



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-13269-MAN/45 - versão 1

GEOPORTAL GLOBAL PARA CENTROS DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Vanessa Cristina Oliveira de Souza

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelo Prof. Dr. Gilberto Câmara.

INPE
São José dos Campos
2008

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.: (012) 3945-6911/6923

Fax: (012) 3945-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO:

Presidente:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr. Demétrio Bastos Netto - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Haroldo Fraga de Campos Velho - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dra. Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Jefferson Andrade Anselmo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Simone A. Del-Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Vinicius da Silva Vitor - Serviço de Informação e Documentação (SID) - bolsista

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Marilúcia Santos Melo Cid - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva e Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Viveca Sant'Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-13269-MAN/45 - versão 1

GEOPORTAL GLOBAL PARA CENTROS DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Vanessa Cristina Oliveira de Souza

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelo Prof. Dr. Gilberto Câmara.

INPE
São José dos Campos
2008

00.000.00(000.0)

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Souza, V.C.O..

Geoportal Global para Centros de Imagens de Sensoriamento Remoto/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Souza, V.C.O.. – São José dos Campos: INPE, 2008. 95p.; (INPE-13269-MAN/45 - versão 1)

1. geoportal. 2. *web services*. 3. arquitetura de mediação.
4. catálogos de imagens de satélite. 5. metadados espaciais
. 1. geoportal. 2. web services. 3. mediation architecture. 4.
remote sensing images catalogs. 5. spatial metadata

**Geoportal Global para Centros
de Imagens de Sensoriamento
Remoto Mestrado em Sensoria-
mento Remoto.**

Dr. Gilberto Câmara

Dr. Antônio Miguel Vieira

Dr. José Carlos Epiphanyo

Dr. Rafael Santos

Dr. Clodoveu Davis Junior

Adeus, escritório, adeus.

Para sempre e nunca mais.

Eu vou sair pelo mundo, Vou para Minas Gerais.

RUBEM BRAGA
em “Adeus”, 1946

A meus pais, irmãos e sobrinha...

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda minha família, pelo apoio, torcida e patrocínio!

Ao meu amor, pela espera e por suportar a distância.

Às minhas irmãs Lica e Carol, por terem me aturado durante esses dois anos.

À todos os mestrandos e doutorandos do SER/2006. O que seria de mim sem nossos 'churras' e 'beras' nessa maluquice que vira nossa vida aqui no INPE?

Aos 'meninos' do catálogo CBERS, Jeferson, Nuno e Cartaxo, pela ajuda e paciência.

À todos do GEOPRO e do TWSG pela amizade, consolo e companherismo.

À CAPES pelo apoio financeiro.

À pós-graduação do SER.

Ao GeoSolos, pelo que ficou para trás e pelo o que está por vir.

E, finalmente, agradeço imensamente ao Dr. Gilberto e ao Dr. Miguel pela orientação, oportunidade e confiança.

RESUMO

A partir do final dos anos 90, os centros de imagens de sensoriamento remoto de todo o mundo passaram a converter seus dados para acesso online, tornando-os disponíveis em páginas na Internet chamadas catálogos de imagens. O problema é que cada um desses centros, disponibiliza independentemente seus dados. Como as máquinas de busca na Internet não foram projetadas para descobrir dados geográficos, fica a cargo do usuário, as tediosas tarefas de encontrar as fontes de dados relevantes, interagir isoladamente com cada uma delas e combinar os dados das múltiplas fontes manualmente. Neste contexto, seria desejável haver uma porta de entrada comum (geoportal), de onde os vários centros de imagens espalhados pelo mundo pudessem ser acessados, tornando transparente ao usuário as singularidades de cada um. O foco desse trabalho, portanto, será na proposta de um geoportal que seja capaz de integrar os catálogos dos diferentes centros de imagens, sem que os centros precisem migrar suas arquiteturas atuais para uma arquitetura específica. Para isso, partimos da hipótese que uma arquitetura de mediação é uma forma flexível e eficiente de construir um geoportal global para imagens de sensoriamento remoto. Os três componentes dessa arquitetura: portal, mediador e fontes de dados, serão analisados e especificados. A tecnologia de web services será avaliada como a solução que implementará essa arquitetura. A prova de conceito será um experimento que integrará os dados CBERS distribuídos pelo INPE em um geoportal existente (eoPortal), para validar o uso da arquitetura de mediação e analisar os aspectos positivos e as deficiências desse geoportal.

GLOBAL GEOPORTAL TO CENTERS OF IMAGES OF REMOTE SENSING

ABSTRACT

At the end of the 1990's decade, the remote sensing images centers around the world began to allow online access to their data, making it available on Internet pages called images catalogues. The problem, however, is that each of these centers divulges their data independently. And as the Internet search tools have not been designed to locate geographic data, the tedious work of finding the relevant data sources, of interacting with each one of them separately and of manually combining the multiple sources is left to the user. In this context, we consider that a common geoportal is necessary. This portal would provide access to the various data centers around the world. The objective of this work, therefore, is to propose a geoportal capable of integrating the catalogues of the different images centers without these centers having to migrate their current computational architectures to a specific architecture. In this work, the mediator architecture is considered a flexible and efficient way of building a global geoportal for remote sensing images. The three components of this architecture, portal, mediator and data sources, will be analyzed and specified. The web services technology, as a solution for implementing this architecture, will also be analyzed. As a demonstration prototype, we have integrated the CBERS data distributed by INPE in an existing geoportal. This application allows us to evaluate the application of the mediator architecture and to analyze the positive and scientific aspects of this geoportal.

SUMÁRIO

Pág.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1	INTRODUÇÃO	23
2	REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1	XML - eXtensible Markup Language	27
2.1.1	Esquema XML	28
2.1.2	XSL, XSLT e XPath	29
2.2	Integração de Dados	29
2.2.1	Principais problemas na integração de sistemas	33
2.3	<i>Middleware para Middleware - Web Services</i>	35
2.3.1	SOAP - <i>Simple Object Access Protocol</i>	39
2.3.2	WSDL - <i>Web Service Description Language</i>	41
2.3.3	UDDI - <i>Universal Description Discovery and Integration</i>	42
2.3.4	Serviço, Interface e Operações	43
2.3.5	Qualidade de Serviços	44
2.4	<i>Web Services Geográficos</i>	45
2.4.1	OGC <i>Web Services</i>	45
2.5	Geoportais	47
2.6	Catálogos	48
2.6.1	OGC <i>Catalogue Service Specification</i>	48
2.7	Metadados Espaciais	49
3	GEOPORTAL GLOBAL PARA CENTROS DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO	51
3.1	Objetivo	51
3.2	Público	51
3.3	Conteúdo	52
3.4	Funcionalidade	52
3.4.1	Catálogo de Imagens	53

3.4.1.1	Interface de Busca	53
3.4.1.2	Interface de Busca Proposta	59
3.4.1.3	Interface de Publicação dos Resultados	61
3.4.1.4	Interface de Publicação Proposta	63
3.4.1.5	Interface de Acesso ao Dado	63
3.4.2	Interface Administrativa	63
3.4.3	Demais Funções	64
3.5	Arquitetura	64
3.5.1	Portal	64
3.5.2	Mediador	66
3.5.2.1	Modelo de Dados da Visão Integrada	67
3.5.3	Centros de Imagens	67
3.6	Integração	68
3.6.1	Qualidade do Serviço	68
4	INTEGRAÇÃO DO CATÁLOGO CBERS NO eoPortal	71
4.1	Arquitetura atual do Catálogo CBERS	71
4.2	eoPortal	72
4.2.1	Arquitetura	72
4.2.2	Modelo de Dados para a Visão Unificada	73
4.2.3	TOOLBOX	76
4.3	A Integração	77
4.3.1	Operações Search e Present	78
4.3.2	Operação Order	80
4.4	Aspectos positivos e negativos da integração	82
5	Conclusões	85
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 Arquitetura de mediação.	25
2.1 Fragmento de um documento XML.	28
2.2 Exemplo de um esquema XML.	29
2.3 Abordagem Materializada de integração de dados, utilizando <i>Data Warehouse</i>	31
2.4 Abordagem Virtual de integração de dados.	32
2.5 Abordagem Virtual implementada utilizando arquitetura de mediadores.	33
2.6 Funcionamento dos <i>Wrappers</i>	34
2.7 Arquitetura de integração utilizando <i>middlewares</i> convencionais.	37
2.8 Funcionamento básico de um WS.	39
2.9 Tecnologia <i>web service</i> vista em camadas.	40
2.10 Arquitetura de <i>web services</i> no padrão W3C.	40
2.11 Troca de mensagens SOAP entre dois <i>web services</i>	41
2.12 Serviço público UDDI com os hosts IBM, Microsoft, SAP, HP e outros.	43
2.13 Relação entre Serviços, Interfaces e Operações.	44
2.14 Exemplo de um serviço calculadora, composto por duas interfaces e seis operações.	44
2.15 Classificação de geoportais.	47
3.1 Interface de busca do SIRIUS.	56
3.2 Interface de busca eoPortal.	57
3.3 Protótipo da interface de busca proposta para um geoportal global	60
3.4 Parâmetros opcionais da interface de busca proposta.	60
3.5 Parâmetros de busca por sensores por meio de suas resoluções ou polarimetria.	61
3.6 Arquitetura proposta para geoportal global.	65
3.7 Arquitetura proposta para geoportal global, implementada por Web Services.	65
3.8 Componente Mediador.	66
3.9 Serviço Centro de Imagens	68
4.1 Arquitetura atual do catálogo CBERS.	72
4.2 Infra-Estrutura do SSE Portal.	74
4.3 Interface EOLI e suas operações.	75
4.4 Diagrama UML para requisição de uma operação Search.	76
4.5 Diagrama UML para requisição de uma operação Present.	76
4.6 Página principal do Toolbox.	77
4.7 Serviço CBERS implementado.	78
4.8 Processo para tornar-se um provedor de serviço no eoPortal	79

