGC/CREN) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e ganha importância sobretudo por ter sido realizado em uma região que antes era praticamente desconhecida.

Embora estes dados tenham sido coletados há quase quarenta anos, o que já lhe atribui um grande valor histórico, os mesmos ainda constituem o mais completo conjunto de dados na escala da Amazônia e diversas análises ainda podem ser extraídas deles. Além do mais, por estarem georreferenciados, poderão ser usados em diversos estudos para se cotejar a situação atual com a de quatro décadas atrás. Tais dados são importantes na atual conjuntura mundial, onde se buscam formas alternativas de desenvolvimento que minimizem o impacto sobre o meio ambiente. Para tanto, faz-se necessário um maior conhecimento sobre os recursos existentes de forma que sua exploração ocorra de maneira sustentável.

Usando dados do projeto RADAM, esta pesquisa tem como um dos seus objetivos prover informações sobre produtos florestais não-madeireiros existentes na região, como um meio para se promover o desenvolvimento regional e modelos de negócio baseados em produtos que usam recursos naturais renováveis como matéria-prima.

Para que este objetivo seja atingido é preciso que as informações geradas pelo projeto

de Valorização dos PFM sejam disseminadas para os potenciais atores interessados nestes produtos. A difusão dessas informações serão feitas através da Internet, pois a mesma permite que usuários de todo o mundo tenham acesso a dados, informações e a uma infraestrutura de dados espaciais que será abordada posteriormente, no decorrer desta dissertação.

Ademais, os escassos dados georreferenciados sobre a região existentes não estão disponíveis à população de modo geral, visto que nas entidades que produzem esse tipo de conteúdo existe uma cultura ainda enraizada de não-compartilhamento de dados. É comum, por exemplo, que projetos de pesquisa invistam grandes quantias na coleta de dados que não serão disponibilizados para aproveitamento em outros fins, ocasionando assim um retrabalho constante, pois os próximos projetos de pesquisa no mesmo tema terão que gerar novamente os mesmos dados, quando precisariam apenas investir na atualização dos dados anteriores.

No Amazonas, o desperdício de recursos ocasionado pela duplicação de dados ocorre entre Governo do Estado e Prefeituras, entre secretarias de uma mesma prefeitura, entre Institutos de Pesquisa e ONGs e nas mais diversas esferas. Uma exceção a esse comportamento é o que ocorre com o Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBIO), que possui uma política de distribuição dos dados, em sítio na internet, em no máximo dois anos após a coleta (PPBIO, 2008).

Possivelmente, no Brasil, a exemplo do que acontece em outros países, muitos projetos que envolvem o uso de Geomática não avançam devido ao alto custo de coleta de dados (GSDI, 2004). Em alguns casos a indisponibilidade dos dados ocorre apenas pelo desconhecimento das tecnologias existentes que têm por objetivo facilitar a difusão de informações, ou ainda pelo alto custo de softwares proprietários comumente utilizados para essa tarefa.

A utilização de bases de dados já existentes é um meio para contornar esse problema e aos poucos a cultura de compartilhamento de dados visando a maior eficiência no uso de recursos vem ganhando espaço. Novas ferramentas como o *Google Maps*, *Google Earth*, *Nasa World Wind* e *Virtual Earth*, têm contribuído para a facilidade no acesso à informação georreferenciada, todavia, de nada adianta excelentes ferramentas de visualização de dados georreferenciados, se as bases de dados existentes têm seu uso restrito a algumas entidades produtoras e concentradoras desses dados.

Esta dissertação demonstra a possibilidade de criação de uma Infraestrutura de Dados

Espaciais (IDE<sup>1</sup>) ou o termo mais comum em inglês, *Spatial Data Infrastructure (SDI)*, para compartilhamento de dados georreferenciados, baseados em padrões de *web services* estabelecidos por um consórcio que reúne várias empresas, universidades e organizações da área de tecnologias espaciais, o *Open Geospatial Consortium (OGC)*, e pelo *World Wide Web Consortium (W3C)*, usando apenas softwares livres. Tais especificações dos padrões, embora tenham em média cinco anos de existência, são aceitas internacionalmente e já contam com inúmeras implementações em diversos softwares. Para facilitar a descoberta e o uso de dados georreferenciados pelos usuários, os *web services* estarão descritos em um catálogo de metadados georreferenciados.

Para o estudo de caso de disponibilização de dados georreferenciados serão utilizadas bases de dados agregados durante o desenvolvimento do projeto para Valorização de Produtos Florestais Não-Madeireiros—PFNM—em andamento no INPA (Desmoulière, 2006), além de dados fornecidos por entidades governamentais tais como Ministério do Meio Ambiente (MMA), Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) e IBGE.

## **1.1 Contexto da dissertação no âmbito da Geomática**

A Geomática possui quatro grandes áreas de abrangência que se completam e são interdependentes entre si, a saber: coleta, análise, distribuição e uso de dados e informações georreferenciadas. Por tratar do desenvolvimento de uma infraestrutura de dados espaciais a presente dissertação aborda as quatro áreas de alguma forma; o foco, porém, será na distribuição de dados na *web* utilizando-se para tal *web services OGC*. No contexto dessa dissertação utilizaremos também técnicas e ferramentas de bancos de dados (BD) como item de coleta, *Web Processing Services* como item da área de análise e de softwares clientes de *web services*, e *geobrowsers* como itens de uso dos dados ou sua visualização pelos usuários finais. Na figura 1 podemos visualizar em que área da Geomática esta dissertação se concentra.

---

1 O termo IDE é bastante utilizado em computação referindo-se a *Integrated Development Environment* ou Ambiente Integrado de Desenvolvimento, nesta dissertação esta sigla refere-se apenas a Infraestrutura de Dados Espaciais.

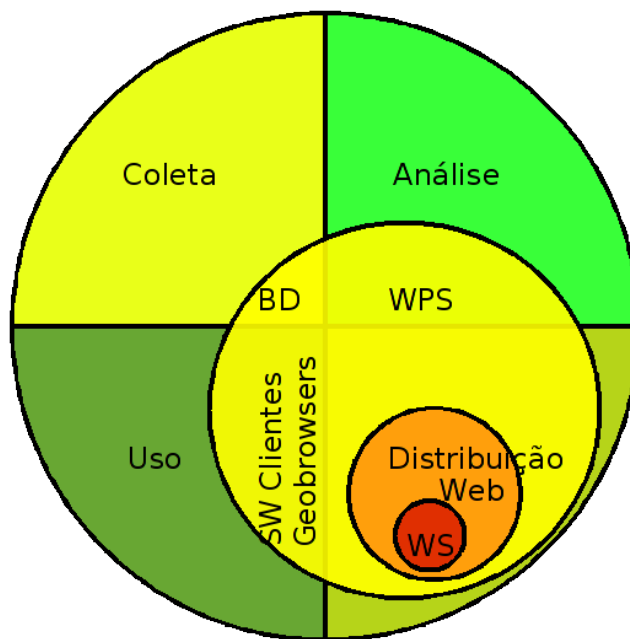


Figura 1: Contexto da dissertação no âmbito da Geomática

## 1.2 Objetivos

Disseminar dados georreferenciados pela *web*, visando incentivar o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) no estado do Amazonas, oferecendo suporte tecnológico para a implantação de bancos de dados georreferenciados compartilhados entre diversas organizações, otimizando os recursos por meio do uso de softwares livres e da integração de informações difusas disponíveis atualmente, além de contribuir para a valorização dos PFNM e para o desenvolvimento sustentável da região.

Agregar toda uma estrutura tecnológica baseada em *web services* e no uso de softwares livres que permita a descoberta, uso, análise e distribuição de dados georreferenciados, de forma que bases de dados distintas sobre um mesmo tema possam ser combinadas em softwares clientes de *web services OGC* como SIGs, *geobrowsers* e clientes *web* que sejam de fácil acesso e utilização por parte dos usuários.

Demonstrar a possibilidade da combinação de padrões internacionais de intercâmbio de informações georreferenciadas e metadados na criação de um ambiente de compartilhamento de dados georreferenciados entre institutos de pesquisas, ONGs, secretarias estaduais e municipais e sociedade em geral, permitindo assim que cada entidade possa gerar novos dados, mantê-los, difundí-los e beneficiar-se mutuamente dos dados disponíveis. Isso

se dará através de um estudo de caso utilizando as bases de dados de Produtos Florestais Não-Madeireiros.

Dentre os objetivos específicos deste projeto temos:

- Incentivo ao uso de informações georreferenciadas no estado do Amazonas disponibilizando uma infraestrutura tecnológica para a implantação de bancos de dados georreferenciados compartilhados, otimizando os recursos aplicados através do uso de softwares livres e da integração de informações difusas disponíveis atualmente;
- Criação de uma interface de softwares para o acesso aos dados compartilhados para as entidades envolvidas, onde seja possível a publicação e atualização de dados de sua responsabilidade;
- Implantação de um sistema de catálogo de metadados dos dados disponíveis, a fim de que a recuperação de dados seja facilitada;
- Definição, de acordo com a literatura e tecnologias existentes, de softwares, padrões e protocolos a serem utilizados no compartilhamento e integração das bases de dados;
- Definição de dados cartográficos básicos da região e criação de uma interface *web* para disponibilização desses dados ao público em geral;
- Desenvolvimento de uma interface interativa para consulta e análises básicas dos dados referentes aos Produtos Florestais Não-Madeireiros;
- Análise das novas formas de distribuição e análise da informação georreferenciada pela internet, tendo em vista os avanços tecnológicos vistos recentemente.

### **1.3 Hipóteses**

As hipóteses formuladas a serem testadas no estudo de caso elaborado nesta dissertação compreendem:

- Dados georreferenciados podem ser disponibilizados por meio de *web services OGC*, devidamente catalogados com seus metadados, e acessíveis por meio de SIGs livres, *Geobrowsers* e Clientes *web*.
- Tais *web services* podem ser disponibilizados a baixo custo, utilizando-se para tal apenas softwares livres existentes atualmente.
- Estes dados disponíveis por meio de *web services* permitem a realização de

consultas, análises, criação de mapas temáticos e atualização distribuída de bases de dados, possibilitando a geração de novas informações a partir da sua ampla utilização.

- O uso de metadados e de ferramentas de gestão de metadados ajudam na descoberta e integração de bases de dados distribuídas.

## **1.4 Estrutura da dissertação**

Nesse capítulo foi abordado o contexto que motivou a elaboração dessa dissertação, juntamente com os objetivos e as hipóteses levantadas.

O capítulo 2 aborda a importância atual da informação georreferenciada em nossa sociedade, as dificuldades encontradas na aquisição de dados, o uso de softwares livres, o surgimento de novos paradigmas de armazenamento e distribuição de dados espaciais, aprofunda a conceituação sobre IDEs e toca na questão dos metadados e a sua importância como instrumento de descoberta de dados. Também aborda a *web* como principal plataforma de difusão de informações, bem como o surgimento de novas tecnologias como por exemplo os *geobrowsers* e tendências como a introdução de tecnologias colaborativas e dinâmicas da *Web 2.0* na Geomática.

No capítulo 3 descrevem-se os padrões existentes na área da Geomática que permitem alcançar a interoperabilidade tão almejada anos atrás. Aborda também a arquitetura de difusão de dados por meio de *web services*.

A descrição do estudo de caso é feita no capítulo 4 abordando o ambiente de trabalho e os dados utilizados, em especial os dados do projeto RADAM.

O capítulo 5 trata das tecnologias utilizadas escolhidas por meio de um comparativo de softwares existentes para banco de dados, servidores de mapas, catálogo de metadados e softwares para acesso aos dados. Também descreve a implementação do estudo de caso.

Avaliação dos resultados obtidos e as possibilidades de acesso aos dados constam no capítulo 6.

Finalmente, no último capítulo se encontram as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.



## **2 Os avanços da Geomática e a necessidade de compartilhamento**

Este capítulo possibilita ao leitor ter uma visão geral da importância da informação georreferenciada na nossa sociedade. Discorre sobre alguns entraves no acesso e uso desse tipo de dado, como por exemplo os custos, o uso de softwares proprietários e a baixa interoperabilidade dos formatos de armazenamento. Aponta algumas soluções como o uso de softwares livres e de arquiteturas mais atuais para armazenamento e distribuição dessas informações, como por exemplo compartilhamento de dados por meio de IDEs e o acesso por meio de catálogos de metadados. Também trata do advento de tecnologias, como por exemplo os geo-navegadores (*geobrowsers*) e da *Web 2.0*, que massificaram o uso e a criação coletiva desse tipo de dado.

### **2.1 A informação georreferenciada**

No mundo contemporâneo o acesso à informação é imprescindível para o desenvolvimento da sociedade, tanto que é cada vez mais comum classificá-la através do termo Sociedade da Informação (Toffler, 2001) e (Ferreira, 2003). A sociedade atual produz e utiliza cada vez mais informação georreferenciada, significando que, em muitos aspectos da vida cotidiana, a informação que produzimos ou usufruímos está atrelada a uma localização geográfica. Em uma prefeitura por exemplo, 80% da informação relativa à administração de uma cidade tem um forte componente espacial (Nanson, 1995) (ESRI, 2002); chama-se tal tipo de informação de *informação georreferenciada*, pois possui coordenadas que indicam a sua localização na superfície terrestre.

Informações georreferenciadas têm sido mais frequentemente necessárias para o planejamento e tomada de decisão nos mais diversos setores da sociedade, suas aplicações podem ser em questões sócio-econômicas, ambientais e gerenciais (Câmara et al., 1996), como por exemplo, no monitoramento ambiental (Medeiros, 2001), na saúde, no gerenciamento de transportes urbanos, marketing e outros. Para o uso mais eficiente das informações georreferenciadas foram criados, com o uso da computação, Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Tais sistemas auxiliam nos processos de coleta, armazenamento, análise e distribuição de dados georreferenciados.

A utilidade destes sistemas, todavia, depende dos dados que serão empregados. E,

embora o uso de SIG traga muitos benefícios, o custo de aquisição de dados é muito elevado —de acordo com Hartman (1998) citado por Lima (2002), o custo de produção de dados corresponde entre 60% e 80% do valor total de implantação de um SIG.

Na Geomática existem várias formas de aquisição de dados que vão desde pesquisas bibliográficas e coletas em campo até o uso de sistemas de posicionamento global (GPS, Glonass, Galileo), uso de imagens de sensoriamento remoto, e mapeamento participativo. Todos estes processos de coleta envolvem custos, muitas vezes elevados, e num ambiente de SIG, onde geralmente são cruzadas informações de várias fontes, invariavelmente é necessário o uso de mais de uma forma de aquisição de dados. Independentemente do meio de coleta a ser utilizado o fator custo influencia sobremaneira a viabilidade de alguns projetos.

Além do custo elevado de aquisição e manutenção de dados georreferenciados, outros fatores que contribuem para a não utilização de SIGs em larga escala são: o alto custo de softwares específicos para esse nicho, aliados à baixa interoperabilidade entre os formatos de dados de softwares proprietários.

Uma das formas de contornar o problema do custo de coleta e atualização de dados é a utilização de dados já existentes, todavia alguns empecilhos surgem nessa abordagem. O primeiro grande obstáculo é a baixa disponibilidade desses dados e a dificuldade de encontrá-los. No Brasil ainda existe uma cultura de aprisionamento de dados no setor público, maior produtor e usuário de dados georreferenciados, que dificulta o desenvolvimento de projetos envolvendo esse tipo de informação. Mesmo quando pagos com dinheiro público, os dados não são tratados como bens coletivos; a instituição responsável pela aquisição de dados georreferenciados trata os mesmos como sendo um bem privado, não divulgando os mesmos de forma que qualquer cidadão possa acessá-los.

Nas instituições públicas brasileiras de modo geral, tanto nas áreas da administração pública quanto em áreas da pesquisa, é incomum um caminho claro para aquisição dos dados. Ao acessar o *site* das prefeituras do Brasil por exemplo, salvo raras exceções, não é possível acessar os dados de arruamento, localização das escolas, e postos de saúde—dados inerentemente públicos. Esse exemplo aplica-se também a *sites* de muitas instituições e projetos de pesquisa.

Em outros casos o impedimento de distribuição de dados tem base jurídica. Os dados são adquiridos de empresas privadas que não vendem de fato os dados em si, mas uma licença de uso restritiva quanto à distribuição dos mesmos.

Outras barreiras para aquisição de dados são a burocracia e a falta de vontade política. Monteiro (2005) aponta para uma solução, ao definir políticas claras de distribuição de dados, partindo do pressuposto de que os dados devem ser públicos. Câmara (2003) aponta as vantagens desse tipo de abordagem e dá como exemplo o caso americano, em que a coleta e organização de dados espaciais são considerados como investimento em infraestrutura e bens públicos, sendo distribuídos para qualquer pessoa com uma licença permissiva, possibilitando inclusive a comercialização destes dados e de seus derivados.

No Brasil existem algumas grandes iniciativas de disseminação de dados espaciais públicos, porém são pontuais e não prática comum. Citamos abaixo os expoentes em disseminação de dados espaciais no Brasil:

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com seu programa CBERS (*China-Brazil Earth-Resources Satellite*)<sup>2</sup>, fez do país o maior distribuidor de imagens de sensoriamento remoto do mundo, disponibilizando através de um site, até setembro de 2008, mais de 488 mil imagens, sendo que qualquer usuário pode baixar as imagens dos sensores do satélite CBERS (INPE, 2008). Também é importante destacar o desenvolvimento de softwares para a área de Geomática como o SPRING<sup>3</sup> e Terralib<sup>4</sup>, os Programas PRODES<sup>5</sup> e DETER<sup>6</sup> que disponibilizam informações sobre desmatamento e queimada no Brasil, além da contribuição na formação técnica e acadêmica com a difusão de vários livros, artigos e apresentações pela web.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) é um dos pioneiros na difusão de dados espaciais brasileiros na *Web*, por meio de uma Interface Interativa Integrada para Geoprocessamento (I3GEO)<sup>7</sup>, que é um software livre para visualização de dados georreferenciados, e de um catálogo de metadados, ambos acessíveis pela *web*<sup>8</sup>, que provê a descrição das camadas de informação disponibilizadas. Este Ministério também é um grande difusor de software livre e dados para Geomática. Além do software I3Geo, criado no Ministério e difundido para vários órgãos da administração pública no Brasil, possuem um servidor de mapas que disponibiliza várias camadas de informação georreferenciada, acessível por meio de qualquer software cliente compatível com os padrões *OGC*, padrões estes que

---

2 Acessível em: <http://www.cbears.inpe.br/>

3 Acessível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring>

4 Acessível em: <http://www.terralib.org>

5 Acessível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/>

6 Acessível em: <http://www.obt.inpe.br/deter/>

7 Acessível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo>

8 Acessível em: <http://mapas.mma.gov.br/geonetwork>

serão abordados no capítulo seguinte.

O **IBGE** também é um grande provedor de dados espaciais no Brasil. Disponibiliza diversos dados sócio-econômicos e político-administrativos, como por exemplo a malha municipal brasileira, setores censitários, cartas topográficas, entre outros temas; iniciou recentemente um projeto para disponibilização de metadados e dados geográficos por meio de um portal na *web* (Py, 2008).

Outras iniciativas merecem ser mencionadas, como a da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (**EMBRAPA**<sup>9</sup>) em projetos como "Brasil visto do espaço", "Brasil em Relevo", "Cobertura vegetal do Brasil" e "Geo Portal" e do **IBAMA**, autarquia federal vinculada ao MMA, por meio do "Sistema Compartilhado de Informações Ambientais - SISCOM", que disponibiliza vários arquivos no formato *shapefile*<sup>10</sup>.

Embora tais iniciativas sejam louváveis, um problema recorrente na Geomática é a integração de dados espaciais provenientes de diversas fontes. Segundo Casanova et al. (2005) esta integração não é trivial; existem diversos níveis de integração que precisam ser alcançados para que estes dados possam ser utilizados em um ambiente SIG que utilize informações heterogêneas.

No primeiro nível, o sintático, os dados, que estão em formatos diferentes, são integrados utilizando uma forma comum de representação dos dados. Alcançar a integração ao nível semântico é mais complicado, pois envolve integrar feições e atributos não por meio dos valores dos atributos mas pelo seu significado e equivalência. Considere por exemplo, duas bases de dados de hidrografia onde uma especifica um rio utilizando o termo 'igarapé', a outra o termo 'córrego', utilizando técnicas de integração em nível sintático é impossível descobrir que as duas feições são correspondentes. Para esse tipo de problema alguns estudos apontam o uso de ontologias que, resumidamente, é uma forma de adicionar semântica a um determinado dado. (Casanova et al., 2005)(Azevedo, 2006)

Mesmo com esses avanços no sentido da integração e da interoperabilidade entre bases de dados heterogêneas, o processo de disponibilização e integração de dados provenientes de diferentes fontes ainda é um grande obstáculo para os usuários desses sistemas. Outro problema enfrentado pelos usuários de informações georreferenciadas é o alto custo dos

---

9 Acessível em: <http://www.embrapa.br>

10 ESRI Shapefile, ou simplesmente shapefile, é um formato proprietário da empresa Environmental Systems Research Institute (ESRI) que teve sua especificação aberta, permitindo que outras empresas desenvolvessem softwares que fossem capazes de ler este tipo de arquivo. Isso tornou shapefiles muito populares e um padrão de facto em SIGs. A especificação pode ser acessada em: <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>

softwares na área de Geomática: por ser utilizado por um nicho de mercado, os softwares são vendidos a preços elevados para que se possa obter o retorno do investimento.

## 2.2 Softwares Livres para Geomática

Com o advento do movimento de software livre, muitas aplicações para SIG foram desenvolvidas e disponibilizadas ao público em geral (Uchoa, 2004) e (Câmara e Onsrud, 2004). Softwares livres são programas de computador que permitem ao usuário o direito a quatro liberdades essenciais (Campos, 2009)<sup>11</sup>:

- A liberdade para executar o programa, para qualquer propósito (liberdade nº 0);
- A liberdade de estudar como o programa funciona e adaptá-lo para as suas necessidades (liberdade nº 1). Acesso ao código-fonte é um pré-requisito para esta liberdade;
- A liberdade de redistribuir cópias de modo que você possa ajudar ao seu próximo (liberdade nº 2);
- A liberdade de aperfeiçoar o programa e liberar os seus aperfeiçoamentos, de modo que toda a comunidade se beneficie (liberdade nº 3). Acesso ao código-fonte é um pré-requisito para esta liberdade;

Em Fevereiro de 2009, o site *Freegis.org* listava 349 softwares livres cadastrados para os mais diversos fins na área de Geomática. Muitos deles, de excelente qualidade, possuem comunidades de desenvolvimento ativas, que implantam novas funcionalidades e corrigem erros com frequência maior do que as vistas em softwares proprietários. Essas aplicações são uma grande oportunidade para implantação de SIGs, tendo em vista que apresentam diversas vantagens, inclusive econômicas, em relação às soluções proprietárias, pois muitas delas são disponíveis gratuitamente, além de permitirem o estudo e modificação do software com o objetivo de melhor adequá-lo a um determinado fim.

Em 2006, um grupo de desenvolvedores, usuários e entusiastas de softwares livres para Geomática criou a *Open Source Geospatial Foundation (OSGEO)*<sup>12</sup>, uma fundação com o objetivo de promover o desenvolvimento e encorajar o uso de ferramentas livres para esta área. A partir da criação da *OSGEO* vários projetos em andamento foram incubados na Fundação, que dá mais visibilidade aos projetos, angaria recursos para o aprimoramento dos mesmos, ajuda na criação de redes de colaboração entre desenvolvedores e garante um alto

---

11 Mais informações sobre as licenças de software livre no site da Free Software Foundation: <http://www.fsf.org>

12 Acessível em: <http://www.osgeo.org>

nível de qualidade dos softwares incubados, provendo uma infraestrutura de desenvolvimento, além de promover o uso de padrões de intercâmbio de dados, entre outros objetivos correlatos.

Tal iniciativa é duplamente significativa. Primeiro porque contribui para a criação e aprimoramento de soluções livres, permitindo a usuários que antes não teriam acesso ao vasto campo de conhecimento da Geomática, em virtude do alto custo das soluções proprietárias outrora disponíveis, usarem estes softwares para manipular informações georreferenciadas. E segundo e mais importante, porque possibilita que usuários se apoderem do conhecimento de como o sistema funciona internamente, fazendo com que o usuário conheça de fato a ciência e a tecnologia por trás destes programas e possam usá-los com mais eficácia.

### **2.3 Arquiteturas de armazenamento em SIG**

Na história dos SIG's várias arquiteturas de armazenamento e manipulação de dados georreferenciados foram criadas para atender a demanda por representação cartográfica e análises, utilizando-se das facilidades do uso de computadores para automação de tarefas. Evidentemente, essas arquiteturas desenvolveram-se respeitando as limitações computacionais de cada época.

Em Câmara et al. (2001) e Queiroz (2004), pode-se ver as várias arquiteturas possíveis para armazenamento e manipulação deste tipo de dados, ditos não-convencionais, que vão desde abordagens baseadas em armazenamento em arquivos binários proprietários, que só podem ser manipulados pelo software que o gerou, até esquemas mais sofisticados de armazenamento de dados em Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (**SGBD**) Objeto-Relacionais, por meio de extensões espaciais.

Duas das arquiteturas descritas no livro de Câmara et al. (2001), que vigoraram por muito tempo e que ainda hoje resistem em muitos nichos de mercado são as arquiteturas **tradicional** e **dual**. Ambas armazenam a geometria das feições espaciais e os atributos em locais separados, sendo que a primeira armazena em arquivos e a segunda armazena em SGBD's de fato.

Nessas arquiteturas a junção entre as feições e os atributos é feita pela aplicação SIG. Embora essa abordagem tenha a característica de permitir que uma aplicação acesse os atributos textuais das feições geográficas independentemente das geometrias das feições correspondentes, esta aparente vantagem ocasiona vários problemas, dentre eles a facilidade

de introdução de erros de consistência nos dados, visto que as feições e seus atributos são tratados de forma separada. Um exemplo trivial seria a de um cadastro de ruas utilizado por várias aplicações, em que informações textuais podem ser recuperadas não necessariamente consultando-se a feição geográfica da rua.

Um bom exemplo do uso dessa arquitetura pode ser encontrado nessa dissertação, no estudo de caso apresentado no capítulo 3, em que as feições geográficas encontravam-se inicialmente no formato proprietário *shapefile* da empresa *ESRI* e os atributos das feições estavam armazenados em um SGBD *Oracle*, também proprietário.

Estas abordagens vêm gradativamente perdendo terreno, pois o uso de sistema de arquivos para gerenciamento de dados ocasiona uma série de problemas, a saber: redundância de arquivos resultante da cópia do mesmo para várias estações de trabalho; várias versões de um mesmo dado, geralmente mal documentadas, tornando difícil saber qual versão é a mais recente ou adequada para um determinado fim, o que muitas vezes conduz a inconsistências; dificuldades em realizar operações de *backup* e restauração; dificuldades em trabalhos simultâneos num mesmo arquivo.

Uma arquitetura mais robusta que tem dominado os SIG's atualmente é a baseada em **SGBD's Relacionais** com a capacidade de armazenar dados georreferenciados de maneira integrada (Lisboa Filho et al.,2001). Tal solução consegue fornecer ao ambiente SIG todas as vantagens que um SGBD pode proporcionar, como: controle de redundâncias; compartilhamento dos dados; segurança; interfaceamento; esquematização; controle de integridade; *backups* e restauração facilitados; além de fornecer a representação espacial das feições georreferenciadas.

Uma outra vantagem de se trabalhar com SGBD's com extensão espacial são os índices espaciais. De modo similar a bases de dados que trabalham com atributos numéricos/textuais que possuem sua própria forma de indexar o conteúdo de forma a encontrá-lo mais rapidamente, estes SGBD's possuem índices específicos que permitem consultas espaciais otimizadas.

Além disso, podem ser implementadas consultas espaciais dentro do próprio SGBD, como, por exemplo, consultas para calcular distâncias entre feições e áreas, funções espaciais para criação e modificação de novas feições a partir de feições existentes e consultas topológicas (saber, por exemplo, se uma feição toca ou intercepta uma outra).

As maiores vantagens deste tipo de arquitetura podem ser vistas em ambientes

multiusuários, onde uma mesma informação é requerida tanto para consulta quanto para atualização, simultaneamente, por dois ou mais usuários. O uso de um SGBD permite que vários usuários acessem uma mesma base de dados, possuindo sempre a informação mais atualizada, o próprio SGBD controla o acesso concorrente a uma determinada tabela ou registro, evitando assim entrada de dados conflitantes e a geração de inconsistências. Além do mais, quando usados softwares que atendem aos padrões de interoperabilidade, cada usuário pode ficar livre para utilizar o SIG que julgar mais conveniente, tornando-se independente de plataforma.

Vários softwares livres e proprietários como *Oracle*, *PostgreSQL* e *MySQL* implementam essa arquitetura, baseando-se no padrão *SFS-SQL* da *OGC* que será explicado no próximo capítulo. Uma comparação dos principais SGBD's relacionais com extensão espacial é feita no capítulo 5, a fim de caracterizar qual a solução que foi mais adequada ao presente estudo de caso.

## **2.4 Arquiteturas de distribuição de Informações Georreferenciadas**

Uma das áreas de atuação da Geomática é a distribuição de informações georreferenciadas. Após serem coletadas e processadas, estas informações precisam circular entre os usuários, permitindo o seu uso máximo.

Durante o início dos SIG's, dados georreferenciados eram utilizados apenas por especialistas, em sistemas individuais, e os dados eram armazenados em formatos proprietários, dificultando a troca de informações. Por muito tempo a forma mais popular de distribuição da informação era o meio analógico, ou seja, através da impressão de mapas temáticos e folhas cartográficas.

Após a década de 90, a arquitetura cliente-servidor chega aos SIG e surgem no mercado sistemas que permitiam centralizar a informação em um servidor e várias estações podiam acessá-lo e trabalhar com os dados de forma a otimizar o gerenciamento da informação; os sistemas passam a adotar bases de dados espaciais. São dessa época os sistemas *ArcSDE*, *Oracle Spatial*, *DB2* e outros. Todavia estas bases eram acessíveis apenas dentro da própria instituição e o formato de armazenamento permanecia proprietário.

Com a massificação da internet e a crescente troca de informações na rede, este ambiente mostrou-se favorável ao compartilhamento e disseminação de informações georreferenciadas. Aos poucos, arquivos com informação georreferenciada começaram a ser



disponibilizados, imagens de sensoriamento remoto são descarregadas até hoje pela Internet, surgiram mapas interativos e finalmente os dados estavam disponíveis na rede como serviços. A partir deste momento, a evolução tecnológica alcançada permite a criação de uma rede de cooperação interinstitucional que muda a forma de lidar com a informação espacial e facilita sobremaneira a descoberta e uso de informação georreferenciada e distribuída.

## **2.5 Infraestruturas de Dados Espaciais**

Com o aumento na complexidade das análises espaciais, como por exemplo, modelagem do desmatamento na Amazônia, modelos de distribuição de espécies e previsão do impacto das mudanças climáticas em uma determinada região, é necessário um grande volume de dados de entrada. Hoje se encontram disponíveis em bases de dados já existentes, mas de forma fragmentada e de difícil acesso.

Conforme já comentado anteriormente, dado o elevado custo de aquisição de dados georreferenciados, surge a necessidade de compartilhamento, visando a otimização no uso de recursos aplicados à coleta de dados, principalmente na Amazônia, devido às dificuldades de acesso, à vegetação densa e às condições climáticas da região. (Vieira, 2008)

Em um cenário de compartilhamento, cada entidade gera os dados para sua área de atuação, compartilhando-os com as demais instituições e usufruindo de outras entidades os dados que não estão diretamente ligados a sua especialidade. Para fins ilustrativos, tem-se o seguinte cenário: uma instituição de pesquisa especializada em modelagem ambiental precisa elaborar uma previsão de desmatamento para os próximos 50 anos. Para tanto, certamente irá utilizar um histórico dos dados de desmatamento, vegetação, classificação do uso dos solos, solos, estradas, malha municipal e dados populacionais, dentre outros.

É praticamente impossível que uma única instituição consiga coletar sozinha este amplo espectro de dados com um certo nível de qualidade. Todavia, ela poderá recorrer a parceiros, especialistas em cada uma dessas áreas, para conseguir dados confiáveis sobre cada tema necessário. Esta instituição, por sua vez, poderá, após a realização da análise, disponibilizar os dados de sua autoria para outras instituições interessadas.

Para facilitar o intercâmbio de dados, no contexto do cenário acima descrito, surgem as Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE's), que são plataformas que suportam, em um ambiente colaborativo, a descoberta, acesso e uso da informação georreferenciada por instituições de pesquisa, governo, ONGs e sociedade em geral (Carnevale, 2008). Uma IDE

denota um conjunto de tecnologias, políticas e arranjos institucionais, que facilitam a disponibilidade e o acesso a informação georreferenciada (GSDI, 2004).

Uma IDE emerge quando entidades em diferentes níveis (local, regional ou global), que antes não possuíam vinculações entre si, iniciam uma troca sistemática de informações. Para ser bem sucedida, ela, a IDE, precisa ser confiável, uma vez que se baseia no compartilhamento e na colaboração de dados entre vários indivíduos de diferentes entidades (Bellafiore, 2008). Esta confiabilidade refere-se tanto à necessária infraestrutura tecnológica para o compartilhamento dos dados, quanto à qualidade dos dados em si. Dentre as vantagens a favor das IDE's destacam-se a qualidade e a atualização dos dados, pois estes permanecem mantidos pela fonte geradora (Carnevale, 2008), evitando-se duplicidades, inconsistências e reduzindo-se consideravelmente os custos.

A construção de uma IDE envolve a disponibilização de dados espaciais, bem descritos por meio de metadados, catalogados em sistemas que facilitem a descoberta dessa informação, que possam ser visualizados na *web* e acessíveis por meio de *web services*. Também é necessário a capacitação dos usuários para trabalhar com toda a tecnologia envolvida e o estabelecimento de políticas públicas que incentivem o compartilhamento e uso da informação georreferenciada para o embasamento da tomada de decisão (GSDI, 2004).

Existe atualmente um esforço em escala mundial para o desenvolvimento de uma IDE global, intitulado *Global Spatial Data Infrastructure Association (GSDI)*<sup>13</sup>, que tem por objetivo contribuir para o desenvolvimento de IDE's em diversos níveis, como forma de ajudar na solução de problemas sociais, econômicos e ambientais. Parte-se do princípio que em lugares onde existe uma alta disponibilidade de informações georreferenciadas, os problemas sociais, ambientais e econômicos são resolvidos mais facilmente (GSDI, 2004).

A GSDI fomenta discussões e ações para alcançar os seus objetivos e uma de suas contribuições é o livro "*The SDI Cookbook*" (GSDI, 2004), o qual apresenta diversos conceitos, tecnologias, melhores práticas e estudos de caso de implementação de IDE's. A última versão (2.0), foi lançada em 2004 e é necessário uma atualização referente aos avanços ocorridos nesses últimos anos, principalmente no tocante ao aspecto tecnológico.

Destacam-se, a seguir, outras iniciativas, em diferentes escalas, para a implementação de IDE's:

- *Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe (INSPIRE)*<sup>14</sup>, promovida pela

---

13 GSDI - <http://www.gsdi.org/>

14 Mais informações no site: <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>

União Européia (UE) para cooperação entre todos os países da UE.

- *National Spatial Data Infrastructure (NSDI)*<sup>15</sup>, IDE americana que envolve governo, setor privado, ONGs e academia em diversos níveis.
- Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), iniciativa brasileira que é aprofundada a seguir.
- IDE Bahia - iniciativa da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI) (Pereira et al., 2002).
- Prefeitura de Belo Horizonte, IDE em nível local (Davis, 2006).

Num país de dimensões continentais como o Brasil, a ordenação de dados espaciais para todo o território não é tarefa trivial. Após alguns anos de atividades, a Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR<sup>16</sup>) conseguiu dar os passos iniciais para a construção de uma IDE nacional. Em 27 de novembro de 2008 o Presidente Luís Inácio Lula da Silva, por meio do decreto 6666 (BRASIL, 2008) instituiu, no âmbito do Poder Executivo federal, a INDE<sup>17</sup>. Muitos órgãos, principalmente ligados ao poder executivo, integram a INDE (INPE, IBGE, MMA, SIPAM, EMBRAPA e muitos outros) e existe muita expectativa em torno dessa iniciativa, esperando-se que, de fato, propicie à sociedade brasileira o melhor uso de seus recursos e aumente a qualidade e disseminação dos dados espaciais.

Em resumo, uma IDE representa o conjunto de tecnologias, políticas, padrões e pessoas que promovem o compartilhamento de dados entre diversos níveis e setores da sociedade. É um agregado de novas ações e formas de acesso, compartilhamento e uso de dados georreferenciados que possibilita a elaboração de análises complexas destinadas a prover o necessário embasamento à tomada de decisões (FGDC, 2009). Uma ilustração do esquema de funcionamento de uma IDE pode ser vista na figura 2.

---

15 Disponível em <http://www.fgdc.gov/nsdi/nsdi.html> - Recentemente com a crise econômica mundial, e a eleição de um novo presidente para os Estados Unidos. Empresas como Autodesk, Microsoft, Oracle, Google, Intergraph, lançaram uma proposta ao governo para investir no fortalecimento da IDE americana como forma de reaquecer a economia (CAMPBELL et al. 2009)

16 Mais informações em: <http://www.concar.ibge.gov.br/>

17 Comissão criada para a implementação da INDE (CINDE):  
<http://200.255.94.26/>

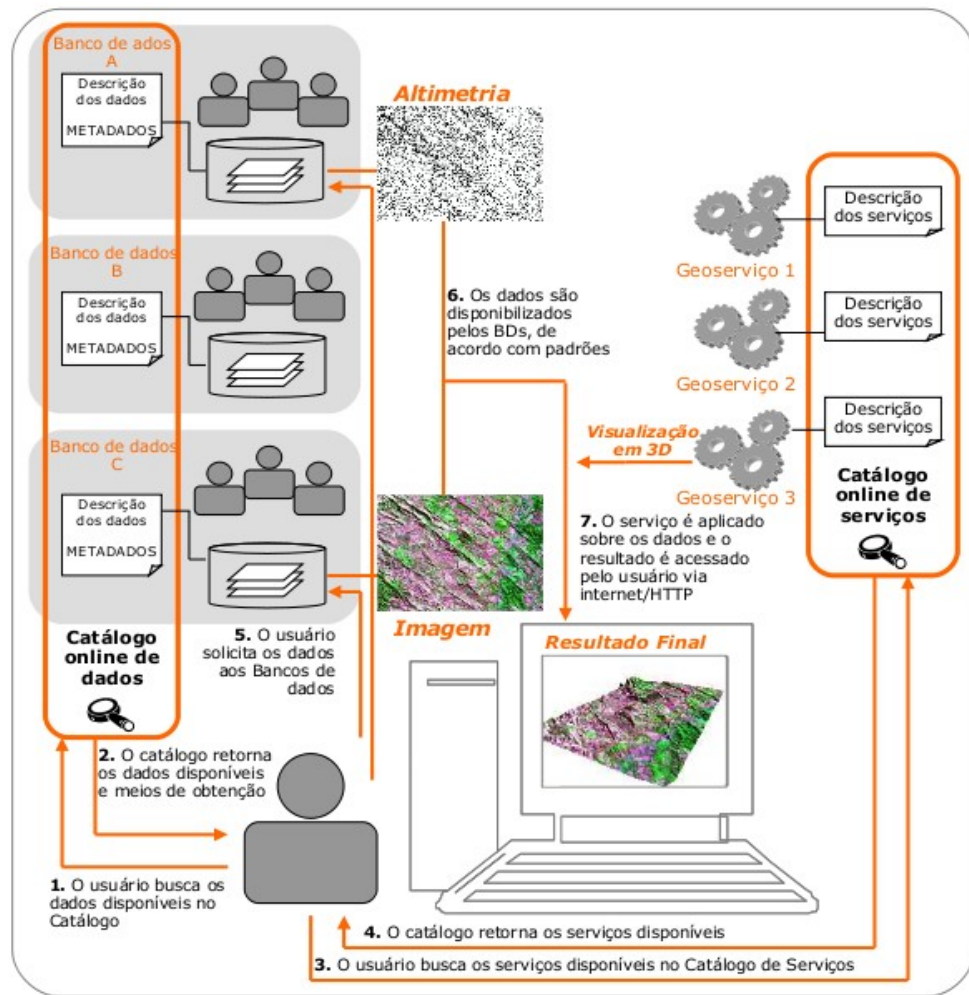


Figura 2: Exemplificação do funcionamento de uma IDE (Camboin, 2007).

## 2.6 Catálogo de metadados

Antes de entrarmos no conceito de catálogo de metadados, elemento fundamental na constituição de uma IDE precisamos ter claro a sua definição. Metadados são comumente descritos como "dados sobre dados", ou seja, são informações estruturadas sobre um conjunto de dados que os descrevem e auxiliam no entendimento dos mesmos, armazenados em um sistema administrativo (OSGEO, 2008). São muito importantes para a Geomática, pois ajudam a organizar, documentar, descobrir e utilizar o grande volume de dados normalmente envolvidos em projetos nessa área.

A criação de metadados deve responder às seguintes questões (Carnevale, 2008):

- O que? - Descrição do dado, normalmente um título e descrição do conjunto de dados.
- Quem? - Qual é a autoria do dado? Quem o descreveu (metadado)? Quem o

distribui?

- Por que? - Qual a utilidade do dados, sua finalidade.
- Quando? - Data da coleta, data da análise, data da publicação, etc.
- Como? - Como foi criado? Qual metodologia usada para gerar o dado? Qual a qualidade? Como obter os dados? Quais são as condições de uso?
- Onde? - Localização espacial a que se refere o dado.

De um modo geral, metadados possuem os mesmos elementos vistos acima. Em se tratando de dados georreferenciados, são utilizados elementos adicionais, como por exemplo projeção, escala, data de atualização, fonte, resolução, forma de obtenção, entre outros. Estes elementos, que são genéricos, podem ser padronizados de forma que produtores de dados possam descrevê-los, a fim de otimizar a avaliação e utilidade dos dados pelos usuários. Padrões facilitam a implementação de sistemas que gerenciam os metadados, garantem a consistência das informações e evitam que estas sejam perdidas (OSGEO, 2008). Na área da Geomática o padrão internacional de metadados geográficos mais utilizado atualmente, o ISO 19115:2003, foi estabelecido pelo comitê técnico ISO/TC211<sup>18</sup> da *International Organization for Standardization (ISO)*<sup>19</sup>. Ele possui vários elementos de descrição de dados, opcionais ou obrigatórios, e pode ser utilizado em séries de dados, dados de que descrevem o espaço de forma contínua (raster), feições geográficas armazenadas na forma vetorial e seus atributos, mapas analógicos, gráficos e inclusive dados não-georreferenciados. Alternativamente outros padrões são utilizados, como por exemplo o padrão estadunidense, criado pelo *Federal Geographic Data Committee (FGDC)* e o *Dublin Core*, que é um padrão genérico para descrição de documentos (OSGEO, 2008).

A criação de metadados de forma padronizada, por si só, não facilita muito a tarefa de descoberta de dados. Assim, de forma análoga a um catálogo telefônico, foram criados sistemas informatizados para catalogar metadados e permitir que sejam feitas consultas a partir de palavras-chaves, determinação da região de interesse, data, ou de qualquer elemento que descreva os dados. Se os metadados estão registrados corretamente no catálogo, o usuário tem condições de descobrir se o dado que ele procura existe, e como consegui-lo. Uma evolução dos catálogos, relevante para a formação de IDE's, é a técnica de **harvesting** (colheita), que permite que metadados em diferentes servidores sejam sincronizados e, a partir de uma consulta feita num determinado catálogo, o usuário tenha acesso a resultados

---

18 Mais informações: <http://www.isotc211.org/>

19 Mais informações: <http://www.iso.org/>

provenientes dos servidores de outras instituições. A figura 3 exemplifica o funcionamento do processo de *harvesting*.

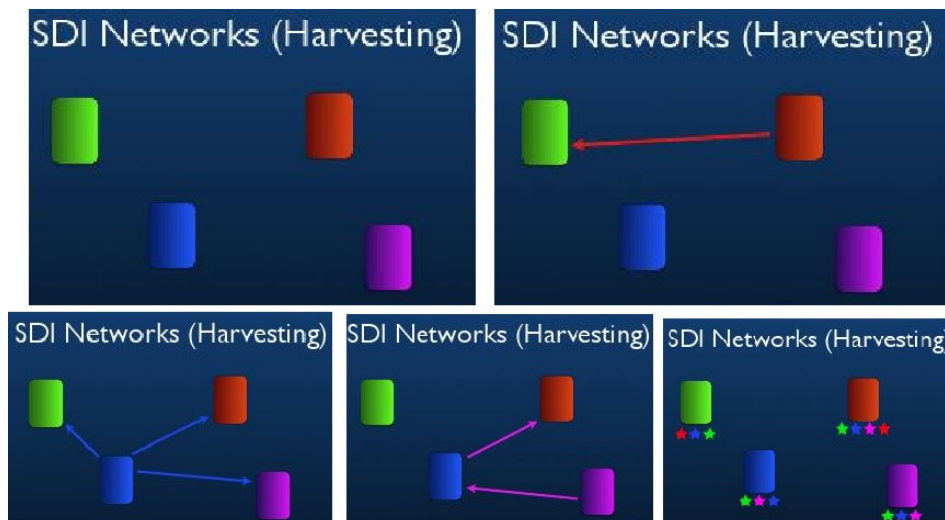


Figura 3: Inicialmente os servidores estão isolados, após o processo de colheita dos dados os mesmos passam a possuir os seus metadados e os de seus parceiros (Ticheler, 2007).

Após realizada a consulta de metadados, o usuário precisa avaliar se o dado selecionado realmente atende a sua demanda. Neste sentido, além das descrições contidas nos elementos do metadado, é importante que o usuário possa visualizar os dados. Essa fase de visualização da informação georreferenciada pode ser feita através de mapas na forma de imagem, de mapas interativos, que permitam explorar preliminarmente o dado, ou de *web services*, que são detalhados no próximo capítulo. Tendo selecionado os dados que deseja utilizar, o usuário pode, então, solicitá-los para o seu uso, de acordo com as opções de utilização disponíveis.