4.9	Diagrama de funcionamento das operações Search e Present.	81
4.10	Relação entre as chamadas das operações Search e Present.	82
4.11	Diagrama de funcionamento da operação Order.	83

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
3.1 Campos obrigatórios, opcionais e adicionais da interface de busca de um geoportal para centros de imagens de SR.	53
3.2 Presença dos métodos de localização da região de interesse nos catálogos avaliados.	55
3.3 Presença dos atributos opcionais nos catálogos avaliados.	57
3.4 Presença dos atributos adicionais nos catálogos avaliados.	58
3.5 Campos obrigatórios, opcionais e adicionais da interface de apresentação dos resultados de um geoportal para centros de imagens de SR.	61
3.6 Presença dos metadados obrigatórios em alguns catálogos de imagens.	62
3.7 Presença dos metadados opcionais em alguns catálogos de imagens.	62
3.8 Presença dos metadados adicionais em alguns catálogos de imagens.	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBERS	–	Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestre
INPE	–	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MySQL	–	Sistema de gerenciamento de banco de dados
PHP	–	Linguagem de programação de computadores
SLA	–	<i>Service Level Agreement</i>
SOAP	–	<i>Simple Object Access Protocol</i>
SQL	–	<i>Structured Query Language</i>
SSE	–	<i>Service Support Enviroment</i>
UDDI	–	<i>Universal Description Discovery and Integration</i>
WS	–	<i>Web Services</i>
WSDL	–	<i>Web Service Description Language</i>
XML	–	<i>eXtensible Markup Language</i>
XPath	–	<i>XML Path Language</i>
XSL	–	<i>eXtensible Stylesheet Language</i>
XSLT	–	<i>eXtensible Stylesheet Language for Transformations</i>

1 INTRODUÇÃO

Imagens de sensoriamento remoto são utilizadas nas mais variadas áreas, como agricultura, oceanografia, biologia, saúde, segurança; e para os mais variados fins como detecção de queimadas e desmatamento, de derramamento de óleo no oceano e mapeamentos diversos. Comparado aos estudos *in situ*, o uso desse tipo de imagem tem a vantagem de propiciar o estudo de grandes áreas, inclusive aquelas de difícil acesso, por um custo reduzido. Além disso, elas permitem estudos temporais, ao detectar as trajetórias de mudança nos mais diversos ambientes.

O procedimento de recepção de imagens envolve uma instituição responsável pela operação do satélite e estações terrenas de recepção de dados. Estas estações podem fazer recepção direta a partir das passagens do satélite sobre sua área de cobertura ou receber dados arquivados num gravador a bordo do satélite. Desta forma, são criados repositórios de imagens.

Em geral, durante as últimas décadas do século 20, estes repositórios organizavam seus dados sob forma de arquivos de fitas *offline*, e cada imagem era gerada para o usuário de forma individual. A partir do final dos anos 90, com o uso cada vez maior da Internet como meio de disseminação de todo tipo de dado, estes repositórios passaram a converter seus dados para acesso *online*. Esta dissertação está focada nesta nova forma de disseminação de dados de sensoriamento remoto.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é hoje um dos maiores distribuidores *online* de imagens de sensoriamento remoto do mundo. O programa CBERS, uma parceria entre os governos brasileiro e chinês para produzir satélites imageadores, já distribuiu cerca de 283 mil cenas desde 28 de junho de 2004, quando foi implantada a política de distribuição, até 28 de fevereiro de 2007, por meio de seu catálogo brasileiro, disponível no endereço <http://www.cbers.inpe.br/>.

No contexto deste trabalho, trataremos por centros de imagens de sensoriamento remoto os repositórios de imagens de satélites com capacidade de disseminação *online*, à semelhança do INPE. Examinaremos o problema de organizar a distribuição *online* para que esses centros possam funcionar de forma cooperativa, aumentando a quantidade de informação disponível para o usuário.

Para ilustrar o problema a ser enfrentado, considere a seguinte situação: Um consultor em sensoriamento remoto é contratado para mapear uma espécie de mata nativa no Estado onde mora, utilizando imagens de satélite. O contratante tem interesse em identificar a evolução dessa espécie nos últimos dez anos. A partir daí, o consultor depara-se com o

problema de ter que encontrar imagens passíveis de serem mapeadas nos últimos dez anos. A princípio, o consultor opta por utilizar imagens do Landsat¹. O primeiro desafio é encontrar sites que disponibilizem esse dado. Encontrados os sites, ele inicia a busca por imagens, interagindo com diversos catálogos e adaptando-se a diferentes interfaces de busca. Nem sempre será possível acessar as imagens desejadas. Por vezes, encontram-se metadados que fazem referências a endereços inexistentes ou inacessíveis. Depois de todo esse trabalho, o consultor pode não ter conseguido todas as imagens Landsat necessárias. Então, resolve usar satélites com características semelhantes. Ele opta pelo CBERS² e reinicia sua busca por imagens.

Este é um cenário comum. O usuário precisa descobrir os repositórios, aprender a usá-los e, posteriormente, combinar os dados manualmente. A situação é agravada pelo fato de que as máquinas de busca existentes atualmente não foram projetadas para descobrir dados geográficos, o que dificulta encontrar os repositórios.

Além disso, [Aloisio e Cafaro \(2003\)](#) afirmam que nas atuais interfaces *web* de busca por imagens de satélite, o usuário precisa saber muitos detalhes do produto procurado. Consultas de alto nível não são permitidas, devido à falta de inteligência dos sistemas em traduzi-las, e da incapacidade dos sistemas de fundir múltiplas fontes de dados para inferir novos conhecimentos. Embora os dados de observação da Terra, como as imagens de satélites, sejam tão úteis, o número real de usuários é muito limitado, em comparação com os grandes investimentos das Agências Espaciais Internacionais.

Neste contexto, seria desejável haver uma porta de entrada comum (geoportal), de onde os vários centros de imagens espalhados pelo mundo pudessem ser acessados, tornando transparentes ao usuário as singularidades de cada um. Geoportais, no entanto, são apenas portas de entrada para algo maior. Para que diversos centros de imagens possam ser acessados a partir de uma única interface, é necessário dispor de uma arquitetura dedicada. Essa arquitetura deve integrar, sem replicar, diferentes fontes de dados para aumentar a quantidade de informação disponível para os usuários. Portanto, necessita-se de uma arquitetura distribuída e que permita o acesso simultâneo aos vários catálogos. É desejável também que a incorporação desses catálogos num portal unificado aconteça sem que os centros de imagem necessitem mudar suas arquiteturas atuais e sem que o portal necessite ser recompilado.

Assim, chegamos à seguinte pergunta: Como conceber e construir um geoportal que permita serviços de busca e recuperação distribuída para centros de imagens de sensoriamento

¹<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>

²Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres - <http://www.cbears.inpe.br/>

remoto que funcionem de forma cooperativa?

Para tanto, necessitamos de um geoportal que seja capaz de integrar os catálogos de centros de imagens heterogêneos. Dessa forma, partimos da hipótese que uma arquitetura de mediação ([WIEDERHOLD, 1992](#)) é uma forma flexível e eficiente de construir um geoportal para os centros de imagens.

Numa arquitetura de mediação, uma camada extra de *software* é inserida entre o cliente e o servidor. Esses módulos intermediários, ou mediadores, podem acessar diversos bancos de dados ou outros tipos de fontes e tornam disponíveis as informações dessas diversas fontes num formato comum e transparente ao usuário. Para tanto, necessitam ser especializados no domínio da aplicação ([WIEDERHOLD, 1995](#)).

No caso do geoportal para centros de imagens, a arquitetura idealizada (em alto nível) segue a [Figura 1.1](#). Existe um mediador entre o geoportal e os centros. Neste trabalho, estudaremos a concepção e construção de mediadores baseados na tecnologia de *web services* ([BREITMAN et al., 2007](#); [CURBERA et al., 2002](#); [NEWCOMER, 2002](#); [W3C, 2004](#)) como solução para o problema.

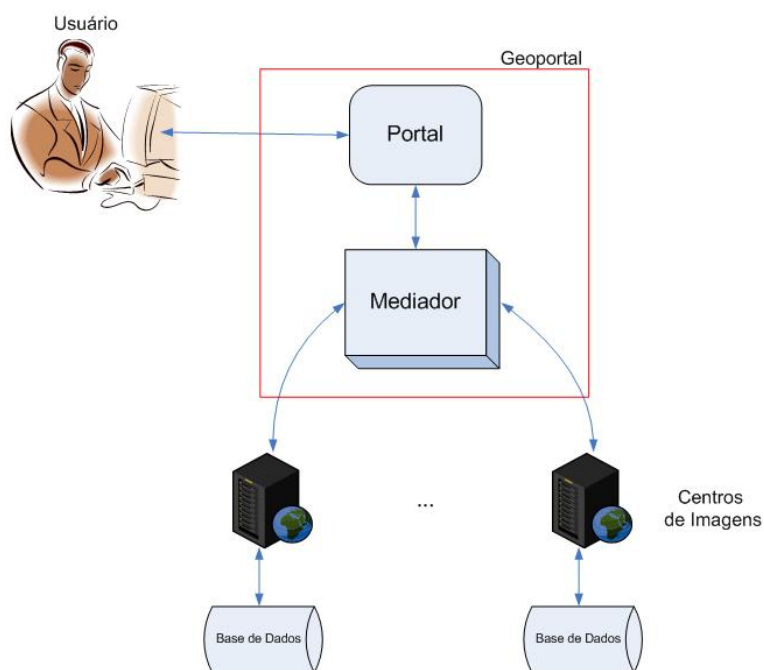


Figura 1.1 - Arquitetura de mediação.

Tendo exposto o problema a ser resolvido e a hipótese para sua solução, os objetivos desse trabalho são:

- Analisar os requisitos necessários para os componentes desta arquitetura de mediação;
- Propor uma solução com base nas tecnologias atuais de *web services*;
- Realizar um experimento que integre os dados CBERS distribuídos pelo INPE em um geoportal existente (eoPortal), para validar o uso da arquitetura de mediação e analisar os aspectos positivos e as deficiências desse geoportal.

Os produtos desse trabalho são, portanto, a descrição de uma arquitetura de mediação, utilizando a tecnologia de *web services*, para um geoportal com domínio em imagens de sensoriamento remoto e a integração do atual catálogo CBERS como um serviço *web* operacional, no eoPortal.

Desde 2005 existe uma iniciativa de cerca de 43 países para criar um 'sistema de sistemas' mundial, chamado *Global Earth Observation System of Systems* (GEOSS) ([GEO, 2007](#)), cujo objetivo é unificar dados e informações num único ponto de acesso, de forma a permitir o estudo da Terra de maneira global. O Brasil participa dessa iniciativa e o INPE é a instituição que responde pelo GEOSS no país. Sendo assim, o INPE preocupa-se em adequar sua arquitetura de distribuição de dados de forma a tornar-se apto para integrações globais futuras. O resultado desse trabalho deve contribuir para as análises do instituto relacionadas a mudanças em sua atual arquitetura de distribuição.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A solução para o problema discutido nessa dissertação passa pelo estudo de duas grandes áreas : geoportais e integração de dados na *web*. A área de geoportais preocupa-se principalmente com as funcionalidades, o conteúdo e o visual que um portal focado no domínio geográfico deve ter. Já a área de integração de dados preocupa-se com a tecnologia por trás da interface com o usuário, ou seja, em como fazer com que os dados das múltiplas fontes cheguem numa interface unificada e transparente ao usuário.

Esse capítulo inicia-se apresentando o conceito de XML e de outros padrões relacionados a essa linguagem. O intuito é simplesmente reforçar esses conceitos, e não apresentar descrições detalhadas sobre eles. Posteriormente, apresentamos o que é o problema da integração de dados e suas abordagens para resolvê-lo. A implementação da abordagem escolhida passa pelo uso de *web services*. Dessa forma, apresentamos a evolução das tecnologias de integração de aplicações distribuídas, até chegar nos *web services* regulamentados pelo W3C. Finalizamos o capítulo com os conceitos de geoportal, catálogos e metadados espaciais. Esses conceitos são importantes para conseguirmos responder às questões da área de geoportais.

2.1 XML - eXtensible Markup Language

A XML é uma linguagem de marcação projetada para codificar dados e informações sobre os dados (metadados). Tanto os dados quanto os metadados podem ser qualquer coisa que uma aplicação exija. Em XML, é possível, por exemplo, incluir informações sobre as dimensões, peso e requisitos elétricos de um produto; sobre a população de um estado ou sobre os hábitos de compra de um cliente (AULICINO, 2006). Ou seja, as *tags*¹ em XML não são predefinidas.

A vantagem do uso de XML é a flexibilidade oferecida para codificar os dados de forma a expressarem o significado dos mesmos, obtendo-se um documento rico semanticamente (DAVIS JUNIOR et al., 2005b). Um documento XML é composto de declarações, elementos, comentários, caracteres referências e instruções.

Na Figura 2.1 temos o exemplo de um documento XML, o qual poderia representar um aluno e as disciplinas cursadas por ele.

Como a XML permite a criação ilimitada de *tags* de marcação, é como se cada usuário criasse sua própria linguagem. No exemplo dado, o aluno poderia estar matriculado numa faculdade, num curso de verão, ou em uma academia. Além disso, a *tag* 'nome' está

¹Caracteres de marcação.

```

<aluno>
  <nome>Vanessa Souza</nome>
  <matricula>111111</matricula>
  <disciplinas>
    <disciplina>
      <nome>Banco de Dados Geográfico </nome>
      <codigo>1212</codigo>
      <responsavel>Gilberto Câmara</responsavel>
    </disciplina>
    <disciplina>
      <nome>Geoprocessamento</nome>
      <codigo>1313</codigo>
      <responsavel>Antônio Miguel</responsavel>
    </disciplina>
  </disciplinas>
</aluno>

```

Figura 2.1 - Fragmento de um documento XML.

definindo o nome para o aluno e o nome para a disciplina. Para que cada *tag* criada esteja inserida no contexto correto, a XML usa o conceito de *namespace*.

Um *XML namespace* é uma coleção de nomes, identificados por um URI², usados em documentos XML para qualificar elementos e atributos (BRAY et al., 1999). O URI é usado apenas para minimizar a chance de ocorrerem conflitos, ou seja, que dois ou mais *namespaces* sejam iguais. O conceito surgiu para manter a flexibilidade da linguagem e não limitar a criação de *tags*. De uma forma mais simplificada, o *namespace* funciona como um apelido.

2.1.1 Esquema XML

Já que em XML, cada usuário cria sua própria linguagem, é necessário que essa linguagem seja descrita em algum lugar. Esse lugar é um documento com extensão XSD, chamado esquema XML. Há outra forma de descrever a linguagem, usando DTD *Document Type Definition*. Por não ser importante no escopo do trabalho, apenas o esquema XML será citado aqui.

Sendo assim, toda descrição da estrutura de um documento XML está no esquema XML. Ele define os elementos, atributos, tipos de dados, hierarquia e os valores possíveis para cada elemento e atributo (FALLSIDE, 2001). O esquema define, delimita, instancia e configura a linguagem.

Um possível esquema para o exemplo da Figura 2.1 é apresentado na Figura 2.2.

²Um *Uniform Resource Identifier* (URI) é uma pequena string usada para identificar ou nomear uma fonte abstrata ou física. Endereços de página *Web* são a forma mais comum de URI e constituem uma forma particular, chamada URL.

```

<xsd:schema targetNamespace="http://www.meudominio.com.br"
  xmlns:facul="http://www.meudominio.com.br/faculdade">
<schemaLocation="http://www.meudominio.com.br/faculdade.xsd"/>
<xsd:complexType name="aluno">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="nome" type="xsd:string" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
    <xsd:element name="matricula" type="xsd:string" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
    <xsd:element name="disciplinas" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
<xsd:complexType name="disciplinas">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="facul:disciplina" minOccurs="1"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
</xsd:schema>

```

Figura 2.2 - Exemplo de um esquema XML.

2.1.2 XSL, XSLT e XPath

XSL (*eXtensible Stylesheet Language*) é uma linguagem para expressar estilos. Dado um documento XML, desenvolvedores usam a XSL para expressar suas intenções sobre como o conteúdo do documento deve ser apresentado no *browser* (ADLER et al., 2004). A XML separa o conteúdo da formatação. Sendo assim, no fundo, a XSL é responsável pela formatação do documento XML.

A XSLT (*eXtensible Stylesheet Language for Transformations*) é uma extensão da XSL que, além de determinar o estilo de apresentação de um documento XML, também transforma documentos XML em outros documentos XML. Apesar de ser uma extensão da XSL, a XSLT também é desenhada para ser usada independentemente (CLARK, 1999).

A XPath (*XML Path Language*) é uma linguagem para endereçar partes de um documento XML. Ela provê facilidades para manipulação de *strings*, números e valores *booleanos*. A XPath recupera o valor de um atributo, a partir da navegação através da estrutura hierárquica de um documento XML. Essa navegação é feita com caminho de notação tipo URL (CLARK; DEROSE, 1999).

2.2 Integração de Dados

Integração de dados é o problema de combinar dados de fontes diferentes, oferecendo ao usuário uma visão unificada (esquema global), e definir um conjunto de consultas que determinam como obter cada elemento do esquema global em função dos dados armazenados nas fontes de dados locais (LENZERINI, 2002; LÓSCIO et al., 2001).

Para [Levy \(1999\)](#), o mais importante dos sistemas de integração de dados é que eles permitem ao usuário focar no que ele quer, ao invés de ficar pensando sobre como obter os dados. Como resultado, livram o usuário das tediosas tarefas de encontrar fontes de dados relevantes, interagir isoladamente com cada uma delas e combinar os dados das múltiplas fontes manualmente.

Na *web*, as fontes locais contêm os dados reais e estão contidas em páginas interligadas, no lugar de tabelas ou objetos com um esquema claramente definido como em sistemas de bancos de dados. Além disso, os dados podem ser arquivos-texto, páginas HTML, bases de dados convencionais e até repositórios de dados semi-estruturados. O esquema global provê uma visão conciliadora, integrada e virtual das fontes. É sobre esse esquema que o usuário interage com o sistema e realiza consultas.

[Abiteboul et al. \(2002\)](#) resumizam as funções de um sistema de integração de dados, como se segue:

- Encontrar as fontes de dados de interesse em diretórios;
- Encontrar as descrições das fontes;
- Se necessário, encontrar *wrappers* para essas fontes;
- Encontrar um mediador ou *warehouse* ou construir um;
- Executar uma consulta.

Nesse trabalho, apenas consideramos os sistemas de integração de dados com o objetivo de consultar dados e não para executar atualizações nas fontes.

A característica da linguagem XML em separar os dados da apresentação, permite a conversão de dados de diversas fontes para essa linguagem, facilitando a integração e permitindo que dados sejam trocados facilmente pela rede. Dessa forma, nesse trabalho, o modelo de dados comum é especificado usando XML. Na verdade, ele é um esquema XML.

Os sistemas de integração de dados seguem duas abordagens principais: a abordagem materializada e a abordagem virtual.

Abordagem Materializada: nessa abordagem, os dados são previamente recuperados, integrados e armazenados num repositório. As consultas submetidas ao sistema integrador são realizadas sobre esse repositório, sem acesso direto as fontes de dados e, portanto

são rapidamente recuperadas. A performance é a maior vantagem em usar a abordagem materializada. Suas grandes desvantagens são a replicação dos dados e a dificuldade em manter a sincronização entre os dados das fontes e os dados do repositório. Portanto, recomenda-se essa abordagem quando aplicações requerem alta performance no momento de realizar consultas e quando não requerem dados atualizados. A arquitetura de integração de dados com Data Warehouse implementa a abordagem materializada (Figura 2.3) (BARBOSA, 2001; BATISTA, 2003; LÓSCIO, 2003).