## **2.7 Google Maps, APIs, Web services, Geobrowsers e Web 2.0 - O início da democratização da informação georreferenciada**

Além do desenvolvimento de IDEs outros fatores contribuíram para a disseminação de informações georreferenciadas, sendo o principal acontecimento o lançamento em 2005, do software *Google Earth*, que permite a visualização intuitiva de informação georreferenciada em um globo digital, da interface para programação de aplicações, *Application Programming Interface* (API), e do *Google Maps*, que permite a criação de mapas dinâmicos em qualquer

site, houve uma revolução no acesso à informação georreferenciada, permitindo uma série de inovações sem precedentes na área da geoinformação.

Tais eventos permitiram que pessoas, com pouco ou nenhum conceito de Geomática, geoprocessamento ou SIG, e sem nenhum contato com informação georreferenciada, passassem a utilizar esse tipo de informação e perceber o seu potencial para resolução de problemas cotidianos, como por exemplo, descobrir uma rota para um endereço desconhecido (figura 4).

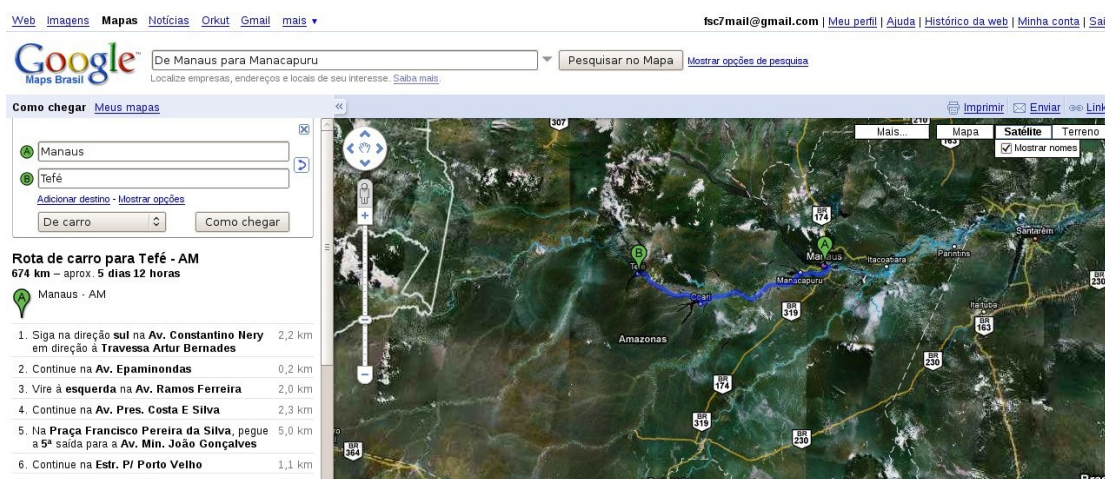


Figura 4: Interface do Google Maps, função de roteirização.

Paralelamente a esses eventos a *web* passa por profundas mudanças, surgem as redes sociais, o desenvolvimento de conteúdo colaborativo (figuras 5 e 6), mapas colaborativos (figura 7), a inteligência coletiva, softwares mais dinâmicos e interativos que se comunicam, por meio de *web services*, a outros softwares. É uma nova fase da *web*, definida por O'Reilly (2005) como *Web 2.0*.

No campo da Geomática ocorre o desenvolvimento dos padrões e de softwares que passaram a se comunicar entre si, também por meio de *web services*, implicando no fortalecimento das IDEs e afetando não apenas as instituições, mas também atingindo a sociedade ao nível individual.

Programadores passam a integrar dados georreferenciados disponíveis na internet utilizando-se do *Google Maps*, *Google Earth*, e das mais diversas *API's* e de softwares livres para criação de mapas dinâmicos (*mashups*) na *web* (Scharl, 2007), que foram surgindo aos milhares. E essa utilização em massa da informação georreferenciada, criada por quaisquer pessoas foi intitulada por Turner (2006) de neogeografia (*neogeography*).

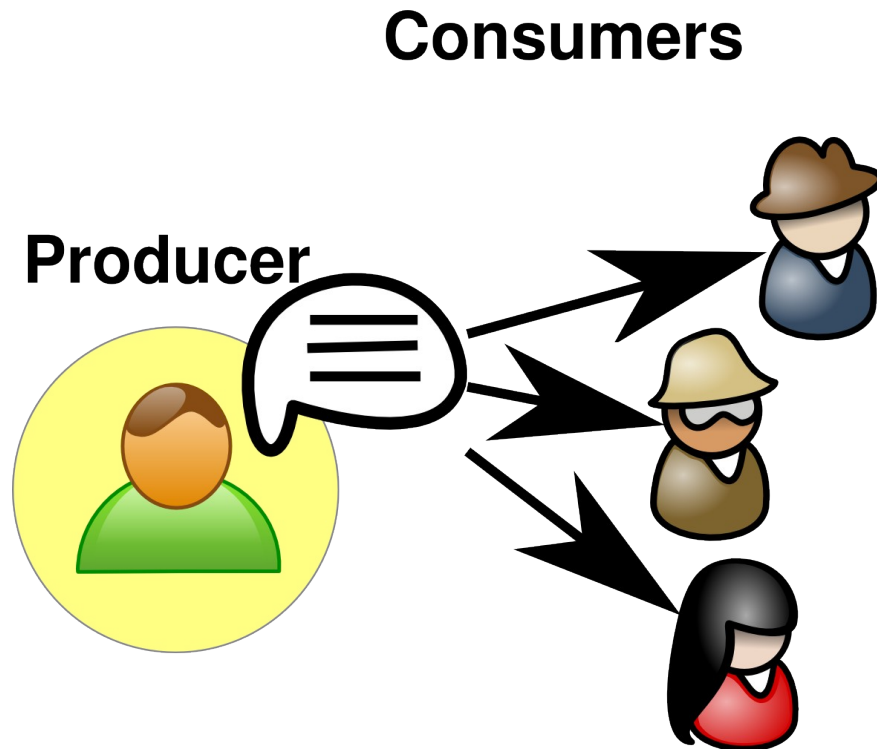


Figura 5: Paradigma antigo de produção de conteúdo para a web.

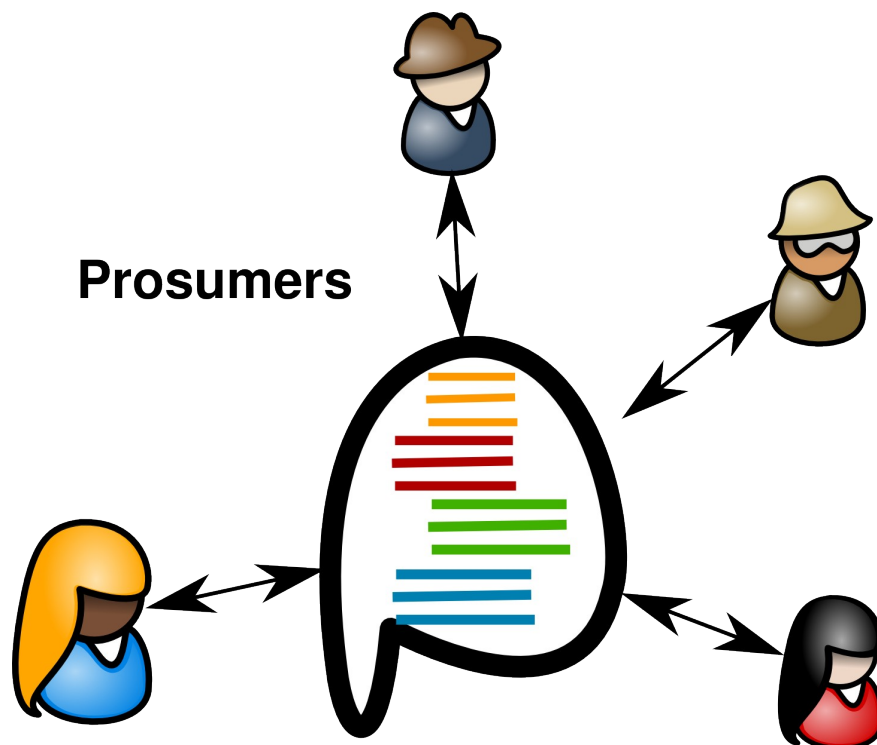


Figura 6: Atualmente os usuários são ao mesmo tempo produtores (producers) e consumidores (consumers) de informação, que surge de maneira colaborativa, originando o termo 'prosumer'.



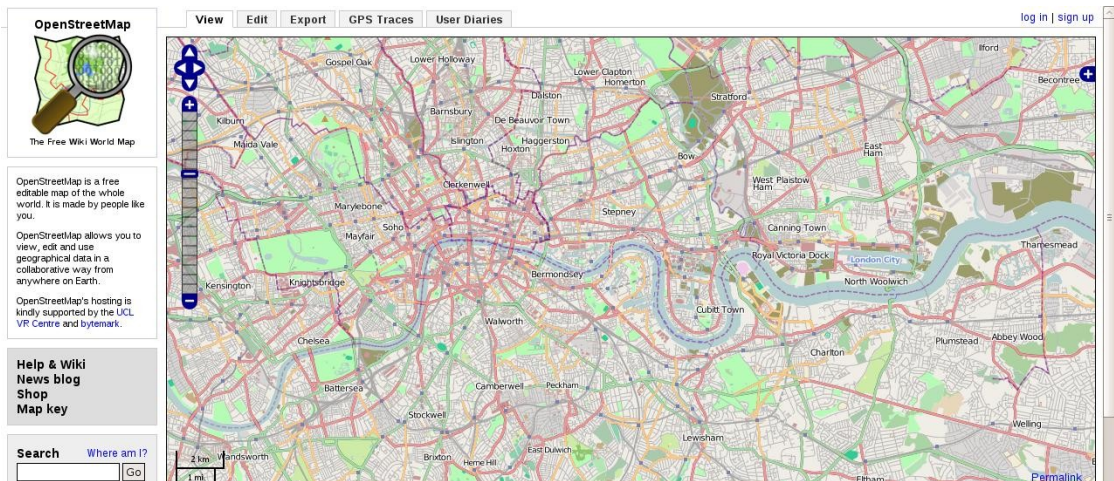


Figura 7: Projeto OpenStreetMap1 que visa mapear o mundo a partir do mapeamento voluntário, disponibilizando os dados de forma livre.

Esses e outros avanços são abordados por Craglia et al. (2008). A sociedade mudou e agora está mais consciente do mundo que a cerca; com todas as ferramentas disponíveis e suas infinitas possibilidades, as pessoas estão mais participativas e requerem cada vez mais informação georreferenciada para os mais diversos fins. O Brasil ainda tem um longo caminho a percorrer, e através do incentivo à disponibilização de dados georreferenciados de forma livre é possível chegar a uma maior participação da sociedade na resolução de problemas que envolvem o aspecto espacial.

### 3 Padrões de intercâmbio de dados geográficos

O grande número de softwares disponíveis, cada um com seus diferentes fabricantes e formatos, dificulta a interoperabilidade entre diferentes sistemas. É fato que convenções e acordos técnicos ajudam no compartilhamento de informações (GSDI, 2004). Por tal motivo, a evolução dos sistemas na direção da interoperabilidade fez com que muitos fornecedores de soluções em SIG se unissem em torno do *Open Geospatial Consortium (OGC)*<sup>20</sup>.

O *OGC* é um consórcio internacional, sem fins lucrativos, formado por várias entidades, que estabelece padrões na área geoespacial e de serviços baseados na localização. O *OGC* surgiu em 1994 com o objetivo de garantir interoperabilidade entre os diferentes softwares. Para isso conseguiu o apoio de grandes empresas da área e atualmente conta com consorciados de peso na indústria, como é o caso do *Google, ESRI, USGS, NASA, ERDAS, Autodesk, Microsoft, Oracle* entre outros.

Vários padrões já foram criados pelo *OGC* e são utilizados mundialmente e estão implementados em uma infinidade de softwares, permitindo a interoperabilidade entre os mesmos. Um padrão *OGC* origina-se por meio da identificação de um problema de interoperabilidade, o que gera discussões e leva à elaboração de uma proposta inicial que é debatida com a comunidade. Após o estabelecimento de um consenso o padrão é estabelecido<sup>21</sup>.

Através da *web* qualquer pessoa tem acesso aos padrões e pode implementar um software baseado no que foi proposto pelo *OGC*. À medida que a especificação amadurece, ela então vira um padrão e os softwares precisam passar por um teste de conformidade para então tornarem-se certificados pelo consórcio. Atualmente um dos principais divulgadores dos padrões do *OGC* são os softwares livres, que buscam ao máximo estar de acordo com as especificações propostas.

O *OGC* conta atualmente com mais de 30 padrões<sup>22</sup> que podem ser categorizados em: *web services*, formatos de dados, conversão de coordenadas, padrões de consulta, padrões para sensores e representação de dados. Dentre eles destacam-se como os mais relevantes para uma IDE o *Geography Markup Language (GML)*, *Web Feature Service (WFS)*, *Web Map Service (WMS)*, *Web Coverage Service (WCS)*, *Catalogue Service for the Web (CSW)*, *KML*,

20 Site: <http://www.opengeospatial.org>

21 OGC, 15 de dezembro de 2008 - The OGC Process: How the Pieces Fit Together - <http://www.opengeospatial.org/ogc/process>

22 Site: <http://www.opengeospatial.org/standards>

*Styled Layer Descriptor (SLD)*, *Simple Features for SQL (SFSQL)*, *Web Map Context (WMC)* e *Web Processing Service (WPS)*.

### 3.1 Padrões Web

Para entender os padrões da OGC é necessário conhecer um pouco do padrão de intercâmbio de dados genérico denominado *eXtensible Markup Language (XML)*. Este padrão foi desenvolvido por um outro consórcio chamado *World Wide Web Consortium (W3C)*<sup>23</sup>, que tem por objetivo desenvolver tecnologias interoperáveis para a internet<sup>24</sup>.

#### 3.1.1 XML

O *XML*<sup>25</sup> é uma linguagem de marcação estruturada semelhante ao *HTML*, que é encontrado nas páginas *web*, com a diferença de ser uma linguagem extensível, ou seja, não existe um conjunto pré-definido de marcadores (*tags*) que podem ser utilizados; estes são criados dependendo da finalidade da aplicação. Este formato foi desenvolvido para transportar e armazenar dados e permite a interoperabilidade pois é armazenado como um arquivo texto, podendo ser manipulado em qualquer editor e por qualquer linguagem de programação existente. Um exemplo clássico de *XML* é:

```
<lembrete>
  <para>Felipe</para>
  <dataLembrete>31/12/2008</dataLembrete>
  <titulo>Promessa de Ano Novo</titulo>
  <descricao>Terminar a Dissertação!</descricao>
</lembrete>
```

Um arquivo no formato *XML* deve ser auto-explicativo; os marcadores são os elementos do arquivo entre os sinais `<` e `>` (*tag* de abertura) e `</>` (*tag* de fechamento). No exemplo acima são *tags*: *lembrete*, *para*, *dataLembrete*, *titulo* e *descricao*. Estas delimitam o conteúdo que está entre os marcadores (Felipe, 31/12/2008, Promessa de Ano Novo, etc...). Possuem estrutura de árvore, com um elemento raiz, que dá origem a sub elementos, que por sua vez podem possuir sub elementos indefinidamente. Os elementos também podem possuir atributos como na linguagem *HTML*.

Existem algumas regras para a criação de um documento *XML*, a primeira é que toda abertura de marcador deve possuir um fechamento correspondente, por exemplo:

<sup>23</sup> Site: <http://www.w3.org>

<sup>24</sup> Um dos padrões mais conhecidos especificados pelo W3C é o *HTML -Hypertext Markup Language* - para criação de páginas *web*.

<sup>25</sup> Site: <http://www.w3.org/XML>

<para>Felipe</para>. A segunda regra se refere a restrição do uso de maiúsculas e minúsculas nos marcadores, ou seja, o marcador de fechamento deve ser escrito do mesmo modo que o marcador de abertura, incluindo maiúsculas e minúsculas. Existem outras regras que caracterizam o *XML*, como, por exemplo, a obrigação de aninhar os marcadores corretamente; todo documento deve ter um elemento raiz; atributos devem ser colocados entre aspas, entre outros que são exemplificadas em (W3Schools, 2009).

Um documento *XML* precisa respeitar as regras listadas acima para que as aplicações o interpretem corretamente, caso contrário, a má estruturação do documento gera erro na aplicação. Softwares que lêem *XML* não devem lidar com inconformidades e devem parar qualquer processo, se encontram um erro na estrutura do arquivo. O *XML* que está de acordo com as regras de formação é chamado de *XML* bem formado (*Well Formed XML*). Um outro conceito que pode gerar confusão é o de *XML* válido, para um arquivo *XML* encaixar-se nessa definição é necessário que seja bem formado e de acordo com um *Document Type Definition (DTD)*.

### 3.1.2 DTD

Traduzido para português, *DTD* é a Definição do Tipo do Documento, ou seja, esse arquivo permite que um documento possua um conjunto determinado de marcadores e atributos e indica a estrutura permitida para a construção de um determinado documento *XML*. A *DTD*, além da documentação de um conjunto de marcadores presentes em um documento *XML*, possibilita a criação de padrões de arquivos que permitam o intercâmbio de dados entre diferentes grupos e também que os dados sejam validados de acordo com as regras descritas na *DTD*. O exemplo abaixo mostra um documento do tipo lembrete que possui elementos (para, dataLembrete, titulo e descrição), o indicativo *#PCDATA* (*Parsed Character Data*), que denota que o dado pode ser lido e analisado por um software, e um outro tipo de dado, o *#CDATA*, que estabelece que o dado deve ser ignorado.

```
<!DOCTYPE lembrete [  
<!ELEMENT lembrete (para,dataLembrete,titulo,descricao)>  
<!ELEMENT para (#PCDATA)>  
<!ELEMENT dataLembrete (#PCDATA)>  
<!ELEMENT titulo (#PCDATA)>  
<!ELEMENT descricao (#PCDATA)>  
>
```

Se um arquivo *XML* possui um *DTD* e não está de acordo com o mesmo, o software deve parar o processamento do arquivo *XML*, pois, como já visto, o documento além de ser bem formado, deve estar de acordo com um *DTD* específico para o documento *XML* ser considerado válido.

O W3C criou um padrão com o mesmo objetivo, chamado *XML Schema*<sup>26</sup>, que aos poucos vem substituindo os *DTD's* na validação de documentos *XML*.

### 3.1.3 XML Schema

Similar ao *DTD*, o *XML Schema*, ou *XML Schema Definition (XSD)*, tem como vantagem ser um documento *XML*, o que possibilita que o mesmo seja interpretado pelos softwares da mesma forma que o *XML* a que ele se refere, além de ser possível definir os tipos de dados possíveis de um elemento (caracter, número inteiro, real). Outro grande avanço do *XML Schema* é a possibilidade de inserir *Namespaces*, que são referências ao assunto que está sendo tratado, por exemplo:

```
<planta>
  <familia>Euphorbiaceae</familia>
  <genero>Hevea</genero>
  <especie>brasiliensis</especie>
  <nomeVulgar>Seringueira</nomeVulgar>
</planta>
<planta>
  <nome>Edifício Saint Paul</nome>
  <endereco>Rua das Algas, 174</endereco>
  <andar>Cobertura</andar>
  <area>50m2</area>
</planta>
```

No exemplo acima pode-se ver dois elementos com o mesmo nome, mas com características diferentes; primeiro, uma planta vegetal e, o outro, uma planta de arquitetura, que iriam ser confundidos pelo software. Para evitar esse problema foram criados *namespaces* no *XML*, que são sufixos que individualizam os elementos. No caso acima, para evitar ambiguidades, utilizando-se *namespaces*, teríamos o seguinte *XML*:

```
<vegetal:planta>
  <vegetal:familia>Euphorbiaceae</vegetal:familia>
  <vegetal:genero>Hevea</vegetal:genero>
  <vegetal:especie>brasiliensis</vegetal:especie>
  <vegetal:nomeVulgar>Seringueira</vegetal:nomeVulgar>
</vegetal:planta>
```

---

26 Site: <http://www.w3.org/XML/Schema>

```

<arquitetura:planta>
  <arquitetura:nome>Edifício Saint Paul</arquitetura:nome>
  <arquitetura:endereco>Rua das Algas, 174</arquitetura:endereco>
  <arquitetura:andar>Cobertura</arquitetura:andar>
  <arquitetura:area>50m2</arquitetura:area>
</arquitetura:planta>

```

Sendo assim, um *XSD* é mais avançado que um *DTD* na definição de regras de conformidade em um documento *XML*. Voltando ao exemplo do lembrete, para efeito de comparação teríamos o seguinte *XML Schema*.

```

<?xml version="1.0"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://pt.wikipedia.org/wiki/Lembretes"
targetNamespace="http://www.felipe.com.br"
xmlns="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" elementFormDefault="qualified">
<xs:element name="lembrete">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element name="para" type="xs:string"/>
      <xs:element name="dataLembrete" type="xs:date"/>
      <xs:element name="titulo" type="xs:string"/>
      <xs:element name="descricao" type="xs:string"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
</xs:schema>

```

A linguagem *XML* está bem sedimentada na informática, e deu origem a inúmeras outras tecnologias e padrões versando sobre o *XML*. Na *web* encontra-se facilmente vários livros, artigos, dissertações (Santos, 2006), apresentações (Queiroz, 2007b) e tutoriais (W3SCHOOLS, 2009) para compreender melhor esta tecnologia.

A grande maioria dos padrões criados pela *OGC* é baseado em *XML*, por exemplo *Geography Markup Language (GML)*, o *Web Map Service (WMS)* e o *Web Feature Service (WFS)*, ou seja, foram criados *XSD's* para cada um dos padrões, especificando as regras de criação de cada documento e as respostas em *XML* que os softwares devem gerar. Os padrões *OGC* mais relevantes para esse trabalho serão vistos mais adiante; antes porém, será abordado o conceito de *web service* e como a computação tem evoluído para o melhor aproveitamento de recursos, utilizando-se das facilidades da computação distribuída e da Internet.

## 3.2 Web services

A crescente demanda de intercâmbio de informações entre sistemas distintos, evitando duplicação de dados e processos, e a grande necessidade de integração entre sistemas, levou a uma grande evolução na área de arquitetura de sistemas de informação e à maneira pela qual os softwares são desenvolvidos. Contribuem para esse avanço o fortalecimento dos sistemas em rede e da arquitetura cliente-servidor, da computação distribuída, da consolidação dos princípios da programação orientada a objetos, e da massificação da internet.

Para integrar diferentes sistemas, estes passaram a ser divididos em pequenos blocos de código com uma função bem definida, encapsulados e atuando de forma transparente. Sua implementação é independente de linguagem ou plataforma, são independentes entre si, não possuem estado (*stateless*), não precisam de nenhuma pré-condição para serem executados, ou seja, reúnem todas as condições necessárias para sua execução (Wikipedia, 2009). Funcionam como tijolos, que quando agrupados, podem dar forma a qualquer tipo de construção.

Estas funcionalidades passam a possuir uma interface de comunicação e são disponibilizadas na forma de serviços que, em resumo, são funções de software disponibilizadas para outro software. Uma função de adição por exemplo, receberá como requisição dois números de entrada, efetuará o cálculo da soma e retornará o resultado ao solicitante. Portanto, as outras aplicações necessitarão apenas conhecer essa interface e o protocolo de envio do serviço (como enviar a requisição), para poderem '*servir-se*' das funcionalidades providas pelo mesmo. Refere-se a essa abordagem como Arquitetura Orientada a Serviços (*Service Oriented Architecture - SOA*), e muitas grandes empresas como *IBM, Oracle e Microsoft* passam a investir nesse paradigma, pois ele permite integrar sistemas que antes eram incomunicáveis.

Estes serviços devem ter suas interfaces descritas utilizando-se metadados, que descrevem as entradas necessárias, o processo que será realizado e a saída do serviço. Os metadados, devem estar catalogados em um sistema que permita a busca de um determinado serviço, facilitando a descoberta e o uso de um determinado serviço por outros sistemas.

Em *SOA* os serviços podem ser combinados para formarem sistemas complexos e distribuídos; este procedimento é chamado de orquestração. A área de turismo fornece um exemplo bem ilustrativo da aplicação deste conceito. Considere-se um cenário onde empresas aéreas, hotéis e empresas de aluguel de carro disponibilizam serviços que permitam a efetivação de reservas. O usuário pode indicar como entrada para um sistema orquestrador de

serviços o local e data em que pretende tirar suas férias e o próprio sistema encarregar-se-á de acessar as interfaces, verificar vagas nos aviões e nos hotéis, selecionar as melhores tarifas e, ao final, indicar ao usuário quais são as opções, ou ainda, optar automaticamente pela mais barata e efetuar a reserva.

Essa arquitetura fornece as diretrizes de como um sistema deve funcionar, mas não especifica uma tecnologia, padrões ou protocolos; o fato é que são necessários padrões para que esses sistemas realmente sejam interoperáveis. Os padrões mais usados atualmente pela indústria são os *web services*<sup>27</sup> definidos pela W3C (*SOAP*, *WSDL* e *UDDI*). Todavia, existem outros métodos para disponibilização de *web services* como *CORBA*<sup>28</sup> e *REST*<sup>29</sup>. De modo simples pode-se descrever *web services* como softwares projetados para interagir entre si por meio da troca de mensagens em uma rede. Os *web services* têm como objetivo propiciar uma forma de intercâmbio de dados e processos entre aplicações, de maneira padronizada, independentemente da linguagem de programação ou plataforma utilizadas.

O desenvolvimento dessa forma de comunicação entre aplicações permitiu que diversos sistemas alcançassem a interoperabilidade. As mensagens são trocadas utilizando-se da linguagem *XML*, que possibilitou a padronização da representação dos dados, a descrição dos *web services* e a descoberta e exploração dos serviços. Em termos gerais, o protocolo de troca de mensagens *Simple Object Access Protocol (SOAP)*<sup>30</sup> é usado para transmitir a requisição de um cliente para um servidor e retornar a resposta; utiliza-se da *Web Service Description Language (WSDL)*<sup>31</sup> para a descrição do serviço, especificação das entradas necessárias e do resultado final; por fim, tem-se o *Universal Description, Discovery, Integration (UDDI)*<sup>32</sup>, que é um padrão estabelecido pelo consórcio *OASIS*<sup>33</sup> para possibilitar o registro e a descoberta destes serviços na Internet. A figura 8 facilita a compreensão dessa arquitetura.

Em analogia às informações contidas em um livro, pode-se dizer que o *XML* é a língua em que é escrita o livro, *SOAP* é a mídia em que está o conteúdo do livro em si, *WSDL* é uma ficha catalográfica que descreve o conteúdo do livro e *UDDI* é uma biblioteca onde estão cadastradas todas as fichas catalográficas para pesquisa.

---

27 Mais informações em: [http://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_service](http://en.wikipedia.org/wiki/Web_service)

28 Common Object Requesting Broker Architecture: <http://en.wikipedia.org/wiki/CORBA>

29 Representational State Transfer: [http://en.wikipedia.org/wiki/Representational\\_State\\_Transfer](http://en.wikipedia.org/wiki/Representational_State_Transfer).

30 Mais informações em: <http://www.w3.org/TR/soap/>

31 Web Service Description Language - <http://www.w3.org/TR/wsdl20-primer/>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_Services\\_Description\\_Language](http://en.wikipedia.org/wiki/Web_Services_Description_Language)

32 Especificação disponível em: <http://www.oasis-open.org/committees/uddi-spec/doc/tcpspecs.htm>

33 Organization for the Advancement of Structured Information Standards. Site: <http://www.oasis-open.org>.



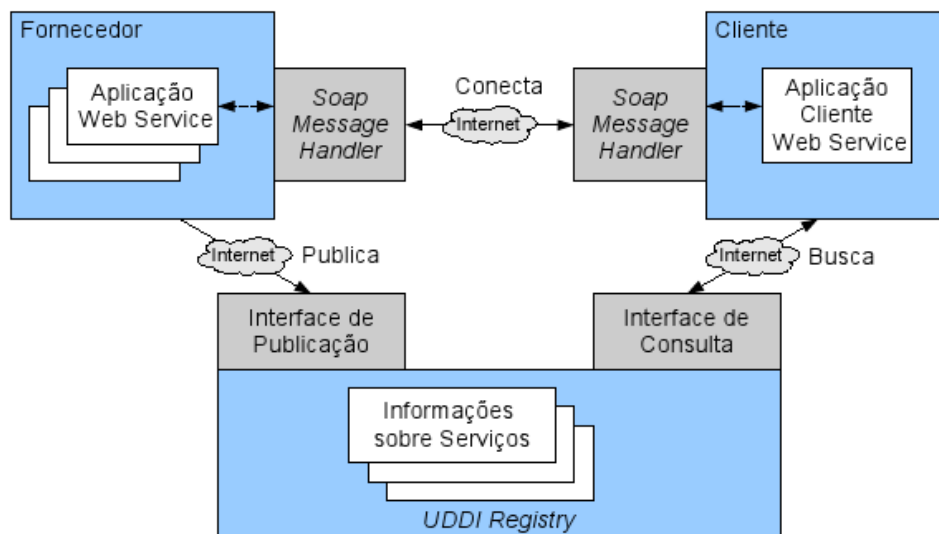


Figura 8: Arquitetura de web services com papéis de Fornecedor, Cliente e Registro, trocando mensagens através da Internet por meio de suas interfaces de comunicação (Queiroz, 2007b).

Uma outra forma de se implementar *web services* é por meio da abordagem de arquitetura de sistemas *Representational State Transfer (REST)*. Nessa abordagem os dados são tratados como recursos que ficam disponíveis por meio de um identificador único, sendo acessados através de uma interface de comunicação padronizada. No ambiente Internet o identificador seria o *Unique Resource Identifier (URI)* e a interface de comunicação o *Hyper Text Transfer Protocol (HTTP)*.

A característica principal da arquitetura *REST* são os recursos (*resources*) que podem ser acessados pelo identificador e uma ação a ser executada; a resposta à requisição é dada segundo o modo como o serviço foi configurado e pode ser qualquer saída, já que essa arquitetura é voltada para intercâmbio de dados hipermídia, podendo ser, por exemplo, um arquivo texto, *HTML*, imagem, um documento *XML* ou um binário.

As vantagens desse tipo de abordagem são: a possibilidade de *cache* dos recursos, otimizando o tempo de resposta; a facilidade de implementar clientes para os serviços, uma vez que qualquer navegador pode acessar os recursos via *HTTP*; utiliza os mecanismos tradicionais de descoberta e indexação de conteúdos da *web* tradicional, pois utiliza-se de *URI's* para acesso aos recursos; permite ao usuário assinalar um determinado recurso como favorito, ou enviá-lo como um *link* para outros usuários, ou ainda, referenciar um recurso específico através da *URI*.

Um web service baseado na abordagem *REST* utiliza o protocolo *HTTP* e funciona como uma coleção de recursos acessíveis por meio de *URI's*. Por exemplo: <http://siglab.inpa.gov.br/pfnm/radam/inventario/pontos>, retornaria uma saída que comumente é um arquivo texto ou *XML* com informações sobre os pontos de coleta dos inventários do projeto RADAM. É possível também utilizar os métodos *HTTP* (*POST*, *GET*, *PUT* ou *DELETE*) para atualização dos recursos, da mesma forma como dados são atualizados em um banco de dados.

Membros de uma coleção de dados podem ser acessados através de seus códigos referenciados na *URI*. Utilizando-se do exemplo anterior, poderíamos consultar um único ponto de inventário, por exemplo, usando o método *GET* para recuperar a *URI* [http://siglab.inpa.gov.br/pfnm/radam/inventario/pontos/<código\\_do\\_ponto>](http://siglab.inpa.gov.br/pfnm/radam/inventario/pontos/<código_do_ponto>). O comando abaixo apagaria o ponto com código 1 do inventário.

```
HTTP DELETE http://siglab.inpa.gov.br/pfnm/radam/inventario/pontos/1
```

Muitos projetos implementaram *web services* através da filosofia *REST*, inclusive na oferta de serviços já padronizados pela *OGC* e em detrimento aos padrões da *W3C*. Atualmente são muito comuns o provimento de dados georreferenciados utilizando-se formatos mais leves e mais simples de se trabalhar que os derivados de *XML*<sup>34</sup>.

### 3.3 Padrões *OGC*

No campo da informação georreferenciada a *OGC* é a entidade que estabelece os padrões para garantir e promover a interoperabilidade entre softwares de diferentes fabricantes. Uma das suas grandes áreas de atuação é o intercâmbio de dados e a *OGC* criou a sua própria maneira de descrever dados georreferenciados utilizando *XML*, o *GML*<sup>35</sup>, de armazená-los em bases de dados relacionais usando o padrão *Simple Feature Interface Standard* (*SFS*), e de exibi-los em globos digitais (*KML*).

Em relação aos *web services* a *OGC* não definiu inicialmente suporte explícito aos padrões *SOAP* e *WSDL* da *W3C*. As primeiras implementações dos padrões nem sequer proviam descrições *WSDL* dos serviços e não aceitavam requisições por meio do protocolo *SOAP*. Posteriormente, após uma grande pressão do mercado, devido a necessidade de

---

34 Algumas discussões entre os desenvolvedores da *OSGEO* sobre esse formato podem ser vistas em: <http://wiki.osgeo.org/wiki/REST>.

35 Download da especificação disponível em: <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>

orquestração e descoberta automatizada de serviços (Tu, 2006), os *web services OGC* passaram a disponibilizar opcionalmente *WSDL* e *SOAP* (Wenjue, 2004).

### 3.3.1 SFS e SFS-SQL

O *SFS* (OGC, 2006a), atualmente na versão 1.2, foi criado para padronizar a maneira com que aplicações armazenam e acessam feições em um banco de dados objeto relacional, permitindo que qualquer aplicação aderente ao padrão de acesso possa comunicar-se com o banco de dados por meio dessa interface. As feições descritas nesse modelo referem-se a dados vetoriais do tipo ponto, linha e polígono, entre outros encontrados no diagrama da figura 9.

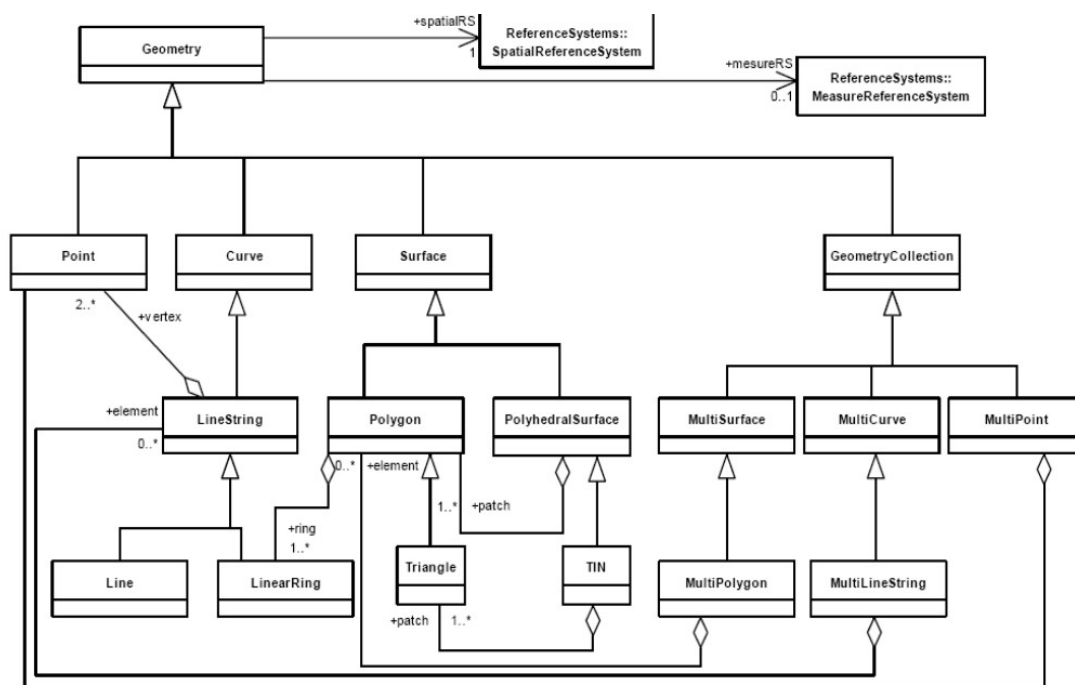


Figura 9: Diagrama de Classes de feições definidos pelo padrão *SFS* (OGC 2006a).

Esse modelo comum, define o modelo geométrico de representação e consulta dos dados bem como operadores espaciais de consulta, podendo ser implementado usando-se das interfaces: *Structured Query Language (SQL)*, *Common Object Request Broker Architecture (CORBA)* ou *Component Object Model (COM)*. O modelo geométrico de representação dos dados define que os mesmos podem ser armazenados em formato binário *Well-Known Binary (WKB)* ou textual *Well-Known Text (WKT)*.

A implementação mais comum de *SFS* é a que utiliza a interface *SQL*, derivando a especificação *SFS-SQL* (OGC, 2006b) que especifica como utilizar a linguagem *SQL* para

armazenar (figura 10), recuperar, consultar e atualizar feições. Uma feição possui atributos espaciais e não-espaciais, sendo que uma coleção de feições do mesmo tipo são armazenadas em uma tabela do banco de dados. Cada linha da tabela representa uma feição e cada coluna seus atributos. Estes atributos por sua vez podem relacionar-se com outras tabelas do banco de dados usando-se das ferramentas de bancos de dados relacionais.

Geometry Type	SQL Text Literal Representation	Comment
Point	'POINT (10 10)'	a Point
LineString	'LINESTRING ( 10 10, 20 20, 30 40)'	a LineString with 3 points
Polygon	'POLYGON ((10 10, 10 20, 20 20, 20 15, 10 10))'	a Polygon with 1 exterior ring and 0 interior rings
Multipoint	'MULTIPOINT (10 10, 20 20)'	a MultiPoint with 2 point
MultiLineString	'MULTILINESTRING ((10 10, 20 20), (15 15, 30 15))'	a MultiLineString with 2 linestrings
MultiPolygon	'MULTIPOLYGON ( ((10 10, 10 20, 20 20, 20 15, 10 10)), ((60 60, 70 70, 80 60, 60 60 ) ) )'	a MultiPolygon with 2 polygons
GeomCollection	'GEOMETRYCOLLECTION (POINT (10 10), POINT (30 30), LINESTRING (15 15, 20 20))'	a GeometryCollection consisting of 2 Point values and a LineString value

Figura 10: Exemplo de representação dos dados em SQL (OGC 2006a).

A especificação *SFS-SQL* também define tabelas de metadados que indicam quais tabelas do banco de dados possuem dados georreferenciados e em qual coluna da tabela a geometria está armazenada (figura 11). O componente geométrico pode ser implementado usando-se tipos comuns de dados como por exemplo, strings ou binários longos (*BLOBs*) ou usando-se tipos especialmente criados para armazenar geometrias. Também são definidas métodos de consultas espaciais como por exemplo distância de uma geometria a outra, interseção e diferença de geometrias, verificação de topologia, cálculo de área e de centróide entre outras.

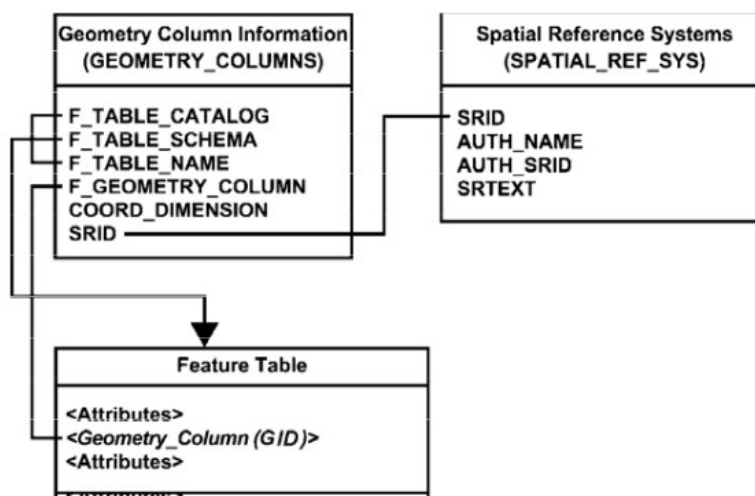


Figura 11: Diagrama de Classes das tabelas de metadados, componentes do padrão *SFS-SQL* (OGC 2006b).

### 3.3.2 GML

Um dos primeiros padrões a serem definidos pela OGC foi o *GML*, com sua versão 1.0 lançada em 2000. Este padrão, que atualmente encontra-se na versão 3.2.1, tem como objetivo disponibilizar um esquema comum de intercâmbio de dados georreferenciados entre diferentes softwares. A linguagem *GML* permite codificar não somente as feições geográficas, simplificações do mundo real, mas também os seus atributos textuais, sendo portanto o formato ideal para armazenamento e transporte de dados vetoriais georreferenciados. Tais dados, que são representados em um SIG geralmente por ponto, linha ou polígono, são descritos em *GML* conforme o exemplo abaixo, que apresenta, em um arquivo *XML*, dois pontos onde houveram inventários florestais do projeto RADAM, que podem ser vistos na figura 12.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<TreeInventory xmlns="http://localhost/ms_ogc_workshop"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:pfnm="http://siglab.inpa.gov.br/pfnm"
xsi:schemaLocation="http://localhost/ ./pfnm.xsd">

```

```

<gml:boundedBy>
  <gml:Box srsName="http://www.opengis.net/gml/srs/epsg.xml#4326">
    <gml:coordinates
xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml">-73.83338165, -17.44196701
-45.64428329,5.14602041</gml:coordinates>
  </gml:Box>
</gml:boundedBy>
<gml:featureMember>
  <pfnm:eco_es_dc_treeinventorylayer fid="eco_es_dc_treeinventorylayer.1">
    <pfnm:feature_id>2951</pfnm:feature_id>
    <pfnm:id_metod_a>PA5000</pfnm:id_metod_a>
    <pfnm:id_operaca>s/inf</pfnm:id_operaca>
    <pfnm:descriptio>SB22XB/RB/A.7 / Colet: Eduardo Pinto da Costa./ Obs: -
Amostra realizada pela equipe de Vegetação do Projeto RADAM, operação
terrestre, BR-220 em terrenos do município de Rondon do Pará, início dos
anos 70, período inicial do antropismo. / Local: - Nas ma</pfnm:descriptio>
    <pfnm:wood_volum>86.91</pfnm:wood_volum>
    <pfnm:population>0</pfnm:population>
    <pfnm:the_geom>
      <gml:MultiPoint srsName="http://www.opengis.net/gml/srs/epsg.xml#4326">
        <gml:pointMember>
          <gml:Point>
            <gml:coordinates xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
decimal="." cs="," ts=" ">-48.3450608, -4.97302412</gml:coordinates>
          </gml:Point>
        </gml:pointMember>
      </gml:MultiPoint>
    </pfnm:the_geom>
  </pfnm:eco_es_dc_treeinventorylayer>
</gml:featureMember>
<gml:featureMember>
  <pfnm:eco_es_dc_treeinventorylayer fid="eco_es_dc_treeinventorylayer.2">
    <pfnm:feature_id>2952</pfnm:feature_id>
    <pfnm:id_metod_a>PA5000</pfnm:id_metod_a>
    <pfnm:id_operaca>s/inf</pfnm:id_operaca>
    <pfnm:descriptio>SB22XD/RB/A.9 / Colet: Oswaldo Koury/ Obs: - Amastra
relizada pela equipe de Vegetação do Projeto RADAM, operação terrestre na
PA-150 e BR-230, em terrenos do município de Marabá e Itupiranga, início
dos anos 70, fase inicial do antropismo. / Local: - Na</pfnm:descriptio>
    <pfnm:wood_volum>176.38</pfnm:wood_volum>
    <pfnm:population>0</pfnm:population>
    <pfnm:the_geom>
      <gml:MultiPoint srsName="http://www.opengis.net/gml/srs/epsg.xml#4326">
        <gml:pointMember>
          <gml:Point>
            <gml:coordinates xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
decimal="." cs="," ts=" ">-49.35970012, -5.2040112</gml:coordinates>
          </gml:Point>
        </gml:pointMember>
      </gml:MultiPoint>
    </pfnm:the_geom>
  </pfnm:eco_es_dc_treeinventorylayer>
</gml:featureMember>
</TreeInventory>

```

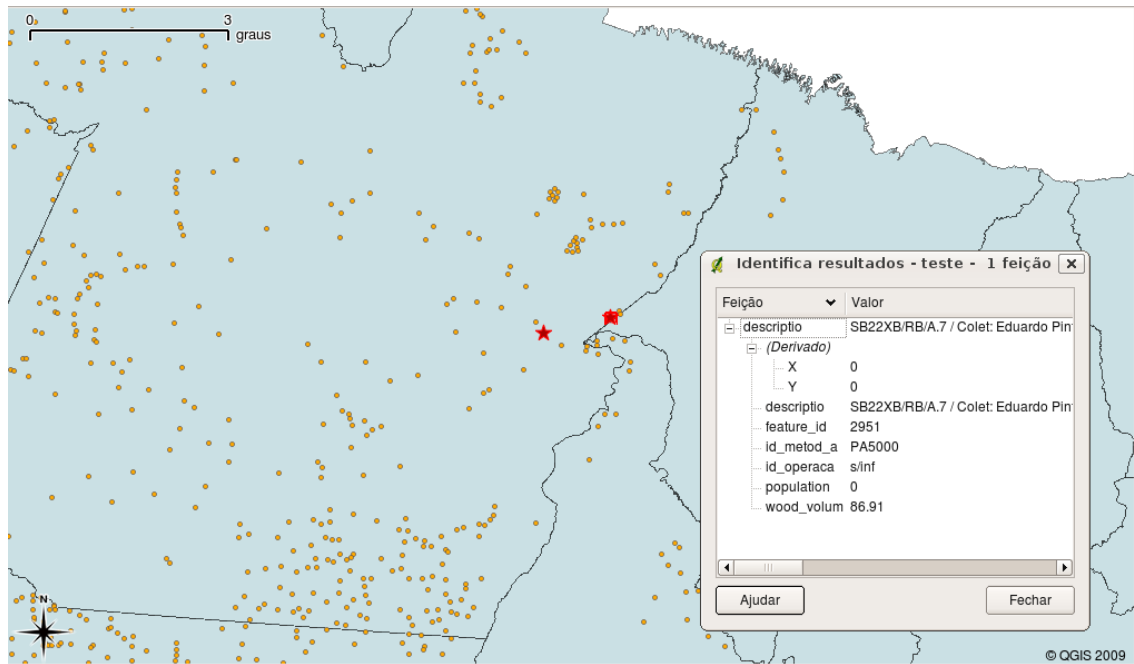


Figura 12: Representação gráfica do arquivo *GML* acima; os pontos vermelhos correspondem aos *featureMember* do arquivo *GML*, exibidos utilizando o software livre *Qgis*; ao clicar em um dos pontos são exibidos os atributos, também presentes no *GML*.

Uma coleção de dados em *GML* é composta por um esquema (*XSD*), que explicita a estrutura dos dados, e de um arquivo com os dados propriamente ditos, no qual estão as feições georreferenciadas e os seus respectivos atributos, como visto no exemplo anterior. O *XSD* pode ser visto no trecho abaixo, onde são descritos todos os elementos permitidos, os tipos de dados e restrições quanto a valores.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xs:schema targetNamespace="http://siglab.inpa.gov.br/pfnm"
xmlns:pfnm="http://siglab.inpa.gov.br/pfnm"
xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" elementFormDefault="qualified"
attributeFormDefault="unqualified" version="1.0">
<xs:import namespace="http://www.opengis.net/gml"
schemaLocation="http://localhost:8080/geoserver/schemas/gml/2.1.2.1/feature
.xsd"/>

<xs:complexType xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
name="eco_es_dc_treeinventorylayer_Type">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="gml:AbstractFeatureType">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="feature_id" minOccurs="0" nillable="true"
type="xs:long"/>
        <xs:element name="id_metod_a" minOccurs="0" nillable="true">
```

```

        <xs:simpleType>
          <xs:restriction base="xs:string"> <xs:maxLength
value="2147483647"/> </xs:restriction>
        </xs:simpleType>
      </xs:element>
      <xs:element name="id_operaca" minOccurs="0" nillable="true">
        <xs:simpleType>
          <xs:restriction base="xs:string"> <xs:maxLength
value="2147483647"/> </xs:restriction>
        </xs:simpleType>
      </xs:element>
      <xs:element name="descriptio" minOccurs="0" nillable="true">
        <xs:simpleType>
          <xs:restriction base="xs:string"> <xs:maxLength
value="2147483647"/> </xs:restriction>
        </xs:simpleType>
      </xs:element>
      <xs:element name="wood_volum" minOccurs="0" nillable="true"
type="xs:double"/>
      <xs:element name="population" minOccurs="0" nillable="true"
type="xs:long"/>
      <xs:element name="decomposit" minOccurs="0" nillable="true">
        <xs:simpleType>
          <xs:restriction base="xs:string"> <xs:maxLength
value="2147483647"/> </xs:restriction>
        </xs:simpleType>
      </xs:element>
      <xs:element name="the_geom" minOccurs="0" nillable="true"
type="gml:MultiPointPropertyType"/>
    </xs:sequence>
  </xs:extension>
</xs:complexContent>
</xs:complexType>
<xs:element name="eco_es_dc_treeinventorylayer"
type="pfnm:eco_es_dc_treeinventorylayer_Type"
substitutionGroup="gml:_Feature"/>
</xs:schema>

```

Segundo (Queiroz, 2007), uma das desvantagens da *GML* é que, por ser um formato baseado em *XML*, o arquivo resultante é, em alguns casos, maior em comparação a outros formatos, como por exemplo o *ESRI shapefile*, o que certamente influencia no desempenho de aplicações em ambientes distribuídos e que dependem da circulação dos dados em rede, seu processamento também é mais lento pois o arquivo deve ser percorrido como um todo. Todavia, este problema pode ser contornado, utilizando-se de recursos de compactação. A figura 13 apresenta o diagrama de classes para o padrão *GML*.