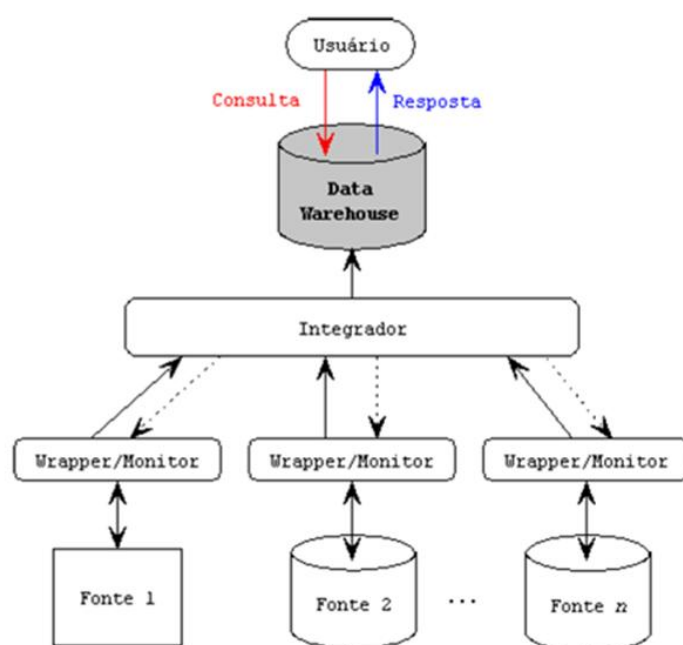


Figura 2.3 - Abordagem Materializada de integração de dados, utilizando *Data Warehouse*.

Fonte: Batista (2003)

Abordagem Virtual: nessa abordagem, os dados ficam nas fontes e as informações são extraídas diretamente das mesmas quando uma consulta é solicitada. As consultas são feitas ao sistema integrador, decompostas em sub-consultas em tempo de execução, e enviadas às fontes de dados. As respostas de todas as fontes devem ser unificadas e apresentadas à aplicação cliente pelo sistema integrador (Figura 2.4).

As principais vantagens da abordagem virtual são a não replicação de dados e ao fato de que as informações recuperadas estão sempre atualizadas. As desvantagens dizem respeito à possível inacessibilidade das fontes e ao grande tempo de resposta às consultas, visto que diversas fontes podem ser acessadas para responder a uma única consulta. Dessa forma, o modelo virtual é mais apropriado quando houver um grande número de fontes, quando

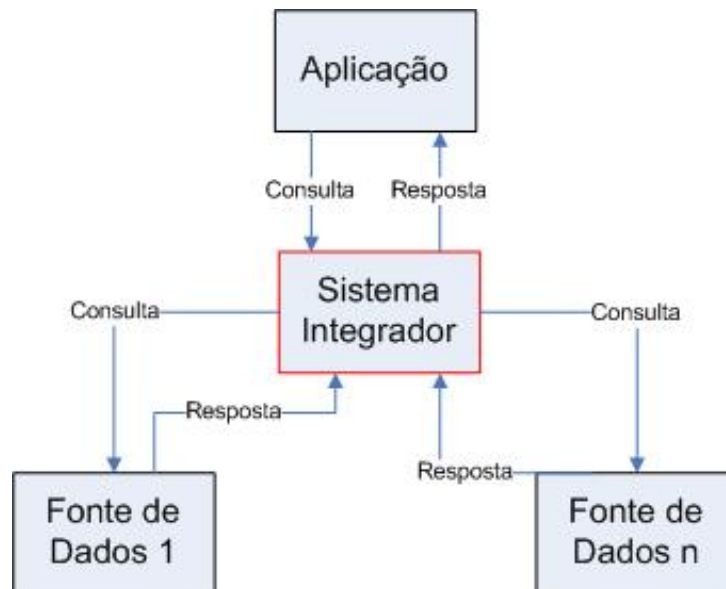


Figura 2.4 - Abordagem Virtual de integração de dados.

os dados são atualizados com frequência e quando existe pouco controle sobre as fontes de dados (BARBOSA, 2001; BATISTA, 2003; LÓSCIO, 2003).

Imagens de satélite são dados atualizados diariamente e ocupam bastante espaço de armazenamento. Além disso, os centros de imagens requerem autonomia e controle total das transações sobre suas bases de dados. Dessa forma, como nesse trabalho, não deseja-se a replicação de dados e prioriza-se a autonomia das organizações participantes, a abordagem virtual é a que mais se aplica como solução para integrar dados de centros de imagens de sensoriamento remoto.

A abordagem virtual, em geral, é implementada pela arquitetura de mediadores (WIEDERHOLD, 1992). Nessa arquitetura há um módulo de *software*, o mediador, que recebe e trata as consultas submetidas ao sistema de integração, sendo responsável pela decomposição dessas consultas em sub-consultas que serão submetidas às fontes de dados (Figura 2.5) (MOURA, 2005).

A função do mediador é prover informação integrada. Portanto, ele atua como uma camada intermediária entre a camada das aplicações e a camada das fontes de dados, oferecendo uma visão integrada das múltiplas fontes de dados e disponibilizando um esquema para essa visão, bem como descrições das fontes de dados. Tipicamente, um mediador é criado para um dado domínio de interesse, sendo associado a fontes de informação específicas ou a um subconjunto dessas fontes. Segundo Moura (2005), são funções do mediador:

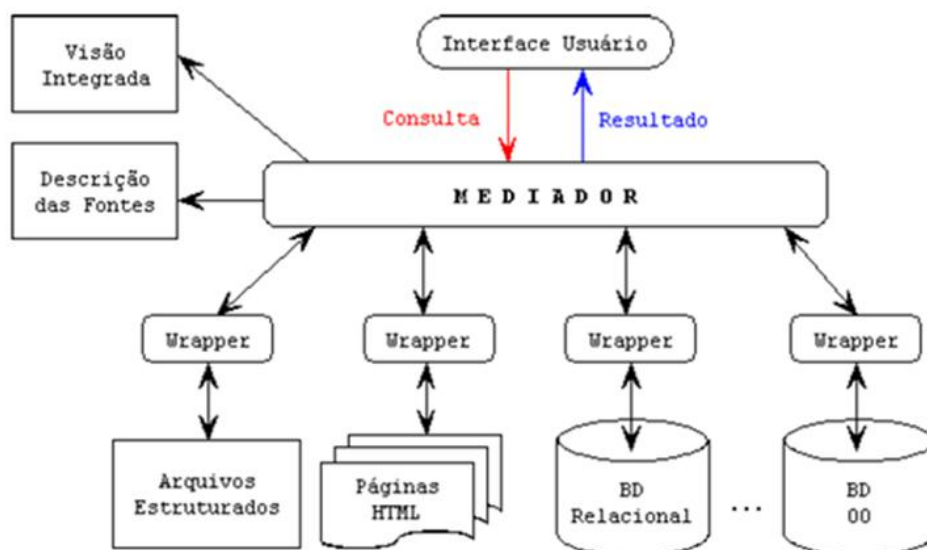


Figura 2.5 - Abordagem Virtual implementada utilizando arquitetura de mediadores.

Fonte: Batista (2003)

- Acessar e recuperar dados a partir de múltiplas fontes heterogêneas.
- Abstrair e transformar dados recuperados em uma semântica e representação comuns.
- Integrar os dados homogeneizados de acordo com conceitos semelhantes.

Um dos componentes da arquitetura de mediadores é o *wrapper*, um programa usado para fazer a tradução entre o esquema global, utilizado no sistema integrador, e o modelo de dados de cada fonte. Como nosso esquema global será um esquema XML, os *wrappers* devem traduzir os modelos das fontes de dados para XML (Figura 2.6). Além da função de tradutores, os *wrappers* são utilizados para prover a comunicação com as fontes de dados. As mensagens trocadas entre eles e o sistema mediador são instâncias do esquema global, ou seja, mensagens XML baseadas no esquema XML do sistema mediador.

2.2.1 Principais problemas na integração de sistemas

Apresentamos a seguir os dois problemas considerados na literatura como os principais nos sistemas de integração de dados. Avaliaremos esses problemas também com relação ao foco desse trabalho.

Heterogeneidade: um problema básico nos sistemas de integração de dados é a hetero-

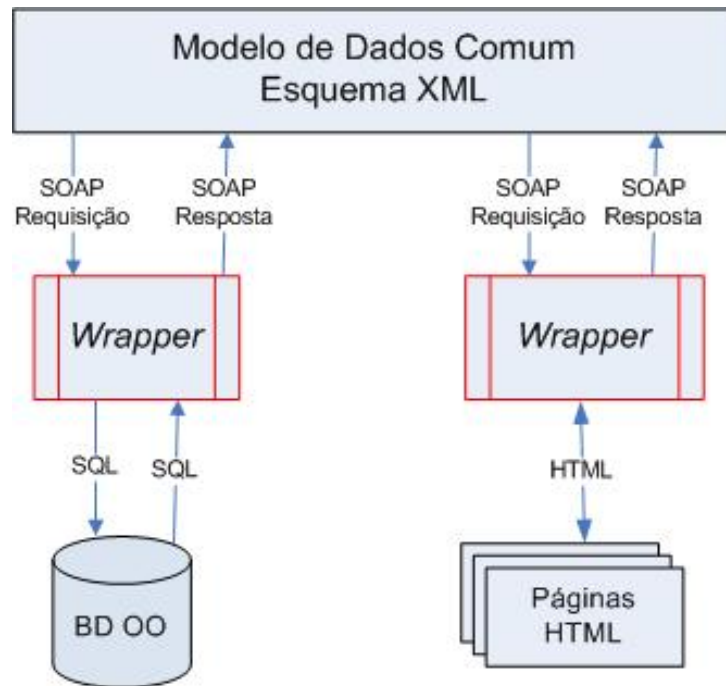


Figura 2.6 - Funcionamento dos *Wrappers*.

Fonte: Adaptada de [Barbosa et al. \(2004\)](#)

geneidade. Em geral, as fontes de dados que já existem são planejadas usando diferentes modelos e esquemas. Os sistemas de integração de dados devem se sujeitar a essa heterogeneidade para oferecer visões integradas dos dados distribuídos. A heterogeneidade aparece de várias formas e pode ser dividida em dois níveis ([BATISTA, 2003](#); [LÓSCIO, 2003](#)):

- Nível técnico: heterogeneidade entre as plataformas de *hardware* e *software* em que a base de dados está baseada;
- Nível Conceitual: heterogeneidade no modelo e esquema usados para prover a estrutura lógica dos dados armazenados. A heterogeneidade semântica, por exemplo, é o resultado da representação da mesma informação de formas diferentes.

A heterogeneidade de nível técnico é resolvida com o uso de *web services*, como veremos mais adiante. No caso de imagens de satélite, a heterogeneidade semântica torna-se mais fácil de resolver, quando comparada a outros dados geográficos, porque, em geral, imagens de satélite estão indexadas por localização geográfica, tipo de sensor ou momento da aquisição ([DATCU; SEIDE, 2000](#)). Apesar de esses atributos não descreverem toda a semântica de uma imagem, eles a 'explicam' bem e, por serem metadados gerados automaticamente possuem poucos erros, o que também é um facilitador no momento da integração.

Além disso, a terminologia da área é bem específica. Em todos os sistemas satélites, o ângulo de azimuth, por exemplo, possui um único significado, assim como em todos os centros de imagens, a diferenciação entre o dado e o metadado é clara. Diferente de outros dados geográficos, onde, por exemplo, a hidrografia de um lugar pode ser chamada, além de hidrografia, de rios ou corpos d'água. Quanto ao modelo da estrutura lógica, caberá ao *wrapper* traduzí-lo para o esquema global.

Esquemas das fontes de dados e reformulação da consulta: um dos problemas dos sistemas de integração de dados que adotam a abordagem virtual é a necessidade de reformulação da consulta. O sistema integrador deve decompor as consultas em sub-consultas para serem processadas pelas fontes de dados.

Suponha que um usuário busque por informações de praias no Espírito Santo. Uma base de dados B1 possui as informações de nomes das praias e os passeios turísticos. Uma segunda base de dados B2 possui as informações de hospedagem em praias desse Estado. Caso esse sistema fosse integrado, um usuário poderia realizar a seguinte consulta : 'Retorne todos os passeios turísticos e todas as pousadas localizadas na praia de Guriri-ES'. O sistema integrador deveria então, fazer uma consulta combinada. Para a base B1, ele enviaria a consulta: 'Retorne os passeios turísticos da praia Guriri' e para a base B2, a consulta seria : 'Retorne as pousadas da praia Guriri'. O sistema integrador posteriormente uniria as respostas das bases B1 e B2 e responderia ao usuário. No entanto, o sistema integrador deve saber o que as bases guardam para enviar a consulta ao servidor correto.

Portanto, para reformular uma consulta enviada ao esquema global em consultas diretas nas fontes de dados, o sistema requer um completo e perfeito entendimento da semântica dessas fontes, ou seja, além do esquema integrado, também devem ser disponibilizadas descrições consistentes das fontes de dados (metadados) que podem ser: a identificação da fonte de dados (ex.: nome, tipo, localização), descrição do conteúdo, restrições de conteúdo, capacidades de processamento de consultas e informações sobre o esquema da fonte.

Na seção seguinte apresentamos a tecnologia de *web services* e mostramos porque ela é a que melhor atende aos requisitos para realizar as funções de um sistema integrador, especialmente no que diz respeito a encontrar as fontes e suas descrições.

2.3 *Middleware para Middleware - Web Services*

Durante os últimos anos, desenvolvedores de *software* criaram a tecnologia de *middleware* para facilitar, especialmente, o desenvolvimento dos sistemas de *softwares* distribuídos e baseados na Internet. Tais sistemas visam suportar atividades diversas, como disseminação e descoberta de informações e *e-commerce* (KON et al., 2002). O *Middleware* emergiu,

portanto, como um importante componente arquitetural no suporte a aplicações distribuídas. As funções principais de um *middleware* são apresentar um modelo de programação unificado para desenvolvedores de *software* e mascarar problemas de heterogeneidade e distribuição (BLAIR et al., 1998).

Tecnologias como COM (*Component Object Model*), CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*) e Java RMI (*Remote Method Invocation*), escondem do programador os detalhes complicados da comunicação com a rede, chamada remota de métodos e instanciação de serviços, facilitando a construção de sistemas distribuídos complexos. CORBA e Java RMI também escondem as diferenças entre plataformas de *software* e *hardware*, aumentando a portabilidade das aplicações (KON et al., 2002).

Em geral, COM e CORBA são modelos para descrever e encapsular código binário e podem ser facilmente chamados a partir de qualquer aplicação que os suporte. No entanto, estes modelos não são facilmente interoperáveis, de maneira que um objeto COM só pode chamar outro objeto COM e o mesmo acontece com CORBA (GRECO, 2002).

Interoperabilidade é a capacidade de sistemas ou produtos compartilharem e trocarem informações e processos entre ambientes computacionais heterogêneos, autônomos e distribuídos, sem necessidade de um esforço especial. Sistemas interoperáveis maximizam as oportunidades de intercâmbio e reutilização de informação (MILLER, 2000; THOMÉ, 1998).

Sendo assim, Kon et al. (2002) afirmam que plataformas convencionais de *middleware*, tais como CORBA e Java, não suportam os aspectos dinâmicos da nova infra-estrutura computacional, relacionada com a integração de aplicações entre diferentes companhias (*Business to Business* - B2B). Alonso et al. (2004) detalham esse aspecto, apresentando algumas razões pelas quais plataformas convencionais não podem ser utilizadas em B2B. Dentre essas razões, destacam-se:

- No contexto B2B, apesar das aplicações serem distribuídas, o *middleware* é centralizado e controlado por uma única companhia. Sendo assim, não há um lugar óbvio para colocá-lo. Apesar de conceitualmente possível, na prática é raramente implementado devido à falta de confiança entre as companhias e ao desejo delas de preservar a autonomia e confidencialidade das transações.
- Plataformas convencionais de *middleware* não suportam operações assíncronas, como as típicas operações B2B.
- Plataformas convencionais suportam operações dentro de domínios confiáveis. B2B ocorrem entre domínios não controláveis (inseguros).

Vinoski (2003) e Alonso et al. (2004) destacam ainda que as abstrações providas por *middleware*s diferem de aplicação para aplicação. Essas diferenças dificultam o acesso simultâneo a diferentes serviços baseados em *middleware*, diminuem o número de companhias envolvidas nesse tipo de transação e encarecem o sistema. A Figura 2.7 ilustra o acima exposto. Uma aplicação cliente que deseje integrar diferentes servidores, deve implementar adaptadores diferentes para cada tecnologia de *middleware*.

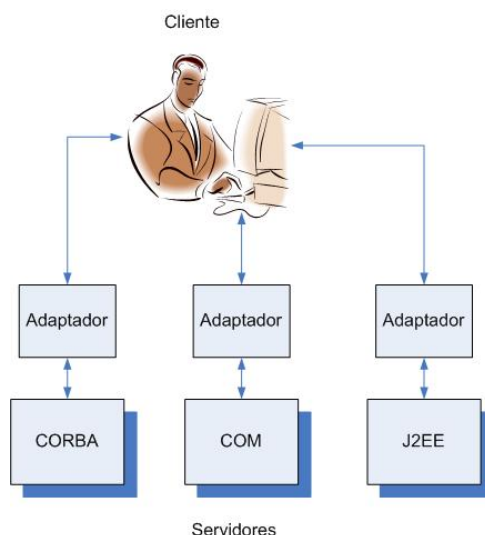


Figura 2.7 - Arquitetura de integração utilizando *middleware*s convencionais.

Sendo assim, os *Web Services* (WS) são, atualmente, a maneira mais promissora para facilitar a integração entre aplicações na Internet (CURBERA et al., 2002). Para Fensel e Bussler (2002) eles são a nova geração de aplicações *Web*. Vinoski (2002) esclarece que isso se deve ao fato de os WS resolverem os problemas da diversidade e heterogeneidade, não apenas entre aplicações, sistemas operacionais e plataformas de *hardware*, mas também entre *middleware*s. Para este último autor, os WS podem ser pensados como *middleware* para *middleware*.

Para Alonso et al. (2004), em arquiteturas orientadas a serviços, o redesenho de protocolos de *middleware* e a padronização são os principais aspectos que fazem com que os WS superem as limitações dos *middleware*s convencionais.

Há varias formas de descrever o conceito de *web service*. No entanto, a definição mais completa é dada pelo *World Wide Web Consortium* (W3C³), o qual os define como "aplicações identificadas por um URI, cujas interfaces podem ser definidas, descritas e descobertas

³<http://www.w3.org/>

por documentos XML. Um WS suporta interações diretas com outros *softwares* usando mensagens escritas em XML e trocadas via protocolos baseadas na Internet”(W3C, 2002).

Silva (2002) ressalta que a idéia fundamental dos *web services* é permitir a interoperação entre eles, independente da empresa que os mantém, da localização geográfica, do sistema operacional, plataforma de *hardware* ou linguagem de programação. Essa interoperabilidade é possível porque os WS provêem uma camada de abstração sobre um sistema de *software* existente e trabalham sobre essa camada (NEWCOMER, 2002).

Segundo Rheinheimer (2005), trabalhar atualmente com *web services* implica no uso de uma arquitetura, padrões de tecnologias e diversos recursos para desenvolvimento. A junção desses elementos gera um *framework*, cujo intuito é permitir a automática interação entre aplicações, ou seja, que aplicações não dependam da execução de instruções feitas manualmente no *browser*.