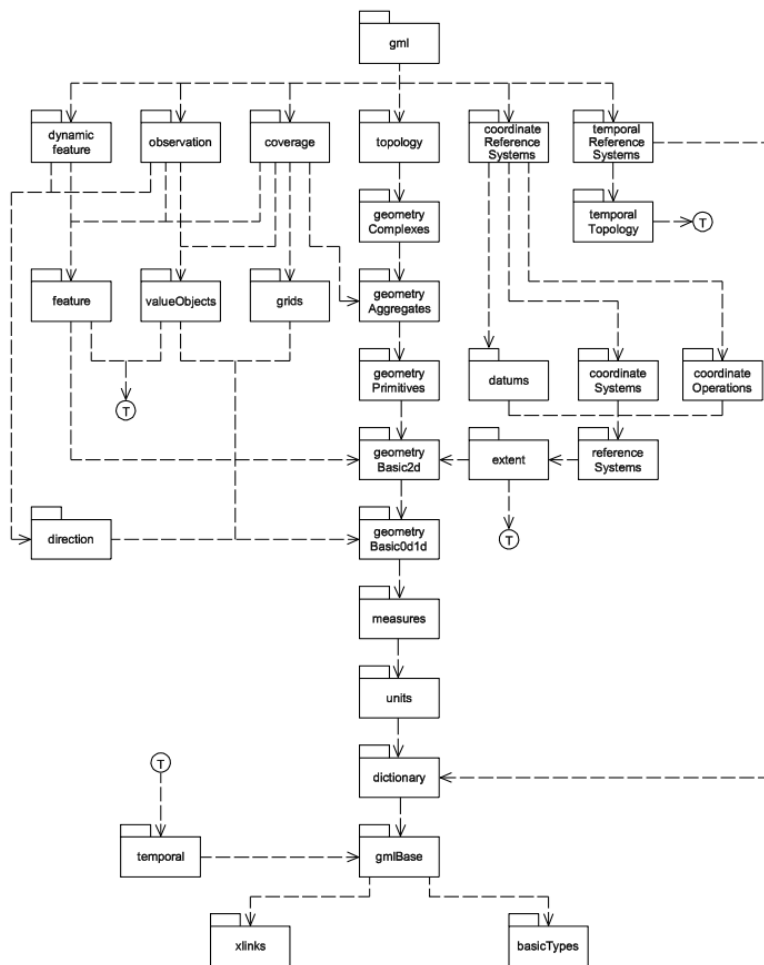


Figura 13: Componentes do padrão GML no diagrama de classes UML (OGC 2007c)

### 3.3.3 KML

*KML*<sup>36</sup>(OGC, 2008a) é um padrão OGC, para visualização de dados georreferenciados em softwares que representam o globo terrestre. Por visualização nesse contexto entende-se, além da representação dos dados, todo o controle da navegação do usuário, altitude em que o dado será visualizado, inclinação, movimentação em qualquer direção entre outras opções de navegação. Em resumo, *KML* é uma linguagem que permite codificar dados georreferenciados em um globo terrestre digital e como esses dados serão exibidos.

Este padrão, até a presente data na versão 2.2.0, baseia-se em *XML*. Foi submetido, em 2007, pela empresa *Google* para se tornar o padrão de representação de dados para softwares de globos digitais (*geobrowsers*), aprovado pelo OGC em 2008 e hoje serve de complemento aos padrões OGC já existentes. Atualmente utiliza alguns elementos de geometria presentes

<sup>36</sup> KML significava Keyhole Markup Language antes de se tornar um padrão OGC.

no *GML* como ponto, linha, anel linear (*linear ring*), e polígono, sendo também possível representar objetos tridimensionais com *KML* (figura 14).

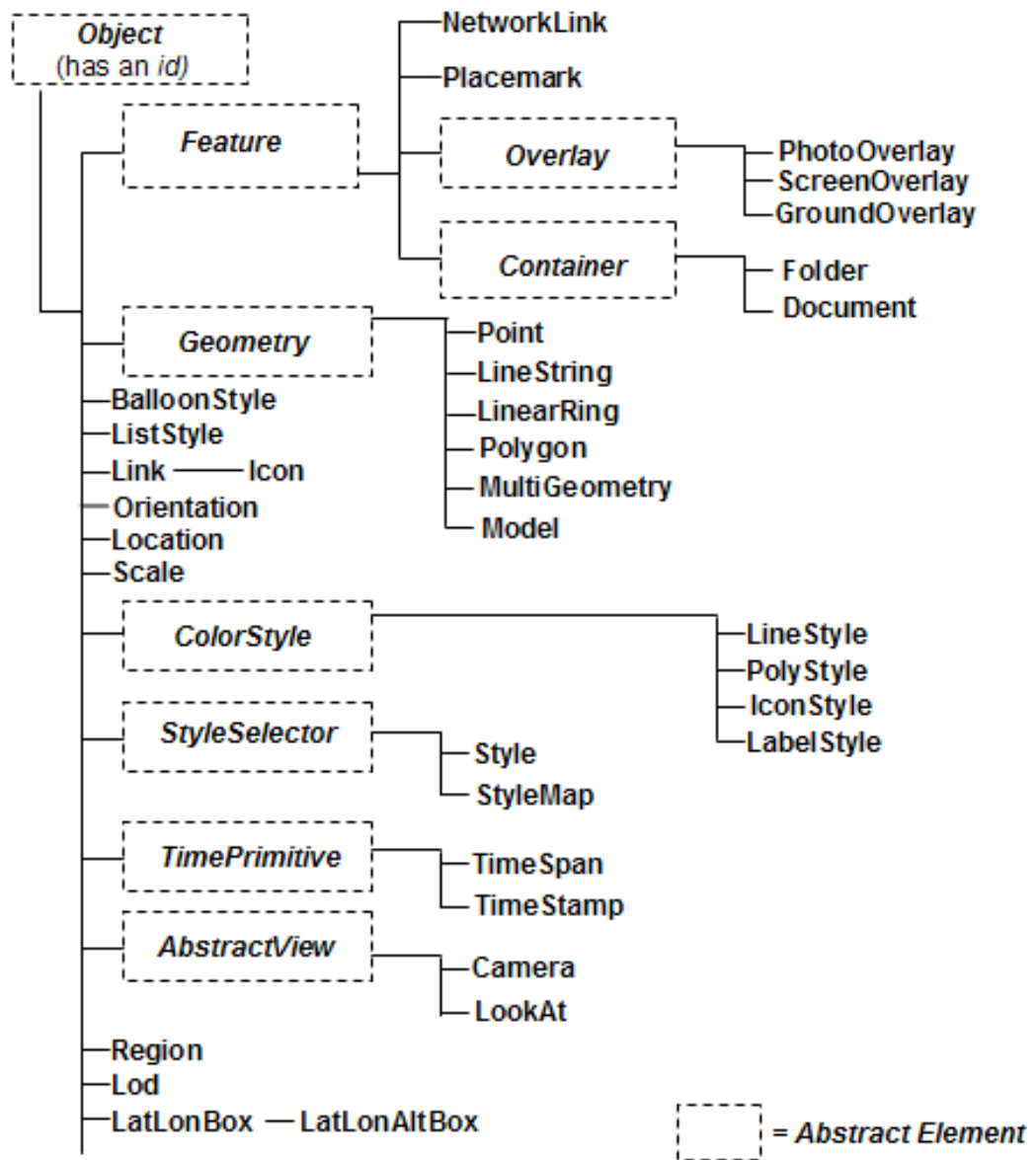


Figura 14: Elementos de um arquivo *KML* (Google, 2009)

Existe atualmente uma vasta gama de aplicações para o padrão *KML*, sendo bastante difundido entre usuários de diversos níveis. Desde o que utiliza para simplesmente marcar alguns pontos na superfície terrestre, como para cientistas e organizações disponibilizarem complexas visualizações de suas bases de dados georreferenciadas (figura 15).

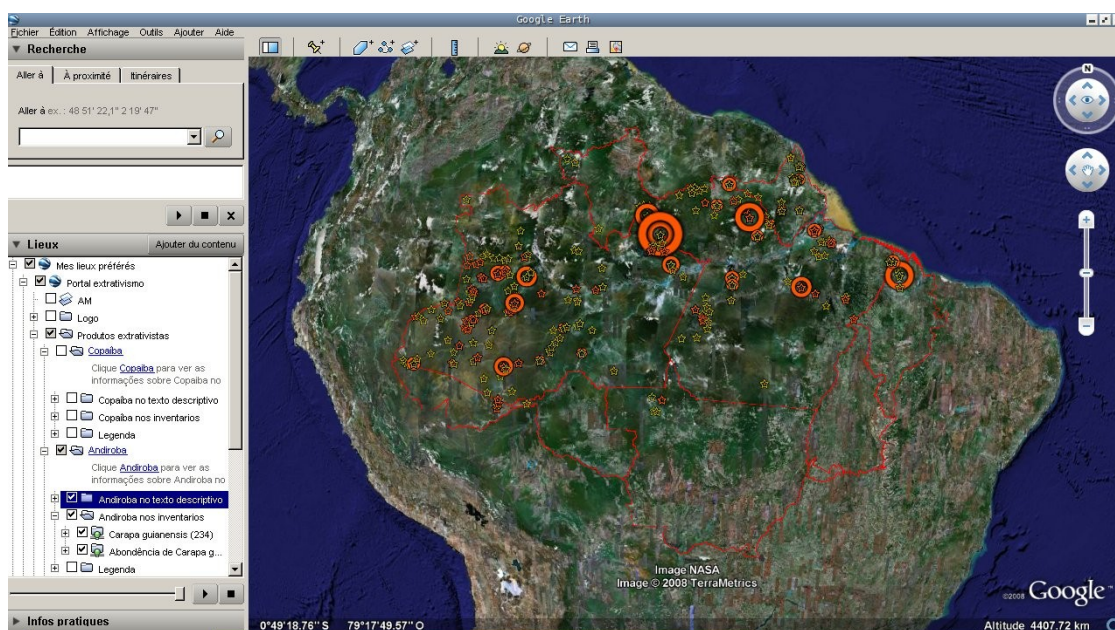


Figura 15: Exemplo de visualização de dados georreferenciados, usando o padrão KML no software *Google Earth* (Desmoulière, 2007).

### 3.3.4 OWS

Atualmente a tecnologia de *web services* é vastamente utilizada na distribuição de dados georreferenciados, ampliando sobretudo a sua disseminação, de forma que se tornou um dos pilares na construção de uma IDE. Vários tipos de *web services* foram padronizados pelo OGC com o objetivo de aumentar a interoperabilidade entre diferentes soluções e facilitar a distribuição e reutilização de dados georreferenciados através da *web*. A seguir será descrito, de forma sucinta, o funcionamento e o propósito dos principais *web services* OGC (OWS), mas antes será abordado o funcionamento genérico de um OWS descrito na especificação de implementação *OpenGIS Web Service Common Implementation Specification (WS-Common)* (OGC, 2007a).

#### 3.3.4.1 WS-Common

Este documento (OGC, 2007a) versa sobre aspectos comuns existentes em diversas especificações de implementação de OWS, referindo-se aos serviços *Web Map Service (WMS)*, *Web Feature Service (WFS)* e *Web Coverage Service (WCS)*, que serão vistos mais adiante. Basicamente, define parâmetros, estruturas de dados e codificações usadas nas requisições de serviços pelos clientes e as respostas enviadas pelos servidores. As especificações de cada OWS devem, portanto, conter apenas as suas especificidades. Abaixo seguem alguns termos comuns utilizados nesta especificação e que ajudam a entender o

funcionamento de todos os serviços *OGC* (*OGC*, 2007a):

- Retângulo envolvente (*bounding box*) - espaço delimitado numa representação do espaço, que possui um limite inferior e um limite superior em cada dimensão do sistema de referência de coordenadas. Pode ser usado para especificar restrições espaço-temporais em uma consulta, ou para delimitar uma localização aproximada de um objeto ou conjunto de objetos (feições).
- Descrição das funcionalidades (*capabilities*) em *XML* - metadados do serviço codificados no formato *XML*.
- Metadados do serviço - metadados que descrevem as operações e dados georreferenciados disponíveis em um servidor.
- Operação - especificação de um processamento ou consulta que um determinado objeto pode ser chamado a executar.
- Servidor (*server*) - instância de um serviço, software que disponibiliza serviços.
- Serviço (*service*) - funcionalidade que é provida por uma entidade por meio de interfaces. Esta funcionalidade é disponibilizada por um provedor de serviços a seus usuários.
- Requisição (*request*) - invocação de uma operação por um cliente.
- Resposta (*response*) - resultado de uma operação, retornada de um servidor ao cliente.
- *Software* cliente - componente que solicita (requisição) uma funcionalidade (operação) disponível num servidor.
- Interface - conjunto de operações que caracterizam o comportamento de uma entidade.
- Parâmetro - variável cujo nome e valor são incluídos em uma operação de requisição ou de resposta do servidor.
- Recurso (*resource*) - unidade de informação ou serviço que possui um endereço, como por exemplo arquivos, imagens, programas e resultados de consultas. No contexto de um *OWS*, um recurso deve possuir um endereço referenciado por uma *URI*.
- Versão - um padrão de *OWS* evolui com o tempo; a cada mudança é atribuída uma versão. Ao prover-se um *OWS* deve-se informar a versão que foi implementada.

### 3.3.4.2 Requisição *GetCapabilities*

Esta é uma requisição para a descoberta de serviços e dados oferecidos por um determinado provedor de serviços. Na requisição utiliza-se os métodos *GET* ou *POST* do protocolo *HTTP* com passagem de parâmetros na forma *Key Value Pair* (KVP)(Wikipédia, 2009), ou, então, *XML*. É importante ressaltar que existem iniciativas avançadas para utilização do protocolo *SOAP* em todos os *OWS*.

Os principais parâmetros que devem ser enviados na requisição *GetCapabilities* são:

- *service*: indica o tipo de *OWS*.
- *request*: indica a operação a ser realizada.

Exemplos de requisição usando *KVP* e *XML*:

KVP

```
http://servidor:porta/caminho_do_servico?  
SERVICE=<serviço>&REQUEST=GetCapabilities&ACCEPTVERSIONS=1.0.0,0.8.3&SECTION  
S=Contents&UPDATESEQUENCE=XYZ123&ACCEPTFORMATS=text/xml
```

Este exemplo ilustra todos os parâmetros que podem ser enviados, mas os únicos obrigatórios são "SERVICE=<serviço>" e "REQUEST=GetCapabilities".

XML

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>  
<GetCapabilities xmlns="http://www.opengis.net/ows/1.1"  
xmlns:ows="http://www.opengis.net/ows/1.1"  
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"  
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/ows/1.1  
fragmentGetCapabilitiesRequest.xsd" service="WMS">  
</GetCapabilities>
```

Após ser enviada a requisição, se tudo estiver de acordo com o padrão, o servidor retorna uma resposta *XML*, descrevendo, por meio dos metadados, o nome do servidor, informação de contato, restrições de uso do conjunto dos dados, quais as interfaces suportadas pelo serviço, ou seja, as operações que podem ser realizadas, quais as camadas de informação disponíveis, e em quais formatos a resposta pode ser enviada. Caso algum parâmetro não esteja correto, o servidor envia uma exceção indicando o erro, também em formato *XML*.

### 3.3.4.3 Todas as demais requisições

Independentemente do *OWS*, as requisições de serviço, com exceção do *GetCapabilities* possuem três parâmetros obrigatórios:

- Tipo do serviço (*service*), por exemplo (*WMS*, *WFS*, *WCS*);

- Operação a ser executada (*request*), por exemplo (*GetMap*, *GetFeature*, *GetCoverage*);
- Versão do serviço (*version*), por exemplo (1.0, 1.1, 2.0).

Assim como na operação *GetCapabilities*, no caso de uma requisição apresentar algum erro, a implementação do serviço deve retornar uma mensagem indicando o erro ocorrido. Existem vários códigos de erro, que também estão descritos na especificação (OGC, 2007a).

Além dos parâmetros obrigatórios existem outros que são opcionais, genéricos para todos os OWS:

- *Bounding boxes (bbox)* - coordenadas que formam um retângulo que delimita os dados a serem recuperados.
- Sistema de coordenadas de referência (*srs*) - especifica em que sistema de coordenadas o dado deve estar, normalmente um código do *European Petroleum Survey Group (EPSG)*<sup>37</sup>;
- Formato (*format*) - Formato de saída; normalmente um serviço pode enviar a resposta da requisição em vários formatos.

Além dos três parâmetros acima, existem outros que podem ser utilizados. No exemplo abaixo pode-se ver uma requisição do tipo *WMS* com os parâmetros obrigatórios e alguns opcionais:

```
http://servidor/caminho?
service=wms&bbox=-130,24,-66,50&styles=population&Format=image/png&request=
GetMap&version=1.1.0&layers=topp:states&width=550&height=250&srs=EPSG:4326
```

O padrão também descreve uma maneira genérica de requisição de recursos denominada *GetResourceByID*, que permite aos clientes recuperarem um ou mais recursos providos, como por exemplo, dados e metadados (OGC, 2007a). A seguir são descritos os principais OWS e suas especificidades.

### 3.3.5 WFS

O padrão de intercâmbio de dados *Web Feature Service (WFS)*(OGC, 2005), na versão 1.1, fornece aos usuários acesso a feições georreferenciadas e seus atributos, podendo, inclusive, manipulá-los. A partir de uma requisição que especifique o recurso desejado, o servidor deve retornar os dados georreferenciados com geometrias e os atributos, no caso de uma consulta, ou inserir, atualizar ou remover dados, no caso de uma transação.

<sup>37</sup> Mais informações em: <http://www.epsg.org>.

As requisições podem ser feitas de acordo com as especificações *WS-Common*, ou seja, por meio de *HTTP GET, POST*, com passagem de parâmetros por meio de *KVP* ou por *XML*. Mais recentemente algumas implementações passaram a suportar requisições segundo o protocolo *SOAP*.

Além da operação *GetCapabilities*, a fim de responder a consultas e atualizações em uma base de dados, o serviço *WFS* possui mais cinco operações *DescribeFeatureType, GetFeature, GetGmlObject, Transaction* e *LockFeature*. Todas encontram-se descritas abaixo:

- *GetCapabilities* - Além dos metadados básicos, envia ao cliente quais camadas de informação estão disponíveis (*features*), em quais formatos ou sistema de coordenadas estas podem ser enviadas e quais operações estão disponíveis para cada *feature*.
- *DescribeFeatureType* - Com base na lista de camadas disponíveis pelo servidor *WFS* é possível obter mais detalhes sobre a estrutura de cada camada. A resposta é o *XML Schema* da camada com os atributos e os seus tipos.
- *GetFeature* - Requisição que permite ao cliente recuperar uma determinada camada de informação, um indivíduo ou conjunto de indivíduos específicos dessa camada, podendo caracterizá-los por atributos ou por restrição espacial.
- *GetGmlObject* - Operação opcional que permite a um *WFS* recuperar dados em *GML* de outros serviços *WFS* de forma distribuída, por meio da linguagem *XLink*.
- *Transaction* - Operação que permite ao cliente realizar transações que modificam as camadas e os seus atributos, inserindo (*insert*), atualizando (*update*) ou removendo (*delete*) feições.
- *LockFeature* - Para a implementação de transações num *WFS* é interessante recorrer a esta operação, que permite bloquear uma ou mais feições, enquanto durar a transação, evitando assim transações conflitantes e o surgimento de inconsistências.

Dependendo de quais operações são implementadas ou disponíveis em um servidor, pode-se definir três tipos de *WFS*:

- Básico: Que implementa as operações *GetCapabilities, DescribeFeatureType* e *GetFeature*, sendo considerado um *WFS* somente leitura.
- *WFS XLink*: Suporta todas as operações anteriores mais *GetGmlObject* e permite o acesso a feições de servidores *WFS* remotos.

- *WFS* com suporte a transações (*WFS-T*): Suporta as operações de um *WFS* básico e implementa também a operação *Transaction*. Opcionalmente pode suportar as operações *GetGmlObject* e *LockFeature*.

A resposta de uma requisição *GetFeature* pode ser enviada em vários formatos, sendo obrigatória a alternativa de retorno em *GML*. Alguns softwares têm implementado saídas nos formatos *KML*, *ESRI shapefile*, e em versões compactadas desses formatos. A figura 16 ilustra o funcionamento de um *WFS*.



Figura 16: Diagrama de sequência que demonstra o funcionamento de um *WFS* (Queiroz 2007b).

### 3.3.6 WMS

O *Web Map Service (WMS)*(OGC, 2004b), atualmente na versão 1.3.0, é um *web service* similar ao *WFS*, porém, ao invés dos dados relativos às feições, fornece um mapa, ou seja, uma representação visual dos dados na forma de uma imagem digital. O mapa resultante pode combinar várias camadas de informação, permite que seja definido o estilo de exibição para cada camada, além de poder informar os atributos de uma determinada feição, passando



como parâmetro as coordenadas do ponto desejado. A figura 17 ilustra o funcionamento de um WMS.

As operações suportadas por um WMS são:

- *GetCapabilities*: Obedece a mesma lógica de um OWS, provendo em um arquivo XML, além dos metadados básicos, as camadas de informação disponíveis; os formatos de dados de saída suportados; se forem possíveis transformações de sistema de coordenadas, disponibiliza quais são os sistemas possíveis; os estilos, com os quais os dados podem ser representados; e a URL para as legendas dos mapas.

- *GetMap*: Principal operação do WMS, retorna uma imagem com os dados georreferenciados solicitados pelo cliente, obedecendo uma determinada regra de representação, podendo ser determinada pelo provedor como também pelo cliente.

Para esta operação são necessário alguns parâmetros como:

- versão (*version*);
- tipo de requisição (*request=GetMap*);
- camadas de informação (*layers*) que compõem a imagem final (devem ser separados por ",");
- estilos (*styles*) usados para geração do mapa (separadas por ",");
- sistemas de coordenadas do mapa (*srs*);
- retângulo envolvente (*bbox*) para delimitar a região que será representada;
- largura (*width*) e altura (*height*) da imagem final a ser gerada;
- formato (*format*) do arquivo a ser produzido, por exemplo (*JPG, PNG, PDF*);
- transparência (*transparent*), atributo opcional que indica se o fundo do mapa é transparente;
- e cor de fundo (*bgcolor*) que determina a cor de fundo da imagem (em formato RGB<sup>38</sup>).
- *GetFeatureInfo*: Essa operação, de implementação opcional, permite ao cliente consultar atributos de feições que esteja observando no mapa gerado. No caso de dados vetoriais retornaria os atributos de um determinado elemento e em dados raster o valor de um pixel. Para efetuar essa operação é necessário passar como parâmetros,

---

38 Red, Green, Blue - Expressado em formato hexadecimal

além dos passados para a requisição *GetMap*:

- o tipo de requisição muda para (*request=GetFeatureInfo*);
- camadas a serem consultadas (*query\_layers*), indica as camadas que retornarão seus atributos (separadas por ",");
- valor coluna do *pixel* (*i*);
- valor da linha do *pixel* (*j*);
- formato de saída da informação (*info\_format*), como por exemplo GML (*application/vnd.ogc.gml*);
- e se requer contagem de quantos elementos foram encontrados (*feature\_count*).

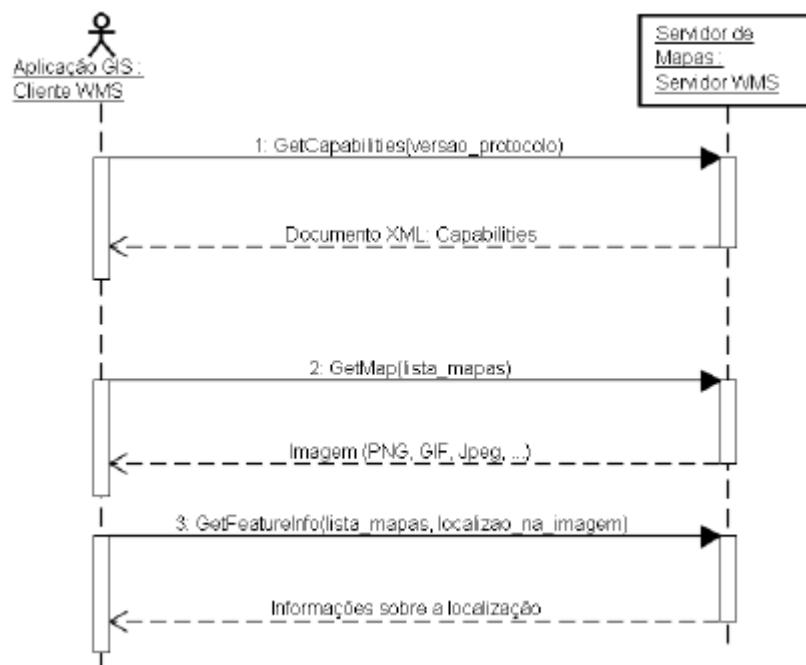


Figura 17: Diagrama de seqüência que demonstra o funcionamento de um WMS (Queiroz 2007b).

Outra consideração, acerca do WMS, é que existe também a possibilidade de concatenar vários WMS's, para a formação de um mapa com camadas de origens distintas, por meio de *Cascading Map Server*.

### 3.3.7 WCS

O *Web Coverage Service* (WCS)(OGC, 2008b), atualmente na versão 1.1.2, é um *web service* para dados de cobertura (*coverages*), ou seja, para representação de dados em que o

dados contínuos no espaço, como por exemplo, uma imagem de satélite ou imagem de radar, ao contrário do *WMS* que fornece apenas imagens, no *WCS* os valores da cobertura são transferidos para o cliente, isto é, no caso de uma imagem proveniente de um sensor a bordo de um satélite, os dados de reflectância são enviados em sua íntegra. A figura 18 descreve os tipos de cobertura suportados atualmente pelo padrão *WCS*.

As operações suportadas por *WCS* são:

- *GetCapabilities*: retorna um arquivo *XML* com metadados básicos, as coberturas disponíveis e uma breve descrição.
- *DescribeCoverage*: retorna ao cliente uma descrição completa em *XML* de uma ou mais coberturas disponíveis pelo servidor.
- *GetCoverage*: após a seleção da cobertura o cliente solicita esta operação para recuperar os dados da cobertura, disponibilizados em um formato de cobertura

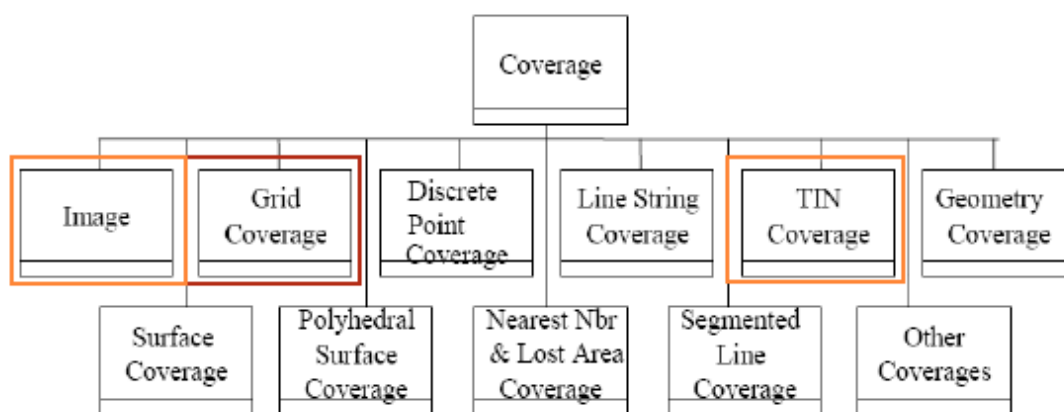


Figura 18: Tipos de coberturas disponíveis até a versão atual do padrão em vermelho. (Queiroz 2007b)

### 3.3.8 WPS

*Web Processing Services (WPS)*(OGC, 2007d), que está em sua versão 1.0, é um dos mais recentes padrões aprovados pelo OGC e permite que um serviço de processamento de dados seja disponibilizado e acessado por meio de *web services*.

Este padrão não especifica quais processos podem ser implementados e sim um mecanismo genérico para implementar qualquer processo geoespacial. Também não especifica quais são os dados de entrada necessários e produzidos pelo processo, e sim uma forma de descrever as entradas e saídas do processo.

Os dados podem estar disponíveis na rede ou no servidor, e podem ser de qualquer

tipo, inclusive chamadas a outros *web services OGC*. Processos podem variar em nível de complexidade, sendo possível implementar desde processos simples como por exemplo, um serviço que calcula o *buffer* de uma determinada feição e disponibiliza o resultado em *GML*, até processos complexos, como por exemplo, modelos climáticos.

As operações disponíveis por um *WPS* são:

- *GetCapabilities* – Provê metadados básicos sobre os serviços de processamento disponíveis, sem informar detalhes sobre o funcionamento do processo. Consiste basicamente de uma identificação única, metadados básicos, a lista de serviços disponíveis com uma breve descrição para cada um, e as versões disponíveis.
- *DescribeProcess* – Operação que fornece maior detalhamento sobre um determinado serviço de processamento disponível, incluindo os dados de entrada, formatos de dados permitidos e saídas que podem ser produzidas.
- *Execute* – Permite a execução de fato do serviço de processamento, dados os parâmetros de entrada necessários, sendo que o resultado pode ser enviado diretamente ao cliente ou disponibilizado na rede, sendo passado ao cliente o endereço de onde encontrar o recurso.

Este padrão abre as portas para muitas possibilidades de orquestração de serviços (Stollberg, 2007) e representa um novo paradigma; possuir um SIG instalado no computador do usuário não será mais necessário para efetuar análises espaciais. (Michaelis, 2008)

### 3.3.9 CSW

Este padrão, *Catalogue Services for the Web (CSW)*(OGC, 2007e), atualmente na versão 2.0.2, especifica interfaces de comunicação entre clientes e catálogos de serviços, ou seja, são *web services* que permitem a publicação e busca de coleções de metadados, serviços e outros objetos relacionados.

As principais operações disponíveis por um *CSW* são:

- *GetCapabilities*: retorna os metadados básicos, operações permitidas pelo serviço e os filtros que podem ser aplicados para recuperar registros de acordo com algumas condições;
- *DescribeRecord*: envia a descrição do esquema de armazenamento de dados;
- *GetRecords*: envia um ou mais metadados.

Serviços de Catálogo são essenciais na construção de IDE's pois facilitam a descoberta, avaliação e conexão a serviços e informações.

### 3.3.10 SES e SLD

*Symbology Encoding Standard (SES)* é um padrão da *OGC* que tem por objetivo dar aos usuários o controle dos aspectos visuais dos mapas providos por meio de qualquer *web service OGC (WMS, WFS e WCS)*, tanto para dados vetoriais ou raster (*OGC, 2006c*). É uma linguagem, baseada em *XML*, que permite aos usuários estabelecer regras de aparência para produção de mapas (ver figuras 19 e 20), podendo criar mapas temáticos a seu critério, podendo ser usada não somente com *web services* mas inclusive em aplicativos *desktop*.

*Styled Layer Descriptor (SLD)*<sup>39</sup> é o padrão que deu origem ao SES, e englobava todas suas funcionalidades até 2007 quando foi dividido (*OGC, 2007b*). Atualmente na versão 1.1.0, o padrão é responsável por estender as funcionalidades de um WMS para que o mesmo possa utilizar um SES para produzir mapas personalizados. Este padrão também permite o acesso às simbologias das legendas utilizadas no mapa.

Como a mudança ocorreu a menos de dois anos, a maioria dos softwares ainda usa as especificações do *SLD 1.0*, ou seja, quando o mesmo ainda tinha as funções do atual padrão *SES*. Nesta dissertação, ao referir-se a *SLD*, refere-se a versão 1.0 deste padrão. Abaixo temos um exemplo de *SLD* genérico para exibição de pontos em um mapa que podem ser usados no exemplo de *GML* do tópico anterior.

```
<StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld" version="1.0.0"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld
http://schemas.opengis.net/sld/1.0.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
<NamedLayer>
  <Name>Ponto Padrão</Name>
  <UserStyle>
    <Title>Ponto Padrão</Title>
    <Abstract>Estilo simples para exibição dos pontos do
Inventário</Abstract>
    <FeatureTypeStyle>
      <Rule>
        <Name>default</Name>
        <Title>X Vermelho</Title>
        <MinScaleDenominator>4277944</MinScaleDenominator>
        <MaxScaleDenominator>559082566</MaxScaleDenominator>
        <PointSymbolizer>
          <Graphic>
            <Mark>
              <WellKnownName>x</WellKnownName>
              <Fill>
                <CssParameter name="fill">#FF3300</CssParameter>
                <CssParameter name="fill-opacity">1</CssParameter>
              </Fill>
            </Mark>
          </Graphic>
        </PointSymbolizer>
      </Rule>
    </FeatureTypeStyle>
  </UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>
```

39 Especificação disponível em: <http://www.opengeospatial.org/standards/sld>

```

        <Stroke>
          <CssParameter name="stroke">#000000</CssParameter>
          <CssParameter name="stroke-opacity">1</CssParameter>
          <CssParameter name="stroke-width">0</CssParameter>
        </Stroke>
      </Mark>
      <Size>4</Size>
      <Rotation>0</Rotation>
    </Graphic>
  </PointSymbolizer>
</Rule>
<Rule>
  <Name>default</Name>
  <Title>Estrela verde</Title>
  <MinScaleDenominator>1066</MinScaleDenominator>
  <MaxScaleDenominator>4277944</MaxScaleDenominator>
  <PointSymbolizer>
    <Graphic>
      <Mark>
        <WellKnownName>star</WellKnownName>
        <Fill>
          <CssParameter name="fill">#99FF00</CssParameter>
          <CssParameter name="fill-opacity">0.8</CssParameter>
        </Fill>
        <Stroke>
          <CssParameter name="stroke">#000000</CssParameter>
          <CssParameter name="stroke-opacity">1</CssParameter>
          <CssParameter name="stroke-width">1</CssParameter>
        </Stroke>
      </Mark>
      <Size>20</Size>
      <Rotation>0</Rotation>
    </Graphic>
  </PointSymbolizer>
  <TextSymbolizer>
    <Label>
      <ogc:PropertyName
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">feature_id</ogc:PropertyName>
    </Label>
    <Font>
      <CssParameter name="font-size">14</CssParameter>
    </Font>
    <Fill>
      <CssParameter name="fill">#000000</CssParameter>
    </Fill>
  </TextSymbolizer>
</Rule>
</FeatureTypeStyle>
</UserStyle>
</NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

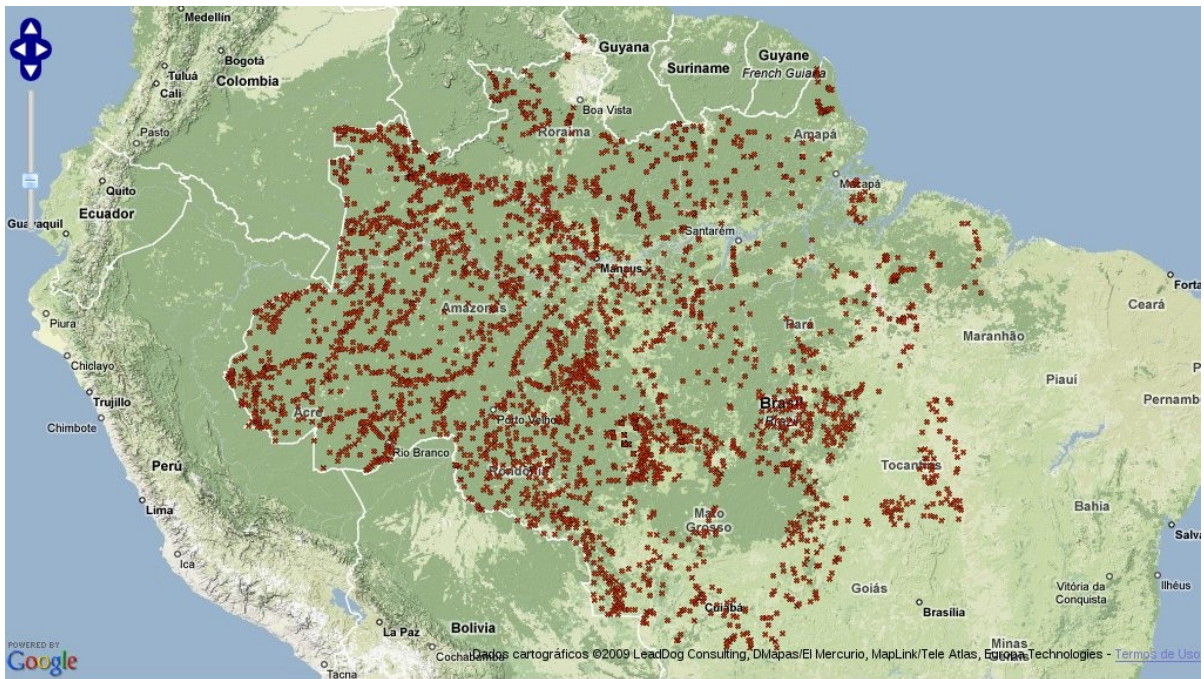


Figura 19: Resultado da aplicação do SLD acima numa camada de pontos onde houveram inventários florestais.

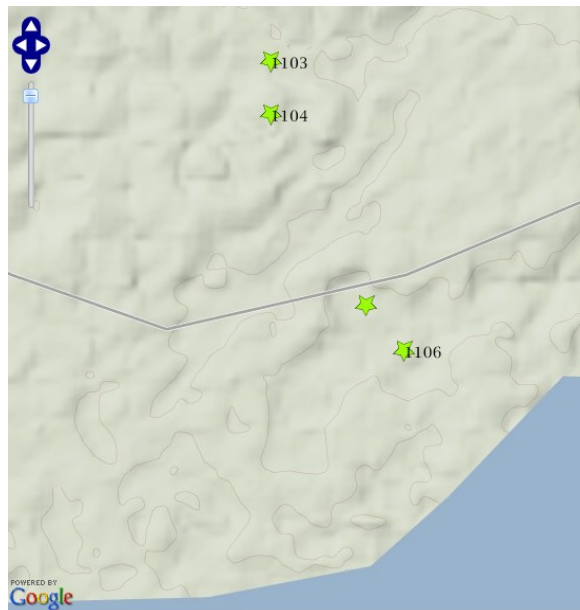


Figura 20: A mesma camada da figura anterior porém vista de uma escala menor. A tag '<Rule>' permite a definição de estilos de acordo com uma determinada regra.

Requisições de mapas com SLD podem ser feitas utilizando tanto o método *HTTP POST* ou *GET*. Em Queiroz (2007b) e Mckenna e Assefa (2008) é possível visualizar algumas requisições possíveis a um servidor *WMS*, como por exemplo, a requisição de uma camada de um *WMS* estilizada com um determinado *SLD* utilizando-se o método *HTTP GET* com a seguinte *URL*:

`http://<endereço do servidor>?SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1&Request=GetMap  
&LAYERS=<nome_da_camada>&SLD=<URI do arquivo SLD>`

### 3.3.11 WMC

O *Web Map Context (WMC)*<sup>40</sup> é um padrão *OGC* que permite salvar o estado de aparência de um cliente *WMS*, ou seja, por meio de um documento *XML*, salva as informações de exibição das camadas de *WMS* ativas, visão inicial do mapa, entre outras informações, permitindo que um usuário possa trocar com outro um mapa que estava sendo visualizado por ele. Por ser um padrão *OGC*, pode ser utilizado entre diferentes softwares que suportem esse formato.

Na figura 21 é possível visualizar a relação entre os vários padrões *W3C* e *OGC*.

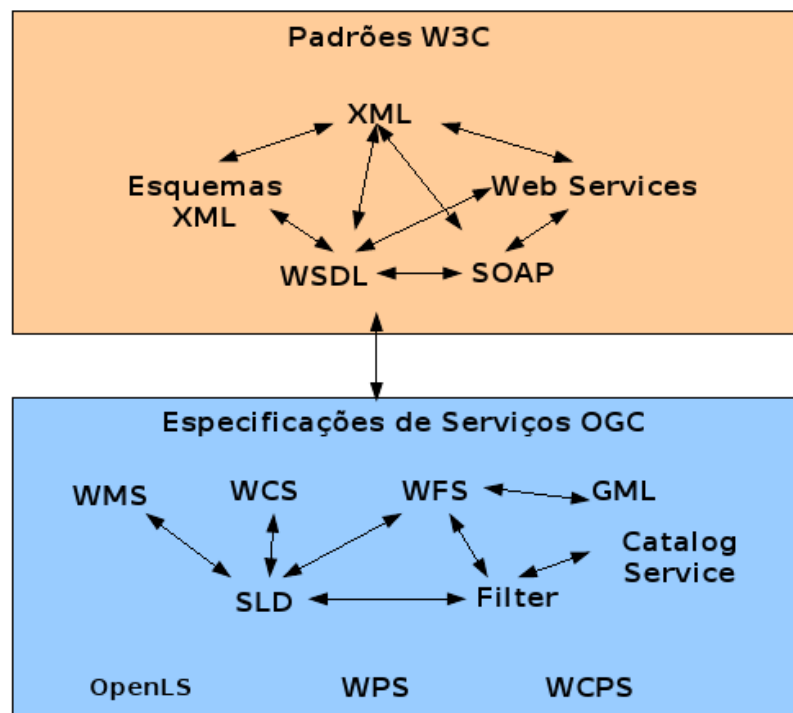


Figura 21: Relacionamento entre os principais padrões *OGC* e *W3C* (Queiroz 2007b)

40 Especificação disponível em: <http://www.opengeospatial.org/standards/wmc>



## 3.4 Outros formatos

Embora o *XML* tenha permitido a interoperabilidade entre diferentes aplicações, outros formatos foram criados como formas alternativas de trocas de dados georreferenciados no ambiente *web*. Devido a forma bastante estrita e prolixa da linguagem *XML*, existe um certo nível de dificuldade em implementar e acompanhar o desenvolvimento dos padrões *OGC*, pois as especificações são normalmente bastante extensas. A seguir algumas alternativas de representação de dados georreferenciados bastante utilizadas.

### 3.4.1 GEOJSON

*JavaScript Object Notation (JSON)*<sup>41</sup> é um formato de intercâmbio de dados que ganhou bastante popularidade com a explosão de aplicações *web* utilizando a tecnologia de comunicação assíncrona *Asynchronous Javascript And XML (AJAX)*<sup>42</sup>. Esta tecnologia permite atualização de trechos de páginas *web* sem a necessidade de recarregar toda a página.