Fayad et al. (1999) definem *framework* como uma aplicação reusável e semi-completa que pode ser especializada para produzir aplicações personalizadas. Ao contrário das técnicas usuais de orientação a objetos que organiza as classes em bibliotecas, *frameworks* são voltados para unidades particulares de negócios e domínios de aplicações. Os principais benefícios em desenvolver um *framework* são a modularidade, reusabilidade e extensibilidade (MOEN, 2001).

O *framework* de *web services* é construído sobre protocolos *web* baseados no padrão XML. Sendo assim, devido aos benefícios originados da XML, os WS propiciam ligação dinâmica e interoperabilidade entre linguagens e plataformas (FERRIS; FARRELL, 2003). Essa base tecnológica está apoiada por diversas especificações do W3C, às quais a grande maioria dos fabricantes de plataformas e linguagens de programação já adequou seus produtos (GIOIELLI, 2006).

A Figura 2.8 ilustra o funcionamento básico de um *web service*: um usuário pode requisitar algo para um WS, que envia uma requisição para um outro WS, usando um documento XML criado na forma de mensagem. O WS que recebeu a requisição pode, por exemplo, consultar um banco de dados e, opcionalmente, enviar uma resposta, também em forma de um documento XML.

Podemos sumarizar as vantagens do uso dessa tecnologia, como se segue:

- Permitir que aplicações clientes e servidoras possam ser desenvolvidas independente de plataforma, linguagens de programação e *middleware*.

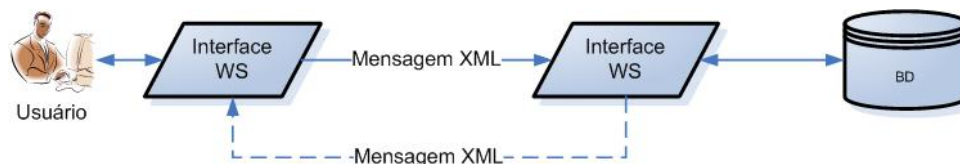


Figura 2.8 - Funcionamento básico de um WS.

- Permitir que uma aplicação possa utilizar, simultaneamente, recursos de *web services* localizados em diferentes servidores.
- Permitir que aplicações interajam diretamente uma com a outra, executando instruções automaticamente.

O *framework* de *web services* é dividido em três áreas: protocolo de comunicação, descrição dos serviços e descoberta dos serviços (CURBERA et al., 2002). Cada uma dessas áreas origina um padrão. São esses padrões os responsáveis pela eficiência da tecnologia e pelas vantagens acima citadas.

O padrão de protocolo de comunicação é o SOAP (*Simple Object Access Protocol*). A descrição dos serviços é padronizada pela WSDL (*Web Services Description Language*) e a descoberta dos serviços pela UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*).

Resumindo, o XML é utilizado para codificar os dados, o SOAP para transportar o dado, a WSDL é utilizada para descrever os serviços disponíveis e a UDDI para listar quais serviços estão disponíveis (ALONSO et al., 2004). Desta forma, pode-se definir WS baseados nos padrões acima citados. Um WS é um sistema de *software* modelado para suportar interoperabilidade máquina-a-máquina sobre a rede. Ele tem uma interface descrita em linguagem de máquina (WSDL). Outros sistemas interagem com ele utilizando mensagens SOAP, normalmente transportadas sobre o protocolo de rede HTTP (W3C, 2004).

A Figura 2.9 apresenta os protocolos em camadas. A Figura 2.10 apresenta a relação entre o cliente, o servidor e os protocolos, que serão assunto dos tópicos a seguir.

2.3.1 SOAP - *Simple Object Access Protocol*

Define-se SOAP como um protocolo baseado em XML, destinado à troca de informação estruturada, num ambiente distribuído e descentralizado. Além de ser independente de qualquer modelo de programação ou qualquer outra particularidade de implementação, a mensagem formatada no padrão SOAP pode ser enviada por um *web service* utilizando qualquer um dos protocolos de comunicação existentes, tais como HTTP, SMTP e FTP,

Protocolos	Camadas
UDDI	Descoberta
WSDL	Descrição
SOAP	Mensagem XML
HTTP, SMTP, FTP, etc	Transporte

Figura 2.9 - Tecnologia *web service* vista em camadas.

Fonte: Adaptada de [Curbera et al. \(2003\)](#) e [Van der Aalst \(2003\)](#)

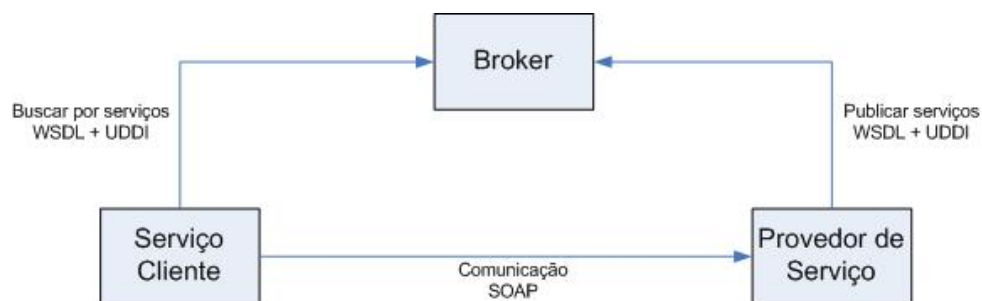


Figura 2.10 - Arquitetura de *web services* no padrão W3C.

Fonte: Adaptada de [Kim et al. \(2005\)](#)

ou até mesmo por *sockets*⁴ simples ([NEWCOMER, 2002](#); [SNELL, 2001](#)).

Para [Fensel e Bussler \(2002\)](#), o SOAP é basicamente a tecnologia que permite chamada RPC⁵ (*Remote Procedure Call*) sobre a *web*, provendo um mecanismo simples de requisição/resposta.

[Alonso et al. \(2004\)](#) destacam que o SOAP não detalha quais propriedades estão associadas com a troca. Ele simplesmente especifica uma mensagem genérica para transmitir os dados para a aplicação receptora da mensagem.

A [Figura 2.11](#) ilustra a comunicação entre duas aplicações utilizando SOAP. A aplicação 1 envia uma requisição à aplicação 2, via SOAP. Essa mensagem pode passar por diversos nós intermediários na rede, até chegar ao seu destino. O protocolo de rede entre cada par de nós pode ser diferente.

⁴Módulos de *software* que conectam os aplicativos aos protocolos de rede.

⁵RPC é o método que permite a construção de aplicativos que contenham funções, com chamadas a

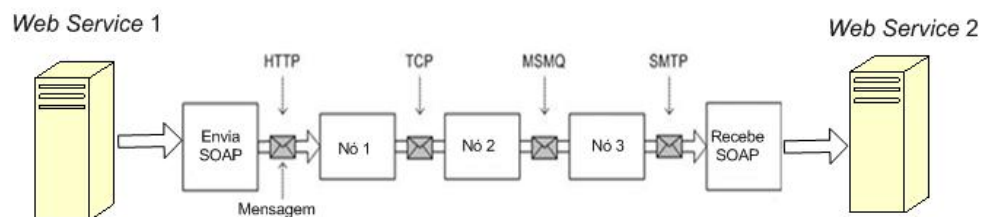


Figura 2.11 - Troca de mensagens SOAP entre dois *web services*.

Fonte: Adaptada de Snell (2001)

A geração da mensagem SOAP, em geral, é feita por processadores SOAP, contidos em *frameworks* como o Apache Axis⁶. O servidor SOAP Axis funciona como uma extensão do servidor Apache Tomcat⁷ para receber e enviar requisições SOAP. Segundo Gioielli (2006) na prática, o Axis é quem implementa o protocolo SOAP e, portanto, é o responsável pela formatação e interpretação das mensagens trocadas com os sistemas clientes.

Comparado a outros protocolos, o SOAP possui um baixo desempenho, tendo em vista que as mensagens trocadas são descritas em formato de texto/XML, enquanto nos sistemas clássicos de RPC mensagens são trocadas em formato binário. Govindaraju et al. (2004) afirmam que a mensagem SOAP é de quatro a dez vezes maior que a sua representação binária.

Elfwing et al. (2002) compararam o desempenho do SOAP com relação ao CORBA em diversos aspectos, e concluíram que os WS são menos eficientes. No entanto, estas desvantagens são compensadas pela facilidade de interoperação entre os serviços, sem os problemas conhecidos de segurança/*firewalls*, e pela facilidade de se esconder os detalhes proprietários das infra-estruturas de suporte (NEWCOMER, 2002; SILVA, 2002).

Atualmente⁸, o SOAP está em sua versão 1.2, e a documentação completa desse protocolo pode ser acessada em <http://www.w3.org/TR/soap/>.

2.3.2 WSDL - *Web Service Description Language*

O SOAP oferece uma comunicação básica entre *web services*, mas isso não basta para saber como uma mensagem deve ser trocada para interagir com sucesso com o servidor. Essa função é realizada pela WSDL, um formato XML desenvolvido pela IBM® e Microsoft® para descrever a interface de *web services* (CURBERA et al., 2002).

métodos através de uma rede.

⁶<http://ws.apache.org/axis>

⁷<http://tomcat.apache.org/>

⁸Março de 2008

Cada WS publica sua interface nesse formato de documento XML, onde todos os métodos de sua interface, bem como tipos de dados de entrada e saída, nomes e ordem dos parâmetros, são expostos de maneira que ferramentas clientes possam se ligar automaticamente ao serviço. Basicamente, a WSDL serve para descrever o que um WS pode fazer, onde ele está e como invocá-lo (AULICINO, 2006; BARCLAY et al., 2006).

Segundo Silva (2002), a descrição do serviço é fundamental para permitir que a arquitetura dos WS seja considerada fracamente acoplada. Ou seja, uma arquitetura que minimize as dependências explícitas e diretas entre os seus componentes. O objetivo é que nem o cliente, nem o provedor de um serviço precisem conhecer os detalhes internos um do outro, para interagir.

Akkiraju et al. (2005) afirmam que a WSDL, em sua forma atual, sofre com a falta de semântica, o que dificulta a integração automática entre as aplicações. Para esses autores, adicionar semântica para representar as requisições e habilidades dos WS é essencial para alcançar a automação na execução e descoberta de serviços, além de aumentar a qualidade dos mesmos.

A WSDL é regulamentada pela W3C. No endereço <http://www.w3.org/TR/2001/NOTE-wsdl-20010315> encontra-se sua especificação na versão 1.1.

2.3.3 UDDI - *Universal Description Discovery and Integration*

O principal objetivo da UDDI é registrar e publicar *web services*. Segundo Breitman et al. (2007), ela trabalha como um catálogo, permitindo que clientes conheçam todas as funcionalidades oferecidas pelos servidores, além de conhecer seus detalhes técnicos. Os servidores são descritos por seus nomes, endereços e serviços oferecidos.

A Figura 2.12 ilustra o funcionamento da UDDI. O responsável por um WS interessado em publicá-lo registra-o em um dos *hosts*. As informações registradas são replicadas para os outros *hosts*. A partir daí, uma pessoa interessada em um determinado serviço pode acessar qualquer um dos *hosts* e pesquisar pelo servidor que melhor atenda à sua necessidade.

A UDDI é um tipo de *broker*. Define-se *broker* como um serviço destinado a fornecer um mecanismo comum para classificar, registrar, encontrar e acessar descrições de serviços (OGC, 2002).

Os maiores problemas relacionados à UDDI são garantir aos provedores segurança sobre as informações disponibilizadas; e aos clientes, a certeza de que o servidor escolhido implementa os serviços descritos.

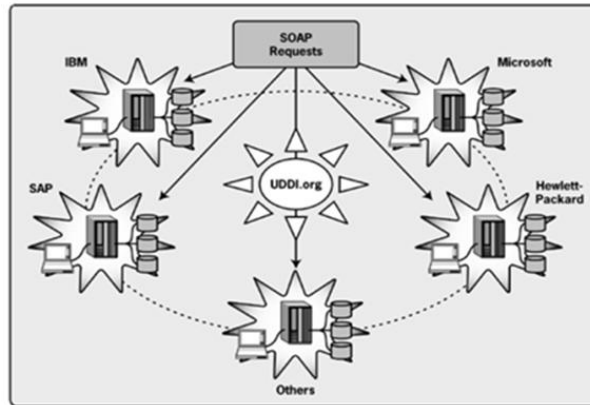


Figura 2.12 - Serviço público UDDI com os hosts IBM, Microsoft, SAP, HP e outros.

Fonte: [Newcomer \(2002\)](#)

2.3.4 Serviço, Interface e Operações

A ISO 19119 ([ISO, 2005](#)) tem como objetivo providenciar uma plataforma que permita criar aplicações computacionais para acesso e processamento remoto de dados geográficos. Essas aplicações são baseadas numa interface genérica, independente da plataforma, fundando um novo paradigma de computação distribuída e aberta para SIG. Esta norma especifica também os metadados para os serviços, em articulação com a norma ISO 19115 ([ISO, 2003](#)), cujo objetivo é providenciar um conjunto de elementos que permitam pesquisar os diversos serviços disponíveis, assim como invocar o serviço pretendido.

A ISO 19119 define alguns termos importantes para o contexto desse trabalho: serviços, interfaces e operações. Os serviços fornecem funcionalidades e são acessíveis por meio de um conjunto de interfaces. Interfaces são um conjunto de operações que caracterizam o comportamento de um serviço. Podem ser definidas de forma a serem reutilizadas por diversos tipos de serviços. As operações especificam uma transformação no estado de um objeto ou uma consulta que retorna um resultado para quem as chamou. Elas possuem um nome e uma lista de parâmetros ([PERCIVALL, 2002](#)).

A [Figura 2.13](#) ilustra esse conceito. Um serviço é formado por um conjunto de operações. Operações são implementações de interfaces e, portanto, são elas que acessam os bancos de dados e outras aplicações. Imagine que o serviço seja uma calculadora que ofereça funções de calculadoras simples e científica. Essas são as interfaces do serviço calculadora. A interface calculadora simples possui operações de soma, subtração, multiplicação e divisão. A interface calculadora científica possui operações de raiz quadrada e logaritmo ([Figura 2.14](#)).

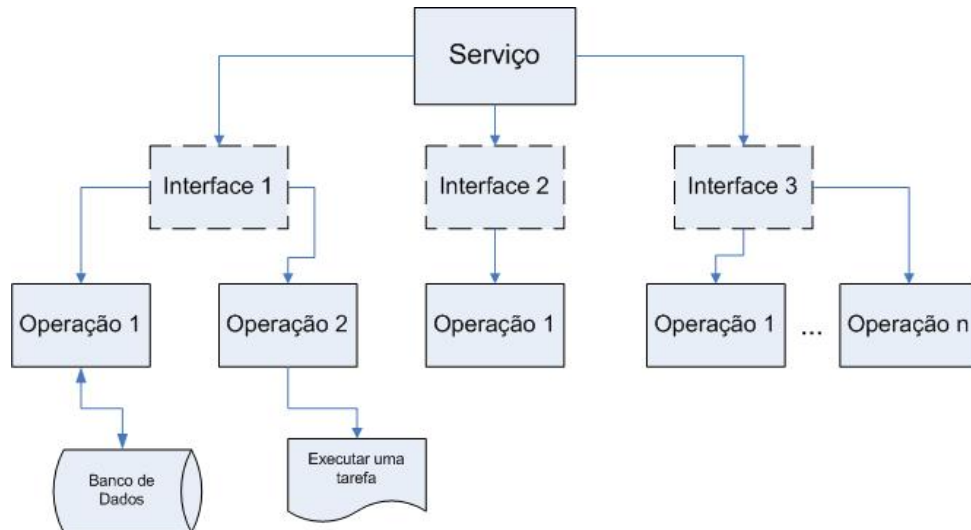


Figura 2.13 - Relação entre Serviços, Interfaces e Operações.

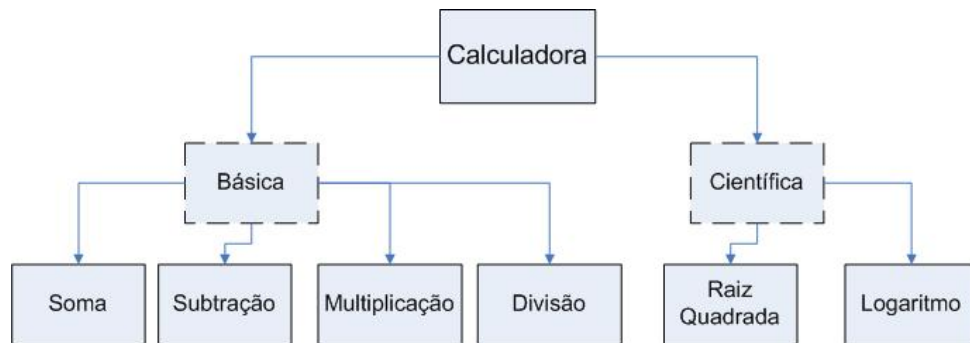


Figura 2.14 - Exemplo de um serviço calculadora, composto por duas interfaces e seis operações.

2.3.5 Qualidade de Serviços

Qualidade de Serviço (QoS - *Quality of Service*) em sistemas computacionais é a combinação de certas qualidades e propriedades de um serviço que garanta a satisfação do usuário deste serviço (MACHADO, 2006).

Em aplicações entre *Web Services*, aplicações clientes e servidoras definem um contrato (*Service Level Agreement* (SLA)) entre as duas partes para definir os itens que medirão a qualidade do serviço, como produtos ou serviços para serem entregues, prazo final para entregas, qualidade dos produtos ou preço dos serviços (CARDOSO A; KOCHUTB, 2004). Estes requisitos podem ser agrupados em três categorias ((SIQUEIRA, 2002) citado por (MACHADO, 2006)):

- **Requisitos de Confiabilidade:** representam a probabilidade de que um de-

terminado serviço consiga ser executado corretamente (ou seja, sem falhas);

- **Requisitos de Segurança:** indicam que agentes não-autorizados não devem ter acesso a informações confidenciais trocadas pela rede nem ter acesso a serviços os quais não estão autorizados a executar;
- **Requisitos Temporais:** indicam os limites impostos pelo cliente em relação ao tempo de execução do serviço solicitado.

Segundo [Machado \(2006\)](#) WS ainda não oferecem garantias de QoS. No entanto, a viabilidade de QoS em WS fica dependente da adoção de novos protocolos de rede que operam entre os clientes *web* e os servidores, para suportar tanto o tráfego comum, quanto o tráfego de aplicações que necessitam de QoS.

Além de novos protocolos de rede, são necessários mais estudos de QoS para gerenciamento de cadeia de serviços, ou serviços integrados ([CARDOSO A; KOCHUTB, 2004](#); [MACHADO, 2006](#)).

2.4 *Web Services* Geográficos

2.4.1 OGC *Web Services*

O *Open GIS Consortium* (OGC ou OpenGIS) é um consórcio formado por companhias, agências de governos e universidades, que visa desenvolver padrões internacionais para interoperabilidade geo-espacial. O OGC realiza essa função, elaborando especificações baseadas em padrões tecnológicos abertos e as disponibilizando na Internet ([OGC, 2005](#)).

Dentro do amplo contexto de WS, os *OGC Web Services* (OWS) representam um *framework* baseado em padrões que permite a integração de uma variedade de serviços *online* de localização e geoprocessamento. Os OWS permitem ainda que sistemas distribuídos de geoprocessamento comuniquem-se uns com os outros por meio da *web*, usando tecnologias como XML e HTTP ([DOYLE; REED, 2001](#)). Teoricamente, os serviços OWS podem ser combinados para criarem aplicações dinâmicas.