Ainda hoje muitas aplicações usam *XML* para a troca de dados entre cliente e servidor, todavia esse processo é muito trabalhoso pois o programa precisa codificar os dados em *XML* para serem transportados; depois o software cliente precisa processar o documento *XML* para então recuperar as informações e convertê-las em um objeto que possa ser utilizado pelo *Javascript* no navegador do usuário.

Visando reduzir a complexidade desse processo, os desenvolvedores decidiram retirar essa fase intermediária de produção e processamento de *XML* e passaram a enviar dados em um formato que pudesse ser lido diretamente pela linguagem *Javascript* no cliente (Andrews, 2007). O *JSON* é um formato texto, bem sucinto e sua estrutura é compreensível para humanos e máquinas, surgindo como formato ideal para troca de informações na *web*.

*JSON* é basicamente uma coleção de objetos que possuem atributos na forma (nome/valor) e podem ser dos tipos: texto, números, outros objetos, vetores, booleano e nulo.

Em 2007 vários desenvolvedores resolveram adaptar o formato *JSON* para o transporte de dados georreferenciados de forma padronizada, facilitando o intercâmbio de informações entre aplicações na *web*. Surge então o *GeoJSON*<sup>43</sup>, sendo um formato que permite codificar vários tipos de geometrias como ponto, linha e polígono e coleções de geometrias. Cada feição georreferenciada possui um objeto geometria e os seus atributos. Este

---

41 Mais informações em: <http://json.org/>

42 Mais informações em: [http://en.wikipedia.org/wiki/Ajax\\_\(programming\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Ajax_(programming))

43 Especificação do formato na versão 1.0 disponível em: <http://geojson.org/geojson-spec.html>

formato tem sido vastamente utilizado por vários softwares. Apresenta-se, a seguir, uma demonstração<sup>44</sup> do uso desse formato representando uma coleção de geometrias (*FeatureCollection* com ponto, linha e polígono) e seus respectivos atributos (*prop0*, *prop1*); cada feição (*feature*) da coleção possui uma geometria de um tipo e suas propriedades:

```
{ "type": "FeatureCollection",
  "features": [
    { "type": "Feature",
      "geometry": {"type": "Point", "coordinates": [102.0, 0.5]},
      "properties": {"prop0": "value0"}
    },
    { "type": "Feature",
      "geometry": {
        "type": "LineString",
        "coordinates": [
          [102.0, 0.0], [103.0, 1.0], [104.0, 0.0], [105.0, 1.0]
        ]
      },
      "properties": {
        "prop0": "value0",
        "prop1": 0.0
      }
    },
    { "type": "Feature",
      "geometry": {
        "type": "Polygon",
        "coordinates": [
          [ [100.0, 0.0], [101.0, 0.0], [101.0, 1.0],
            [100.0, 1.0], [100.0, 0.0] ]
        ]
      },
      "properties": {
        "prop0": "value0",
        "prop1": {"this": "that"}
      }
    }
  ]
}
```

### 3.4.2 GEORSS

*GeoRSS*<sup>45</sup> é um formato derivado do formato *RSS*<sup>46</sup>, que por sua vez é um formato baseado em *XML*, para agregar conteúdo de sites na *web*, permitindo que um software cliente possa receber um resumo e o *link* para o conteúdo completo de todas as atualizações dos sites que deseja acompanhar sem a necessidade de visitá-los individualmente, como por exemplo

44 Extraída do próprio site do formato: <http://geojson.org/geojson-spec.html>

45 Mais informações: <http://georss.org/>

46 RSS pode significar (Rich Site Summary (RSS 0.91); RDF Site Summary (RSS 0.9 e 1.0); Really Simple Syndication (RSS 2.0) - Mais informações: <http://pt.wikipedia.org/wiki/RSS>

sites de notícias e *blogs*. A novidade do *GeoRSS* é acrescentar uma localização espacial para o conteúdo disponibilizado pelo RSS, permitindo visualizar em um mapa o local a que se refere um determinado conteúdo.

Existem dois tipos de *GeoRSS*: *Simple* e *GML*. O primeiro é um formato de fácil incorporação ao RSS, suportando geometrias básicas (ponto, linha, retângulo e polígono); o segundo agrega todas as possibilidades de representação da linguagem *GML*, descrita anteriormente. O exemplo abaixo demonstra o formato *GeoRSS* na versão *Simple*<sup>47</sup>:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
  <feed xmlns="http://www.w3.org/2005/Atom"
        xmlns:georss="http://www.georss.org/georss">
    <title>Inventários Florestais</title>
    <subtitle>Informações sobre a ocorrência de novos
inventários</subtitle>
    <link href="http://siglab.inpa.gov.br/pfnm"/>
    <updated>2008-12-13T18:30:02Z</updated>
    <author>
      <name>Felipe Costa</name>
      <email>fsc7@yahoo.com</email>
    </author>
    <id>urn:uuid:000000-0000-0000-0000-00000000</id>
    <entry>
      <title>Novo Inventário Florestal realizado em Reserva
Florestal</title>
      <link href="http://siglab.inpa.gov.br/pfnm/2008/12/13/inventario100"/
>
      <id>urn:uuid:000000-000000-000-0000</id>
      <updated>2008-12-13T11:00:00Z</updated>
      <summary>Inventário realizado na Reserva Ducke.</summary>
      <georss:point>-2.95881 -59.92870</georss:point>
    </entry>
  </feed>
```

Na figura 22<sup>48</sup> visualiza-se uma situação em que o formato *GeoRSS* pode ser utilizado. Exibe-se um texto com um determinado conteúdo, e abaixo, um mapa indicando o local ao qual ele se refere. Essa tecnologia permite que máquinas de busca indexem conteúdo georreferenciado e possam prover mecanismos de busca com restrição espacial.

47 Exemplo adaptado a partir de: <http://georss.org/simple>

48 Extraído de: <http://www.flickr.com/photos/24845214@N08/2395093666/> .

### Kura & Omanawanui Tracks

The hike itself of the Kura Track begins in a car park where you must first cross some pastures and then enter a sub-tropical forest that reminded me of Puerto Rico. The area is covered with both conifers and palm trees – which seems to be an odd mix, but also makes both Corrie and me rather giddy. The ferns also come in a varied range of sizes and shapes.



After a 1km tramp through the valley, and fording several streams, we began our ascent – though somehow got lost on the trail at one point and we missed the expected waterfalls. At least GPS saved us from wandering too far off the trail.



However, it's when you cross back over the road onto the Omanawanui track that the views really start getting worth the hike. Along the way you skirt Manaku Harbor with glimpses of Paratutae Island and Awhitu Peninsula.

Following the 4 hr, 6.6km tramp we took it easy and soaked our toes in the Tasman Sea and squished the black sands of the beach.



Figura 22: Demonstração de notícia em um blog atrelado à localização espacial

## **4 Estudo de Caso**

Neste capítulo é descrito o estudo de caso, o ambiente de desenvolvimento da plataforma tecnológica necessária para o surgimento de uma IDE, o motivo da escolha do Projeto de Valorização de Produtos Florestais Não-Madeireiros como estudo de caso e uma atenção especial é dada aos dados que foram utilizados, com ênfase nos dados do inventário florestal do projeto RADAM, provendo aos possíveis utilizadores as devidas informações sobre os dados, seus potenciais e limitações.

### **4.1 Ambiente de desenvolvimento**

Para realização dos processos de recuperação e armazenamento dos dados do estudo de caso utilizou-se inicialmente dois computadores com arquitetura servidor no SIGLAB/INPA, sendo um responsável pela gestão da base de dados e outro pelas aplicações *web*.

Porém, desde junho de 2008, por motivo de nomeação em outra instituição, o autor desligou-se do INPA e por impossibilidade de administrar os servidores remotamente, passou a desenvolver o projeto em equipamento pessoal com configuração *Pentium Dual Core 2.0GHZ*, 3GB de RAM e 100GB de espaço em disco, tendo sido suficiente para os testes feitos nas aplicações e comprovação das hipóteses levantadas no capítulo 1.

### **4.2 O Projeto de Valorização de Produtos Florestais Não-Madeireiros**

Um exemplo de onde a distribuição e integração de dados georreferenciados pode ser empregada é na valorização de produtos florestais não-madeireiros (Desmoulière, 2006). Vários inventários de recursos florestais foram realizados por diferentes entidades e estão hoje distribuídos e desconexos entre si. Podemos citar como exemplos as iniciativas do PPBIO, da Rede Amazônica de Inventários Florestais (*RAINFOR*) e *Amazon Tree Diversity Network (ATDN)*. Uma integração desses dados permitiria que cada entidade se beneficiasse mutuamente podendo elaborar análises mais completas.

Para atingir essa integração de inventários, o que favorecerá o desenvolvimento de pesquisas e o aumento do volume de investimento destinado à exploração sustentável dos produtos florestais não-madeireiros, é também crucial uma maior disseminação desses dados, a publicação de dados. A publicação dos dados na internet é uma maneira eficiente de

divulgar, em escala mundial, essas informações. Tal publicação de dados acarretará um maior conhecimento dos recursos naturais da região e das potencialidades dos seus produtos derivados, podendo garantir no futuro a sustentabilidade da região.

#### **4.2.1 Base de dados RADAM**

O projeto Radar na Amazônia (RADAM) foi elaborado pelo projeto do governo brasileiro na década de 1970 que visava mapear os recursos naturais da região Amazônica, uma das regiões do território brasileiro mais escassamente mapeadas à época, baseando-se em técnicas de sensoriamento remoto, com posterior análise dos dados e numerosos trabalhos de campo para validação das análises e coleta de outras informações. Para tanto, foram realizados levantamentos aerotransportados, utilizando como sensor o Radar de Visada Lateral, conhecido pela sigla SLAR (*Side Looking Airborne Radar*) e (Oliveira, 1999). Tal sensor foi utilizado devido às características da região, pois a constante presença de nuvens impedia o imageamento por meio de sensores óticos, obstáculo facilmente contornado com o uso da tecnologia de radar.

Os mapeamentos realizados incluíam geologia, geomorfologia, solos, vegetação, clima e uso da terra (IBGE, 2009)(Escobar et al., 2005). Para a realização do mapeamento de vegetação foi necessária a execução de um inventário florestal, pois após o imageamento feito por radar e posterior análise de áreas homogêneas de vegetação nas imagens, observando o aspecto visual das feições do relevo, eram necessários operações *in loco* para caracterização da vegetação e posterior classificação da mesma.

Foram então realizados trabalhos de campo, onde equipes constituídas de parataxonomistas, por meio de observações utilizando transectos de superfícies variáveis, dependendo do tipo de vegetação, analisaram todas as árvores encontradas acima de um limite mínimo de circunferência (limite variável).

Os protocolos de coleta variaram de acordo com os diferentes tipos de vegetação existentes: foram inventariadas árvores com Circunferência na Altura do Peito (CAP) mínima entre 30cm e 100cm, tamanho das parcelas variando entre 0,04ha e 1ha. Na tabela 1 e na figura 23 podemos notar que o protocolo RJ1, com 2855 parcelas, é o protocolo que foi mais utilizado, PA5000 e PA6000 complementam as amostragens de 1ha. (Desmoulière, 2007)

Tabela 1. Tabela com tipos de protocolo utilizados pelo Radam.

Amostragem	ha	Circunferência mínima	Número de Parcelas	Número de árvores	Número de árvores CAP 100
RJ1	1	>= 100 cm	2855	141.981	134.180
GO3	0,5	>= 30 cm	73	198	33
BA5000	0,04	--	55	2	1
PA5000	1	>= 60 cm	50	1961	1956
PA6000	1	--	42	2113	2111
PA6001	0,25	--	22	1009	533
GO2	0,5	>= 50 cm	21	0	0
PA5001	0,25	>= 60 cm	8	157	157
BA6000	0,5	--	5	107	107
Total	--	--	3131	147528	139.078

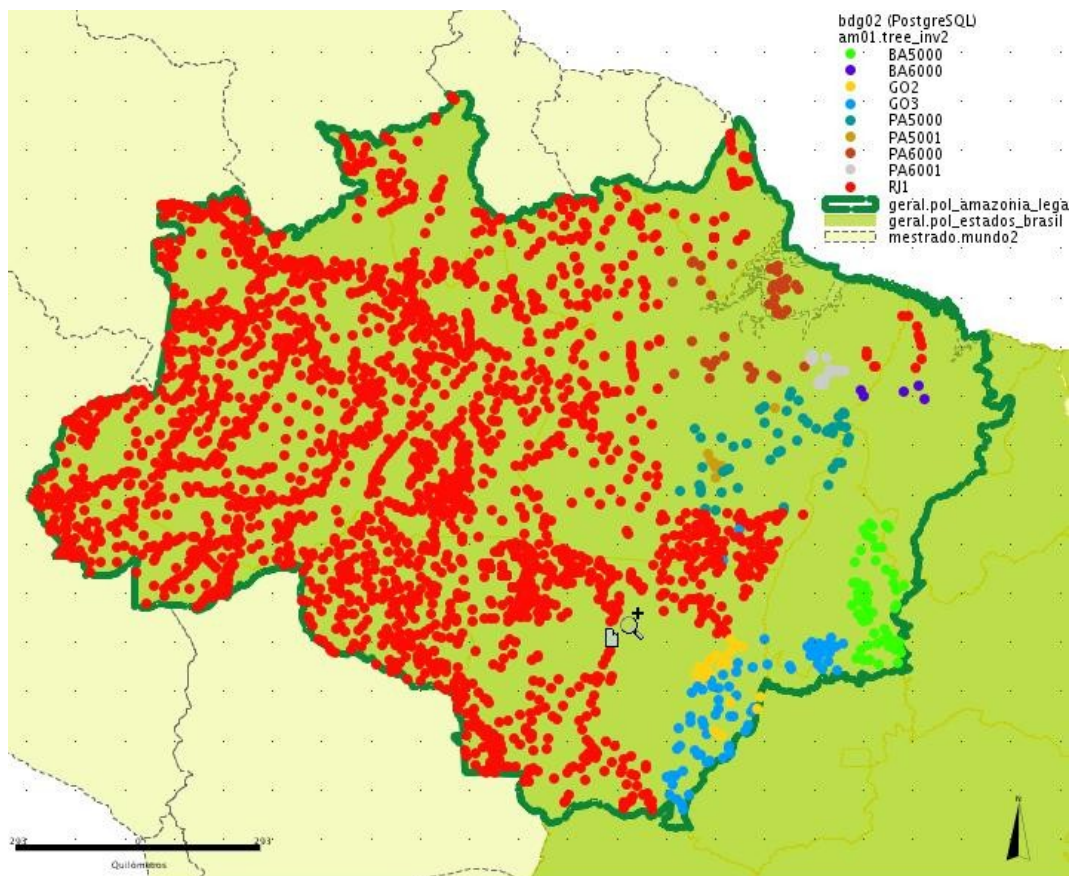


Figura 23: Mapa dos pontos de inventário com cores para cada protocolo de coleta.

A relação entre o nome vulgar das espécies inventariadas, provido pelos parataxonomistas, e o nome científico foi feita posteriormente. Tais dados permitiram a classificação da vegetação. Este inventário constava de 3131 pontos de amostragem, onde foram inventariadas mais de 147.000 árvores, contabilizando aproximadamente 770 espécies distintas, sendo assim o maior inventário florestal já feito no mundo. (Costa, 2008)

Os resultados do projeto RADAM foram tão satisfatórios que, em 1975, decidiu-se ampliar a área de mapeamento, expandindo-se os levantamentos para todo o território nacional. Criou-se então, o projeto RADAMBRASIL. Em 1985 os dados do projeto RADAM foram incorporados ao acervo de dados do IBGE.

Os dados do projeto enquadram-se em três categorias: dados do inventário florestal, levantamento de solos e levantamento de geomorfologia. Os dados relativos às duas últimas categorias, pela sua própria natureza de serem mais estáveis ao longo da escala do tempo, não sofreram alterações significativas desde os anos 70. Já os dados relativos ao inventário florestal, apesar das mudanças posteriores no uso da terra (principalmente no arco do desmatamento no Norte do Mato Grosso até Rondônia, e implantação de pecuária e de cultivos extensivos), podem ser considerados como um estado zero, do ambiente natural da Amazônia da década de 70, sendo até hoje a base de dados mais completa na escala da Amazônia, já que, desde então inexistiram outros mapeamentos nessa escala. Há um grande interesse na utilização destes dados para compreender a formação da vegetação e a distribuição de famílias e gêneros entre os diferentes tipos de vegetação no bioma Amazônico.

De acordo com Desmoulière (2007) embora possam haver alguns problemas relacionados a taxonomia “o conjunto de dados reunidos nesta base de dados permite um grande número de análises e estudos na escala da Amazônia Legal, porém são limitados quando se trata de análises em escalas locais. Além disto abrem novos campos para abordagens em macroecologia (correlações espaciais, gradientes espaciais, análise espacial das associações florísticas, diversidade alfa e beta)”.

Os principais dados a serem disponibilizados pelo projeto PFNM são os dados do inventário florestal. Basicamente, consistem dos pontos de amostragem e a relação de espécies encontradas naquele ponto associadas à sua devida frequência. (ver figura 24)



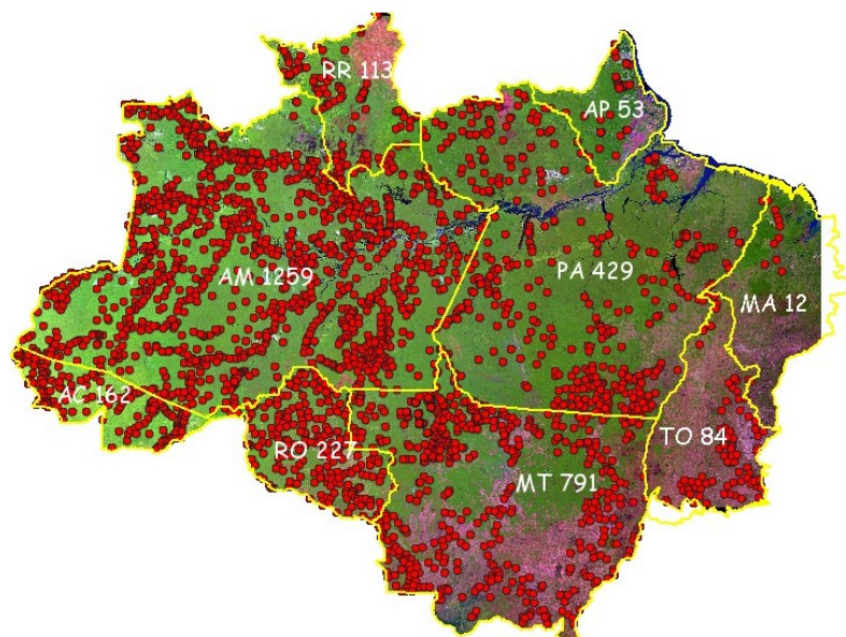


Figura 24: Distribuição dos pontos de amostragem do inventário florestal na Amazônia Legal brasileira.(Desmoulière, 2007)

Na base de dados, cada local onde foram feitos os transectos lineares para inventário tem, em seu registro, os detalhes sobre o trabalho de campo e são representados por pontos na escala da Amazônia. O conjunto de pontos de inventário com a lista de espécies encontradas permitem caracterizar a distribuição geográfica de uma determinada espécie, gênero ou família na região Amazônica e verificar sua abundância em determinados locais. Tais dados possuem restrições, devido ao fato das espécies terem sido identificadas a partir do nome vulgar, com potenciais erros para alguns gêneros ou famílias.

O banco de dados espacial do projeto RADAM é dividido em grupos temáticos: Ecossistema, Geologia, Geomorfologia, Geral, Hidrografia, Hipsometria, Solo, Transporte e Edificações. Na parte de ecossistema encontramos o inventário florestal que possui as tabelas a seguir (tabelas 2-8):

Tabela 2. Tabelas do inventário florestal

Nome	Descrição
tree_inventorylayer	Tabela espacial que contém os pontos de amostragem e informações sobre o ambiente de cada ponto. Originalmente esta tabela não possuía um atributo espacial.
tv_individuo (renomeada para tree_obs)	Tabela intermediária que conecta os pontos de amostragem com as espécies encontradas.
es_dc_species	Lista das espécies encontradas com gênero, família e nome das espécies.
es_dc_commonname	Lista dos nomes comuns das espécies.
es_dc_speciessynonym	Lista dos nomes científicos que uma mesma espécie pode ter.
tv_metod_amostrag	Tabela que descreve os tipos de amostragem.

Campos com atributos preenchidos em tree\_inventorylayer:

Tabela 3. Atributos da camada tree\_inventorylayer (3131 registros)

Nome	Descrição
feature_id	Código do ponto de amostragem. (Chave Primária)
id_method_a	Código do método de amostragem utilizado no campo; faz referência à tabela tv_metod_amostrag. (Chave estrangeira)
description	<i>String</i> com informações concatenadas da folha, coletores da informação, observações de campo, local e descrição do ambiente. Exemplo: SB22VD/RB/A.45 / Colet: Shigeo Doi/ Obs: - Amostra realizada no início dos anos 70, (1972 e 1973) pela equipe de vegetação do Projeto RADAM. Fase inicial dos trabalhos de campo com o uso de Helicópteros. / Local: - Na serra do Bacajá, em terrenos da Flor/ Amb: Subformação situada entre as altitudes de 100 até 600 metros aproximadamente.
wood_volum	Volume de madeira calculado
Colunas sem dados	id_operacao, population, populati_1, decomposit

Tabela 4. Atributos da tabela tv\_individuo (147528 registros)

Nome	Descrição
feature_id	Código do ponto de amostragem. Faz referência à chave primária de tree_inventorylayer. (Chave Primária)
individual_number	Código do indivíduo. (Chave Primária)
species_id	Código da espécie. Faz referência à tabela es_dc_especies. (Chave estrangeira)
common_name	Nome vulgar da espécie. Faz referência à tabela es_dc_commonname.(Chave estrangeira)
md_cap_diametro	medida do diâmetro do indivíduo à altura do peito (ver figura 26).
md_altura_fuste	medida da altura do fuste do indivíduo (ver figura 26).
cd_aspecto_fuste	Código do aspecto do fuste. Valores (I, II e III)
md_diametro_copa	Medida do diâmetro da copa do indivíduo (ver figura 26).
md_vol_madeira	Medida do volume de madeira.
cd_classe_comerc	Código Classe comercial. Valores (c.externo, c.interno, c.regional)
Colunas sem dados	md_altura_total, md_altura_copa, cd_forma, qt_rebrotos

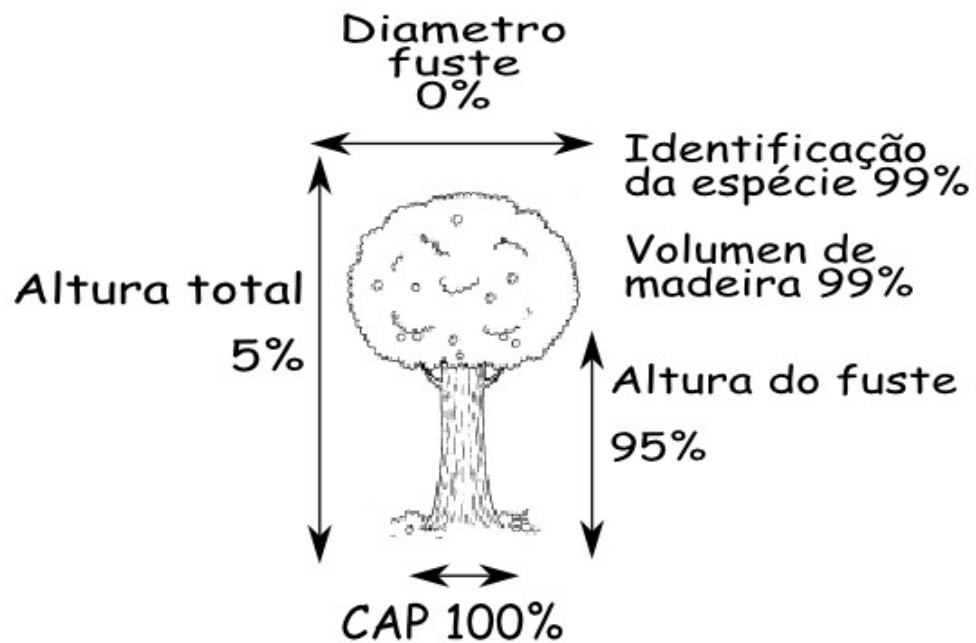


Figura 25: Variáveis registradas na tabela tv\_individuo.(Desmoulière, 2007)

Tabela 5. Atributos da tabela es\_dc\_species (2381 registros)

<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>
species_id	Código da espécie. (Chave Primária)
family	Nome da família na classificação taxonômica.
genus	Nome do gênero na classificação taxonômica.
species	Nome da espécie na classificação taxonômica.
sub_species	Nome da sub-espécie.
variety	Nome da variedade.
author	Autor que identificou a espécie.
Colunas sem dados	biological_form

Tabela 6. Atributos da tabela es\_dc\_speciessynonym (2919 registros)

<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>
species_id	Código da espécie. (Chave Primária)
synonyms_order	Ordem de associação da espécie aos sinônimo. (Chave Primária)
genus	Nome do gênero na classificação taxonômica.
species	Nome da espécie na classificação taxonômica.

Tabela 7. Atributos da tabela es\_dc\_commonname (84 registros)

<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>
species_id	Código da espécie. (Chave Primária)
common_name	Nome vulgar da espécie. (Chave Primária)

Tabela 8. Atributos da tabela tv\_metod\_amostrag (10 registros)

Nome	Descrição
id_metod_amostrag	Código do método de amostragem. (Chave Primária)
cd_unid_cadast	Código do Estado Cadastrado.
ds_variavel_medida	Descrições das variáveis medidas
ds_dim_amostra_pri	Dimensão da amostra.
Outros Campos	nr_seq_metodo, cd_nivel_amostra, cd_tecnic_amostrag, cd_forma_amostra, ds_dim_amostra_sec, qt_amostra_sec

#### 4.2.2 Outras camadas de informação utilizadas

Foram acrescentadas camadas de informação auxiliares encontradas no SIGLAB/INPA, provenientes de várias fontes como MMA, IBGE, INPE, EMBRAPA, Agência Nacional de Águas (ANA) e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que fornecem ao usuário uma contextualização da área e permitem a produção de alguns mapas temáticos. Estes dados, em sua maioria, estavam no formato *shapefile* e foram convertidos para a base de dados *PostgreSQL/Postgis*. Segue a lista de camadas adicionadas:

- Divisões Político-Administrativas: Países do Mundo, camada proveniente do *site Thematic Mapping*; Estados, Municípios e Sedes Municipais e limites da Amazônia Legal provenientes do IBGE.
- Vegetação: sendo duas camadas, uma proveniente do RADAM, com 77467 polígonos e outra da EMBRAPA.
- Hidrografia: possuindo três camadas i) corpos d'água representados por polígonos, onde são exibidos os rios mais volumosos e lagos da região; ii) hidrografia em escala 1:250.000, em que aparecem os rios menores da região. Estas duas camadas são provenientes da ANA; iii) os principais rios da região em forma de linhas, útil para exibição dos rótulos, nomes dos rios, esta última camada é proveniente da ANEEL.
- Solos: proveniente de duas fontes distintas: RADAM e projeto de Zoneamento Econômico Ecológico;
  - Geologia;
  - Geounidades;

- Camadas com polígonos de desmatamento nos anos de 2004, 2005 e 2006 obtidas pelo programa DETER e 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 do programa PRODES, ambos do INPE. Esta camada merece especial atenção pois permite ao usuário verificar em que localidades os pontos de coleta do inventário florestal já não representam a atualidade, podendo ser comparados com a realidade da década de 70.

## 5 Tecnologias utilizadas

Neste capítulo são abordadas e descritas as principais tecnologias disponíveis para o desenvolvimento de IDEs, são identificados os produtos que mais se adequam aos objetivos do presente trabalho através de uma breve comparação entre as suas funcionalidades e recursos, interfaces de serviços e metadados, tanto a nível de armazenamento e provedores de *web services*, quanto a nível de clientes *web*. A figura 26 ilustra uma arquitetura para construção de IDEs baseada em softwares livres. Ao final desse capítulo define-se uma instância desta arquitetura e ainda as diversas interfaces de acesso aos dados pelos usuários para utilização das informações georreferenciadas apresentadas no estudo de caso.

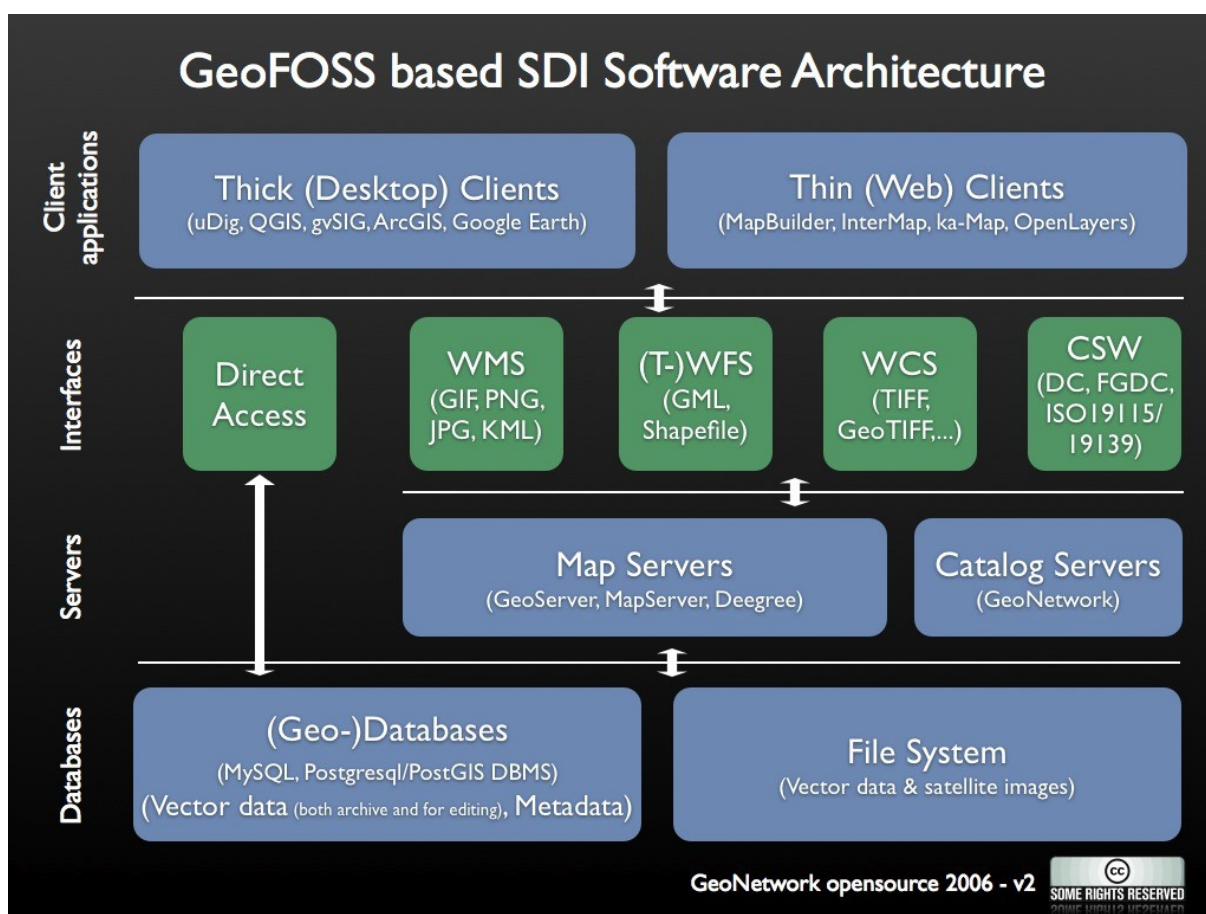


Figura 26: Arquitetura de IDE baseada baseada em softwares livres.(Ticheler, 2007)

Em linhas gerais, o primeiro passo é a definição dos dados a serem utilizados; em seguida, estes dados são convertidos para um único formato em um sistema de coordenadas

comum, e, então, armazenados numa base de dados relacional. O próximo passo é a configuração dos *web services OGC* desejados para cada camada. Tais dados são então registrados num catálogo de metadados e, por fim, este conjunto de *web services* é utilizado por aplicações desde clientes *desktop* a clientes *web*, podendo ser acessadas por qualquer usuário munido de conexão com a internet.

## 5.1 Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados

No capítulo 2 mostrou-se a importância do uso de bases de dados relacionais para o gerenciamento de dados georreferenciados. Viu-se também que atualmente renomados SGBD's possuem extensões que permitem o armazenamento e manipulação de dados espaciais, permitindo inclusive análises espaciais complexas. Neste tópico justifica-se a escolha do SGBD *PostgreSQL* com extensão espacial *Postgis*, a partir de um levantamento de soluções de SGBD's disponíveis no mercado.

Dentre as principais soluções proprietárias de SGBD's espaciais destacam-se: *IBM DB2 com Spatial Extender*, *Oracle Spatial 10g*, e *Informix Datablade* (Queiroz, 2002),(Paiva, 2007). Todavia, apresentam um custo muito elevado. Segundo Melo (2005), o custo de uma licença de uso do *Oracle Spatial* para um único processador chegava a US\$ 50.000. Por esse motivo estas soluções foram descartadas, pois um dos objetivos deste trabalho é a criação de uma infraestrutura de dados espaciais alicerçada apenas em software livre, o que nos conduz a apenas duas alternativas: i) *PostgreSQL* com extensão espacial *Postgis*; ii) *MySQL Spatial*.

### 5.1.1 PostgreSQL / Postgis

O SGBD *PostgreSQL*<sup>49</sup>, atualmente na versão 8.3.6, é um SGBD objeto-relacional robusto, com as funcionalidades tradicionais de um SGBD implantadas, como por exemplo indexação, visões das tabelas (*views*), extensível por meio de funções (*functions*), com controle de concorrência multi-versão, gatilhos (*triggers*), e que atende aos padrões *SQL92* e *SQL99*. É considerado objeto-relacional, pois embora não seja um SGBD orientado a objetos, possui algumas características como herança, tipos de dados definidos pelo usuário, entre outras. O *PostgreSQL* é mantido por uma grande comunidade de desenvolvedores espalhados pelo mundo; é um projeto maduro, pois está em constante desenvolvimento há mais de 15 anos, tendo vasta documentação disponível.

---

49 Site: <http://www.postgresql.org>



Além de ser um excelente SGBD, o *PostgreSQL* também possui uma extensão espacial, *Postgis*<sup>50</sup> (Hsu, 2007), atualmente na versão 1.3.5, que permite que as geometrias das feições sejam armazenadas juntamente com seus atributos, sendo, então, gerenciadas pelo SGBD. Esta extensão também disponibiliza várias funções para manipulação de dados espaciais (interseção, união, pertinência, distância, centróide, etc), tudo de acordo com as especificações *SFS-SQL*, além de ser um produto certificado pela *OGC*. Possui ainda uma ferramenta para importação e exportação de/para *ESRI shapefiles*. Esta extensão foi lançada em 2001 pela empresa canadense *Refractions Research*<sup>51</sup>, que, desde então, em conjunto com uma comunidade de usuários, mantém o desenvolvimento do software ativo.

Podemos destacar algumas características do *PostgreSQL/Postgis*:

- Base de dados de alto rendimento;
- Tamanho de base de dados ilimitado;
- Suporte aos tipos de dados *Simple Feature Access (SFS)* da *OGC*, permitindo a inserção de geometrias do tipo ponto, linha, polígonos, multipontos, multilinhas, multipolígonos e coleção de geometrias;
- Utilização do método da Matriz 3x3 para a realização de consultas espaciais;
- Operadores espaciais para cálculo de área, distância, comprimento e perímetro;
- Indexação avançada usando *Generalized Search Tree (GiST)* e *R-Tree*;
- Suporte a atributos do tipo *Binary Large Object (BLOB)*, permitindo armazenar imagens, sons, vídeos etc;
- Interface administrativa *PgAdmin*, que permite total controle do banco de dados.

### 5.1.2 *MySQL Spatial*

Este SGBD é o software livre mais popular com essa finalidade. Teve grande expansão com o seu uso em aplicações voltadas para *web*, pois apresenta excelente performance, confiabilidade e facilidade de uso. Tem mais de 11 milhões de instalações ao redor do mundo e muitas grandes empresas e agências como a *NASA* utilizam *MySQL*<sup>52</sup> em algumas aplicações.

Embora pouco conhecido pelos usuários de SIG, também implementa especificações da *OGC* para o armazenamento de dados espaciais nos formatos *WKB* e *WKT*, atende aos

---

50 Site: <http://postgis.refractions.net/>

51 Site: <http://www.refractions.net>

52 Site: <http://www.mysql.com/>

padrões de consulta *SQL92* e implementa algumas funções espaciais usando *SFS-SQL*. Em comparação ao *PostgreSQL*, é mais rápido em bases de dados pequenas.

Como desvantagens tem-se o não atendimento a todas as especificações da *OGC*, pois não possui as tabelas de metadados especificadas por este padrão, além da instabilidade em bases de dados mais robustas e a dificuldade para importar e exportar dados em outros formatos.

### **5.1.3 Opção pelo PostgreSQL/Postgis**

A opção pela solução *PostgreSQL/Postgis* deve-se ao fato do mesmo possuir maior estabilidade com fontes de dados de grande porte, maior número de funções espaciais, documentação mais elaborada, maior base de usuários e ferramentas, certificação pela *OGC* e, por fim, por existirem vários SIG's livres que se conectam a esse SGBD. Estudos comparativos entre bancos de dados podem ser vistos em Melo (2005), Hsu (2008a, 2008b).

### **5.1.4 Processo de conversão de dados (Oracle para PostgreSQL/Postgis)**

A base de dados do projeto RADAM passou por um longo processo de desenvolvimento até chegar aos dias atuais. Inicialmente, em meados da década de 70, esses dados geraram vários volumes de relatório em papel que, aos poucos, foram sendo digitalizados em vários formatos, chegando aos dias atuais em uma arquitetura de SIG dual estruturada em uma base de dados relacional *Oracle* com diversos arquivos associados no formato *ESRI shapefiles*, cada um deles possuindo um campo identificador relacionando as informações textuais às suas respectivas feições geográficas.

Todavia, esses dados não estavam sendo bem aproveitados, tendo em vista que os usuários externos ao SIPAM, órgão fornecedor desses dados, sequer conseguiam configurar e importar os dados para um servidor *Oracle*, quanto mais relacionar os dados com os *shapefile*. Nessa situação, eram utilizados apenas alguns atributos que estavam no *dbf* do *shapefile*, que não tinham a mesma riqueza dos dados da base de dados relacional devido às restrições do formato (como por exemplo a restrição de número de caracteres dentro de um atributo, não permitindo textos maiores que 256 caracteres; e a restrição de 10 caracteres para identificação das colunas, dificultando a descoberta do significado de cada coluna).

A primeira etapa do processo de recuperação de dados foi instalar uma base de dados *Oracle* e fazer a exportação de dados para o *PostgreSQL* que, por meio de sua extensão *Postgis*, permitiria que os atributos espaciais pudessem ser relacionados aos dados tabulares.

O *Oracle* utilizado neste processo foi a versão 10g, disponível para *download* no *site* da *Oracle* que, por ser uma versão gratuita, possui limitações quanto ao uso, mas que atendia ao objetivo de recuperação dos dados.

Os dados iniciais foram cedidos pelo SIPAM ao SIGLAB/INPA em 4 CDs que continham toda a base de dados dividida em arquivos *shapefile* e *dumpfiles* (arquivos de exportação de dados do *Oracle*). Estes últimos foram importados dentro do SGBD *Oracle* utilizando a interface de administração de dados e, em seguida, exportados utilizando o formato *Comma-separated values (CSV)*, com o detalhe de substituir a separação por vírgulas por '@', pois os dados possuíam muitos caracteres especiais que acabavam por dificultar a reimportação.

Também foi exportado pelo *Oracle* o comando de criação das tabelas utilizando a linguagem *SQL*. Contudo, algumas adaptações foram feitas para que o comando pudesse ser executado no *PostgreSQL*, pois existem diferenças entre as sintaxes de *SQL* destes dois SGBD's. Após executar os *scripts* para criação de tabelas os dados em *CSV* foram então importados, utilizando-se o comando *COPY*.

```
COPY flora_loc FROM '/SIPAM/ecosystems/tabela/es_dc_floralocation.csv'  
WITH NULL AS ''  
DELIMITER AS '@';
```

Este processo 'artesanal', embora tenha consumido bastante tempo, assegurou que os relacionamentos entre as tabelas fossem mantidos. Testou-se algumas ferramentas para agilizar o processo de migração, como *Talend* e *Ora2PG*, porém nenhuma delas apresentou resultados satisfatórios por não preservarem os relacionamentos entre as tabelas. Por isso foram descartadas, conservando-se a migração manual.

Para a importação dos dados georreferenciados em *shapefiles* para a base *PostgreSQL/Postgis* foi utilizado o comando de importação *shp2pgsql* que acompanha a instalação da extensão *Postgis*. Um problema encontrado foi quanto ao sistema de coordenadas utilizado no arquivo, pois não existiam metadados. Considerou-se que os dados utilizavam coordenadas geográficas (*LongLat*) com *Datum WGS84 (EPSG:4326)* e, após comparação com outros dados com sistemas de coordenadas conhecidos, observou-se que os dados importados apresentavam compatibilidade<sup>53</sup>. Abaixo os comandos utilizados no processo de conversão de dados.

---

<sup>53</sup> Após certo tempo, por casualidade, foi verificado, a partir de outras bases de dados que o *datum* utilizado pelo RADAM era na verdade SAD69. Considerando os objetivos do presente trabalho e a escala do levantamento (1:250.000) o erro de posicionamento oriundo dessa troca foi desconsiderado.

```
$ shp2pgsql -s 4326 -I arquivo_shape nome_tabela nome_banco > /tmp/arqv_sql
$ psql -d bdradam -f /tmp/arqv_sql
```

O resultado da importação consistiu em duas tabelas, uma referente aos dados textuais no Oracle e, a outra, resultante da importação dos *shapefiles*. Os dados tabulares do *shapefile* foram descartados considerando-se apenas as colunas que continham as geometrias e o *ids*; por meio de *SQL* foi gerado uma única tabela que continha tanto os dados tabulares oriundos do *Oracle* quanto a geometria oriunda do *shapefile*.

A partir dessas tabelas espaciais desenvolveu-se um trabalho de engenharia reversa para extrair-se um diagrama de entidade relacionamento a partir dos dados já migrados para o PostgreSQL. Utilizou-se o software *OpenOffice Base* para a visualização das tabelas e seus relacionamentos. A partir desse diagrama foi possível proceder-se a uma reindexação das tabelas para otimizar o acesso à base de dados (ver figura 27).

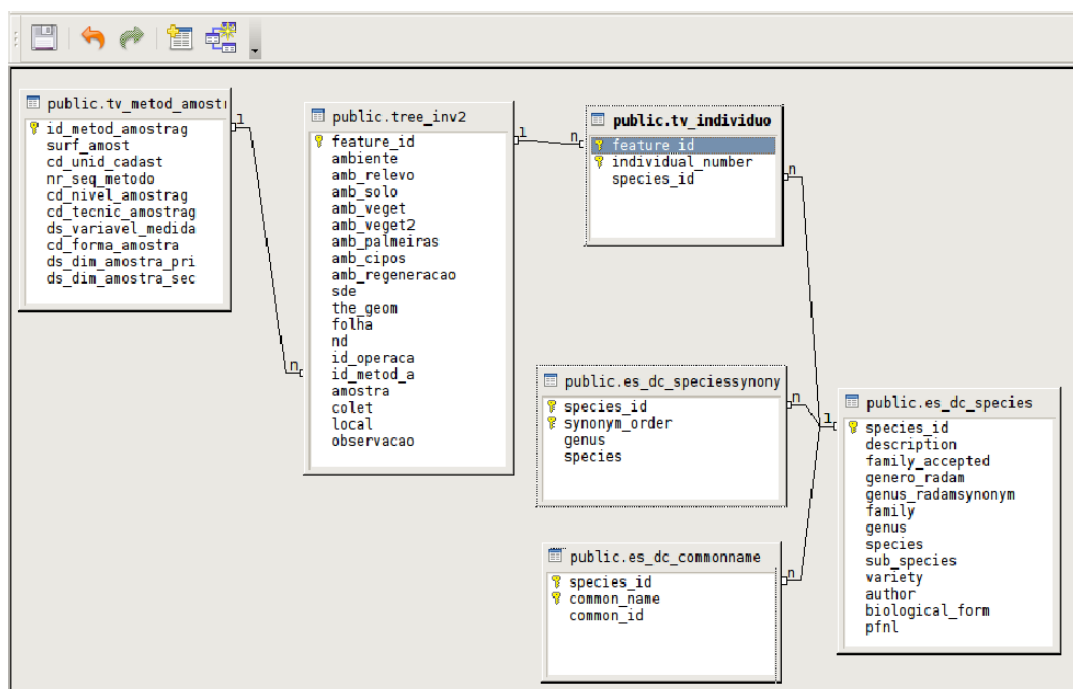


Figura 27: Diagrama entidade-relacionamento das tabelas do inventário florestal.

## 5.2 Servidor de Mapas

Componente importante na construção de uma IDE é o servidor de mapas, que deve funcionar como uma camada de interação entre os softwares clientes e os dados (refere-se aqui, a dados vetoriais e *raster* sediados em arquivos ou SGBD's), provendo *web services*, de

acordo com os padrões *OGC*, garantindo, dessa forma, a interoperabilidade entre diferentes softwares.

Nos dias atuais existem vários softwares para esse fim que possuem certificação *OGC*, tanto soluções proprietárias, como por exemplo, *ArcGis Server*, *Cubewerx*, *Oracle Application Server MapViewer* e *Geomatica - WebServer Suite*, quanto soluções livres tais como *Mapserver*, *Geoserver* e *Deegree*. Existem outros softwares provedores de *web services* em outros formatos muito difundidos na *web*, mas que ainda não são padrões *OGC*; a maioria implementa o intercâmbio de dados usando a arquitetura *REST*, como por exemplo os produtos *FeatureServer* e *Mapfish Server*.

Este trabalho baseia-se em soluções livres; por esse motivo são descritos, a seguir, apenas os softwares livres disponíveis para provimento de dados georreferenciados por meio de *web services*. Posteriormente justificar-se-á o uso do software *Geoserver* como solução adotada.

### **5.2.1 MapServer**

O servidor de mapas *Mapserver*<sup>54</sup>, atualmente na versão 5.2.1, permite a geração (renderização) de dados georreferenciados com saída para vários formatos. É um ambiente de desenvolvimento para a construção de aplicações geoespaciais e disponibilização de *web services OGC*. Funciona utilizando a interface *Common Gateway Interface(CGI)*<sup>55</sup>, padrão da *W3C* para geração de páginas dinâmicas. Possui ainda uma extensão chamada *Mapscript*, que permite aos desenvolvedores criarem aplicações dinâmicas utilizando várias linguagens de programação, tais como *PHP*, *Java* e *Ruby* (ver figura 28). Após receber uma requisição, o *Mapserver* gera uma imagem, de acordo com os parâmetros passados, podendo gerar também legendas, barras de escala, mapas de referência, entre outros elementos.

---

54 Site: <http://mapserver.org/>

55 Mais informações em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/CGI>

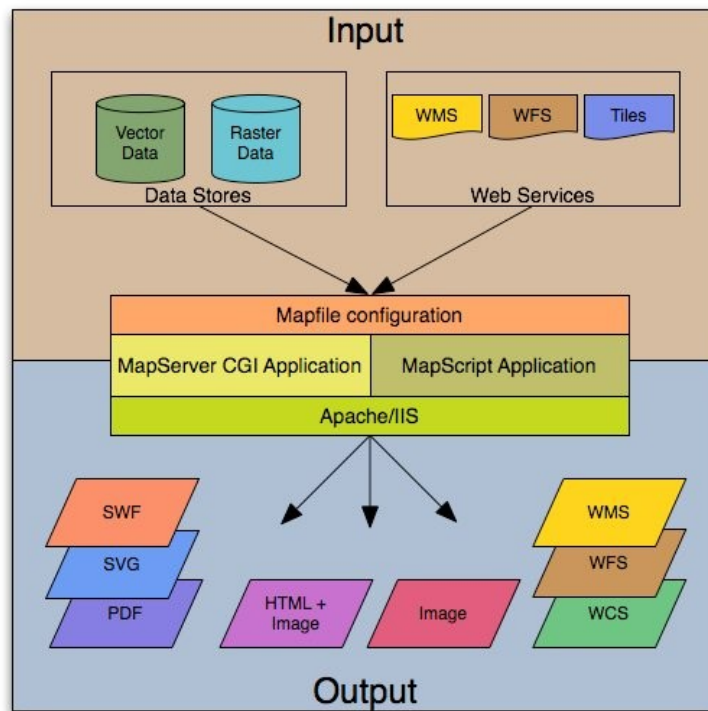


Figura 28: Arquitetura de funcionamento do Mapserver. (Mapserver, 2009)

Desenvolvido em C, possui uma excelente performance, e pode ser executado na maioria dos sistemas operacionais atuais e com praticamente todos servidores *web* (Apache, IIS, etc). Foi desenvolvido originalmente, em meados de 1995, pela Universidade de Minnesota, em cooperação com a Agência Espacial Americana (NASA) e o Departamento de Recursos Naturais de Minnesota (MNDNR). É mantido atualmente por mais de 20 desenvolvedores dispersos pelo mundo, tendo sido um dos primeiros a entrar para a lista de softwares certificados pela OSGEO.

O *Mapserver* possui as seguintes funcionalidades:

- Saída cartográfica avançada: desenho de feições dependentes da escala, exibição de rótulos com sistema que evita a colisão, criação de mapas temáticos a partir de regras baseadas em expressão regular;
- Suporte à projeção de mapas para outros sistemas de coordenadas, visando a combinação entre camadas com diferentes sistemas. Usa, para tanto, a biblioteca Proj.4<sup>56</sup>;
- Suporte a vários tipos de dados de entrada e saída, devido ao uso da biblioteca

56 Site: <http://trac.osgeo.org/proj>

*Geospatial Data Abstraction Library (GDAL)*<sup>57</sup> e *OGR Simple Features Library (OGR)*<sup>58</sup>;

- Configuração de estilos usando *SLD*;
- *WMS* (cliente e servidor) - nas versões 1.0.0, 1.0.7, 1.1.0, e 1.1.1;
  - Formatos de saída na instalação padrão:
    - imagem: *gif, png, jpeg, wbmp, tiff, svg+xml*
    - Podem ser adicionados outros formatos usando *GDAL/OGR*;
  - Também implementa *WMS-TIME*, que permite a inclusão de restrições de ordem temporal, no resultado das consultas. Pode, por exemplo, recuperar a Malha Municipal em 2000.
- *WFS* não-transacional (cliente e servidor) - na versão 1.0.0;
  - Formatos de saída: *GML2*, e *GML3*.
- *WCS* nas versões 1.0.0 e 1.1.0;

As camadas de informação são configuradas usando arquivos texto chamados *mapfiles* (.map). Por ser baseado na biblioteca *GDAL/OGR*, o *Mapserver* tem acesso a uma infinidade de formatos, como por exemplo:

- Em SGBD's: *MySQL, Oracle, PostGIS* e *SQL Server* via *OGR*;
- Em arquivos dados vetoriais nos formatos: *ESRI shapefile, MapInfo* e outros, via *OGR*;
- Dados raster: *TIFF/GeoTIFF, MrSID, ECW, JPEG2000, DTED, Erdas Imagine, ArcGrid (.asc), WorldImage (.png), GeoTIFF (.tiff), Gtopo30 (.dem)* e outros, via *GDAL*.

O *Mapserver* é a plataforma utilizada por vários softwares (ver exemplo, figura 29), como o brasileiro *I3Geo*, discutido mais adiante, e outros como: *ka-Map, Chameleon, Mapbender, MapBuilder* e *Cartoweb*.

---

57 Site: <http://www.gdal.org>. - Lista de formatos disponíveis por essa biblioteca em: [http://www.gdal.org/formats\\_list.htm](http://www.gdal.org/formats_list.htm)

58 Site: <http://www.gdal.org/ogr/> - Lista de formatos disponíveis por essa biblioteca em: [http://www.gdal.org/ogr/ogr\\_formats.html](http://www.gdal.org/ogr/ogr_formats.html)

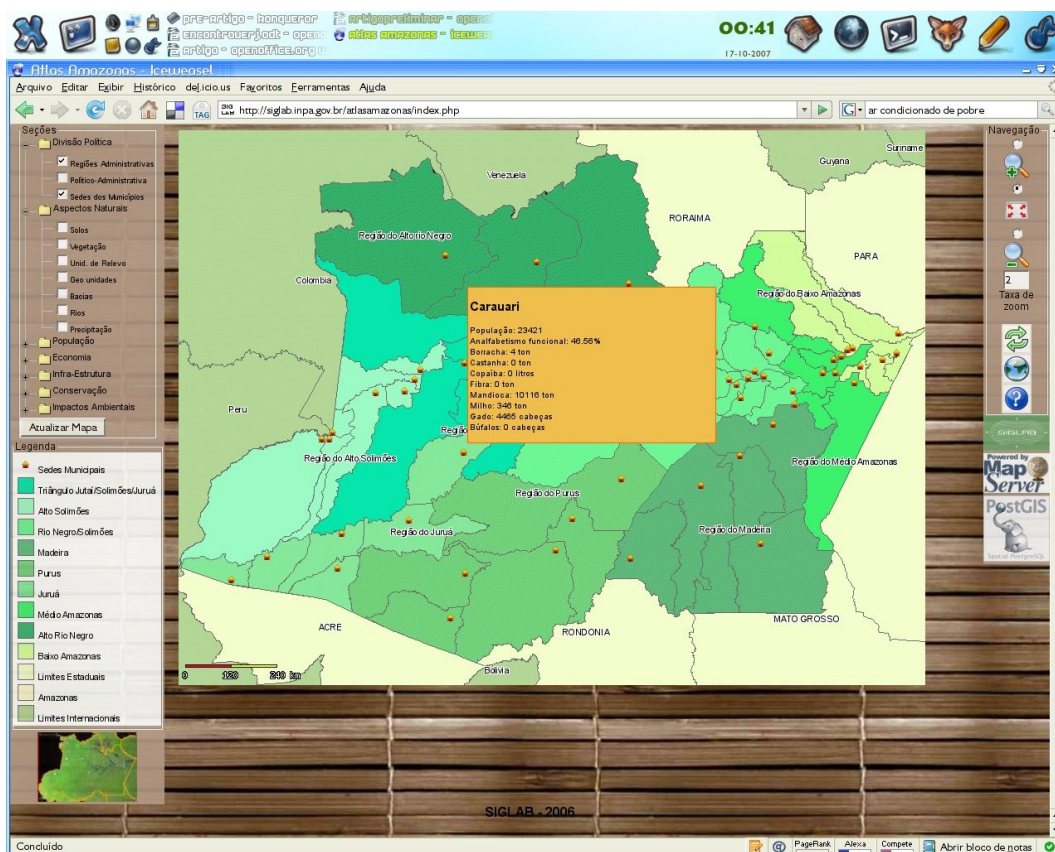


Figura 29: Mapa dinâmico para web desenvolvido utilizando Mapserver e PHP/Mapscript, dados armazenados em base Postgis e em ESRI shapefiles. (Costa, 2007)

Entre as desvantagens tem-se o fato de não possuir suporte a *WFS-T* e nenhum dos seus *web services* é certificado pela *OGC*.

O *Mapserver* é um dos software com maior base de empresas que fornecem consultoria para implantação de soluções e/ou desenvolvimento de melhorias no software, destacando-se: *DM Solutions*<sup>59</sup>, *MapGears*<sup>60</sup>, *Gateway Geomatics*<sup>61</sup> e a brasileira *OpenGeo*<sup>62</sup>.

### 5.2.2 GeoServer

*Geoserver*<sup>63</sup> é um software para distribuição de informação georreferenciada pela internet, provendo serviços de acordo com as especificações *OGC*, permitindo publicar e editar dados na *web* em ambiente cliente/servidor, além de torná-los disponíveis em uma grande variedade de formatos (ver exemplo, figura 30).

59 Site: <http://www.dmsolutions.ca/>

60 Site: <http://www.mapgears.com/>

61 Site: <http://www.gatewaygeomatics.com>

62 Site: <http://www.opengeo.com.br>

63 Site: <http://geoserver.org>



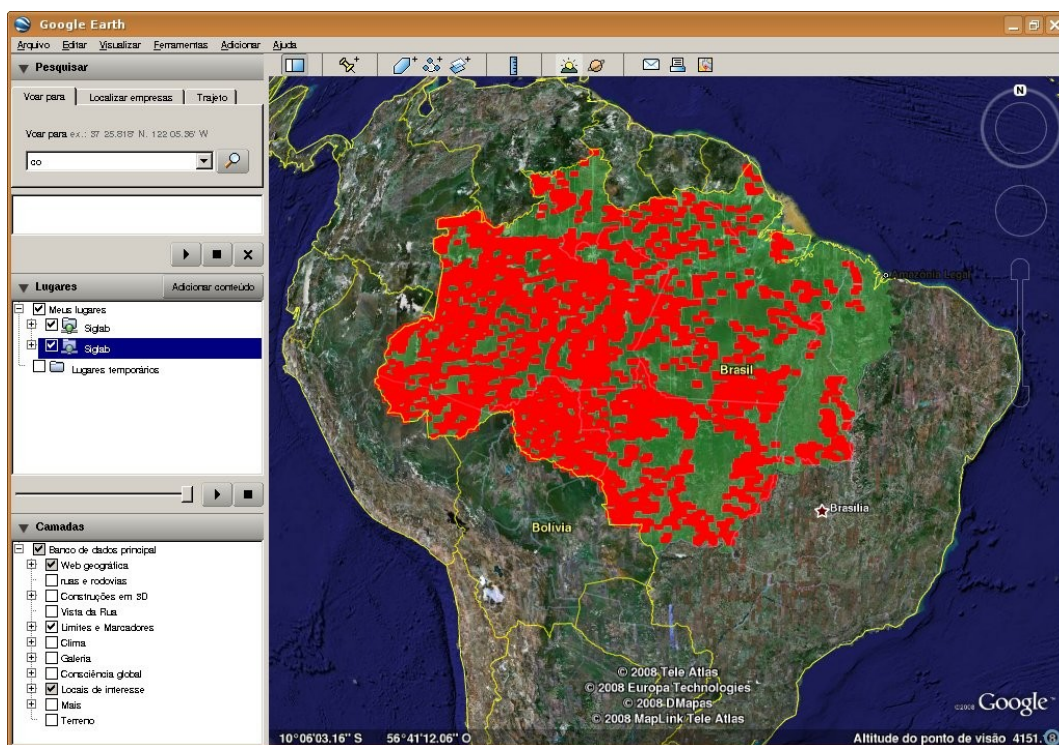


Figura 30: Exemplo de WMS gerado pelo Geoserver e acessado pelo Google Earth.

É baseado na biblioteca *Geotools*, desenvolvido em Java, o que lhe confere uma arquitetura multiplataforma. Atualmente sua versão estável é a 1.7.3 e tem as seguintes funcionalidades:

- Alta qualidade das imagens geradas usando *anti-aliasing*<sup>64</sup> por padrão;
- Configuração de estilos usando *SLD* versão 1.0;
- Reprojeção para os serviços *WMS* e *WFS*;
- Possibilidade de *cache* de informações, visando o aumento de desempenho, utilizando o software *Geowebcache*<sup>65</sup>;
- Interface integrada para previsão da exibição dos dados (*Openlayers*)
- Interface *web* que permite a configuração dos serviços de forma rápida e intuitiva;
- Implementação de uma camada de segurança que controla o acesso a dados por grupos de usuários, de acordo com níveis de permissão;
- *WMS* - nas versões 1.1.1 (certificado *OGC*);
  - Formatos de saída:

64 Mais informações em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Anti-aliasing>

65 Site: <http://geowebcache.org>

- imagem: *png, geotiff, geotiff8, gif, jpeg, png8, svg, svg xml, svg+xml, tiff, tiff8*.
- outros formatos: *kml, kmz, openlayers, rss, GeoRSS e PDF*.
- *WFS* e *WFS-T* - nas versões 1.0.0 (certificado *OGC*, sendo o padrão de referência de implementação *OGC*) e 1.1.0;
  - Formatos de saída: *GML2, GML2-GZIP, GML3, SHAPE-ZIP, JSON*;
  - Operação de Transações: *Query, Insert, Update, Delete, Lock*.
  - Versionamento dos dados, chamada de *WFS-V*;
  - Suporte a filtros (*Filter*), que permite solicitar a requisição de feições baseada em restrições espaciais ou por atributos;
    - *WCS* - nas versões 1.0 (certificado *OGC*) e 1.1.
    - Disponibilização de acesso e atualização de dados usando interface *REST*;

Para configurar os *web services* é necessário a indicação dos dados de entrada, que podem estar em diversos formatos:

- Em *SGBD*'s: *IBM DB2, MySQL, Oracle, PostGIS e SQL Server*;
- Em arquivos de dados vetoriais nos formatos: *ESRI shapefile, MapInfo*;
- Em arquivos de dados *rasters*: *ArcGrid (.asc), WorldImage (.png), GeoTIFF (.tiff) e Gtopo30 (.dem)*. Os formatos *MrSID, ECW, JPEG2000, DTED, Erdas Imagine e NITF* podem ser acessados, se adicionado suporte à biblioteca *GDAL*.

O Geoserver conta com várias empresas para prestação de consultorias pelo mundo, sendo a americana OpenGeo<sup>66</sup> a empresa mais envolvida no seu desenvolvimento.

### 5.2.3 Deegree

*Deegree*<sup>67</sup> é um *framework* Java que oferece aos desenvolvedores todos os componentes de software para a construção de IDE's, baseando-se nos padrões *OGC*.

Atualmente encontra-se na versão 2.2. Abrange desde servidores (*WMS, WFS, WCS, CSW*) a clientes de *web services OGC*.

É pioneiro na implementação de novos padrões, como por exemplo *WPS* e serviços de autenticação e segurança para *web services OGC*. É, atualmente, um software incubado na

66 Site: <http://opengeo.org/>

No Brasil temos uma empresa homônima que também oferece consultorias em SIG com softwares livres.

Site: <http://www.opengeo.com.br>

67 Site: <http://www.deegree.org/>

*OSGEO*, tendo seu desenvolvimento concentrado na Alemanha, onde conta com grande número de participantes. Coordenam o projeto a empresa lat/lon e um grupo de estudos em SIG da Universidade de Bonn.

Implementa os padrões OGC nas seguintes versões:

- *WMS* - nas versões 1.1.0, 1.1.1 (certificado *OGC*, sendo a implementação de referência do padrão) e 1.3.0 (certificado *OGC*);
- *WFS* e *WFS-T* - na versão 1.1.0;
  - Possibilita o provimento de objetos complexos usando mapeamento de relações entre tabelas no banco de dados;
- *WCS* - na versão 1.0.0 (certificado *OGC*);
- *CSW* - na versão 2.0.0.
- Também implementa clientes de *web services* para *desktop* (*deeJUMP*) e *web* (*iGeoPortal*).
  - Plugin para configuração de *web services OGC*;
  - Estilização por meio de *SLD*;

Formatos de entrada:

- *GML* 3.1;
- Acesso a *Postgis* e *Oracle*.

#### **5.2.4 MapGuide Open Source**

Software para *web*, muito similar ao *Mapserver*, o *MapGuide Open Source (MOS)*<sup>68</sup>, na sua versão 2.0.2, permite rápido desenvolvimento de aplicações para disponibilização de mapas na *web* e provimento de *web services* (ver figura 31).

---

68 Site: <http://mapguide.osgeo.org/>

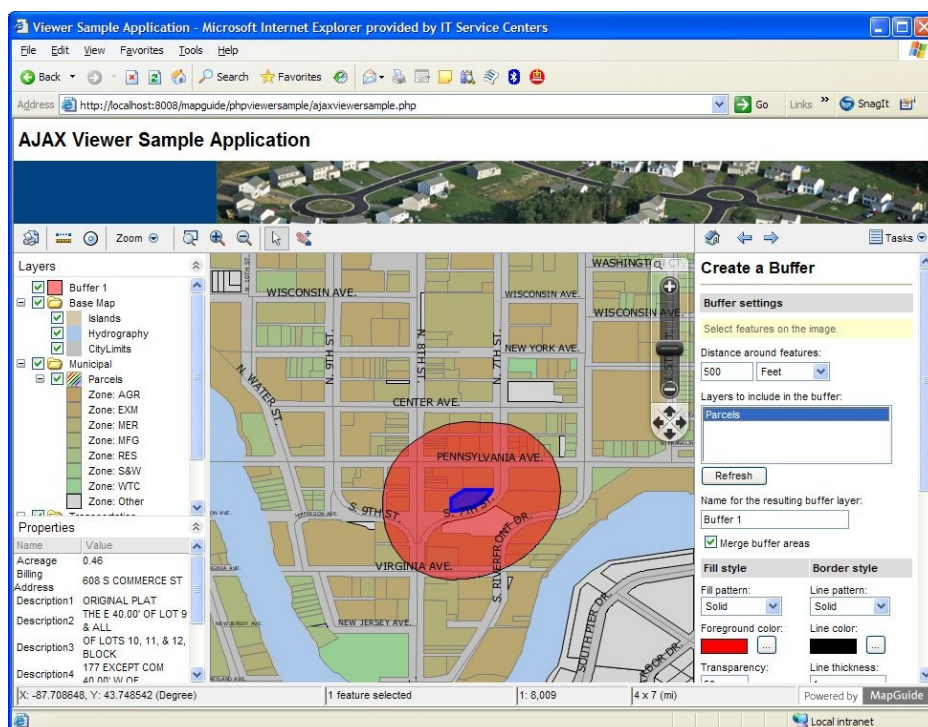


Figura 31: Exemplo de aplicação utilizando Mapguide OpenSource.  
(Mapguide, 2009)

Entre suas funcionalidades pode-se enumerar:

- Visualizador desktop *DWF Viewer*, disponível somente para sistema operacional *Windows*;
- Visualizador interativo para web que permite ao usuário diversas funções de navegação e consulta aos dados georreferenciados, implementando inclusive, algumas análises espaciais simples no lado do cliente;
- Possibilidade de implantação de níveis de acesso aos mapas, criando grupos de usuário;
- Interfaces *web* e *desktop* para configuração (definição de estilos, ordem de apresentação, etc) das camadas a serem apresentadas no cliente *web*;
- Suporte a várias fontes de dados, usando a biblioteca *Feature Data Objects (FDO)*<sup>69</sup>;
- *API* para desenvolvimento nas linguagens de programação *PHP*, *.NET*, *Java* e *JavaScript*;
- Mecanismos para consultas topológicas, (interseção, união, diferença, *buffer*, cálculo de área, e distância).

69 Site: <http://fdo.osgeo.org/>

- Gráficos de alta qualidade com provimento de legendas;
- Provê e consome *web services OGC*:
  - Servidor: *WMS 1.1.1, WFS 1.0.0*
  - Cliente: *WMS 1.3.0, WFS 1.0.0*

As desvantagens deste software são: não possuir suporte a *WFS-T* e a não certificação pela *OGC*, de seus *web services*.

Outros servidores de mapas que merecem ser mencionados, mas não serão tratados com tanto detalhe devido a pouca documentação existente, a suporte reduzido a plataformas, ou não provimento de dados usando o padrão *OGC*, são listados a seguir.

### 5.2.5 *FeatureServer*

O *FeatureServer*<sup>70</sup>, versão 1.12, é um servidor voltado para intercâmbio de dados georreferenciados usando novos formatos na *web*, provendo *web services* baseados na arquitetura *REST*, que permite o uso de métodos *HTTP* para consulta, inserção, atualização e remoção de dados georreferenciados. Desenvolvido pela *MetaCarta*<sup>71</sup> este software possui as seguintes funcionalidades:

- Agregar dados *GeoRSS* - possibilidade de adição de *GeoRSS* como dado de entrada, podendo obter um *WFS* como saída.
- Converter formatos - permite usar qualquer formato acessível por meio de uma fonte de dados *OGR* e visualizá-lo em outro formato, como *KML* no *Google Earth*, por exemplo.
- Disponibilizar os dados por meio de *web services REST* nos formatos:
  - *GeoJSON* - Tanto para entrada, quanto para saída de dados;
  - *GeoRSS Atom (Simple)* - Tanto para entrada, quanto saída de dados;
  - *KML* - Tanto para entrada ,quanto para saída de dados;
  - *GML/WFS* - somente saída;
  - *HTML* - somente saída;
  - *OSM* - somente saída;

Permite acessar as fontes de dados do tipo:

- *DBM, BerkleyDB* e *PostGIS*, com possibilidade de edição e atualização de geometrias neste último;

<sup>70</sup> *FeatureServer* -- RESTful Geographic Feature. Storage- <http://featureserver.org/>

<sup>71</sup> Site: <http://www.metacarta.com/>

- *WFS* - funciona em modo somente-leitura e qualquer fonte de dados acessível por *OGR*, *ESRI shapefiles*, ou *GML*, por exemplo;
- *Flickr*<sup>72</sup> - carrega imagens deste *site* de fotos, permitindo o georreferenciamento das mesmas;
- *OSM* - carrega dados do projeto *Openstreetmap*.

### 5.2.6 *Mapfish Server*

O projeto *MapFish*<sup>73</sup> é um *framework* para criação de interfaces com rica interação com o usuário, *Rich Interfaces Application* (RIA), proporcionando um ambiente *web* para uso de dados georreferenciados de fácil utilização. Possui dois módulos principais, *Mapfish Server* (servidor) e *Mapfish Client* (cliente), sendo que o primeiro é desenvolvido usando a linguagem *Python* e o último, baseia-se nos softwares *Openlayers*, *ExtJS*<sup>74</sup> e *GeoExt*, utilizando-se da linguagem *JavaScript*.

O *MapFish Server*, versão atual 1.1, permite o provimento de serviços baseados na arquitetura *REST*, sendo responsável pelo tratamento de composição de vários módulos que podem ser implementados em várias linguagens como *Python*, *Java* ou *PHP*. Este servidor de feições geográficas utiliza-se do *framework Pylons* para conexão com bases de dados *Postgis* e provimento dos resultados através do formato *GeoJson*.

### 5.2.7 *Opção pelo Geoserver*

A opção por um dos softwares realizou-se comparando as funcionalidades descritas nas páginas de documentação dos diversos produtos e em outros estudos comparativos. O autor desta dissertação possui experiência prática no provimento de serviços utilizando-se dos softwares *Mapserver* e *Geoserver*, tendo realizado alguns testes utilizando-se do software *Deegree* e uma tentativa frustrada de instalação do software *Mapguide OpenSource* em ambiente *Linux*.

Como requisito para a escolha do servidor de mapas a ser utilizado indica-se os pontos a seguir:

1. Ser software com licença livre;
2. Implementar os padrões de intercâmbio de dados OGC (*WMS*, *WFS* e *WFS-T*), preferencialmente com certificação pela OGC;

72 Site: <http://www.flickr.com>

73 Site: <http://trac.mapfish.org/trac/mapfish/wiki>

74 Site: <http://extjs.com/>

3. Possuir interface para configuração dos *web services*, visando facilitar a administração dos serviços;

4. Apresentar boa performance e qualidade dos dados gerados;

Os softwares proprietários (*ArcGis Server*, *Cubewerx*, *Oracle Application Server MapViewer*, *Geomatica*) foram descartados inicialmente. Já os softwares *FeatureServer* e *Mapfish Server*, não se enquadram, pois não implementam os padrões OGC.

Dos que foram avaliados: *Mapserver*, *Deegree*, *Mapguide OpenSource (MOS)* e *Geoserver*, o software *Mapserver* e o *MOS* não possuíam certificação da *OGC* em nenhum dos seus *web services*, e também não implementavam transações no *WFS (WFS-T)*. O software *Deegree* é certificado nas suas implementações de *WMS* e *WCS*, sendo implementação de referência em *WMS* versão 1.1.0. O software *Geoserver*, por sua vez, é certificado nos três padrões (*WMS*, *WFS* e *WCS*), sendo implementação de referência para o *WFS*.

O software *Mapserver* é o único que não disponibiliza uma interface amigável para configuração dos *web services*, sendo necessário a configuração por edição de arquivo texto, ou uso de outras ferramentas, desenvolvidas por terceiros, para esse fim; o software *Deegree*, por sua vez, possui uma ferramenta para configuração de serviços na forma de um *plugin* para uma outra aplicação chamada *JUMP*, sendo o processo de instalação deste *plugin* um pouco complicado; os softwares *MOS* e *Geoserver* possuem interface integrada para configuração dos *web services*.

Em relação à performance após testes, Aime (2008) considerou os softwares *Geoserver* e *Mapserver* equivalentes, embora em seus resultados percebe-se uma ligeira vantagem de performance para o software *Geoserver* (figura 32). Infelizmente não houve tempo hábil para comparar a performance dos demais softwares. Apenas os softwares *Mapserver* e *Geoserver* indicaram em seus sites qual o método usado para criação de imagens com alta qualidade.

Quadro (2007) e Carnevale (2008) apontam outros aspectos a considerar. Segundo Quadro (2007) o software *Mapserver* apresenta melhores resultados para o serviço *WMS*, além de ser mais maduro, por ter um tempo de desenvolvimento maior e contar com um sistema de cartografia poderoso, perdendo em relação ao *Geoserver* no quesito interface de administração e indisponibilidade de *WFS-T*. Porém não é conclusivo, indicando que o foco de desenvolvimento dos dois softwares são diferentes. Já Carnevale (2008) avaliou os



softwares *Mapserver*, *Geoserver* e *Deegree*, sendo que, ao tentar implementar serviços neste último, o mesmo apresentou erros com a biblioteca de projeção *Proj4*. A autora também cita em seu trabalho, como ponto negativo para o *Mapserver*, a falta de conformidade com os padrões da *OGC* e as vantagens da interface de administração e da implementação de *WFS-T* presentes no software *Geoserver*.

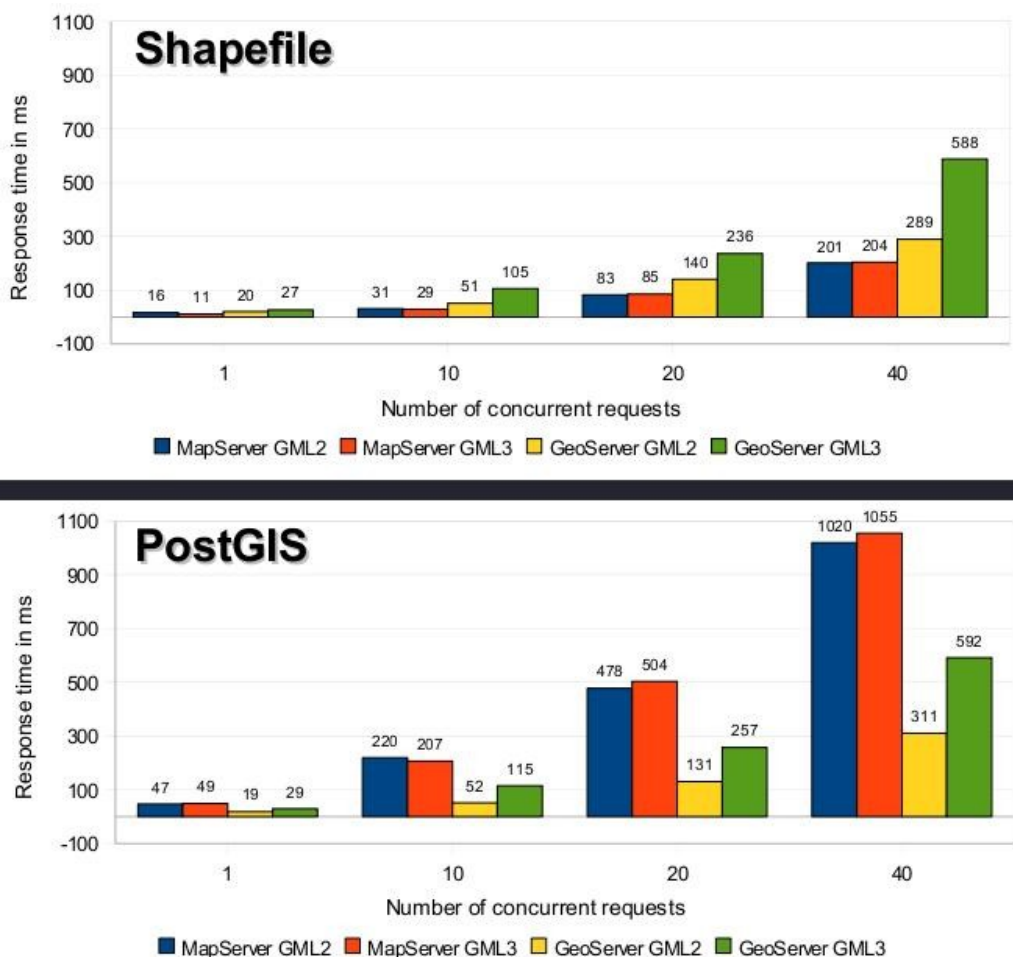


Figura 32: Num dos testes de Aime (2008) o resultado obtido foi que o Mapserver apresentava melhor desempenho ao disponibilizar dados oriundos de um shapefile; em contrapartida, o Geoserver apresentou melhor desempenho ao acessar uma fonte de dados Postgis.

Todos os softwares possuem grandes vantagens e desvantagens, e devem ser avaliados em cada caso. Para os objetivos deste trabalho, considerando as quatro restrições expostas acima, o software escolhido foi o *Geoserver*, por apresentar maior conformidade com os padrões *OGC*, possuir interface de administração integrada que agiliza o provimento de *web services*, além de prover dados em mais formatos de saída que os demais, apresentando ótima performance e apresentação gráfica.



Ainda em relação ao quesito performance, segundo Aime (2008) algo que deve ser levado em consideração no processo de disponibilização de *web services* é a customização dos softwares de acordo com o ambiente (hardware do servidor, número de conexões simultâneas, velocidade da rede, dados a serem disponibilizados, etc) visando melhorias no seu desempenho. Com maior relevância tem-se a configuração de um *cache* das imagens geradas pelo servidor, reduzindo o número de chamadas ao mesmo, como por exemplo os softwares livres *TileCache*<sup>75</sup>, *GeoWebCache*<sup>76</sup> e *PHPGeoTiles*<sup>77</sup>.

### **5.2.8 Processo de Configuração de Camadas no Geoserver**

O *Geoserver* trabalha em cima de um servidor de aplicações Java. Neste trabalho foi utilizado o servidor *Tomcat* 6 para disponibilização da aplicação. O passo-a-passo para instalação do *Tomcat* e do *Geoserver* encontram-se nos anexos.

Após instalado o *Geoserver* se faz necessária a configuração dos *web services* das camadas de informação a serem disponibilizadas. Na interface inicial (figura 33), pode-se ver o *status* dos serviços, os *links* para os documentos *GetCapabilities* relativos aos três *web services* (*WCS*, *WFS* e *WMS*), e a parte administrativa, com os *links* *Admin*, *Config* e *Demo*. Até a versão 1.7.3, utilizada nesta dissertação, a seção *Admin* ainda não está funcional, mas permitirá, no futuro, o gerenciamento dos recursos utilizados pelo programa (memória, disco, processamento) em tempo de execução. A seção *Config* é a seção em que todo o software é configurado, e em *Demo* é possível visualizar as camadas utilizando um visualizador integrado (*Openlayers*) ou abrir os dados em alguns dos formatos disponíveis *KML*, *GeoRSS*, *PDF* ou *SVG*.

Para realizar a configuração do servidor na seção *Config*, é necessário senha de administrador. Após o *login* (figura 34), é possível configurar os metadados do servidor como, informações de contato (figura 35), camadas disponíveis, palavras-chave e de cada *web service* em particular, alterando as configurações inerentes a cada *web service*, como por exemplo, se o *WFS* (figura 36) disponibilizado deve permitir transação ou se o *WMS* (figura 37) deve ser otimizado para melhor desempenho ou melhor apresentação gráfica, entre outras alternativas.

---

75 *TileCache* -- Web Map Tile Caching – Site: <http://tilecache.org/>

76 *GeoWebCache* – Site: <http://geowebcache.org>

77 *PHPGeoTiles* (both for Local Storage and Google App Engine - GAE) – Site: <http://www.geowebdeveloper.com/phpgeotiles>



Figura 33: Tela Inicial de administração do Geoserver, uma de suas grandes vantagens em relação aos outros softwares.



Figura 34: Seção de configuração do servidor, interface onde é possível configurar os metadados e opções dos web services, além de permitir a configuração da fonte de dados em si.

#### Informação para contato

Pessoa para contato:	<input type="text" value="Felipe dos Santos Costa"/>
Organização:	<input type="text" value="SIGLAB/INPA"/>
Posição:	<input type="text" value="Estudante"/>
Tipo de endereço:	<input type="text" value="Profissional"/>
Endereço:	<input type="text" value="Av. Andre Araujo"/>
Cidade:	<input type="text" value="Manaus"/>
Estado/Provincia:	<input type="text" value="Amazonas"/>
Código postal:	<input type="text"/>
País:	<input type="text" value="Brasil"/>
Número de telefone:	<input type="text" value="92 36433153"/>
Número de fax:	<input type="text"/>
Endereço de e-mail:	<input type="text" value="fsc7@yahoo.com"/>
	<input type="button" value="Enviar"/> <input type="button" value="Limpar"/>

Figura 35: Trecho da configuração de metadados para o servidor: informação sobre o ponto de contato.

Figura 36: Opções de configuração do WFS.

Figura 37: Opções de configuração do WMS

Para configurar as camadas que serão disponibilizadas no *Geoserver* é necessário o entendimento dos conceitos de:

*Namespaces* - este conceito já foi apresentado no capítulo 3, na seção referente a *XML*, e permite que um conjunto de camadas seja adicionada a um mesmo grupo, por exemplo, o *namespace* Amazonas. Pode-se, então, ter várias camadas referenciadas com este *namespace* (Amazonas:rios, Amazonas:rodovias). *Namespaces* permitem também distinguir camadas com um mesmo nome, evitando-se ambiguidades. Por exemplo, nos *namespaces* Amazonas e RiodeJaneiro, é possível se ter camadas denominadas municípios, uma para cada *namespace*, impedindo que haja confusão (Amazonas:municípios e RiodeJaneiro:municípios).

*Stores* - Para prover uma determinada camada de informação o *web service* precisa acessar a fonte de dados, intitulada *Stores* no Geoserver (figura 38). *Stores* refere-se a informações sobre um determinado dado ou conjunto de dados. Por exemplo, para se prover um WFS de um arquivo *shapefile* é necessário configurar um *Store* informando a localização do arquivo, ou caso os dados estejam em uma base de dados Postgis, precisa-se informar os parâmetros de conexão ao banco de dados (endereço IP do servidor, nome de usuário, senha, esquema, etc).

Bem-vindo | Config | Dados | Stores | Editar Logout

## Editor de DataStore

Editar uma fonte de informação geoespacial

ID do DataStore: **bdg02**

Ativado:

NameSpace:

Descrição:

\* host:

\* port:

schema:

\* database:

\* user:

passwd:

max connections:

min connections:

validate connections:

wkb enabled:

loose bbox:

estimated extent:

Figura 38: Criação de um novo Store.

*FeatureType* - este é o nível de configuração que informa quais camadas serão disponibilizadas, bem como as opções de como as mesmas serão disponibilizadas. No caso de um Store de uma fonte de dados Postgis, cada tabela espacial será um *FeatureType*, podendo-se configurar um ou mais estilos de exibição de uma determinada fonte de dados, se o dado vai ter *cache*, entre outras opções (figura 39).

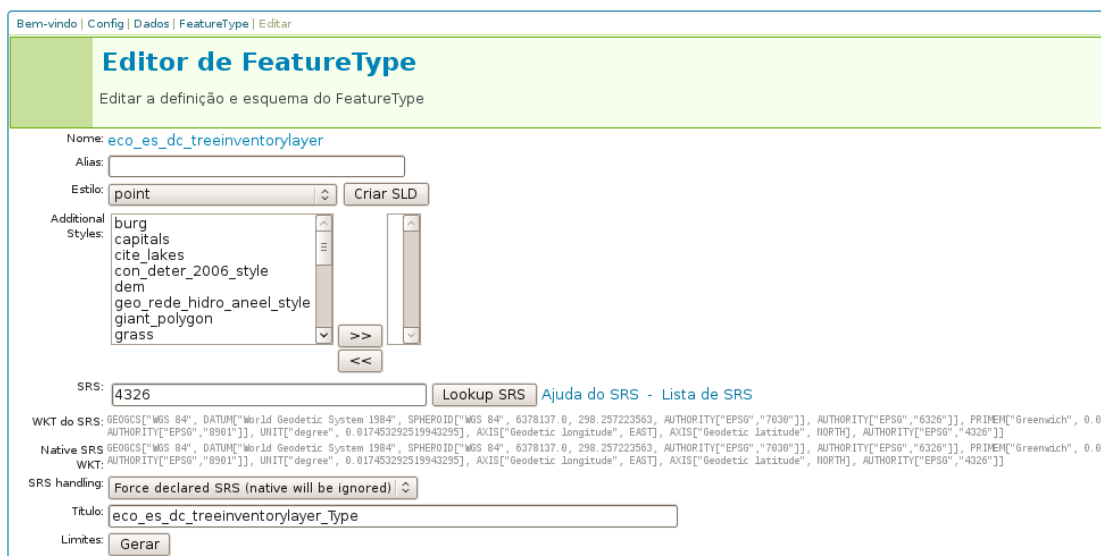


Figura 39: Seção de configuração de um FeatureType

Style - este tópico também foi tratado brevemente no capítulo 3. O *Geoserver* implementa o padrão *OGC SLD*, que permite, por meio de um arquivo *XML*, configurar a exibição de um determinado dado georreferenciado, podendo criar mapas temáticos baseando-se em atributos. Embora seja um arquivo *XML*, que pode ser criado manualmente, normalmente a geração de um *SLD* é feita a partir de um programa que tenha essa funcionalidade, como por exemplo o software *uDig*. Carnevale (2008) utiliza o programa proprietário *ArcGIS-map to SLD Converter 1.2.1* para criar um *SLD* a partir de mapas temáticos. O *Geoserver* possui um editor integrado que pode ser acionado ao se criar ou editar um *FeatureType*; após criado o estilo, este precisa ser atribuído ao *FeatureType* desejado (figura 40).

Para cada camada espacial disponível no banco de dados do projeto PFNM foi criado um *FeatureType*. Ao ser feita a configuração de uma camada, o *Geoserver*, por padrão, disponibiliza o *WFS* e o *WMS* para os dados vetoriais e *WCS* e *WMS* para *Coverages*. Por não ser necessário, neste projeto, disponibilizar dados de cobertura, não foi abordada a configuração de um *WCS*; este procedimento todavia, é muito similar aos demais. Na figura 41 tem-se a lista de alguns dos *web services* disponibilizados e alguns dos formatos em que podem ser visualizados, na figura 42 tem-se a visualização utilizando o software *Openlayers*.

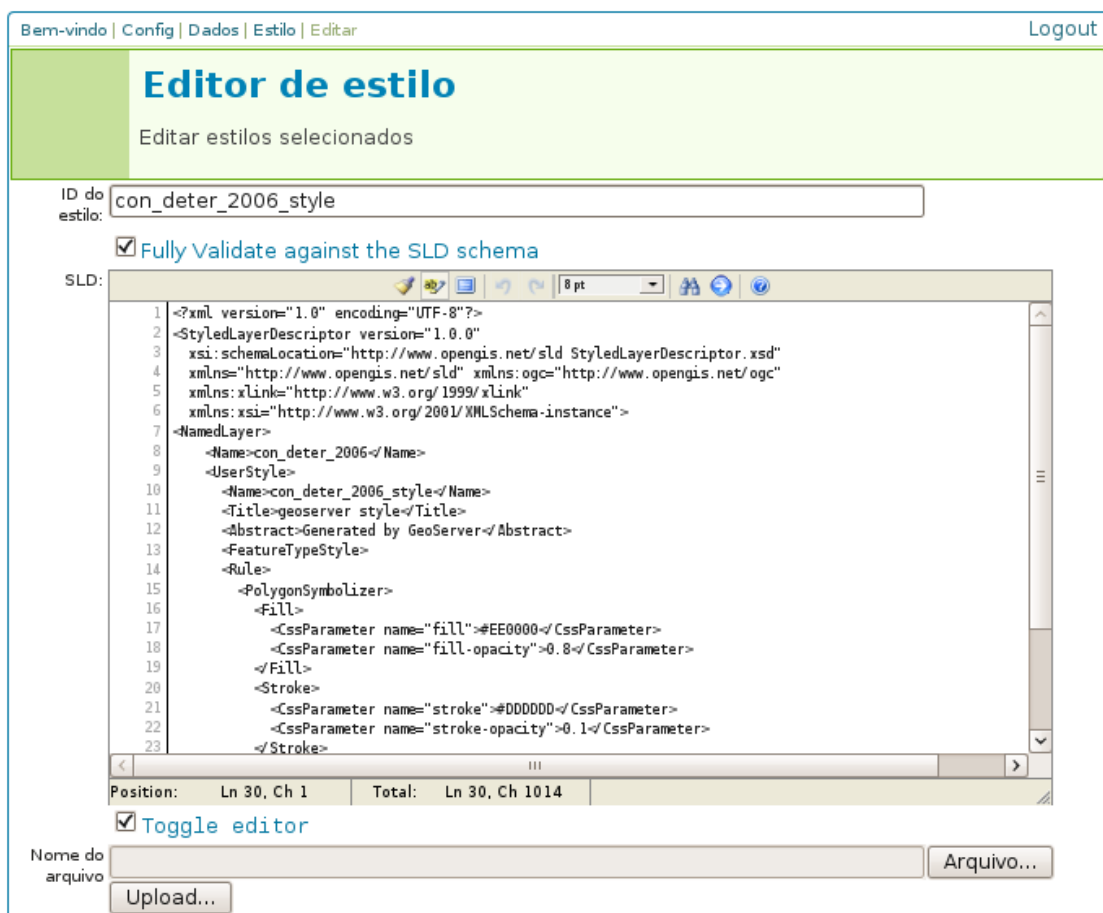


Figura 40: Após criado um estilo, este deve ser atribuído ao FeatureType, lembrando que vários estilos podem ser disponibilizados para o usuário.

## Pré-visualização dos FeatureTypes ativos

<a href="#">Layer (Namespace:FeatureType)</a>	<a href="#">Preview Map</a>
<a href="#">pfnm:con_deter_2006</a>	<a href="#">OpenLayers</a> <a href="#">KML</a> <a href="#">GeoRSS</a> <a href="#">PDF</a> <a href="#">SVG</a>
<a href="#">pfnm:eco_es_dc_treeinventorylayer</a>	<a href="#">OpenLayers</a> <a href="#">KML</a> <a href="#">GeoRSS</a> <a href="#">PDF</a> <a href="#">SVG</a>
<a href="#">pfnm:estados</a>	<a href="#">OpenLayers</a> <a href="#">KML</a> <a href="#">GeoRSS</a> <a href="#">PDF</a> <a href="#">SVG</a>
<a href="#">pfnm:geo_rede_hidro_1000000</a>	<a href="#">OpenLayers</a> <a href="#">KML</a> <a href="#">GeoRSS</a> <a href="#">PDF</a> <a href="#">SVG</a>
<a href="#">pfnm:geo_rede_hidro_250000</a>	<a href="#">OpenLayers</a> <a href="#">KML</a> <a href="#">GeoRSS</a> <a href="#">PDF</a> <a href="#">SVG</a>
<a href="#">pfnm:geo_rede_hidro_aneel</a>	<a href="#">OpenLayers</a> <a href="#">KML</a> <a href="#">GeoRSS</a> <a href="#">PDF</a> <a href="#">SVG</a>
<a href="#">pfnm:mundo2</a>	<a href="#">OpenLayers</a> <a href="#">KML</a> <a href="#">GeoRSS</a> <a href="#">PDF</a> <a href="#">SVG</a>
<a href="#">pfnm:pol_paises</a>	<a href="#">OpenLayers</a> <a href="#">KML</a> <a href="#">GeoRSS</a> <a href="#">PDF</a> <a href="#">SVG</a>

Figura 41: Opções de pré-visualização das camadas ativas.



Figura 42: Pré-visualização da camada de pontos de inventário do RADAM usando Openlayers.

### 5.3 Catálogo de Metadados

Disponibilizar dados por meio de *web services* muitas vezes não é suficiente para disseminar a informação georreferenciada. Para facilitar a descoberta da informação pelos interessados, é necessário uma interface que permita ao usuário consultar, analisar os metadados, visualizar e decidir se a informação corresponde às suas necessidades (esquema de acesso aos dados na figura 43).

Para tanto existem algumas implementações de catálogo de metadados voltados para as especificidades dos dados georreferenciados (*ArcCatalog/ArcSDE/ArcGis Server, Geonetwork, Deegree, CatMDEdit*). Para o contexto deste trabalho, algumas restrições serão impostas para a solução adotada. A primeira é ser software livre, a segunda é disponibilizar uma interface (portal) para consulta e administração dos metadados via *web*, a terceira é disponibilizar os metadados de acordo com o padrão para metadados geográficos ISO 19115 e a quarta é disponibilizar um *web service* que permita a descoberta de metadados por meio do padrão *OGC CSW*.



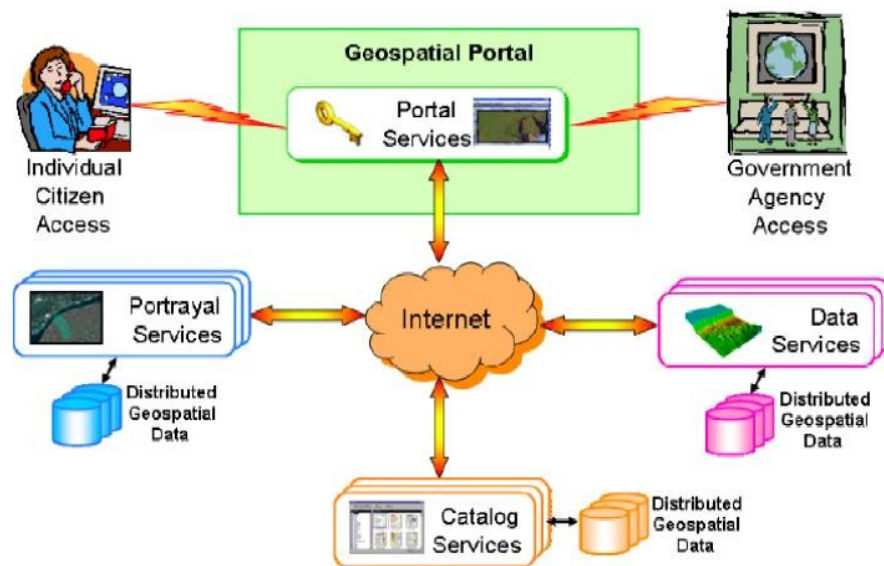


Figura 43: Em uma IDE, os dados disponíveis por meio de web services podem ser encontrados utilizando-se de um catálogo de metadados e de um portal na internet que disponibiliza os metadados disponíveis. (OGC, 2004a)

A partir dos pré-requisitos descarta-se as soluções *ESRI* ou quaisquer outras proprietárias. O software *CatMDEdit* possui várias funcionalidades interessantes:

- Aderência ao padrão "ISO19115, a especificação ISO 19139 e *Dublin Core*;
- Multi-plataforma;
- Geração automática de metadados para alguns elementos de arquivos nos formatos: *Shapefile*, *DGN*, *ECW*, *FICC*, *GeoTiff*, *GIF*, *JPG* e *PNG*;

Porém, por ser um produto *desktop*, o *CATMDEdit* não será descrito com mais detalhes, muito embora possa ser uma boa ferramenta para gestão individual de metadados, pois sua aderência aos padrões permite que os metadados possam ser facilmente exportados para um catálogo na *web*, podendo funcionar como uma ferramenta acessória na gestão de metadados.

### 5.3.1 Geonetwork

O catálogo de metadados *Geonetwork*, já na versão 2.2, é uma aplicação de catálogo de metadados, baseada em padrões (ISO19115, ISO 19139, FGDC e *Dublin Core*) para gerenciamento e publicação de recursos geoespaciais (bancos de dados georreferenciados, produtos cartográficos) na *web*, melhorando a troca e o compartilhamento de informações espaciais entre as organizações e seu público-alvo, usando para isso a Internet.



O catálogo foi desenvolvido pela *Food and Agriculture Organization (FAO)* das Nações Unidas (*ONU*), utilizando a linguagem *Java*, podendo ser executado em qualquer sistema operacional, usando um servidor de aplicações *Java (Tomcat, Jetty, etc)*; também pode ser utilizado como software *desktop*.

Entre suas funcionalidades destacam-se:

- Implementa o Portal e o Banco de Dados de Metadados do Catálogo de dados espaciais de uma IDE;
- Baseia-se no padrão *OGC CSW*, versão 2.0.1, para intercâmbio desses metadados, sendo a implementação de referência deste padrão. Também permite o intercâmbio de dados utilizando os protocolos *Z39.50*<sup>78</sup>, *RSS* e *GeoRSS*.
- É um poderoso editor de metadados;
- Realiza busca avançada;
- Visualizador de dados georreferenciados integrado (*Intermap*)<sup>79</sup>, permitindo a visualização de dados provenientes de provedores de *web services (WMS, WFS, WCS)*;
- Faz consulta distribuída, permitindo que sejam consultados outras instâncias de catálogo (*harvesting*) instaladas em diferentes instituições;
- Importa e exporta de/para vários formatos;

Implementa perfis de acesso, permitindo especificar níveis de acesso por grupos a um determinado recurso, proporcionando a segurança da aplicação.

### 5.3.2 *Deegree*

Já abordado anteriormente como opção para provimento de *web services (WMS, WCS e WFS)*, o software *Deegree* também implementa o padrão *CSW*, em sua versão 2.0.2, para descoberta e provimento de metadados por meio de *web services*.

Este software utiliza dados provenientes de um serviço *WFS* como fonte de dados, e possui ainda várias lacunas, como por exemplo a falta de uma função para realização de consultas em outras fontes de dados (*harvesting*); também não possui uma interface gráfica para gestão dos metadados, que poderia ser complementada com outro componente do *Deegree* chamado *iGeoPortal*, porém o acesso aos serviços de catálogo nesse visualizador de dados georreferenciados ainda está em fase de desenvolvimento.

---

78 Mais informações sobre este protocolo em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Z39.50>

79 )Site: <http://sourceforge.net/projects/intermap/>

### 5.3.3 A opção pelo Geonetwork

Considerando os requisitos estabelecidos no início deste tópico:

1. ser software livre;
2. disponibilizar uma interface (portal);
3. dispor de metadados de acordo com os padrões; e
4. prover *web service OGC CSW*,

o único software que atende todos os requisitos é o *Geonetwork*, que ainda apresenta como vantagens uma larga comunidade de usuários, vasta documentação e integração com outros projetos de software livre como *GvSig* e *Openlayers* que serão abordados mais adiante neste capítulo (figura 44).

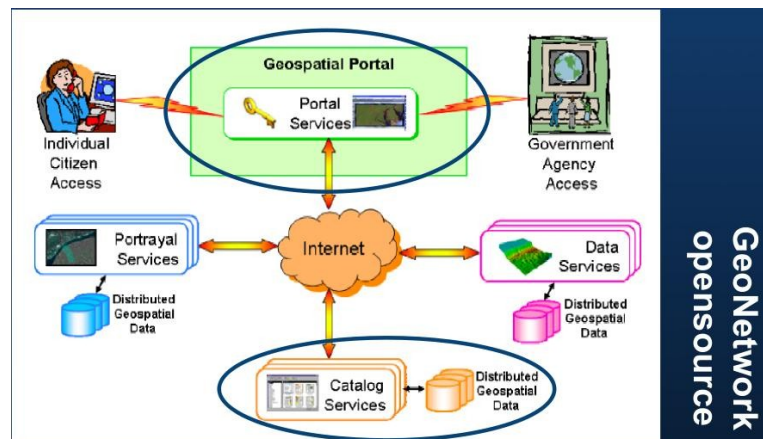


Figura 44: O Geonetwork implementa tanto os serviços de Catálogo quanto um Portal para acesso. (Ticheler, 2007)

Uma outra vantagem na adoção do Geonetwork é a ampla utilização deste catálogo por instituições que resolveram publicar seus metadados (MMA, SIPAM e IBGE)<sup>80</sup>, tornando possível o início de um intercâmbio de dados através do processo de *harvesting*.

### 5.3.4 Processo de Catalogação de Dados

O processo de instalação do *Geonetwork* é descrito nos anexos. Após instalado, o software apresenta ao usuário uma interface em que é possível efetuar consultas ao catálogo, visualizar os resultados e os dados georreferenciados, quando disponibilizados por *WMS*, baixar os dados em vários formatos, dentre outras funcionalidades.

80 MMA (2006) v. 2.1: [mapas.mma.gov.br/geonetwork](http://mapas.mma.gov.br/geonetwork)  
SIPAM (2006/2007) v. 2.1: [www2.sipam.gov.br/geonetwork](http://www2.sipam.gov.br/geonetwork)  
IBGE (2008) v. 2.2:200.255.9.12:8080/geonetwork.

Na interface do usuário é possível fazer buscas por texto livre, por categorias, impor restrições espaço-temporais, realizar buscas no catálogo local ou em outro catálogo remoto que esteja disponível (figura 45).



Figura 45: Geonetwork - Interface do usuário.

Após efetuada a busca, é possível visualizar o metadado completo, fazer o *download* do metadado, visualizar uma prévia do dado e adicionar a camada ao mapa interativo, permitindo uma maior exploração do dado. O administrador também pode permitir que o dado seja descarregável ou disponibilizar o endereço do *web service*, para que o usuário utilize qualquer cliente *OWS* para acessar os dados georreferenciados disponíveis. Também é possível visualizar os dados no *Google Earth*.

Após fazer o *login*, o usuário tem algumas opções para administrar o servidor e os metadados. Na seção administrativa do *Geonetwork* (figura 46) é possível:

- Adicionar um novo metadado, usando para isso um editor de metadados integrado;
- Importar metadados oriundos de outras ferramentas (*ArcCatalog*, *CatMDEdit*), inclusive com a opção de importação em lote;

- Gerenciar um conjunto de palavras-chave que podem ser usadas para descrever os metadados (*thesaurus*);
- Gerenciar as categorias e criar traduções;
- Gerenciar usuários e grupos de usuário, permitindo fazer o controle de acesso aos dados por grupo;
- Gerenciar o processo de colheita (*harvesting*) de dados em outros servidores.

ADMINISTRATION	
<b>Metadata</b>	
<a href="#">New metadata</a>	Adds a new metadata into geonetwork copying it from a template
<a href="#">XML Metadata Insert</a>	Import XML formatted metadata
<a href="#">Batch Import</a>	Import all XML formatted metadata from a local directory
<a href="#">Search for Unused</a>	Search for unused or empty metadata
<a href="#">Transfer ownership</a>	Transfer metadata ownership to another user
<a href="#">Manage thesauri</a>	Add/modify/delete and show thesauri
<b>Personal info</b>	
<a href="#">Change password</a>	Allow current user to change password
<a href="#">Change user information</a>	Allow current user to change user information
<b>Administration</b>	
<a href="#">User management</a>	Add/modify/delete and show users
<a href="#">Group management</a>	Add/modify/delete and show groups
<a href="#">Category management</a>	Add/modify/delete and show categories
<a href="#">Harvesting management</a>	Add/modify/delete/start/stop harvesting tasks
<a href="#">System configuration</a>	Allows to change some system's parameters
<a href="#">Localization</a>	Allows to change localized entities, like groups, categories etc...

Figura 46: Seção administrativa do Geonetwork

Para criação de um novo metadado, utiliza-se o editor integrado de metadados (figura 47). Este editor pode funcionar em três modos: padrão, avançado e editor *XML*. No modo padrão o usuário visualiza os principais campos que devem ser preenchidos (título, resumo, finalidade, datas, ponto de contato, informações de atualização do dado, restrições de uso, extensão espaço-temporal do dado, formas de obtenção do dado).

Na visão avançada, disponibiliza-se para o usuário todos os campos do padrão ISO 19115 para preenchimento; os atributos estão separados em categorias (Metadado, Identificação, Manutenção, Restrições, Informações espaciais, Sistema de referência, Distribuição, Qualidade dos dados, Esquema da aplicação, Catálogo, Informações sobre o conteúdo e outras informações).

Na visão em *XML* é possível editar o dado no formato em que ele é realmente armazenado, usando um editor de textos embutido.

Extent

Geographic bounding box

North bound latitude \*

West bound longitude \*

East bound longitude \*

South bound latitude \*

---

Distribution info

OnLine resource

URL

Protocol

Name \*

Description \*

---

OnLine resource

URL

Protocol

Name \*

Description \*

---

OnLine resource

URL

Protocol

Name \*

Description \*

Figura 47: Trecho de um metadado sendo editado usando o Geonetwork.

Após serem salvos os metadados, é possível ainda, criar miniaturas (*thumbnails*) do dado para que o usuário, durante a busca, possa visualizar uma imagem que represente os dados; também é possível definir as opções de restrição do metadado em relação a cada grupo do *Geonetwork*, indicando se os dados podem ser consultados, visualizados no mapa interativo, descarregados ou notificados a cada atualização.

O processo de descrição de um determinado conjunto de dados consome muito tempo, por esse motivo as ferramentas de importação são muito úteis. Todavia, raramente os dados são catalogados corretamente em outras ferramentas, sendo necessário criar um metadado a partir do zero. Muitas vezes, vários dados possuem diversos atributos em comum, como, por exemplo, mesma extensão espacial, ponto de contato, palavras-chave. Por estes motivos foi criado o conceito de *template* de metadados, que permite a criação de um modelo contendo vários campos preenchidos com valores padrão para um conjunto de metadados e os outros metadados sejam criados como cópias destes, alterando-se apenas os atributos específicos para cada dado.

Uma outra funcionalidade importante é o *harvesting* em outros servidores (nós), permitindo que um *site* do *Geonetwork* funcione como porta de acesso para metadados em outros servidores. Para iniciar o processo de *harvesting* é necessário apenas indicar o endereço do servidor a ser acessado (figura 48). A partir daí, o servidor iniciará a 'colheita' dos metadados e após o processo visualizar os resultados remotos (figura 49).

The screenshot shows the 'HARVESTING MANAGEMENT' interface. At the top, there is a navigation bar with links: Home | Last results | Administration | Contact us | Links | About | Help. On the right, there are language options: English | Français | Español | 中文, and a user status: User: Felipe Costa | Logout.

The main content area is divided into several sections:

- SITE:** Fields for Name (IBGE), Host (200.255.9.12), Port (8080), and Servlet (geonetwork). There is a checkbox for 'Use account' which is unchecked.
- SEARCH CRITERIA:** Includes 'Add' and 'Retrieve sources' buttons.
- OPTIONS:** Includes a frequency setting 'Every 5 : 1 : 30 (days : hours : minutes)' and a checkbox for 'One run only' which is unchecked.
- PRIVILEGES:** Includes a 'Retrieve groups' button, with 'Remote group' and 'Copy policy' labels above it.
- CATEGORIES:** A dropdown menu is open, showing a list of categories: Maps & graphics, Datasets, Interactive resources, Applications, Case studies, best practices, Conference proceedings, and Photo.

Figura 48: Configuração de harvesting de um servidor do IBGE.



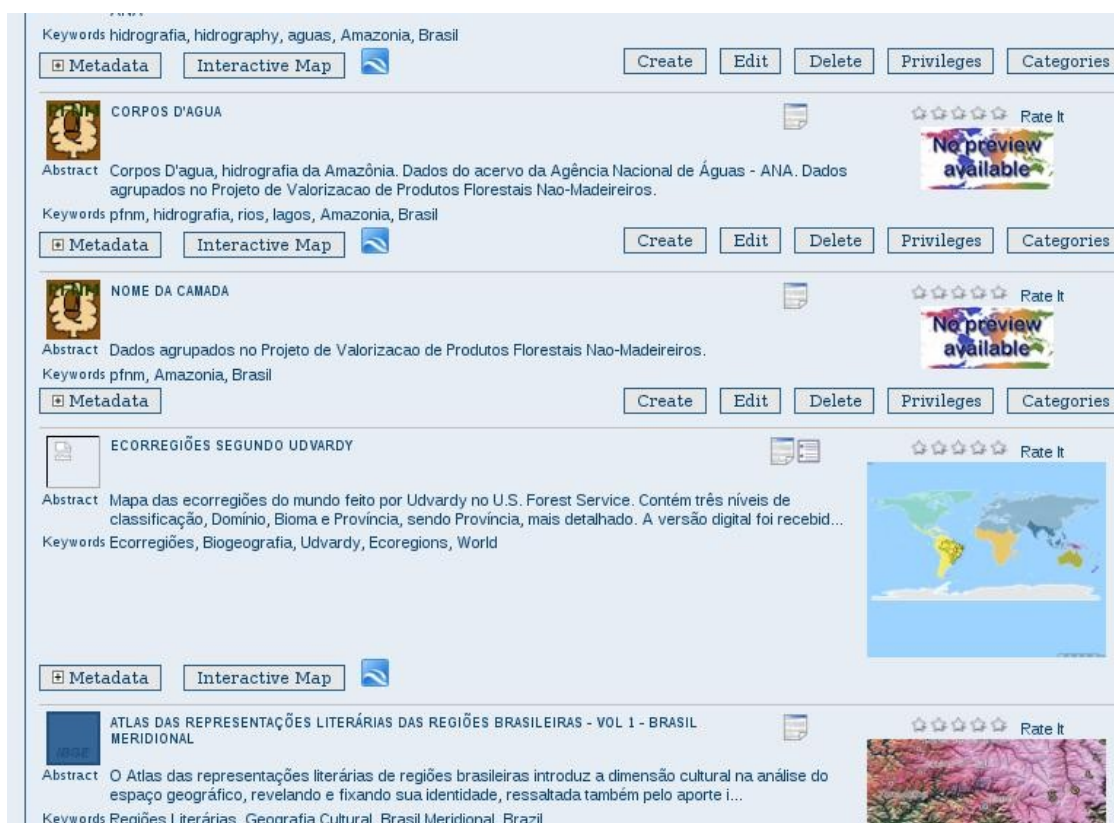


Figura 49: Dados oriundos de fontes distintas, indicadas pelos ícones à esquerda (fonte local em marrom; fonte remota, do IBGE, em azul).

Os dados produzidos ou utilizados pelo projeto PFMN (dados RADAM e cartografia básica), descritos no início deste capítulo, foram catalogados utilizando o *Geonetwork*. Não somente dados georreferenciados, como também documentos gerados durante o projeto estão disponíveis para consulta e utilização nas mais variadas formas de acesso que o *Geonetwork* oferece.

Após esta exposição sobre a disponibilização dos dados na Internet por meio de *web services* e de formas de descobrir dados, indica-se a seguir alguns softwares clientes para todos esses serviços e que habilitam os usuários a desfrutar de uma IDE.

## 5.4 Clientes

Como tratado no capítulo 2, por muito tempo o geoprocessamento, aqui entendido como sendo a execução de processos computacionais com dados georreferenciados, era empreendido apenas em ambientes *desktop*, em softwares e formatos proprietários, caracterizando a análise espacial da informação georreferenciada como um bem de difícil acesso. Atualmente, devido à revolução dos padrões OGC e ao rápido desenvolvimento de

soluções livres para esta área, o geoprocessamento passa a estar ao alcance de qualquer pessoa com acesso à Internet e às alternativas de software livre apresentadas nessa dissertação.

Um cliente de *webservice* OGC é um software que permite submeter requisições a servidores de dados georreferenciados, utilizando os padrões descritos anteriormente. Nesta dissertação, o foco está restrito aos clientes disponíveis como softwares livres, classificados como ambiente **desktop**, quando instalados no computador do usuário, ou **web**, quando acessíveis via navegador. Contudo, deve-se registrar que muitos software proprietários aderiram aos padrões e hoje também já é possível acessar *web services* OGC utilizando estes aplicativos.

Nesta seção não será definido um software a ser utilizado, tendo em vista que nessa camada os usuários ou desenvolvedores terão toda a liberdade de utilizar quaisquer software clientes compatíveis. Os softwares mais importantes são apresentados brevemente e mais detalhes sobre como acessar os dados por meio de *web services* utilizando estes softwares, podem ser obtidos consultando o "Manual de acesso a *web services*", em anexo a esta dissertação, deixando a utilização de um ou outro software a critério do usuário.

#### **5.4.1 Desktop**

Ainda hoje, um meio muito comum de acesso e uso da informação georreferenciada são aplicações instaladas no computador do usuário, os clientes *desktop*. Essas aplicações permitem, geralmente, além de visualizar os dados e seus atributos relacionados, o cruzamento entre camadas de informação, a criação de mapas temáticos, e a execução de análises espaciais, entre outras tarefas.

##### **5.4.1.1 GvSIG**

*GvSig*<sup>81</sup> é um software de origem espanhola, hoje na versão estável 1.1.2, incubado na *OSGEO*, o que lhe garante grande confiabilidade. Tem como objetivo a visualização e manipulação/edição de informação georreferenciada, sendo um dos software que acessa o maior número de *web services* OGC atualmente, incluindo *WMS*, *WFS*, *WCS* e *CSW*. Por meio deste último serviço, permite submeter consultas ao catálogo de metadados, podendo assim adicionar outras camadas de informação selecionadas da *web*, a partir de um catálogo de metadados, configurando-se, assim, como uma importante ferramenta na criação de IDE's.

---

81 Site: <http://www.gvsig.gva.es/>



Além dessas funcionalidades, o GvSig possui uma interface amigável (figura 50), é capaz de acessar diversos formatos *raster* e vetorial, é desenvolvido na linguagem *Java*, o que lhe permite ser executado em qualquer plataforma dispondo de uma máquina virtual *Java*, e implementa algumas funções de análise espacial, com a vantagem de ser extensível por meio de *plugins*.

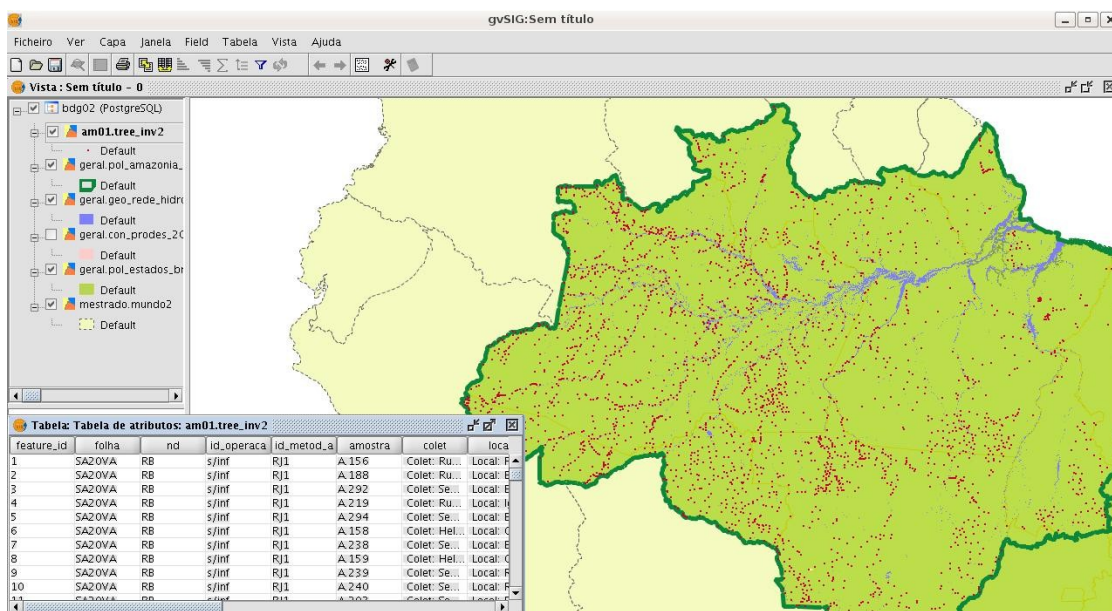


Figura 50: Interface do GvSIG.

Atualmente conta com vários *plugins* implementados, como por exemplo o *plugin* de análise Sextante<sup>82</sup>, que habilita várias funções de análise espacial (tanto *raster* quanto vetorial); *plugin* para gestão de metadados, que lhe capacita a criação de metadados de forma integrada ao SIG, inclusive interagindo com o software *Geonetwork*; *plugin* de publicação de dados na *web*, que permite a geração de *web services* de forma integrada ao SIG, com suporte para os servidores *Mapserver* e *Geoserver*.

Outras características que merecem destaque são:

- Suportar os formatos Shapefile, *DGN*, *DXF*, *DWG2000*, *SVG*, *ECW*, *TIFF*, *JPG2000*, *IMG*, *MrSID*, *WMS*, *WFS*, *WCS*, podendo editar alguns formatos proprietários;
- Exportar para *PDF*, *Shapefile*, *DXF*, *PostGIS*, *MySQL*, conexões *JDBC* e informação alfanumérica também em *PostgreSQL* e *MySQL*;
- Possibilitar georreferenciamento de imagens *raster*;

82 Site: <http://www.sextantegis.com/>

- Possuir módulo para impressão de mapas;
- Relacionar dados de tabelas diferentes (*JOIN*);

Possui vários projetos em paralelo, como por exemplo *GvSig* para dispositivos móveis e visualização de dados tridimensionais.

#### 5.4.1.2 Quantum Gis

O *Quantum Gis*<sup>83</sup> ou *QGIS* é um software livre amigável ao usuário (figura 51). Trata-se de um aplicativo SIG, versão 1.0, e também é um projeto *OSGEO*. Visualiza e manipula dados georreferenciados em diversos tipos de formatos (utiliza a biblioteca *GDAL*), incluindo os *web services OGC (WMS e WFS)*, possui funções avançadas de projeção (*Proj4*) e pode ser usado como interface para um dos mais poderosos SIG livres, o software *GRASS*.

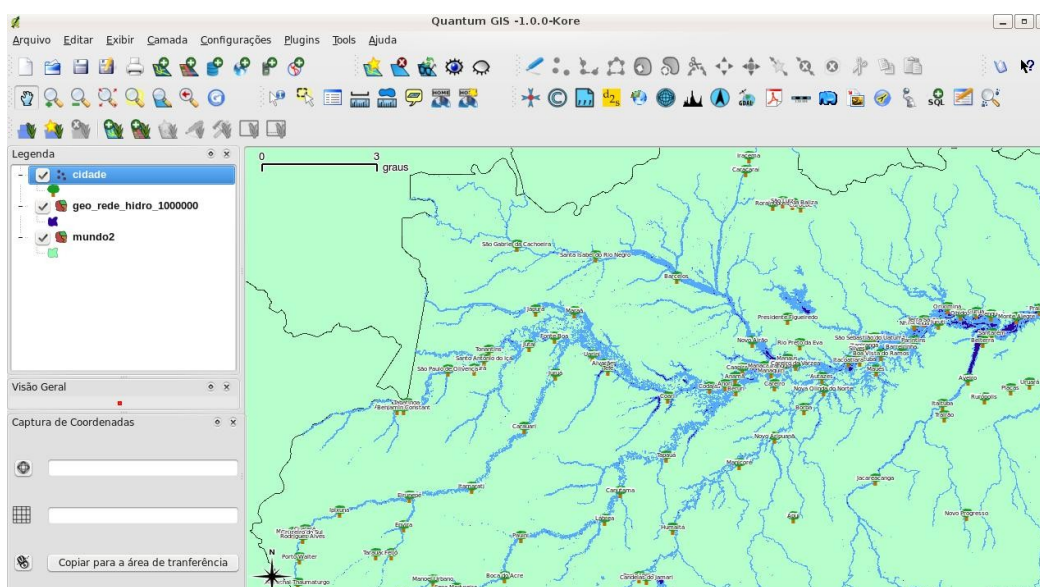


Figura 51: Interface do Quantum GIS

Assim como o *GvSig*, é extensível por meio de *plugins*, geralmente escritos em *C++* ou *Python*. Foi desenvolvido usando-se a linguagem *C++* e a biblioteca *Qt*. Dentre as funcionalidades incorporadas pelos *plugins* destacam-se:

- Georreferenciamento de imagens *raster*;
- Descarga de pontos *GPS* e recarga de camadas no receptor;
- Exportação de *shapefile* para *Postgis*;
- Exportação de outros formatos para *shapefile*;
- Gerenciador de *plugins*.

83 Site: <http://qgis.org>

### 5.4.1.3 uDig

Este software, versão 1.1.1, permite visualizar e editar informação de forma fácil por meio de sua excelente interface (figura 52). Desenvolvido em Java pela empresa mantenedora do *Postgis*, faz uso da plataforma de desenvolvimento de aplicações Eclipse, da biblioteca *GeoTools*, a mesma utilizada pelo software *Geoserver*, e de outras bibliotecas, permitindo rápido desenvolvimento de outras aplicações a partir dele. Acessa diversas fontes de bancos de dados, além de ser um ótimo cliente de *web services* e implementar os padrões da *OGC* (*WMS* e *WFS*); utiliza o padrão *SLD* para estilizar suas camadas.

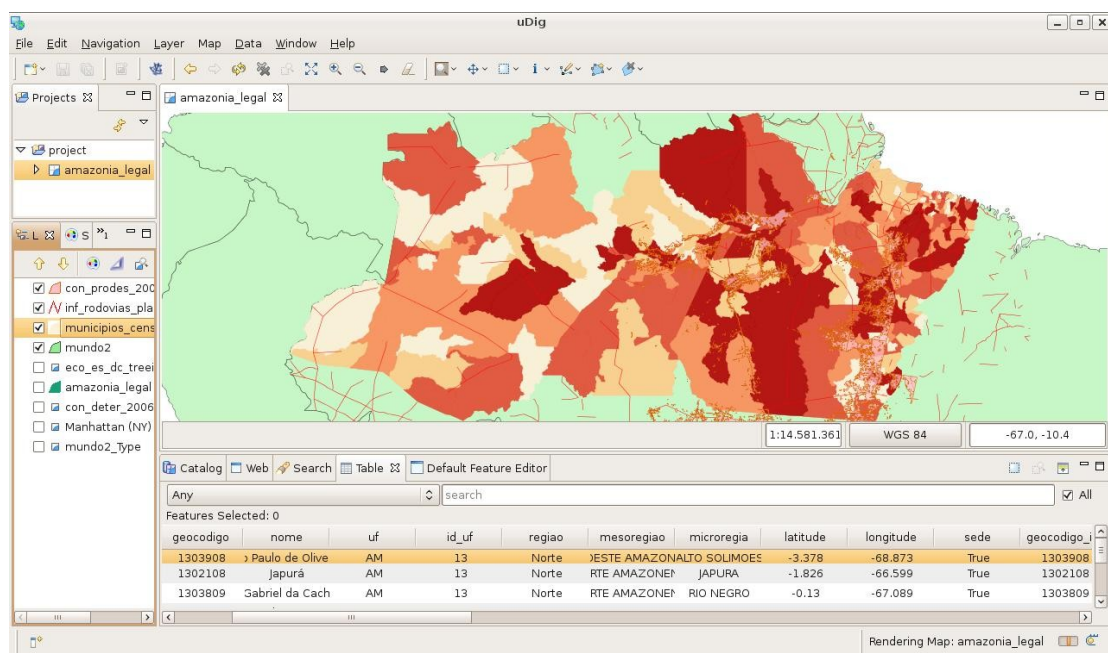


Figura 52: Interface do uDig, uma das grandes utilidades do uDig é exportação de SLD, permitindo que o estilo configurado para exibição de um mapa seja utilizado por softwares como o Geoserver.

### 5.4.1.4 OpenJUMP

*OpenJUMP* é um software livre para SIG que se destaca por sua escalabilidade, é desenvolvido em Java, possui avançadas ferramentas de edição vetorial e de estilização de camadas. Entre outras funções destacam-se:

- Ler e escrever em *shapefiles* e arquivos *GML*, *WMS* e *WFS*; exportar para *SVG*;
- Possibilitar consulta avançada a atributos dos dados espaciais e ferramentas de seleção e análise;
- Prover de ferramenta para "limpeza" e verificação de erros topológicos de feições geométricas;

- Possuir uma *API* de desenvolvimento para extensão do software, via criação de *plugins*.

Os softwares apresentados acima dão uma visão geral sobre o ecossistema de soluções existentes e a grande evolução no sentido da integração de ferramenta, Lajara (2008) apresenta uma lista exaustiva destes softwares. Todavia existem vários outros projetos de SIG's livres, não sendo possível fechar a solução em um só software. É necessário definir os objetivos do projeto de produção e disseminação de dados espaciais e observar, dentre as opções existentes, a que mais se adequa aos mesmos.

#### 5.4.2 Web

Certamente uma das áreas em aplicativos livres que mais se desenvolveu foi a de visualização de dados georreferenciados na *web*, também conhecida como *webmapping* ou *SIGWEB*. Inicialmente os aplicativos livres baseavam-se quase que exclusivamente no servidor de mapas *Mapserver*, atuando como plataformas para desenvolvimento para esse servidor. Dessa época merecem destaque:

- *Chameleon*<sup>84</sup> – Ambiente altamente configurável para a criação rápida de aplicações web geográficas, através de elementos em Javascript pré-configurados em *widgets*.
- *ka-Map*<sup>85</sup> – primeira *API* livre usando a tecnologia *AJAX* para navegação em mapas na *web* sem necessidade de recarregar páginas.
- *CartoWeb*<sup>86</sup> – SIG para *web* intuitivo e também um *framework* para a construção de aplicações geográficas customizadas. Uma de suas vantagens é poder utilizar o protocolo *SOAP* para intercâmbio de dados.

Após essa fase inicial, surgiram outras plataformas de desenvolvimento que baseavam-se não mais em um software, mas em padrões *OGC*, sendo clientes dos serviços *WMS*, *WFS* e inclusive permitindo a edição de dados usando *WFS-T*. Porém, devido ao rápido desenvolvimento dessa área, acabaram ficando de certa forma obsoletos, embora ainda possam ser usados em muitos projetos, citamos os softwares:

---

84 Site: <http://chameleon.maptools.org>

85 Site: <http://ka-map.maptools.org/>

86 Site: <http://www.cartoweb.org>

- *MapBender*<sup>87</sup> – camada de software que provê acesso e gerenciamento de uma IDE ao usuário final, implementa níveis de segurança e acesso, possui interface para visualização, navegação e consulta a *web services* geográficos.

- *MapBuilder*<sup>88</sup> – poderoso cliente de serviços *web* geográficos, de acordo com os padrões da OGC, e que é executado em um navegador. Tem como objetivo dar a possibilidade de construção e compartilhamento de dados geográficos usando padrões e ferramentas de código aberto. Acessa várias fontes de dados e é altamente customizável.

Alguns softwares têm especial destaque e são discutidos com mais detalhes adiante.

#### 5.4.2.1 I3Geo

I3Geo<sup>89</sup> significa Interface Integrada para Internet de Ferramentas de Geoprocessamento e é um software genuinamente nacional desenvolvido para o acesso e análise de dados geográficos (figura 53). Baseia-se em softwares livres, principalmente no Mapserver. Tem por objetivo difundir o uso do geoprocessamento como instrumento técnico-científico e implementar uma interface genérica para acesso aos dados geográficos existentes em instituições públicas, privadas ou não governamentais.

---

87 Site: <http://www.mapbender.org>

88 Site: <http://communitymapbuilder.org/>

89 Site: [http://www.softwarepublico.gov.br/spb/ver-comunidade?community\\_id=1444332](http://www.softwarepublico.gov.br/spb/ver-comunidade?community_id=1444332)

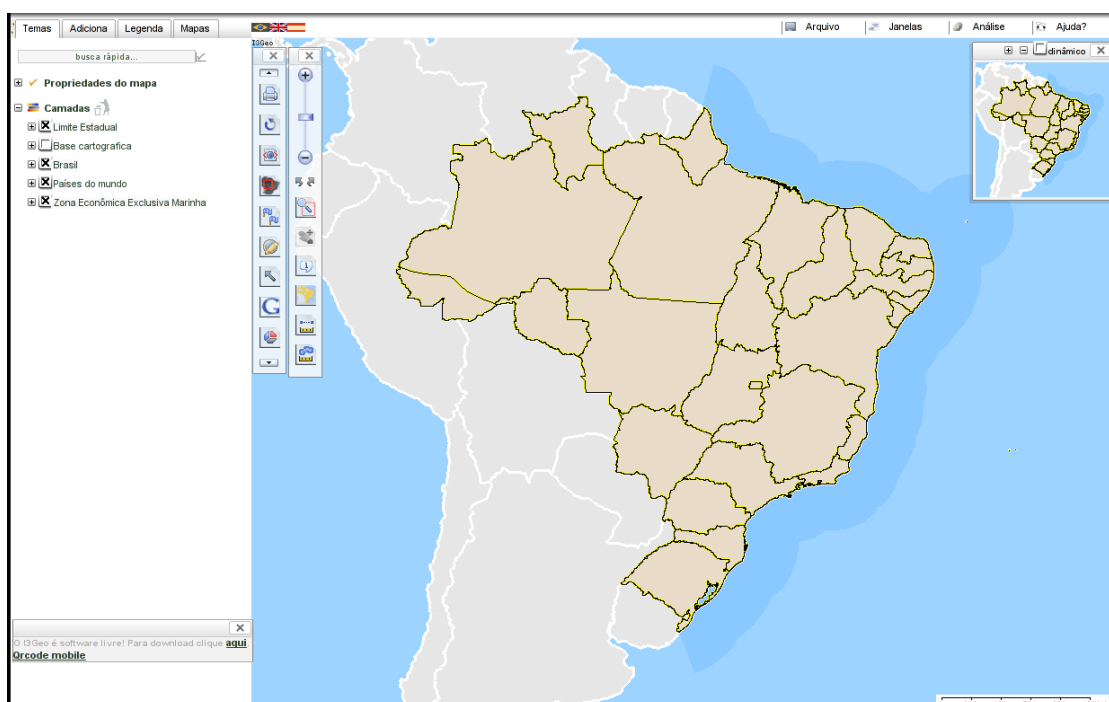


Figura 53: Interface do I3Geo.

Adotando padrões internacionais de interoperabilidade, o I3Geo incorpora funcionalidades que facilitam o acesso remoto a dados, permitindo o estabelecimento de redes cooperativas. Estão disponíveis no I3Geo ferramentas como geração de gráficos, análise de dados tabulares, operações espaciais, entre outras. Encontra-se na versão 4.1 e possui uma boa base de usuários cadastrados no Portal do Software Público Brasileiro<sup>90</sup>.

#### 5.4.2.2 Openlayers

O software OpenLayers<sup>91</sup> ocasionou uma grande mudança no desenvolvimento de clientes leves para *webmapping*. Escrito inteiramente em linguagem *JavaScript*, tem como objetivo a criação de aplicações geográficas *web* com interface rica, de forma simples e eficiente, similar ao *Google Maps*, permitindo a adição de mapas dinâmicos em qualquer página *web* e a combinação de dados georreferenciados provenientes de várias fontes.

Para isso possui interface com a maioria dos padrões (*GeoRSS*, *GML*, *KML*, *WFS*, *WFS-T* e *WMS*) e acesso a *APIs* de vários sites (*Google Maps*, *WorldWind*, *Yahoo*, *VirtualEarth* e *MultiMap*), acessa também vários outros formatos e dados em *cache* de outros servidores. Por meio de sua *API*, é possível controlar os elementos do mapa gerado, tendo

90 Site: <http://www.softwarepublico.gov.br/>

91 Site: <http://openlayers.org/>

como principais componentes um controlador de navegação (*zoom in*, *zoom out*, *pan*), controlador de camadas (ativar e desativar camadas)(figura 54), barra de escala, mapa de referência e menu de edição que permite criar geometrias simples (pontos, linhas, polígonos). Essa ferramenta possibilita a edição de dados em bases remotas por meio de *WFS-T*.

Atualmente encontra-se na versão 2.7. Foi desenvolvido inicialmente pela empresa americana *Metacarta*, e lançado à comunidade. Agora é um software patrocinado pela *OSGEO*, sendo hoje base para vários outros projetos como *GeoExt* e *Mapfish*, além de estar incorporado no *Geoserver* e provavelmente, no futuro, ao *Geonetwork*.



Figura 54: Exemplo da interface do Openlayers acessando dados do projeto OpenStreetMap em conjunto com uma informação em KML.

### 5.4.2.3 Mapfish Client

Como mencionado anteriormente, o *Mapfish*<sup>92</sup> é um *framework* de desenvolvimento para produção de aplicações com mapas para *web 2.0*. É um software livre, desenvolvido predominantemente na França pela *CamptoCamp*<sup>93</sup>, composto por duas partes: *Mapfish* cliente e *Mapfish* Servidor. O *Mapfish* cliente é escrito em linguagem *JavaScript* e baseia-se principalmente nas bibliotecas do *Openlayers* e *ExtJs*, dando à interface uma aparência bastante agradável e dinâmica.

92 Mapfish - <http://trac.mapfish.org>

93 Site: <http://www.camptocamp.com/>



O Mapfish incorpora todas as funcionalidades da *API* do *Openlayers*, que se encarrega da exibição dos mapas, conectando-se aos servidores de mapas configurados na aplicação, carregando as imagens, e cuidando da interação do usuário com o mapa através das funções de *zoom*, *pan*, ativamente e desativamente de camadas, edição de feições geográficas e outras.

A biblioteca *ExtJs* cuida da interface gráfica com o usuário<sup>94</sup> através de *widgets* que nada mais são que pequenos componentes de interface que, quando combinados, fornecem uma interface agradável ao usuário, como por exemplo, painéis, menu com disposição das camadas de informação em forma de lista encadeada, componentes de exibição de dados em tabelas, entre outros (figura 55).



Figura 55: Interface do Mapfish com opção de edição de feições ativada.

As funcionalidades do cliente *Mapfish* são:

- *Map widget* - Componente que permite adicionar um mapa a uma página web;
- *Overview widget* - Permite adicionar um mapa de referência a aplicação;
- *Layer Tree widget* - Componente para exibição de uma lista hierarquizada com as camadas de informação espacial disponíveis, em que o usuário pode escolher as camadas que estarão visíveis e em que ordem aparecerão;
- *Toolbar widget* - Adiciona uma barra de ferramentas à interface, onde é possível incorporar botões com as mais variadas funções;

94 GUI - Graphical User Interface - [http://pt.wikipedia.org/wiki/Interface\\_gr%C3%A1fica\\_do\\_utilizador](http://pt.wikipedia.org/wiki/Interface_gr%C3%A1fica_do_utilizador)



- *Search widget* - Componente que permite realizar busca entre as feições disponíveis;
- *Recenter widget* - Componente para recentralização do mapa em um determinado par de coordenadas;
- *Geostat widget* - Permite a inclusão de mapas temáticos e geração de gráficos estatísticos;
- *Edit functionalities* - Ferramentas de edição vetorial;
- *Print functionalities* - Adição de ferramentas para impressão dos mapas;
- *Data grid widget* - Exibir as tabelas com os atributos das camadas de informação;
- *Routing functionalities* - Permite fazer consultas de rotas;
- *Offline edition functionalities* - Ferramenta para edição dos dados em modo *offline* para posterior sincronização;
- *3D com Google Earth* - Suporte à visualização tridimensional usando a API do Google Earth;
- *Shortcut widget* - Componente para criação de atalhos para localizações específicas.

Uma interface de administração, chamada *geoAdminSuite*, está sendo desenvolvida para permitir a criação e configuração de aplicações em *Mapfish* usando uma interface gráfica. O projeto *Geoserver* também pretende utilizar essa ferramenta para exibição dos dados providos pelos seus serviços.

Existem uma infinidade de outros projetos, tais como:

- *Mapstraction*<sup>95</sup> - visa criar uma camada de abstração entre *APIs* de vários servidores, como por exemplo *Google Maps*, *Virtual Earth*;
- *Geomajas*<sup>96</sup> - baseado em Java, esta plataforma de desenvolvimento permite a edição de dados georreferenciados e de seus atributos, incluindo aí relacionamentos entre tabelas;

Enfim, é inviável listar todos os projetos e suas principais características, mas as descrições dos softwares acima permitem obter uma visão geral sobre o tema. Um comparativo desses e de outros softwares para *webmapping* foi disponibilizado no *site Geotux* (Geotux, 2008).

95 Site: <http://www.mapstraction.com/>

96 Site: <http://www.geomajas.org/>

### 5.4.3 *Google Earth*

Embora não seja um software livre é importante mencionar, em uma dissertação que trata sobre a disseminação da informação georreferenciada, o software *Google Earth*<sup>97</sup>. Por ser gratuito e de excelente qualidade gráfica e usabilidade, é um dos softwares mais difundidos atualmente para visualização de dados georreferenciados no ambiente *desktop*, tendo sido um dos motores da popularização da informação georreferenciada.

Com versões para os sistemas operacionais mais populares (*Windows*, *Linux* e *Macintosh*); este *geobrowser* fornece ao usuário uma visão tridimensional do globo terrestre e imagens de satélite em várias resoluções, permitindo que dados de diferentes origens possam ser visualizados neste ambiente, dando ao usuário total controle sobre o seu "olhar" sobre a Terra e os dados nela representados.

O formato de armazenamento e transporte de dados do *Google Earth* é o *KML*, ou em sua versão compactada *KMZ*. Nada mais é que um arquivo *XML* que contém os dados, e a sua forma de apresentação, permitindo atualmente a inclusão do fator tempo na visualização de determinado evento espacial. É atualmente o padrão *OGC* para representação dos dados em *geobrowsers*, sendo que outras ferramentas com o mesmo objetivo (*Nasa World Wind*, *Virtual Earth* e outros) passaram a aceitar o padrão proposto pela concorrente.

Muitas pesquisas utilizaram-se dessa interface para difundir seus dados (figura 56), e, como visto anteriormente, muitos softwares passaram a exportar seus dados para o formato *KML*, como é o caso do *Geoserver*. Por esse motivo incluímos neste trabalho o software *Google Earth* como um dos clientes da informação gerada pelo projeto *PFNM*.

---

97 Site: <http://earth.google.com>

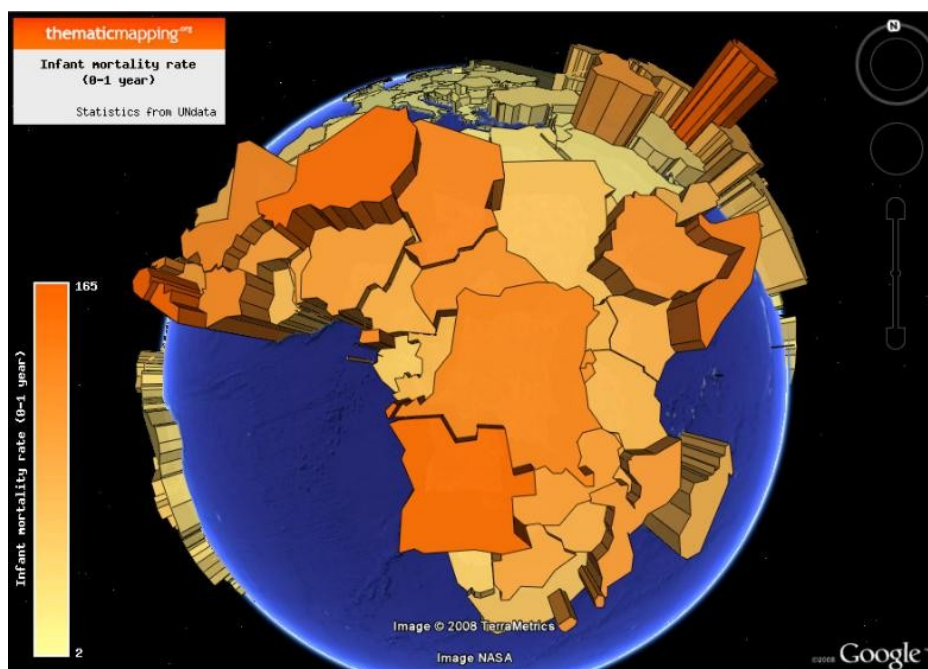


Figura 56: Uma das várias formas de visualização de informação georreferenciada com Google Earth (Sandvik, 2008)

## 6 Análise dos Resultados

No capítulo anterior foram avaliadas algumas das tecnologias existentes para os mais diversos papéis em uma IDE, seguidas das justificativas que levaram escolher as ferramentas necessárias a este estudo de caso. Nesse capítulo discute-se os resultados obtidos com a utilização das mesmas e as possibilidades de uso dos dados do RADAM.

Os usuários têm a sua disposição diversas formas de acessar os dados organizados pelo projeto PFNM, pois foram utilizados padrões *OGC*, ao invés de um formato proprietário, o que amplia o número de softwares clientes que podem servir de ferramentas de acesso e dá mais flexibilidade ao sistema.

Diversas são as possibilidades de consultas às bases de dados e *web services* disponibilizados no PFNM. A seguir estão algumas das possibilidades que foram implementadas e outras que ainda podem vir a ser desenvolvidas no futuro.

### 6.1 Acesso direto à base de dados

Os usuários com conhecimento em bancos de dados relacionais e linguagens de consulta, como por exemplo pesquisadores e técnicos, podem ter acesso direto ao SGBD permitindo que, a partir do conhecimento da base de dados e de seus relacionamentos e de uma ferramenta para execução de consultas, o usuário fique livre para combinar tabelas e estabelecer relacionamentos espaciais ou não-espaciais, bem como, em alguns casos atualizar o banco de dados (inserir e remover registros, adicionar atributos, etc). Portanto, esta possibilidade continua restrita a um conjunto muito delimitado de pessoas dentro da instituição.

Este acesso permitiu, por exemplo, a criação de visões (*views*) no *PostgreSQL/Postgis* com a distribuição e abundância de uma determinada espécie presente no inventário do RADAM, como interface para criação das consultas foi utilizada a ferramenta *PgAdmin3*, software livre para gestão de bases de dados *PostgreSQL* (figura 57).

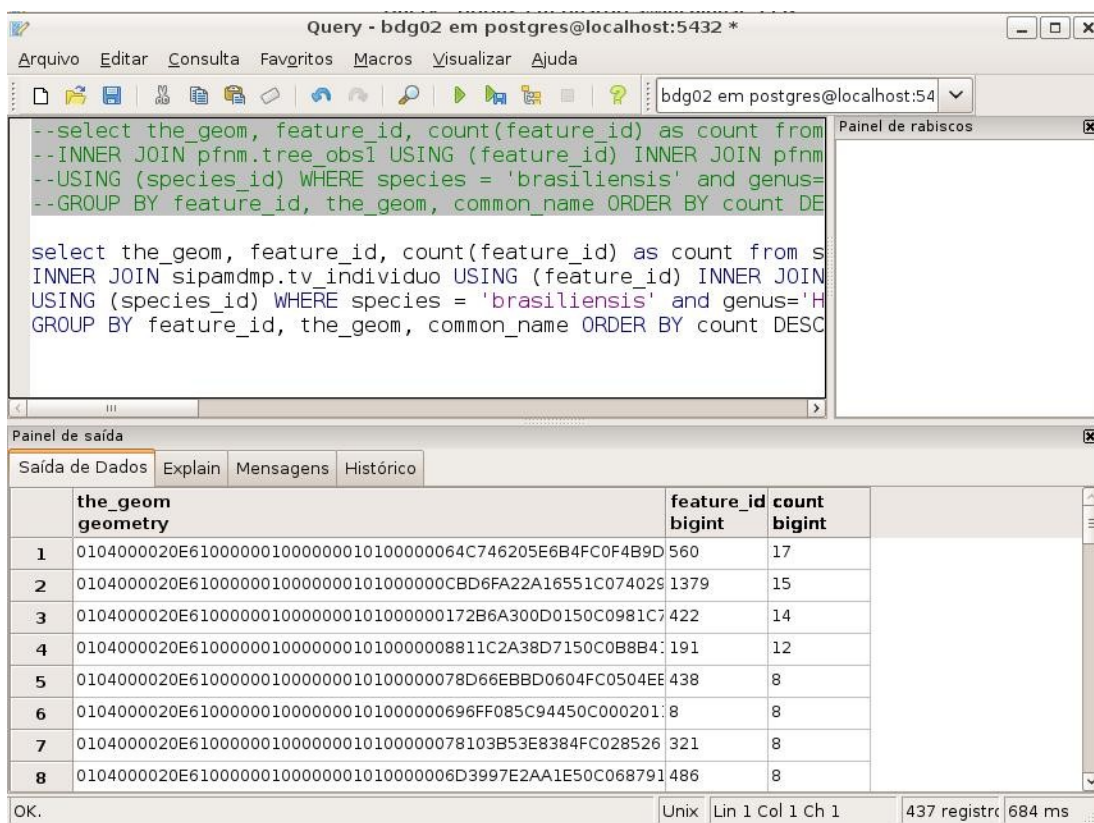


Figura 57: Tela da interface PgAdmin3 para edição e execução de consultas em SQL na base de dados.

Abaixo tem-se um comando SQL que cria uma visão<sup>98</sup> no SGDB que permite visualizar a distribuição e abundância da espécie '*Hevea brasiliensis*', nome científico da seringueira. Para tal foram cruzadas as tabelas *es\_dc\_treeinventorylayer* (que elenca os pontos de inventário), *tv\_individuo* (que lista os indivíduos, árvores, inventariados) e *es\_dc\_species* (espécies catalogadas no RADAM). Esse exemplo pode ser estendido para qualquer outra espécie, bastando para isso a substituição dos parâmetros em *genus* e *species*, grifados no comando abaixo.

```
CREATE VIEW (SELECT feature_id, common_name, count(feature_id) as count,
the_geom
FROM sipam.eco_es_dc_treeinventorylayer
INNER JOIN sipamdmp.tv_individuo USING (feature_id) INNER JOIN
sipamdmp.es_dc_species USING (species_id)
WHERE genus='Hevea' AND species = 'brasiliensis'
GROUP BY feature_id, the_geom, common_name ORDER BY count DESC)
```

A *view* criada pode ser visualizada em um dos SIG's *desktop* descritos neste capítulo por meio de conexão à base de dados *Postgis*. Na figura 58 tem-se esta *view* gerada

98 Para que esta camada de informação fique disponível para alguns programas é necessário cadastrá-la manualmente na tabela de metadados do *Postgis* chamada *geometry\_columns*.

(distribuição da seringueira), onde cada ponto de inventário em que a seringueira foi encontrada é representado por um círculo laranja, e dependendo da quantidade de indivíduos no transecto, o círculo tem um raio maior representando a abundância da espécie no local. Esta informação foi cruzada, utilizando o software *GvSig*, com duas camadas (*WMS*) oriundas de servidores diferentes, a primeira é uma camada de Reservas Extrativistas (RESEX) oriunda do MMA, e a segunda é um mosaico *Landsat* da Amazônia, oriunda do SIGLAB/INPA, para dar um contexto visual mais agradável. A partir desse cruzamento podemos inferir, por exemplo, que RESEX tem potencial para extração do látex oriundo da seringueira.

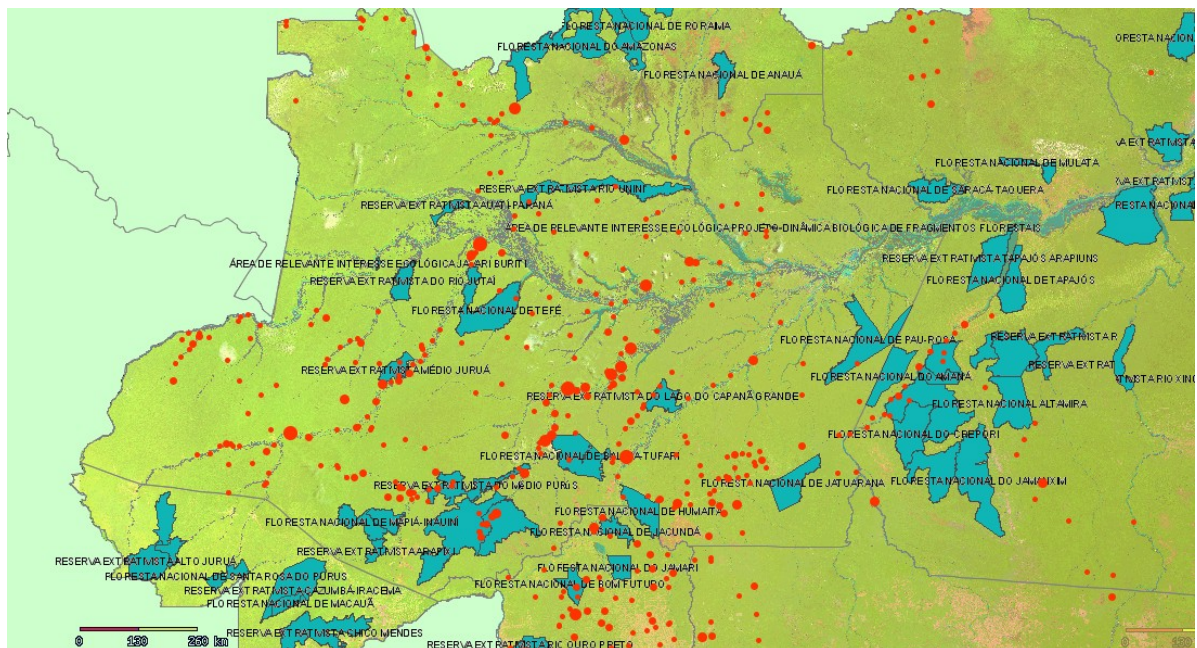


Figura 58: Mapa resultante da combinação de camadas de várias fontes utilizando o software *GvSig*.

Uma outra combinação possível é visualizar as espécies e a relação com outros elementos do ambiente, como tipo de solos, por exemplo. Na figura 59 temos a espécie '*Bombax munguba*', representada por círculos vermelhos, relacionada ao solo do tipo Gleissolo, polígonos laranjas, predominante em regiões de várzea. Pode-se observar que os pontos de ocorrência desta espécie geralmente acompanham a presença deste tipo de solo.

Essa relação acima é conhecida pelos caboclos e especialistas; todavia, é possível que outras relações entre espécies e alguns elementos do ambiente possam ser feitas a partir destes dados utilizando técnicas da computação, como por exemplo, mineração de dados e inteligência artificial.



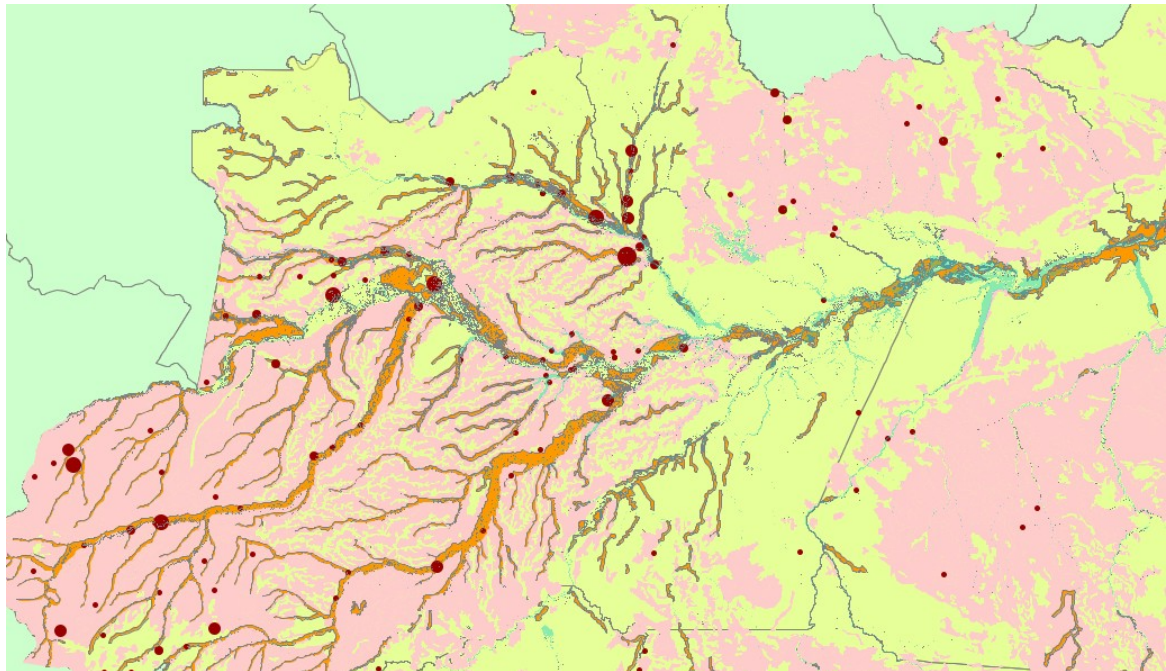


Figura 59: Mapa demonstrando a relação entre a espécie *Bombax munguba* e o solo Gleissolo.

Ainda em relação ao acesso direto à base de dados, o software *Qgis* permite que sejam criados comandos para serem executados ao solicitar os atributos de uma determinada camada de informação. Foi implementado uma ação que envia o código do ponto de inventário a uma página *web*, desenvolvida em PHP, que acessa uma *view* no banco de dados e retorna as espécies encontradas naquele ponto (figura 60).

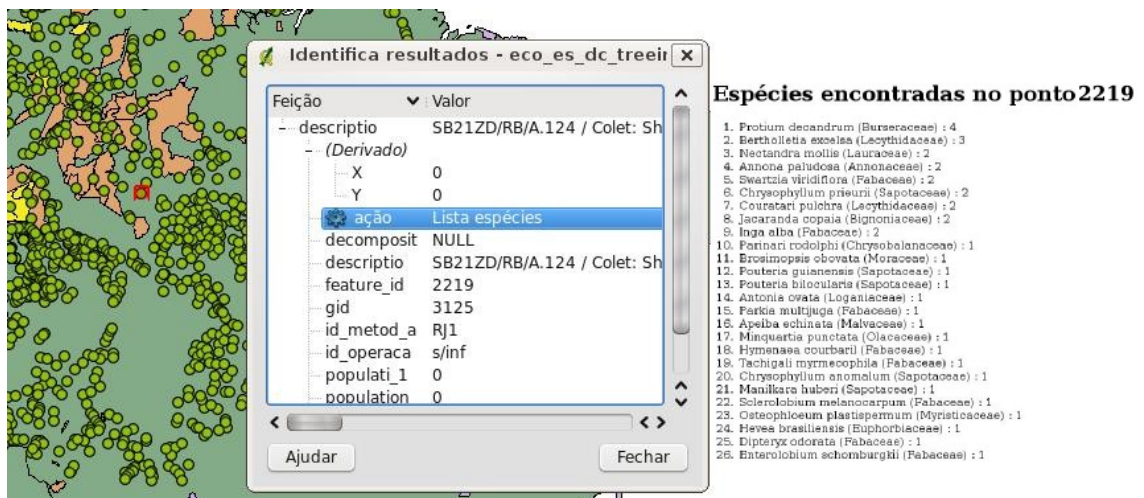


Figura 60: Ação no Qgis que lista as espécies encontradas e a sua frequência em um determinado ponto de inventário.

É possível também desenvolver, utilizando a mesma técnica, algumas ações que ao consultar o banco de dados listem as espécies encontradas em um polígono pré-determinado (Município ou Unidade de Conservação).

## 6.2 Interface Web para os Dados de Produtos Florestais

A partir da possibilidade de criar visões da ocorrência e a distribuição de espécies, foi desenvolvida uma aplicação *web* para permitir a qualquer usuário acessar esses mapas. Esta interface (figura 61), a partir da indicação de alguma espécie, disponibiliza ao usuário a opção de visualizar a sua distribuição espacial utilizando os softwares I3Geo ou *Google Earth*. Nas figuras 62 e 63 podem ser vistos exemplos de distribuição de espécies tanto no I3Geo quanto no *Google Earth*, respectivamente.

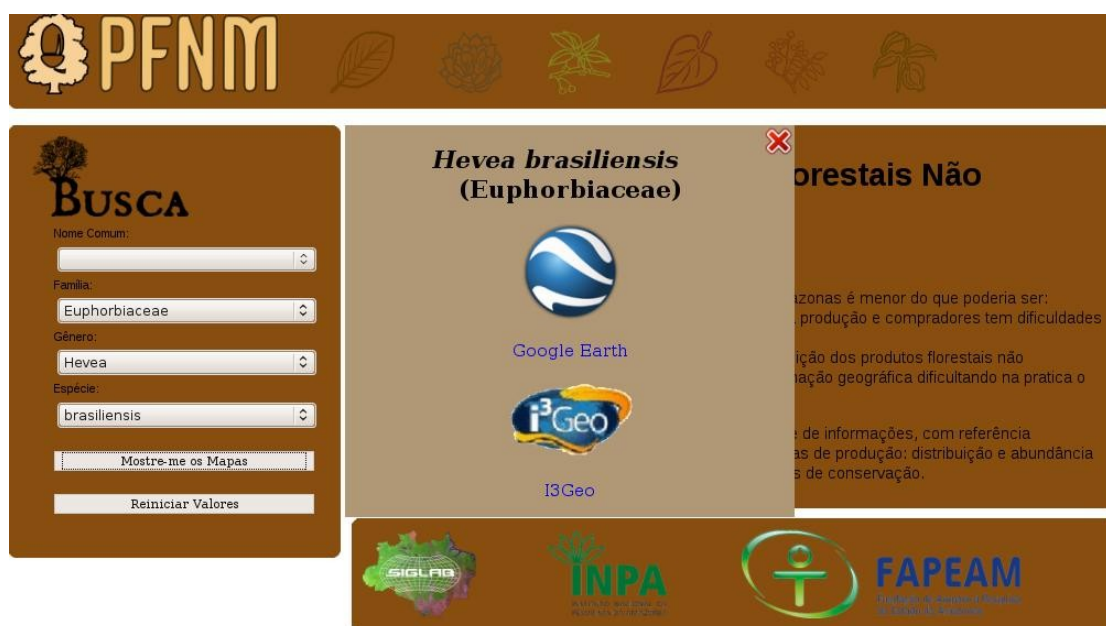


Figura 61: Interface para acesso aos dados das espécies.

Embora seja baseado em *Mapserver* (opção não escolhida para disponibilização de *web services*), o software I3Geo foi selecionado como interface *web* pela sua capacidade de adição de *web services* dinamicamente e por experiências prévias do autor desta dissertação com este software.



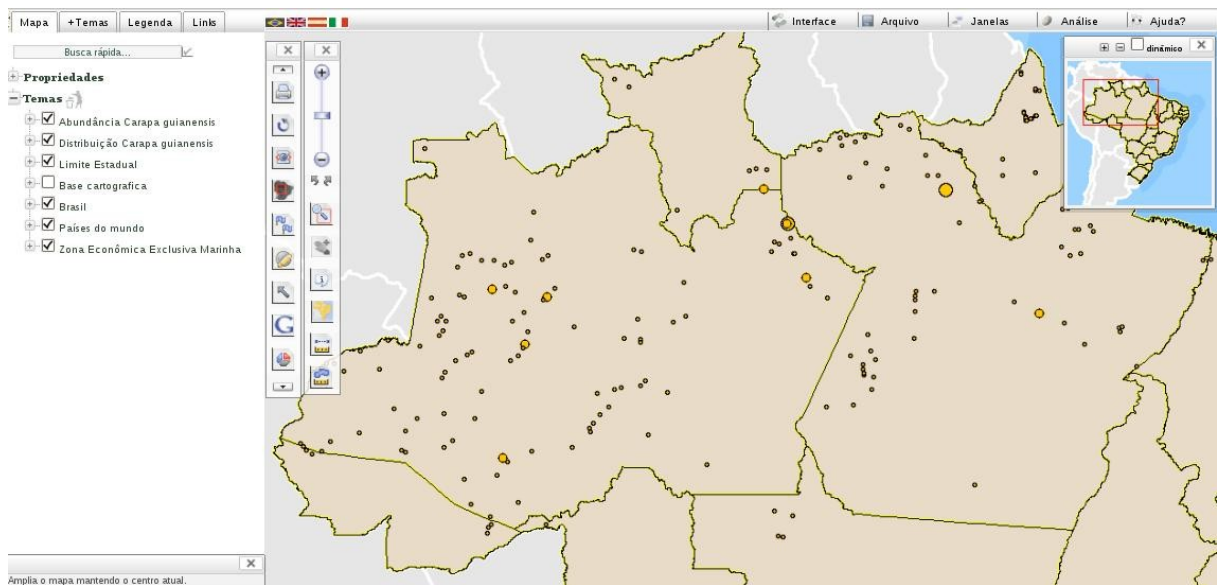


Figura 62: Mapa de abundância da *Carapa guianensis* – andiroba (planta muito utilizada como produto medicinal), no software I3Geo

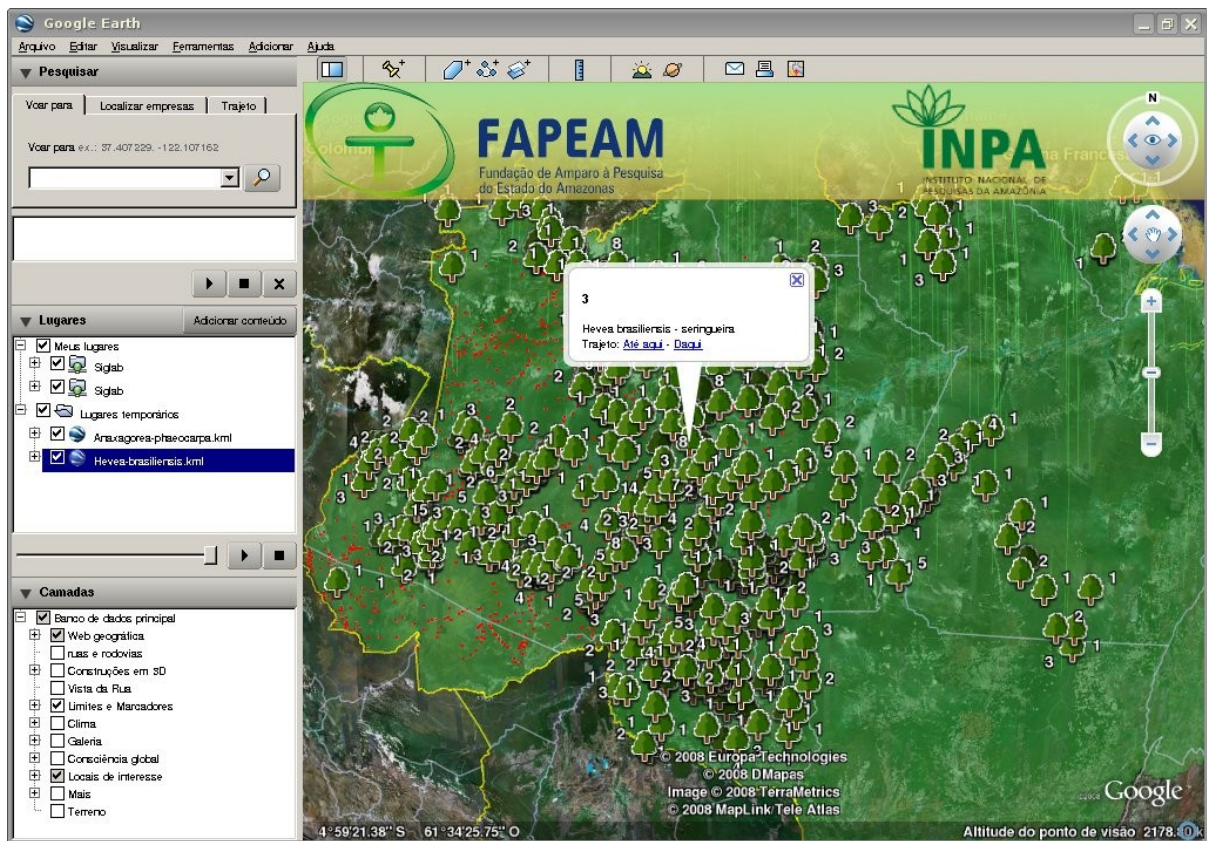


Figura 63: Ocorrência e abundância de *Hevea brasiliensis* (seringueira) no Google Earth.

### 6.3 Acesso por meio de *Web services*

A maioria dos usuários dos dados não terão acesso direto à base de dados de inventário, mas poderão ter acesso aos dados utilizando uma camada de serviços acessados por software clientes de *web services*. Na figura 64 tem-se um esquema que exemplifica a estrutura proposta.

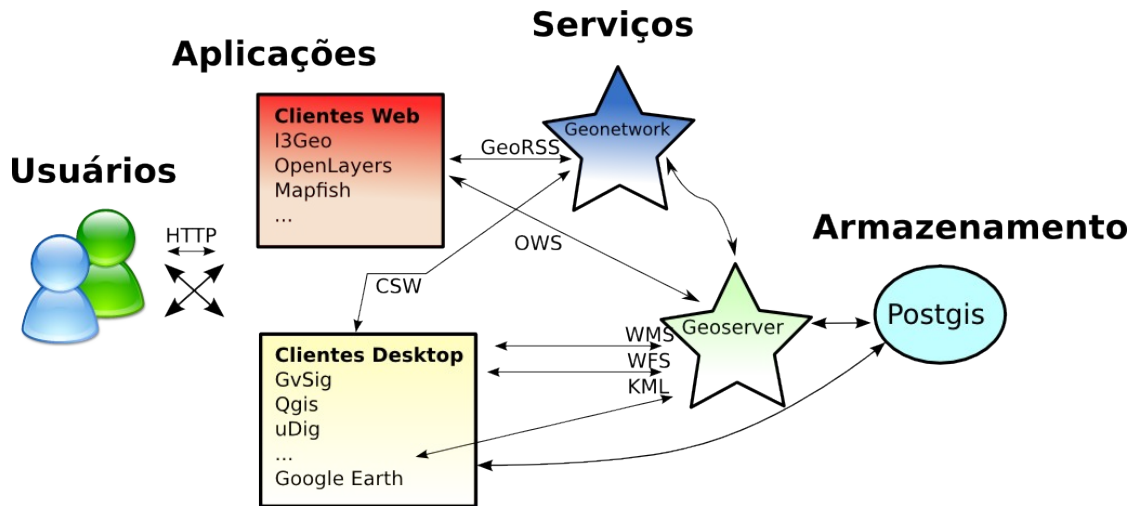


Figura 64: Ilustração da arquitetura utilizada para acesso aos dados.

Utilizando o software *GvSig*, como visto no capítulo anterior, é possível acessar, a partir de qualquer computador com acesso a Internet, aos metadados, por meio de *web services* de catálogo, *CSW*, disponibilizados pelo software *Geonetwork*, como também aos mapas e dados disponíveis como *web services WMS* e *WFS*, disponibilizados via *Geoserver*.

A consulta ao catálogo é feita da seguinte forma, ilustrada na figura 65: 1) o usuário clica no ícone da aplicação “Pesquisa de Geodados”; 2) este ícone abre uma janela em que o usuário indica o endereço do *web service* de catálogo que deseja consultar (p. ex. <http://localhost:8080/geonetwork/srv/en/csw>); 3) abre-se uma janela que permite consultar o catálogo; 4) os resultados são elencados em uma outra janela que permite ver mais detalhes do metadado ou adicionar a camada no SIG; 5) as opções de adição de camadas são exibidas (*WMS*, *WFS* ou *download* dos dados). Após escolhida a opção o dado é adicionado ao plano de trabalho do *GvSig*. Este software centraliza dessa forma o processo de descoberta, análise e uso dos dados.

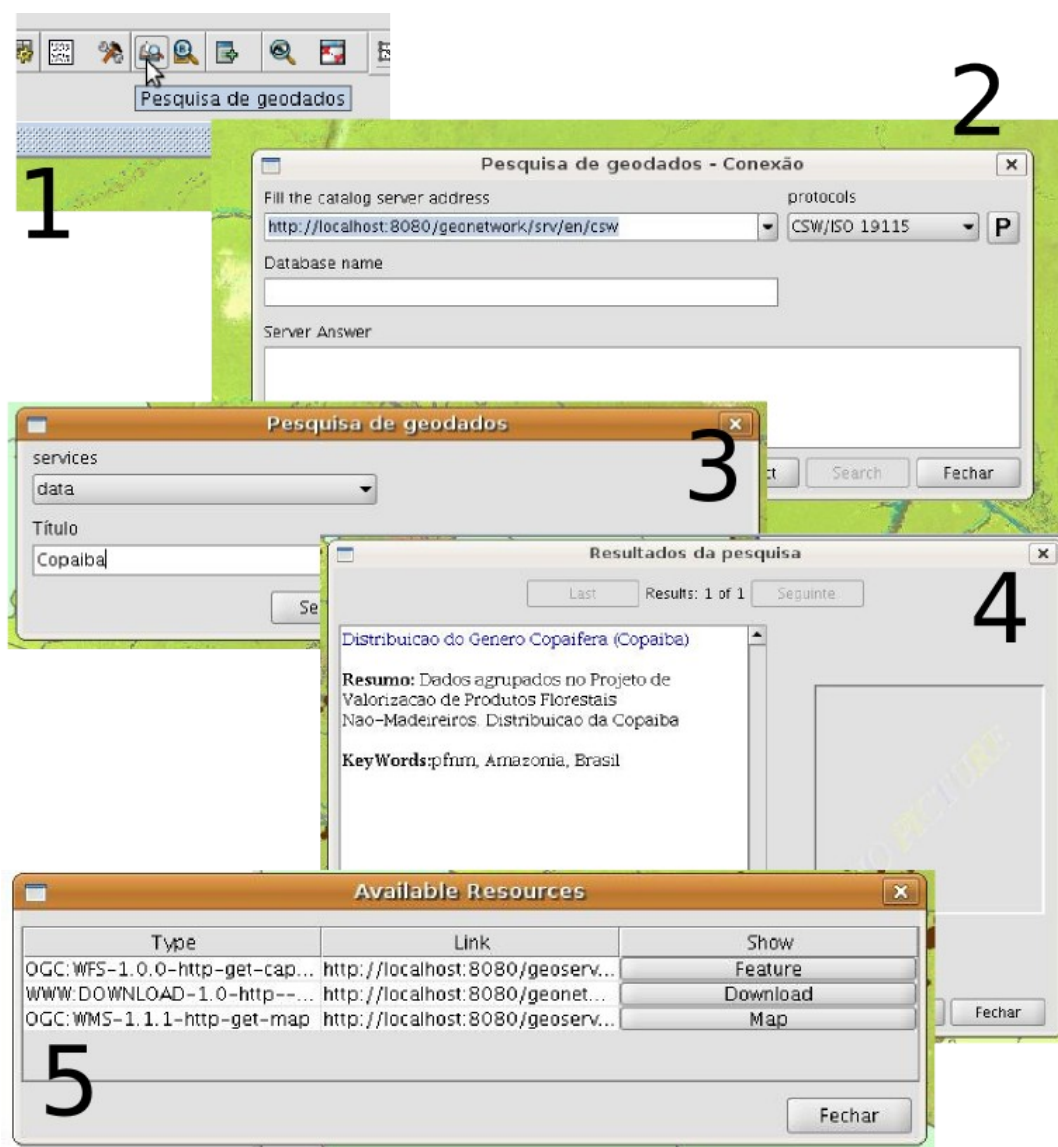


Figura 65: Passos para adição de web services a partir de consulta ao catálogo de metadados usando o padrão CSW.

É possível adicionar um *web service* (WMS, WFS) diretamente no GvSig, ou em outros softwares como Qgis (figura 66) e uDig. No geral, é necessário a inclusão do endereço URL, onde seja possível fazer a execução da operação *GetCapabilities*. O software lista as camadas que estão disponíveis juntamente com uma breve descrição da mesma, o usuário seleciona a camada de interesse e o SIG conecta ao servidor para exibir os dados. Dependendo do tipo do *web service*, algumas opções são fornecidas como, por exemplo, formato da imagem, projeção e filtro de dados. Os passos detalhados para acesso estão presentes no “Manual de acesso a web services” nos anexos.

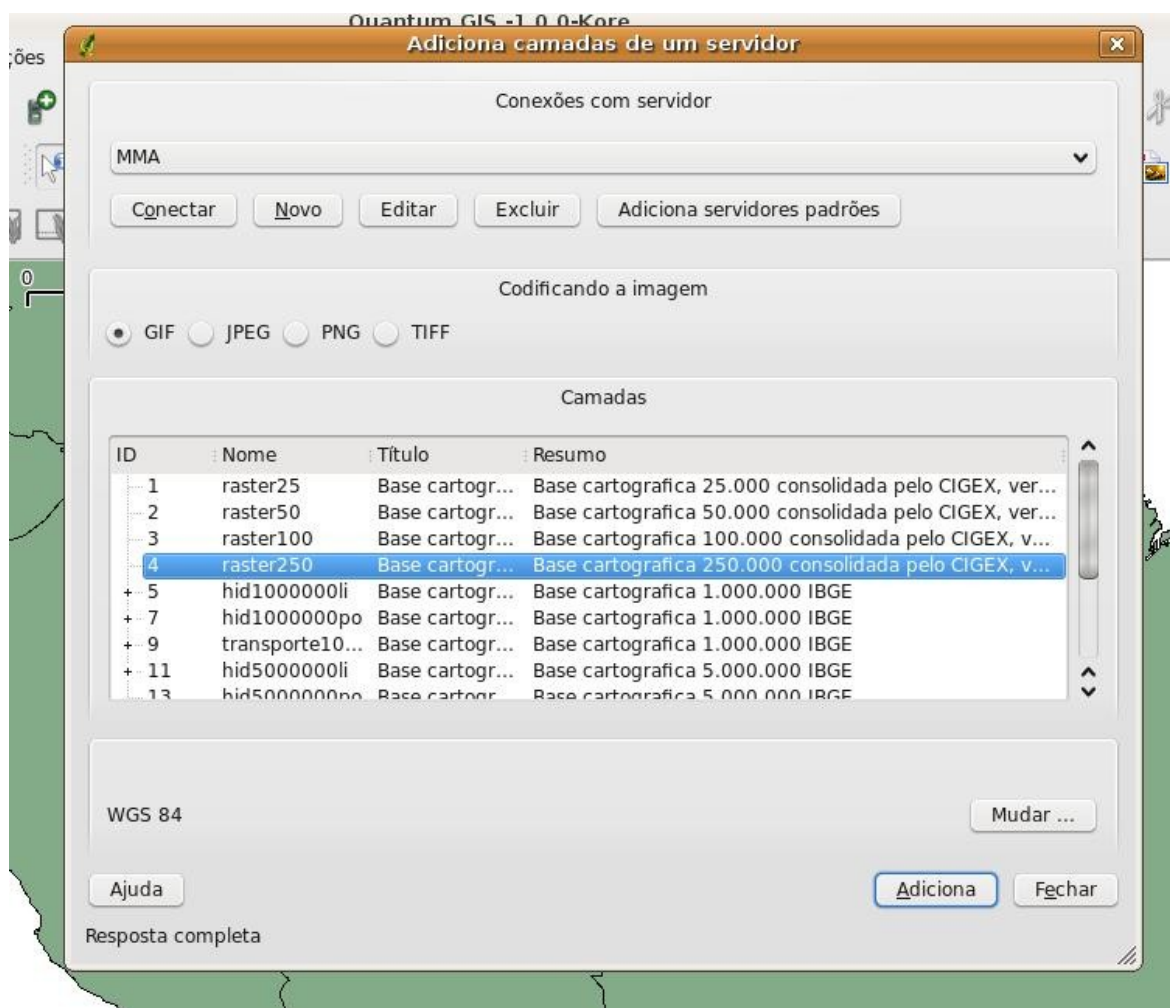


Figura 66: Interface do *Qgis* listando as camadas disponíveis em web services no servidor do MMA.

Embora não tenha sido analisado o impacto da velocidade da conexão na disseminação de dados georreferenciados, estes, por sua natureza, requerem um pouco mais de banda de conexão que o habitual, ou seja, sem uma boa conexão com a Internet o uso de *WFS* para distribuição de dados mais complexos torna-se inviável.

#### 6.4 Outras possíveis utilizações

A partir dos dados do RADAM, outras utilizações são possíveis, como por exemplo um estudo da evolução do estado da floresta Amazônica através da comparação destes dados da década de 1970 com os dados de desmatamento dos programas DETER e PRODES (INPE), que possuem uma série histórica a partir de 2000. Tal feito tornaria possível uma estimativa do quanto, em recursos naturais e biodiversidade, foi perdido por conta do avanço do



desmatamento na Amazônia. A figura 67 ilustra o grande desmatamento em algumas áreas da Amazônia, caso de Rondônia, que encontra-se na região conhecida como Arco do Desmatamento.



Figura 67: Dados do INPE de desmatamento em Rondônia e pontos onde houveram inventários.

Devido ao fato de no processo de inventário constar o volume estimado de madeira, para cada indivíduo inventariado, seria possível também criar uma metodologia para fazer estimativas de estoque de carbono para uma determinada área, combinando estes dados com outras fontes de informação; certamente, essa seria uma análise importante para o emergente mercado de carbono, visando a compensação ambiental (figura 68).

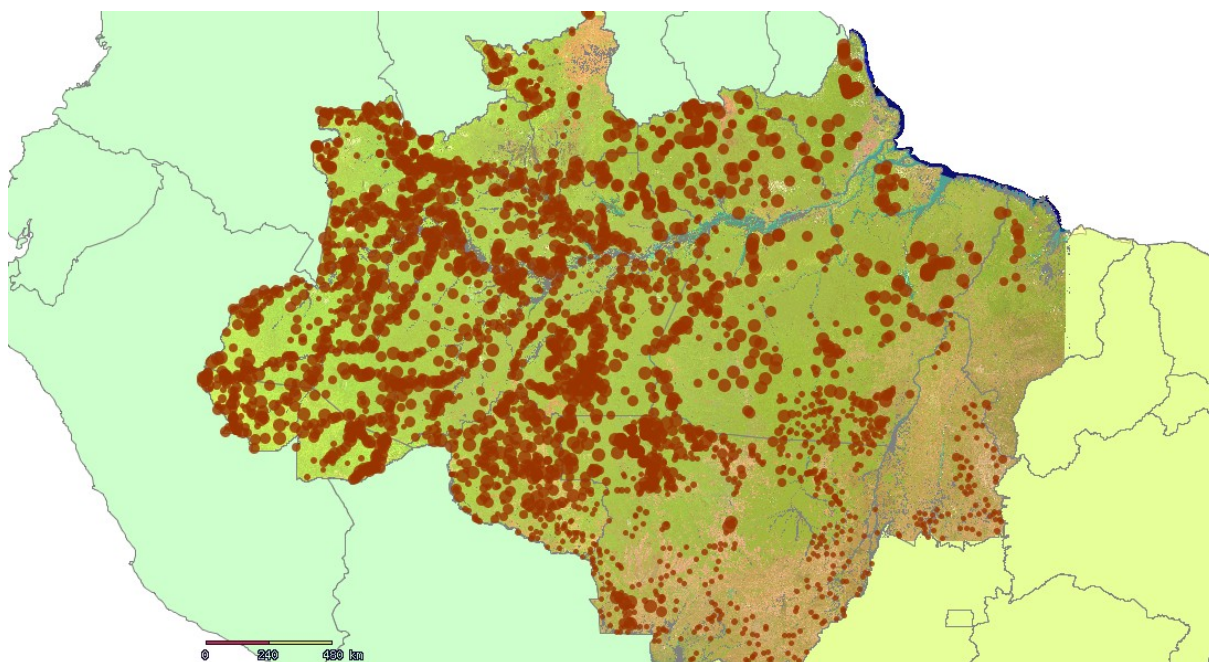


Figura 68: Estimativa de volume de madeira a partir dos dados de inventário.

## 6.5 Agregação de dados de outros levantamentos de PFMN

Uma das queixas aos dados disponibilizados é a falta de atualização dos mesmos, sendo que existem inventários pontuais que poderiam servir como atualização aos dados do RADAM. Seria necessário o desenvolvimento de um projeto para verificar de que formas esses dados poderiam ser agregados de forma fácil e coesa.

Com a *web 2.0* a geração de conteúdo é feita colaborativamente por meio de interfaces na *web*. Embora não tenha sido implementada essa interface para os inventários florestais, nessa dissertação, foram abordadas no capítulo 5 algumas ferramentas recentes que permitem o desenvolvimento de aplicações utilizando os padrões *OGC*, incluindo o *WFS-T*, que permite a edição de dados via *web*. As ferramentas mais desenvolvidas para esta tarefa são: *Openlayers*, *Mapfish* e *GeoExt* (*frameworks* baseados em *Openlayers*) e *Geomajas*.

## 6.6 Execução de processos via *web*

Um dos padrões mais recentes da *OGC* é o serviço de processamento via *web* (*WPS*), abordado no capítulo 3. A implementação desse tipo de serviço permite a realização de todas as tarefas de um SIG convencional pela *web* de forma distribuída. Algumas ferramentas como



52North WPS<sup>99</sup>, PyWPS<sup>100</sup> e Deegree, já permitem a disponibilização de processos computacionais na *web*, permitindo a execução de análises espaciais complexas sem a necessidade de que o cliente do serviço seja um super-computador. Um exemplo de realização de processamento de dados georreferenciados usando serviços disponíveis em servidores na *web* é demonstrado na figura 69, onde foi utilizada a API do site HeatMapApi<sup>101</sup>. Esta API permite que, dado um conjunto de pontos e a frequência de um determinado evento, o mesmo gere uma representação visual de zonas quentes. Embora não tenhamos acesso ao algoritmo e em nosso caso essa representação não tenha validade científica, o exemplo serve bem para ilustrar as possibilidades do uso de WPS.

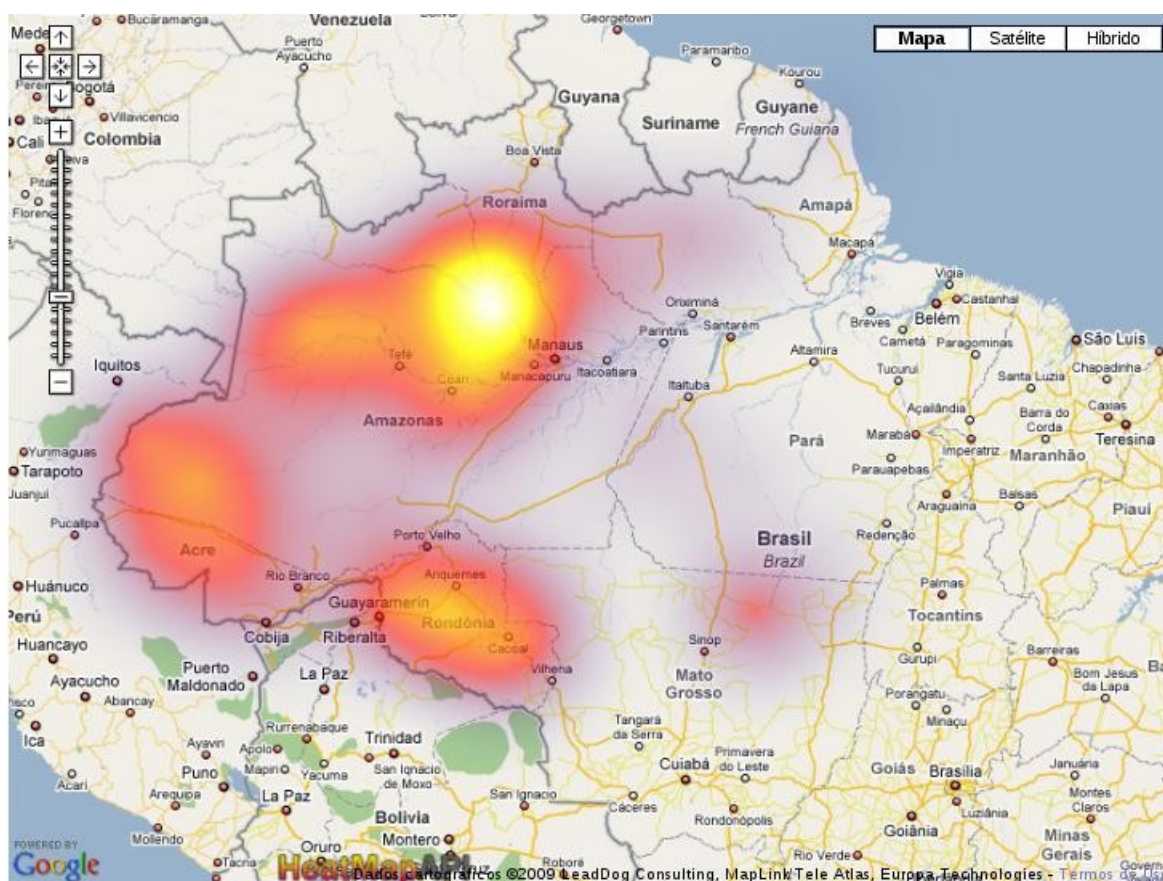


Figura 69: Pontos de ocorrência da espécie *Bombax munguba* representados utilizando a API do site HeatMapAPI.

Além disso, existem outros trabalhos para *orquestração* de *web services* que permite que softwares realizem tarefas específicas usando o encadeamento de *web services*

99 Site: <http://52north.org/maven/project-sites/wps/52n-wps-site/>

100 Site: <http://pywps.wald.intevation.org/>

101 Site: <http://www.heatmapapi.com>

disponíveis, como feito por Fook et al. (2008), para modelagem da distribuição espacial de espécies. Enfim, embora essa área seja muito promissora, sai do escopo desse trabalho.

## 6.7 Visualização dos dados em Geobrowsers

As camadas de informação do PFNM, por terem sido disponibilizadas utilizando o software *Geoserver* como padrão, podem ser vistas utilizando o software *Google Earth* ou qualquer outro que exiba dados no formato padrão *KML*. Dentro do PFNM foram feitos alguns trabalhos no sentido de otimizar a organização e expressão visual dos dados do RADAM nesta ferramenta (figura 70), mas com o surgimento de novas técnicas, como a desenvolvida por Sandvik (2008), o processo de melhoria deve ser continuado, tendo em vista que *geobrowsers* ganham cada vez mais importância na área de visualização de dados espaciais.

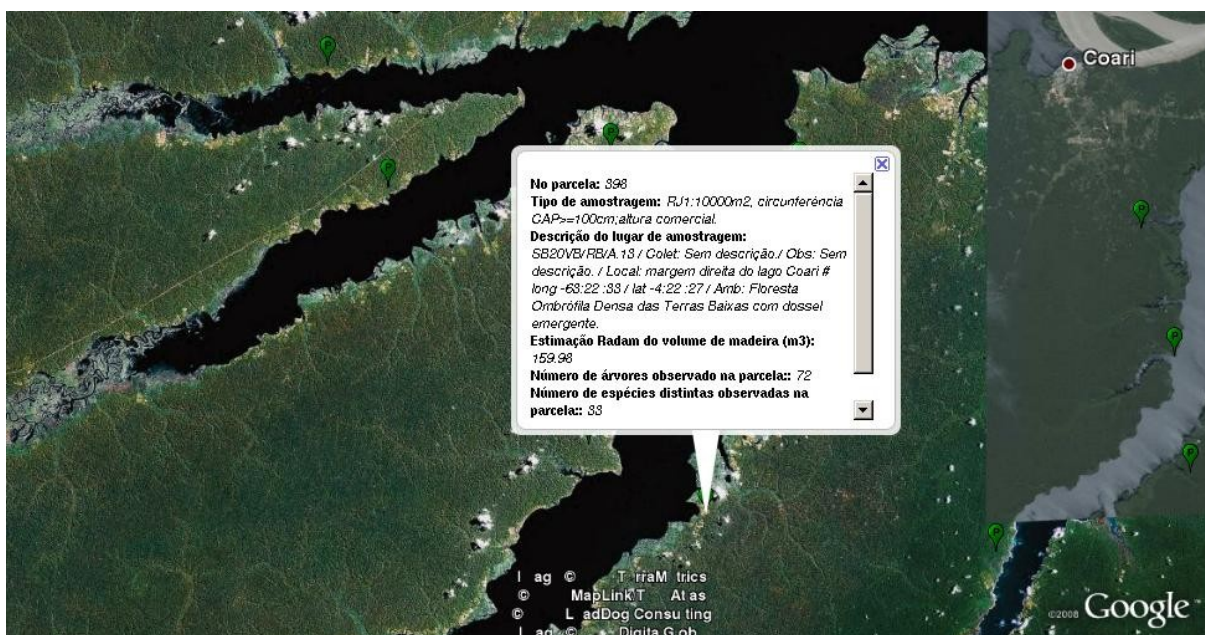


Figura 70: Pontos de inventários visualizados utilizando-se o software Google Earth.



## 7 Conclusão

Após avaliação de várias ferramentas e estudos de caso, testes e implantação dos softwares disponíveis, é possível dizer que é totalmente viável o uso da *web* para disseminar dados georreferenciados, seja por meio de mapas dinâmicos em *sites* ou por uso direto dos dados usando *web services OGC* para tal fim.

Realizados testes nos mais variados programas livres para as várias camadas que compõem uma IDE, é possível afirmar que estes são suficientes para a tarefa de compartilhamento e uso de informação georreferenciada, tendo em seu arsenal ferramentas que são referência de implementação dos padrões *OGC*, não sendo necessário o uso de recursos em licenças de software proprietário para esse fim. Em virtude da opção pelo uso de software livre, os custos com aquisição de software para disponibilização destes *web services* foi inexistente; vale ressaltar, porém, que manter uma infraestrutura para disponibilização de dados tem um custo que deve ser avaliado, mesmo que mínimo.

O uso de metadados em catálogos, acessíveis por portais, ajuda na descoberta de dados georreferenciados e seus *web services*. Constatou-se que o *Geonetwork* é um software completo para esta tarefa; todavia, o processo de inserção de metadados é dispendioso. São necessárias novas formas de recuperação automática de metadados, como vem sendo feito no software *GvSig*.

Tendo em mente os objetivos de cada aplicação e utilizando os padrões mais adequados para cada caso, pode-se criar uma infraestrutura de dados espaciais em que cada entidade forneça seus dados através da *web* e possa acessar os dados dos seus parceiros, diminuindo custos com aquisição de dados e com a grande vantagem de ter os dados atualizados diretamente pelo mantenedor dos mesmos.

Como conceituado no capítulo 2, uma IDE representa o conjunto de tecnologias, políticas, padrões e pessoas que promovem o compartilhamento de dados entre diversos níveis e setores da sociedade, dessa forma essa dissertação contribui para ajudar na definição de tecnologias e padrões que podem ser utilizados no desenvolvimento de IDEs. Porém, nasce a necessidade de esforços para a definição de políticas para o compartilhamento de dados e o surgimento de lideranças que trabalhem continuamente no fortalecimento de IDEs.

Espera-se que esta dissertação, bem como os anexos e as referências, possam servir como ponto de partida para implantação de IDEs, principalmente na Amazônia, região de

grande importância para o país, onde vive-se com um vazio cartográfico e em que o compartilhamento de dados georreferenciados faz-se necessário para solucionar os mais diversos problemas da região.

As hipóteses levantadas foram comprovadas tendo em vista que foi possível, a partir da combinação de vários softwares livres, disponibilizar dados georreferenciados por meio de *web services OGC*, devidamente catalogados, sendo estes acessíveis por meio de SIG's livres, *geobrowsers* e clientes *web*.

Estes dados, disponíveis por meio de *web services*, permitiram a realização de consultas, análises, criação de mapas temáticos, sendo úteis para a geração de novas informações a partir da sua utilização. Uma ferramenta para visualização dos dados foi desenvolvida, em conjunto com ferramentas de descoberta e acesso aos dados por meio de *web services*, que contavam inclusive com a cartografia básica da região (infelizmente ainda não disponível em um servidor na Internet).

Os dados do inventário florestal disponibilizados por meio de *web services* podem servir, não apenas para a localização de produtos florestais para comercialização, mas também para a modelagem de distribuição de espécies, como demonstrado por Fook et al. (2008).

Foram apontadas soluções para cada etapa do processo de armazenamento e disponibilização de informações georreferenciadas, bem como as ferramentas para uso dessas informações, sendo que em cada etapa existem várias soluções alternativas. A integração das ferramentas torna-se viável, em função da adoção de padrões internacionais.

Todavia, há aspectos negativos que precisam ser abordados para se buscar novas soluções. Um deles se refere à conectividade com a Internet, principalmente no estado do Amazonas, onde esse trabalho foi desenvolvido. Por ser essa região praticamente isolada do restante do país, possui uma das piores conexões do Brasil, o que implica em uma baixa qualidade na disponibilização de *web services*.

Mesmo restringindo-se a softwares livres, a multiplicidade de opções torna o acompanhamento e desenvolvimento de softwares e padrões na área de Geomática cada vez mais difícil.

Atualmente no Brasil, foram encontrados poucos provedores de *web services WFS*; *web services WMS* são mais comuns; sendo assim, ainda existem dificuldades para conseguir dados para realizar processamentos e criar mapas temáticos pois a disponibilização de *WFS* permite o acesso integral aos dados, diferentemente do *WMS* que disponibiliza apenas a

visualização de mapas em formato digital.

Como posto na introdução desse trabalho, vive-se, hoje, um momento propício à difusão do conhecimento geográfico. A infraestrutura tecnológica e os padrões para intercâmbio de dados existentes atualmente permitem a produção e a difusão de informação georreferenciada com mais facilidade. Deve-se concentrar esforços na disponibilização de bases de dados já existentes que adotem padrões internacionais, visando a sua ampla utilização e integração entre sistemas distribuídos, a fim de que seja possível gerar cada vez mais conhecimento sobre o meio em que vivemos, de forma a melhorar o uso que dele fazemos.

O presente trabalho demonstrou que é possível o desenvolvimento de uma ferramenta web para compartilhamento de dados sem custo elevado e de uso relativamente fácil. Porém, certamente há ainda um vasto campo para trabalhos futuros nessa área.

Recomenda-se o desenvolvimento de um pacote integrado para disponibilização de dados georreferenciados seria um importante passo na propagação desse tipo de soluções em detrimento a pacotes proprietários disponíveis no mercado.

Pode-se buscar, por exemplo, o desenvolvimento de formas ainda mais fáceis para descoberta, análise e uso dos *web services*, bem como aprimoramento dos softwares livres na direção do melhoramento da usabilidade dos aplicativos. Verifica-se também que quaisquer esforços para a integração de dados heterogêneos de fontes distintas são bem vindos, visto que isso ainda é pouco explorado no país.

Um outro aspecto que pode ser abordado futuramente é o uso de *WFS-T* para atualização de bases de dados georreferenciadas de forma colaborativa, visto que as ferramentas para esse fim tem evoluído rapidamente.

O uso de *WPS* e a orquestração de *web services* são tópicos de bastante interesse atualmente, uma vez que permitem a automação de várias tarefas na Geomática e o uso dos *web services OGC* em seu pleno potencial, diminuindo a necessidade de SIG instalados em *desktops* e aumentando a capacidade de inovação a partir da combinação de componentes (*mashups*) aparentemente desconexos, tanto dados georreferenciados como processos.

Por fim, os dados do RADAM ainda precisam ser mais explorados, tanto por pesquisadores como pela sociedade em geral, e assim que possível, este trabalho estará disponível em um servidor na *web*.

## 8 Referências

- (AIME, 2008) AIME, A. DEOLIVEIRA, J. .Comparing the Performance of Open Source Web Map Servers. Apresentação na Conferencia FOSS4G, Cape Town, South Africa. 2008.
- (ANDREWS, 2007) ANDREWS, C.J. Emerging Technology: AJAX and GeoJSON. Directions Magazine. 18 de Setembro de 2007. Disponível em: <[http://www.directionsmag.com/article.php?article\\_id=2550&trv=1](http://www.directionsmag.com/article.php?article_id=2550&trv=1)>. Acesso em: 12/03/2009.
- (ATDN, 2009) Amazon Tree Diversity Network. Disponível em: <<http://www.bio.uu.nl/~herba/Guyana/ATDN/index.html>>. Acesso em: 21/02/2009.
- (AZEVEDO, 2006) AZEVEDO, V.H.M. et. al. Interoperabilidade entre Objetos Geográficos Heterogêneos. VIII GeoInfo, São José dos Campos, SP, Brasil. 2006.
- (BELLAFIORE, 2008) BELLAFIORE, D. BACASTOW, T.S. ARCTUR, D. "Effective SDI Leadership: The Antithesis of Good Management Practice?" Geospatial Solutions. Feb 27, 2008. Disponível em: <<http://ba.geospatial-solutions.com/gssba/Feature+Article/Effective-SDI-Leadership-The-Antithesis-of-Good-Ma/ArticleStandard/Article/detail/498732>>. Acesso em: 12/03/2008.
- (BERNARD, 2004) BERNARD, L.; KANELLOPOULOS, I. et al. The European geoportal— one step towards the establishment of a European Spatial Data Infrastructure.
- (CAMARA, 1996) CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A; HEMERLY, A.; MEDEIROS, C.M.B.; MAGALHÃES, G. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. 1996. Disponível em: <[www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf)>. Acesso em: 03/03/2009.
- (CAMARA, 2001) CÂMARA, G. QUEIROZ, G.R. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: Introdução a Ciência da Geoinformação. (org.) CÂMARA, G. DAVIS JR., C.A.. MONTEIRO, A.M.V. 2ºed. São Paulo: INPE, 2001. Disponível no sítio: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>. Acesso em 17/02/2009
- (CAMARA, 2003) CÂMARA, G. O valor das coisas que não tem preço. Revista InfoGeo,

Março, 2003.

(CAMBOIN, 2007) CAMBOIN, S. Construindo Infraestruturas de dados espaciais no Brasil. Apresentação no simpósio GeoBrasil Summit 2007. Disponível em <<http://www.mundogeo.com.br/geobrasil/auditorio-1e2/18-07-geoplus-Silvana.pdf>>. Acesso em: 13/03/2009.

(CAMPBELL et al., 2009) CAMPBELL, L. CURLANDER, J. HAGAN, S. JONES, C. PELLICCI, J. A Proposal for Reinvigorating the American Economy Through Investment in the US National Spatial Data Infrastructure (NSDI). 2009. Disponível em <<http://www.cast.uark.edu/nsdi/nsdiplan.pdf>>. Acesso em 13/03/2009.

(CAMPOS, 2009) CAMPOS, A. O que é software livre. BR-Linux. Florianópolis, março de 2006. Disponível em <<http://br-linux.org/linux/faq-softwarelivre>>. Consultado em 27/02/2009.

(CARNEVALE, 2008) CARNEVALE, M.T. Infraestrutura para Informações Espaciais. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Computação com ênfase em Geomática. UERJ, Rio de Janeiro, 2008. Defendida em 06/03/2008.

(CASANOVA, 2005) CASANOVA, M.A. BRAUNER, D.F. CAMARA, G. LIMA JUNIOR, P.O. Integração e interoperabilidade entre fontes de dados geográficos. Gilberto R. de Queiroz. (Org.). In: Bancos de Dados Geográficos. 1 ed. Curitiba: MundoGeo, 2005, v. 1, p. 281-316. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap9.pdf>>. Acesso em 26/02/2009.

(COSTA, 2007) COSTA, F.S. CARNEIRO FILHO, A. Atlas web interativo utilizando software livre. In: Encontro UERJ de Geomática, 2007, Rio de Janeiro. II Encontro UERJ de Geomática, 2007.

(COSTA et al., 2008) COSTA, F.S. DESMOULIÈRE, S.J.M., FARIAS, O.L.M. World Wide Access to Amazon Forest Inventories. Proceedings of FOSS4G, Cape Town, South Africa. 2008.

(CRAGLIA et al., 2008) CRAGLIA, M. GOODCHILD, M.F. ANNONI, A. CÂMARA, G.

GOULD, M. KUHN, W. MARK, D. MASSER, I. MAGUIRE, D. LIANG, S. PARSONS, E. Next-Generation Digital Earth: A position paper from the Vespucci Initiative for the Advancement of Geographic Information Science. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 2008, Vol. 3, 146-167.

(DAVIS, 2006) DAVIS JR. C. A. ALVES, L.A. Infraestruturas de Dados Espaciais: Potencial Para Uso Local. 2006. (Revista IP Ano8 N1). p. 65 – 80. Disponível em: <[http://www.ip.pbh.gov.br/ANO8\\_N1\\_PDF/ANO8N1\\_Clodoveu.pdf](http://www.ip.pbh.gov.br/ANO8_N1_PDF/ANO8N1_Clodoveu.pdf)>. Acesso em: 12/03/2009.

(DESMOULIÈRE, 2006) DESMOULIÈRE, S.J.M. Geoprocessamento aplicado a valorização de Produtos Florestais Não Madeiráveis (PFNM) no Estado do Amazonas. Projeto INPA/SIGLAB/Fapeam. 2006-08.

(DESMOULIÈRE, 2007) DESMOULIERE, S. J. M. ; CARNEIRO FILHO, A. Bases de dados digitais de árvores na amazônia: distribuição biogeográfica e planejamento da conservação. Poster apresentado na 59ª Reunião Anual da SBPC - Belém (PA). 2007. Disponível em: <<http://www.servicos.sbpcnet.org.br/sbpc/59ra/senior/livroeletronico/resumos/R4225-1.html>> . Acesso em 16/03/2009.

(ESCOBAR et al., 2005) ESCOBAR, I.P. OLIVEIRA, S.A.M. LIMA, S.P.S. PRADO, R.L. FERREIRA, A.T.A. Reprocessamento digital das imagens SLAR geradas pelos projetos RADAM e RADAMBRASIL - projeto RADAM-D. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 4395-4397.

(ESRI, 2002) Case Study: Enterprise GIS at the City of Anaheim, California. Disponível em: <<http://www.esri.com/library/fliers/pdfs/city-of-anaheim.pdf>>. Acesso em 02/03/2009.

(FEARNSIDE, 2006) FEARNSIDE, P.M. 'Deforestation in Amazonia: dynamics, impacts and control'. *Acta Amaz*, vol.36, no.3. 2006.

(FERREIRA, 2003) FERREIRA, R.S. A sociedade da informação no Brasil: um ensaio sobre os desafios do Estado. *Brasília: Ciência da Informação*, v.32, n.1, p. 36-41, jan./abr. 2003.

(FGDC, 2009) FGDC. National Spatial Data Infrastructure: Federal Geographic Data Committee. Disponível em: <<http://www.fgdc.gov/nsdi/nsdi.html>>. Acesso em: 13/03/2009.

(FOOK et al., 2008) FOOK, K. D. ; AMARAL, S. ; MONTEIRO, A.M.V. ; CÂMARA, G. ; CASANOVA, M. A. . Sharing executable models through an Open Architecture based on Geospatial Web Services: a Case Study in Biodiversity Modelling. In: X Brazilian Symposium on GeoInformatics - GEOINFO 2008, 2008, Rio de Janeiro. Proceedings of X Brazilian Symposium on GeoInformatics - GEOINFO 2008, 2008.

(GEOTUX, 2008) GEOTUX. Thin web mapping clients comparison. Disponível em. <[http://geotux.tuxfamily.org/index.php?option=com\\_myblog&show=comparaciF3n-de-clientes-ligeros-para-sig.html&Itemid=59&lang=en](http://geotux.tuxfamily.org/index.php?option=com_myblog&show=comparaciF3n-de-clientes-ligeros-para-sig.html&Itemid=59&lang=en)>. Acesso em: 28/01/2009.

(GOOGLE, 2009) GOOGLE. Referência do KML - KML - Google Code. 2009. Disponível em: <<http://code.google.com/intl/pt-BR/apis/kml/documentation/kmlreference.html>>. Acesso em 15/03/2009.

(GRANELL, 2008) GRANELL, C. GOULD, M. Manso. et. al. Spatial Data Infrastructures in Handbook of Research on Geoinformatics. editado por Hassan A. Karimi. pag. 36-41. 2008.

(GSDI, 2004) Global Spatial Data Infrastructure Association. Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook. Capítulo 1. Disponível em: <<http://www.gsdi.org/docs2004/Cookbook/cookbookV2.0.pdf>>. Acesso em: 09/03/2009.

(HE, 2003) HE, H. What Is Service-Oriented Architecture. 2003. Disponível em: <<http://www.xml.com/pub/a/ws/2003/09/30/soa.html>>. Acesso em 10/03/2009.

(HSU, 2007) HSU, L. OBE, R. PostGIS for geospatial analysis and mapping. 2007. Disponível em: <<http://www.postgresonline.com/journal/index.php?/archives/7-PostGIS-for-geospatial-analysis-and-mapping.html>>. Acesso em: 15/03/2009.

(HSU, 2008a) HSU, L. OBE, R. Cross Compare of SQL Server, MySQL, and PostgreSQL. 2008. Disponível em: <<http://www.postgresonline.com/journal/index.php?/archives/51-Cross-Compare-of-SQL-Server,-MySQL,-and-PostgreSQL.html>>. Acesso em: 15/03/2009.

(HSU, 2008b) HSU, L. OBE, R. Cross Compare SQL Server 2008 Spatial, PostgreSQL/PostGIS 1.3-1.4, MySQL 5-6. 2008. Disponível em: <[http://www.bostongis.com/PrinterFriendly.aspx?content\\_name=sqlserver2008\\_postgis\\_mysql\\_compare](http://www.bostongis.com/PrinterFriendly.aspx?content_name=sqlserver2008_postgis_mysql_compare)>. Acesso em: 15/03/2009.

(IBGE, 2009) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/default.shtm>>. Acesso em 15/03/2009.

(INPE, 2008) CBERS-2B completa 1 ano em órbita (18/09/2008). INPE, 2008. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/noticias/index.php?cod=not150>>. Acesso em 02/03/2009.

(LAJARA, 2008) LAJARA, M.M. SALINAS, J.G.S. Panorama actual del ecosistema de SIG libre. In: II Jornadas de SIG Libre, Espanha, 2008. Disponível em: <<http://www.sigte.udg.es/jornadassiglibre2008/uploads/file/Ponencias/A5.odt>>. Acesso em: 18/03/2009.

(LIMA, 2002) LIMA, P. CÂMARA, G. QUEIROZ, G. "GeoBR: Intercâmbio Sintático e Semântico de Dados Espaciais", INPE, São José dos Campos, SP, Brasil. 2002.

(LISBOA FILHO, 2008) LISBOA FILHO, J. SILVA, O.C. Spatial Data Infrastructures: reuse beyond the metadata. SDI for the Amazon Workshop (GeoInfo 2008). Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <[www.personal.psu.edu/fuf1/SDI\\_for\\_the\\_Amazon/papers/SDI-Amazon-2008-jugurta.pdf](http://www.personal.psu.edu/fuf1/SDI_for_the_Amazon/papers/SDI-Amazon-2008-jugurta.pdf)>. Acesso em: 12/03/2009.

(LISBOA FILHO et al., 2001) LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C. Modelagem de Bancos de Dados Geográficos. XX Congresso Brasileiro de Cartografia. Porto Alegre, 2001.

(LU, 2007) LU, C. SANTOS JR, R. F. et. al. Advances in GML for Geospatial Applications. Springer - Geoinformatica (2007) 11:131–157.

(MAPGUIDE, 2009) Screen Shot Gallery. <http://mapguide.osgeo.org/images/buffer.png>  
16/03/2009



(MAPSERVER, 2009) [http://mapserver.org/\\_images/architecture.png](http://mapserver.org/_images/architecture.png) 16/03/2009

(MCKENNA e ASSEFA, 2008) MCKENNA, J. ASSEFA, Y. SLD - Mapserver 5.2.1 Documentation. 2008. Disponível em: <<http://mapserver.org/ogc/sld.html>>. Acesso em: 09/03/2009.

(MEDEIROS, 2001) MEDEIROS, J. S. CAMARA, G. Geoprocessamento para Projetos Ambientais. In: Introdução à Ciência da Geoinformação, org. CÂMARA, G.; DAVIS JR., C.A.; MONTEIRO, A.M.V. 2ªed. São Paulo: INPE, 2001. Disponível no sítio: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap10-aplicacoesambientais.pdf>. Acesso em 03/03/2009.

(MELO, 2005) MELO, C.H., GUERRA, M.A.M. SGBD com Extensão Espacial e Sistemas de Geoinformação: Um Casamento Perfeito. Revista Fonte. Vol.2 ano 2005. p 104-114. Disponível em <<http://www.prodemge.gov.br/images/stories/volumes/volume2/SGBD.pdf>> . Acesso em 18/02/2009.

(MICHAELIS, 2008) MICHAELIS, C.D. AMES, D.P. Evaluation and Implementation of the OGC Web Processing Service for Use in Client-Side GIS. GeoInformatica. v. 13, issue 1. p. 109-120. Springer, 2008.

(MONTEIRO, 2005) MONTEIRO, A.M.V. CÂMARA, G. Territórios Digitais: O Papel das Tecnologias Espaciais e A Função Social dos Dados GeoEspaciais. II Simpósio Nacional de Geografia da Saúde, 28-30 de Novembro de 2005, Rio de Janeiro Mesa Redonda: Fontes de Informação para a Geografia da Saúde.

(NANSON, 1995) Bryan Nanson, Neil Smith, Alison Davey. What is the British National Geospatial Database? AGI 1995. Disponível em <<http://www.gigateway.org.uk/moreinformation/pdf/archive/What%20is%20the%20British%20NGDF.pdf>>. Acesso em 02/03/2009.

(O'REILLY, 2005) O'REILLY, T. What is Web 2.0? Design patterns and business models for the next generation of software. 2005. Disponível em: <<http://oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>>. Acessado em: 15/03/2009.

(OGC, 2004a) OGC - Open Geospatial Consortium. Geospatial Portal Reference Architecture - A Community Guide to Implementing Standards-Based Geospatial Portals . v.0.2. Editor: Louis C. Rose. Disponível em: <[http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact\\_id=6669](http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=6669)>. Acesso em: 14/03/2009.

(OGC, 2004b) OGC - Open Geospatial Consortium. OGC Web Map Service Interface. v.1.1.0. Editor: Jeff de la Beaujardiere. Disponível em: <[http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact\\_id=4756](http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=4756)>. Acesso em: 14/03/2009.

(OGC, 2005) OGC - Open Geospatial Consortium. Web Feature Service Implementation Specification. v.1.1.0. Editor: Panagiotis A. Vretanos. Disponível em: <[http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=8339](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8339)>. Acesso em: 14/03/2009.

(OGC, 2006) OGC WebServices - W3C/OASIS WS-\* compliance. Disponível em: <<http://feature.opengeospatial.org/forumbb/viewtopic.php?t=309>>. Acesso em: 10/03/2009

(OGC, 2006a) OGC - Open Geospatial Consortium. OpenGIS Implementation Specification for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture. Editor: John R. Herring. Disponível em: <[http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact\\_id=18241](http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=18241)>. Acesso em: 15/03/2009.

(OGC, 2006b) OGC - Open Geospatial Consortium. OpenGIS® Implementation Specification for Geographic information - Simple feature access - Part 2: SQL option. Editor: John R. Herring. Disponível em: <[http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact\\_id=13228](http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=13228)>. Acesso em: 15/03/2009.

(OGC, 2006c) OGC - Open Geospatial Consortium. Symbology Encoding Implementation Specification. Editor: Dr. Markus Lupp. Disponível em: <[http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact\\_id=16700](http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=16700)>. Acesso em: 09/03/2009.

(OGC, 2007a) OGC - Open Geospatial Consortium. OGC WebServices Common Specification. Editor: Arliss Whiteside. Disponível em: <[http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact\\_id=20040](http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=20040)>. Acesso em 11/03/2009.

(OGC, 2007b) OGC - Open Geospatial Consortium. Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification. Editor: Dr. Markus Lupp. Disponível em: <[http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=22364](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=22364)>. Acesso em: 09/03/2009.

(OGC, 2007c) OGC - Open Geospatial Consortium. OpenGIS Geography Markup Language (GML) Encoding Standard. v.3.2.1. 2007. Editor: Clemens Portele. Disponível em: <[http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact\\_id=20509](http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=20509)>. Acesso em: 14/03/2009.

(OGC, 2007d) OGC - Open Geospatial Consortium. OpenGIS Web Processing Service. v.1.0.0. 2007. Editor: Peter Schut. Disponível em: <[http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact\\_id=24151](http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=24151)>. Acesso em: 15/03/2009.

(OGC, 2007e) OGC - Open Geospatial Consortium. OpenGIS Catalogue Services Specification. v.2.0.2. 2007. Editors: Douglas Nebert, Arliss Whiteside, Panagiotis (Peter) Vretanos. Disponível em: <[http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact\\_id=20555](http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=20555)>. Acesso em: 15/03/2009.

(OGC, 2008a) OGC - Open Geospatial Consortium. OGC KML. v.2.2.0 2008. Editor: Tim Wilson. Disponível em: <[http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact\\_id=27810](http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=27810)>. Acesso em: 14/03/2009.

(OGC, 2008b) OGC - Open Geospatial Consortium. Web Coverage Service (WCS) Implementation Standard. v.1.1.2. 2008. Editors: Arliss Whiteside, John D. Evans. Disponível em: <[http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact\\_id=27297](http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=27297)>. Acesso em: 14/03/2009.

(OSGEO, 2008) OSGEO. Geonetwork Opensource: The complete manual - By the developers. v. 2.2. Disponível em: <<http://geonetwork-opensource.org/documentation/manual/geonetwork-manual/Manual.pdf>> . Acesso em: 13/03/2009.

(PAIVA, 2007) PAIVA, V.M. Banco de Dados Geográficos: Estudo de Caso da Aplicação das Extensões. Monografia de conclusão de curso. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2007.

(PEREIRA et al., 2002) PEREIRA, G.C. ROCHA, M.C.F. CARVALHO, S.S. Infraestrutura de Dados Espaciais: O Caso Baiano. 2002. Disponível em: <<http://homepage.mac.com/gilbertocorso/textos/idebahia.pdf>> Acesso em: 13/03/2009.

(PPBIO, 2008) Ministério da Ciência e Tecnologia - Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento - Coordenação-Geral de Biodiversidade - Programa de Pesquisa em Biodiversidade – PPBio. Minuta de Política de Dados. 2008. Disponível em: <<http://ppbio.inpa.gov.br/Port/docsinternos/Politica%20de%20DADOS%20-%20PPBio.pdf/download>> Acesso em: 21/02/2009.

(PY, 2008) PY, H. Metadados Geográficos utilizando o Geonetwork. I Seminário de Geotecnologias Aplicadas à Gestão Estratégica. Brasília 2008. Disponível em: <[www.dom.eb.mil.br/opus/seminario/Metadados\\_Geograficos\\_no\\_ambiente\\_GeoNetwork.pdf](http://www.dom.eb.mil.br/opus/seminario/Metadados_Geograficos_no_ambiente_GeoNetwork.pdf)>. Acesso em: 02/03/2009.

(QUADRO, 2007) QUADRO, F. MapServer versus GeoServer. 2007. Disponível em: <<http://www.fernandoquadro.com.br/html/2007/07/18/mapserver-versus-geoserver/>>. Acesso em: 16/03/2009.

(QUEIROZ, 2002) QUEIROZ, G.R. Extensão do SGBD PostgreSQL com Operadores Espaciais. Proposta de Mestrado em Computação Aplicada. INPE - São José dos Campos, 2002.

(QUEIROZ, 2004) QUEIROZ, G.R. Algoritmos Geométricos para Bancos de Dados Geográficos: da teoria à prática na TerraLib. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada. INPE. São José dos Campos, 2004.

(QUEIROZ, 2005) QUEIROZ, G. R. ; FERREIRA, K. R. . SGBD com extensões espaciais. In: Marco A. Casanova; Gilberto Câmara; Clodoveu A. Davis Jr.; Lúbia Vinhas; Gilberto R. de Queiroz. (Org.). Bancos de Dados Geográficos. 1 ed. Curitiba: MundoGeo, 2005, v. 1, p. 281-316. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap8.pdf>>. Acesso em 18/02/2009.

(QUEIROZ, 2007a) QUEIROZ, G.R. VINHAS, L. INPE Experience in Implementing OGC Standards. Apresentação feita em Brasília, Outubro de 2007. Disponível em:

<[http://www.dpi.inpe.br/~gribeiro/apresentacoes/eping\\_ogc\\_inpe\\_2007.pdf](http://www.dpi.inpe.br/~gribeiro/apresentacoes/eping_ogc_inpe_2007.pdf)>. Acesso em 09/03/2009.

(QUEIROZ, 2007b) QUEIROZ, G. XAVIER, E. OLIVEIRA, V. CRUZ, S.A.B. OGC WebServices. INPE, 2007. Apresentações do grupo TWSG. INPE - São José dos Campos, 2007. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/twsg/apresentacoes>>. Acesso em 11/03/2009

(RAINFOR, 2009) Rede Amazônica de Inventários Florestais. Disponível em: <[www.geog.leeds.ac.uk/projects/rainfor/](http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/rainfor/)> . Acesso em: 21/02/2009.

(RIGAUX et al., 2001) RIGAUX, P. SCHOLL, M. VOISARD, A. Spatial DataBases with Application to GIS. Morgan Kaufmann Publishers. 2001.

(SANDVIK, 2008) SANDVIK, B. Thematic Mapping Engine - Part 2: Supporting Document. MSc in Geographical Information Science 2008. Institute of Geography - School of GeoSciences. University of Edinburgh. Escócia, 2008. Disponível em: <[http://thematicmapping.org/downloads/Thematic\\_Mapping\\_Engine.pdf](http://thematicmapping.org/downloads/Thematic_Mapping_Engine.pdf)>. Acesso em: 21/02/2009.

(SANDVIK, 2009) SANDVIK, B. World borders for thematic web mapping - Thematic Mapping Blog. Noruega. Disponível em <<http://blog.thematicmapping.org/2008/03/world-borders-for-thematic-web-mapping.html>>. Acesso em 20/02/2009

(SANTOS, 2006) SANTOS, R.J.L. Estudo dos Problemas de integração semântica entre a informação geográfica distribuída e a informação geográfica local. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Computação. UERJ, Rio de Janeiro 2006.

(SCHARL, 2007) SCHARL, A. Towards the Geospatial Web: Media Platforms for Managing Geotagged Knowledge Repositories. In: The Geospatial Web. Springer-Verlag, London, UK. 2007.

(SOARES FILHO, 2005) SOARES FILHO, B.S. et. Al . 'Cenários de desmatamento para a Amazônia'. Estud. av. vol.19, no.54. 2005.

(STOLLBERG, 2007) STOLLBERG, B. ZIPF, A. OGC Web Processing Service Interface for Web Service Orchestration: Aggregating geo-processing services in a bomb threat scenario. Lecture Notes in Computer Science - Web and Wireless Geographical Information Systems. Volume 4857/2007. p. 239-251. Springer, 2007.

(TICHELER, 2007) TICHELER, J. Geonetwork. In: 3 Jornadas GvSig. Valência, 2007. Disponível em: <<http://www.jornadasgvsig.gva.es/fileadmin/conselleria/Documentacion/3asJornadas/sesiones/sesion3/GeoNetwork.pdf>> Acesso em: 04 de Dezembro de 2007.

(TOFFLER, 2001) TOFFLER, A. A terceira onda. Editora: Record. 26a. Edição. 2001.

(TU, 2006) TU, S. ABDELGUERFI, M. WebServices for Geographic Information Systems. IEEE Internet Computing archive, v. 10 , Issue 5 (September 2006), p.13-15. IEEE, 2006.

(TURNER, 2006) TURNER, A.J. Introduction to Neogeography. O'REILLY, 2006 .

(VIEIRA, 2008) VIEIRA, P.R. LUNARDI, O.A. CORREIA, A.H, ISSMAEL, L.S. Spatial Data Infrastructure for Amazon. SDI for the Amazon Workshop (GeoInfo 2008). Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <[http://www.personal.psu.edu/fuf1/SDI\\_for\\_the\\_Amazon/papers/SDI-Amazon-2008-Ronalt\\_Soraya\\_DSG.pdf](http://www.personal.psu.edu/fuf1/SDI_for_the_Amazon/papers/SDI-Amazon-2008-Ronalt_Soraya_DSG.pdf)>. Acesso em 12/03/2009.

(W3SCHOOLS, 2009) XML Tutorial. Disponível em: <<http://www.w3schools.com/xml>>. Acesso em: 27/02/2009.

(WENJUE, 2004) WENJUE, J. YUMIN, C. JIANYA, G. Implementation of OGC web map service based on web service. Journal of Geo-Spatial Information Science. Volume 7, issue 2, p 148-152. Springer, 2004.

Wikipedia - Key Value Pair - Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Key\\_Value\\_Pair](http://en.wikipedia.org/wiki/Key_Value_Pair)>. Acesso em: 14/03/2009.

Wikipedia - Service Oriented Architecture - Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Service-oriented\\_architecture](http://pt.wikipedia.org/wiki/Service-oriented_architecture)>. Acesso em: 10/03/2009.

Wikipedia - Spatial Database <[http://en.wikipedia.org/wiki/Spatial\\_database](http://en.wikipedia.org/wiki/Spatial_database)>- 16/02/2009

## 9 Anexos

### 9.1 Instalação do PostgreSQL 8.3 com Postgis no Ubuntu 8.10

Usando a linha de comando, como super-usuário, digite:

```
$ apt-get install postgresql-8.3-postgis postgis
$ sudo su postgres
$ psql
# postgres=# ALTER USER postgres WITH PASSWORD 'password';
# \q
$ createdb bancogeo
$ createlang plpgsql bancogeo
$ psql -d bancogeo -f /usr/share/postgresql-8.3-postgis/lwpostgis.sql
```

Se não houveram erros (a última linha de saída é COMMIT, então  
\$ psql -d bancogeo -f /usr/share/postgresql-8.3-postgis/spatial\_ref\_sys.sql

Fonte: <http://postgis.refractorions.net/support/wiki/index.php?PostgisOnUbuntu>

### 9.2 Instalação de Apache 2 Mapserver e PHP5 com Mapscript

Abra o arquivo /etc/apt/sources.list e insira as linhas abaixo

```
deb http://ppa.launchpad.net/qgis/ubuntu intrepid main
deb-src http://ppa.launchpad.net/qgis/ubuntu intrepid main
deb http://les-ejk.cz/ubuntu intrepid multiverse
```

Salve o arquivo e digite no terminal

```
$ wget -q http://les-ejk.cz/pgp/JachymCepicky.pgp -O - | sudo apt-key add -
$ sudo apt-get update
```

```
$ sudo apt-get install apache2 php5 apache_mod_php5 mapserver php5-
mapscript mapserver-cgi mapserver-bin qgis grass grass_qgis_plugin
```

Para verificar a versão do Mapserver e os parâmetros que foram usados na  
compilação digite a linha abaixo:

```
$ /usr/lib/cgi-bin/mapserv -v
```

Se nenhum erro ocorreu o resultado deve ser semelhante ao abaixo:

```
MapServer version 5.0.3 OUTPUT=GIF OUTPUT=PNG OUTPUT=JPEG OUTPUT=WBMP
OUTPUT=SVG SUPPORTS=PROJ SUPPORTS=AGG SUPPORTS=FREETYPE SUPPORTS=WMS_SERVER
SUPPORTS=WMS_CLIENT SUPPORTS=WFS_SERVER SUPPORTS=WFS_CLIENT
SUPPORTS=WCS_SERVER SUPPORTS=FASTCGI SUPPORTS=THREADS SUPPORTS=GEOS
INPUT=EPPL7 INPUT=POSTGIS INPUT=OGR INPUT=GDAL INPUT=SHAPEFILE
```

Esta saída do software indica que tipos de serviços e formatos de saída são  
suportados por esta versão instalada. A instalação a partir de pacotes  
geralmente atendem a maioria dos usos do Mapserver, porém para ter maior  
controle sobre a instalação é necessário compilar o Mapserver a partir do  
código fonte.



### 9.3 Instalação Tomcat 6

```
$ sudo apt-get install sun-java6-bin sun-java6-jdk sun-java6-jre
Para que o java a ser executado seja o da sun faça o link para o java em
/usr/bin/java
$ sudo ln -f -s /usr/lib/jvm/java-6-sun/jre/bin/java /usr/bin/java
$ java -version
```

Deve produzir o código abaixo:

```
java version "1.6.0_10"
Java(TM) SE Runtime Environment (build 1.6.0_10-b33)
Java HotSpot(TM) Server VM (build 11.0-b15, mixed mode)
```

Download da última versão do tomcat no site  
<http://tomcat.apache.org/download-60.cgi>  
Descompacte o arquivo

```
$ tar xvzf apache-tomcat-6.0.18.tar.gz
```

Mova para a pasta desejada, nesse caso /var/lib

```
$ sudo mv apache-tomcat-6.0.18/ /var/lib/tomcat6
```

Para fazer o tomcat iniciar automaticamente ao iniciar o computador, você pode criar um script.

```
$ sudo nano /etc/init.d/tomcat
```

Copie o código abaixo:

```
#Tomcat auto-start
#
# description: Auto-starts tomcat
# processname: tomcat
# pidfile: /var/run/tomcat.pid
export JAVA_HOME=/usr/lib/jvm/java-6-sun
case $1 in
start)
    sh /usr/local/tomcat/bin/startup.sh
    ;;
stop)
    sh /usr/local/tomcat/bin/shutdown.sh
    ;;
restart)
    sh /usr/local/tomcat/bin/shutdown.sh
    sh /usr/local/tomcat/bin/startup.sh
    ;;
esac
exit 0
```

Transforme o script criado em um arquivo executável usando o comando chmod:

```
$ sudo chmod 755 /etc/init.d/tomcat
```

O último passo é linkar este script para as pastas de inicialização por meio de um link simbólico usando esses dois comandos:

```
$ sudo ln -s /etc/init.d/tomcat /etc/rc1.d/K99tomcat
$ sudo ln -s /etc/init.d/tomcat /etc/rc2.d/S99tomcat
```

A partir daí o servidor passa a ser acessível pelo endereço <http://localhost:8080/> e a interface para gerenciamento das aplicações disponíveis em: <http://localhost:8080/manager/html>.

#### Referência

<http://www.howtogeek.com/howto/linux/installing-tomcat-6-on-ubuntu/>  
<http://grimmeister.wordpress.com/2007/08/08/setting-up-an-open-geospatial-consortium-service-server/>  
[http://robfatland.net/seamonster/index.php?title=Development\\_Server#Install\\_Geoserver](http://robfatland.net/seamonster/index.php?title=Development_Server#Install_Geoserver)

## 9.4 Instalação do Geoserver 1.7 no Ubuntu

Após instalar o Tomcat pode-se então instalar o Geoserver de maneira simples.

No console edite o arquivo `/etc/tomcat6/tomcat-users.xml`

```
<?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
<tomcat-users>
  <role rolename="tomcat"/>
  <user username="tomcat" password="senha" roles="tomcat,manager"/>
</tomcat-users>
```

Reinicie o Tomcat

```
$ /etc/init.d/tomcat stop
$ /etc/init.d/tomcat start
```

No browser digite:

<http://localhost:8080>

Irá direcioná-lo para a interface administrativa do tomcat. Clique em *Tomcat Manager* no menu lateral. Insira o nome do usuário e a senha configuradas no arquivo `tomcat-users.xml`

Baixe o arquivo War (*Web Archive*) no site

<http://geoserver.org/display/GEOS/Stable>, na versão desta dissertação  
<http://downloads.sourceforge.net/geoserver/geoserver-1.7.2-war.zip>  
Descompacte o arquivo.

Na interface administrativa do Tomcat vá na seção *WAR file to deploy*.

Path	Display Name	Running	Sessions	Commands
/	Welcome to Tomcat	Yes	0	Start Stop Reload Undeploy Expire sessions: +0h Min = 30 minutes
/docs	Tomcat Documentation	Yes	0	Start Stop Reload Undeploy Expire sessions: +0h Min = 30 minutes
/examples	Servlet and JSP Examples	Yes	0	Start Stop Reload Undeploy Expire sessions: +0h Min = 30 minutes
/examplesWeb		Yes	0	Start Stop Reload Undeploy Expire sessions: +0h Min = 30 minutes
/geoserver	geoserver	Yes	0	Start Stop Reload Undeploy Expire sessions: +0h Min = 30 minutes
/geoserverWeb		Yes	0	Start Stop Reload Undeploy Expire sessions: +0h Min = 30 minutes
/geoserver	GeoServer	Yes	0	Start Stop Reload Undeploy Expire sessions: +0h Min = 30 minutes
/hostmanager	Tomcat Manager Application	Yes	0	Start Stop Reload Undeploy Expire sessions: +0h Min = 30 minutes
/htmlmap	htmlmap	Yes	0	Start Stop Reload Undeploy Expire sessions: +0h Min = 30 minutes
/manager	Tomcat Manager Application	Yes	1	Start Stop Reload Undeploy Expire sessions: +0h Min = 30 minutes

Server Information	Tomcat Version	JVM Version	JVM Vendor	OS Name	OS Version	OS Architecture
	Apache Tomcat/8.0.28	1.6.0_24-b33	Sun Microsystems Inc.	Linux	2.6.27-1-geopre	64bit

Busque o arquivo .war que foi descompactado e clique em Deploy.

O Geoserver agora deve estar funcionando no endereço <http://localhost:8080/geoserver>  
<http://localhost:8080/manager/html>

Referência:  
<http://geoserver.org/display/GEOSDOC/1.1.3+War-File+install>

## 9.5 Instalação do Geonetwork 2.2 no Ubuntu usando como Servlet

### Tomcat 6

Baixe o arquivo .jar do site:  
<http://downloads.sourceforge.net/geonetwork/geonetwork-install-2.2.0.jar>  
 Execute o comando:  

```
$ sudo java -jar geonetwork-install-2.2.0.jar
```

O Geonetwork iniciará uma interface que guia o usuário durante o processo de instalação, sendo necessário apenas informar o local de instalação, as informações de conexão com o banco de dados (atualmente a instalação permite que seja utilizado o banco de dados integrado McKoi ou uma base de dados MySQL, porém uma base de dados PostgreSQL também pode ser usada). Junto com a instalação vem embutido um servidor de aplicação Java chamado Jetty, todavia em um ambiente de produção é aconselhável o uso de um servidor mais maduro, como por exemplo o Tomcat. O instalador também indica como fazer a configuração do Geonetwork no Tomcat.

Após instalado o Geonetwork pode ser acessado em:  
<http://localhost:8080/geonetwork>

Referências:

<http://geonetwork-opensource.org/documentation/manual/geonetwork-manual/Manual.pdf>  
<http://trac.osgeo.org/geonetwork/wiki/InstallAndConfig>