O OGC tem anunciado muitas especificações para serviços na Internet de vários tipos de dados geo-espaciais. No entanto, nenhum de seus serviços, como o *Web Map Service* (WMS), *Web Feature Service* (WFS), *Web Coverage Service* (WCS) e o serviço de catálogo (CSW), seguem as recomendações W3C para definição de serviços *web*, como SOAP e WSDL.

Segundo [Davis Junior et al. \(2005a\)](#), apenas mais recentemente a série de propostas de

especificação conhecidas coletivamente como *OpenGIS Web Service 2 Initiative* (OWS-2) (SONNET, 2004) definiram interfaces que utilizam os padrões do W3C. Porém, ainda não existe nenhum servidor ou cliente compatível com essas especificações⁹.

Granell et al. (2004) relatam que o OGC vem demonstrando a interoperabilidade cliente-servidor por meio da implementação de suas especificações, como por exemplo, entre servidores e clientes WMS ou WFS. No entanto, interações entre esses e outros serviços ainda não estão bem definidas. Dessa forma, para esses autores, a atual interoperabilidade dos serviços OGC ainda não é suficiente. Essa opinião é compartilhada por Alves e Davis Junior (2006), que declaram haver algumas dificuldades quando alguém tenta eficazmente implementar a interoperabilidade de serviços através da abordagem OGC. Questões relativas à implementação independente do servidor, operações com *delay*, privacidade e outros, refletem a necessidade de mais estudos e discussões. Dessa forma, os estudos sobre a conformidade das normas OGC para o desenvolvimento de sistemas distribuídos ainda são escassos.

Zimmermann et al. (2006) esclarecem que os OWS focam especificamente em aplicações geo-espaciais, enquanto os serviços W3C focam em aplicações mais gerais. Como resultado, ferramentas de desenvolvimento popular, como Eclipse, .NET e Java NetBeans provêem facilidades para desenvolvimento de serviços W3C e não para os OWS. Desta forma, assim como Zimmermann et al. (2006), outros autores (BARCLAY et al., 2006; SCHOLTEN et al., 2006), optam por desenvolver serviços GIS aproveitando-se do amplo suporte dado aos serviços W3C, ao invés do limitado suporte e reaproveitamento dos OWS.

Tu e Abdelguerfi (2006) detalham o estado da arte de WS para dados geo-espaciais. Dos cinco trabalhos citados pelos autores, nenhum utiliza implementação crua de um servidor OGC. Ou os autores utilizaram serviços W3C, ou estenderam implementações OGC para utilizar os padrões de interoperabilidade do W3C.

Kim et al. (2005) detalham em seu trabalho um *framework* para WS geo-espaciais. Apesar de implementarem o WMS, WFC, WCS, eles estenderam a especificação do *Web Registry Service* (WRS), de forma a criarem um *broker*, usando especificações UDDI.

Em 2005, iniciou-se o projeto do OWS-3, que pretende prover interoperabilidade entre diferentes implementações e também um ambiente de suporte à decisão que incluía múltiplas fontes (ZIMMERMANN et al., 2006). Porém, nenhuma especificação dessa arquitetura foi lançada ainda.

⁹<http://www.opengeospatial.org/resource/products/byspec/?specid=122> Acesso em Janeiro/2008

Atualmente, já existem os projetos OWS-4 e OWS-5, que pretendem evoluir os serviços OGC, de forma a satisfazerem as necessidades dos usuários.

2.5 Geoportais

Portal é uma página *web* que provê um ponto de acesso para diversas fontes de informação, incluindo conjunto de dados, serviços, tutoriais, ferramentas e uma organizada coleção de *links* para outros *sites*, geralmente por meio de catálogos.

Um portal geo-espacial (geoportal) é a interface humana para acervos geo-espaciais *online*, incluindo conjuntos de dados e serviços. Geoportais possibilitam buscas por informações espaciais, utilizando metadados, e podem facilitar a aquisição dos dados e serviços, ligando o conteúdo *online* ao provedor dos dados (MAGUIRE; LONGLEY, 2005; OGC, 2004).

Para Maguire e Longley (2005) e Breitman et al. (2007), os geoportais podem ser divididos em dois grupos Figura 2.15:

- **Geoportais como catálogos:** preocupam-se principalmente com a organização e gerenciamento do acesso às informações.
- **Geoportais como aplicações:** fornecem acesso a *web services* geográficos dinâmicos e disponibilizam metadados sobre seus dados ou serviços.

Os mesmos autores ainda enfatizam que atualmente, a maioria dos geoportais são catálogos que publicam e dão acesso a metadados. No entanto, programas mais avançados estão começando a implementar geoportais como aplicações.

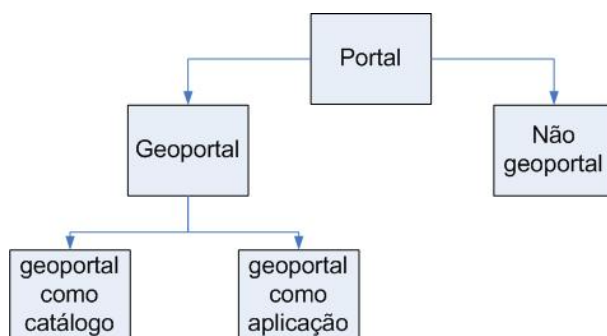


Figura 2.15 - Classificação de geoportais.

Fonte: Adaptada de Maguire e Longley (2005)

Resumindo, geoportais provêem aplicações com capacidade para buscar, mapear, publicar

e administrar informação geográfica (TAIT, 2005).

2.6 Catálogos

Pode-se dizer que a definição de catálogos está inclusa na definição de portais. No entanto, catálogos apenas publicam metadados e provêem mecanismos para consulta e recuperação de informações de repositórios distribuídos (BERNARD et al., 2005). Da mesma maneira que o conceito de portal se estende para informações geográficas, um catálogo geo-espacial atua sobre informações geográficas (MAGUIRE; LONGLEY, 2005). Catálogos ajudam usuários ou aplicações a encontrarem informações localizadas em qualquer ambiente computacional distribuído.

2.6.1 OGC Catalogue Service Specification

O *OGC Catalogue Services Specification* (NEBERT; WHITESIDE, 2005) explica como os serviços de catálogos são organizados e implementados para descobrir e recuperar metadados espaciais e serviços de geoprocessamento (NOGUERAS-ISO et al., 2005).

Segundo Nogueras-Iso et al. (2005) há poucas implementações dessa especificação. Esse artigo foi escrito em 2003 e os autores declararam que talvez, essas poucas implementações, deviam-se ao fato de que as organizações estariam desenvolvendo primeiro as especificações básicas da OGC. Quatro anos depois, as implementações continuam escassas. A única implementação operacional dessa especificação encontrada na rede é o geoportal INSPIRE¹⁰. No entanto, Bernard et al. (2005) ressaltam que as funcionalidades oferecidas pelo portal não são baseadas num serviço de catálogo distribuído, mas num catálogo de metadados centralizado. Segundo o autor, uma das razões para isso é a falta de uma apropriada especificação para buscas em catálogos distribuídos. Fora o INSPIRE, apenas alguns protótipos são encontrados.

A verdade é que a especificação de catálogos da OGC apresenta alguns pontos que dificultam sua implementação e operacionalização. Exemplo disso é a linguagem de consulta descrita na especificação. A *OGC Common Catalogue Query Language* (similar à especificação de cláusulas WHERE em SQL) é uma linguagem de consulta que deve ser suportada por todas interfaces de catálogo OGC, de forma a prover interoperabilidade durante as buscas (NEBERT; WHITESIDE, 2005). A linguagem usa também uma outra especificação OGC, o *Filter* (VRETANOS, 2001). Uma implementação básica de catálogo então precisa implementar, no mínimo, as especificações do catálogo e a do filter, que não são triviais.

¹⁰<http://eu-geoportal.jrc.it/> - Infrastructure for Spatial Information in Europe - INSPIRE - <http://inspire.jrc.it/>

Bernard et al. (2005) apontam alguns outros problemas persistentes a interface, mesmo com uma perfeita implementação da especificação. Entre esses problemas, citam-se:

- A não existência de algo que identifique unicamente feições ou coleções, necessárias para checar a similaridade de conjuntos de dados adquiridos de fontes diferentes. Isso causaria replicação de informações quando da integração dos catálogos.
- O atual esquema de metadados da ISO não suporta links bidirecionais entre os dados geográficos e os metadados dos serviços, o que impede, por exemplo, a identificação de quais serviços podem ser aplicados a um conjunto de dados e vice versa. Segundo o autor, a incorporação da WSDL para descrever os serviços deve ser o primeiro passo em direção à solução para esse problema.
- O esquema de metadados atual deve também ser estendido para permitir uma apropriada descrição espaço-temporal dos dados.

2.7 Metadados Espaciais

De acordo com Costa (2005), o conceito tradicional de metadados foi ampliado para que a interoperabilidade entre os sistemas de informações geográficas pudesse acontecer. Sendo assim, a *International Cartographic Association* - ICA, define metadados espaciais como "dados que descrevem o conteúdo, a definição, a estrutura, extensão (temporal e geográfica), as referências espaciais, a qualidade, a disponibilidade, o status e a administração do conjunto de dados geográficos"(Guptill e Morrisson (1997), citados por Costa (2005)).

Segundo Breitman et al. (2007), metadados facilitam a interoperabilidade por descrever detalhadamente os dados e permitirem que aplicações encontrem e acessem tais dados, com maior precisão e rapidez.

A utilização de um modelo de referência de metadados para os dados geográficos possibilita a descrição de suas propriedades segundo diversas abordagens descritivas. Dos vários padrões de metadados espaciais, os mais usados e considerados nesse texto são os do *U.S. Federal Geospatial Data Committee* (FGDC) e da *International Organization of Standards* (ISO) (BREITMAN et al., 2007; COSTA, 2005).

O FGDC elaborou, em 1994, o *Content Standard for Digital Geospatial Metadata* (CSDGM), cuja finalidade é fornecer um conjunto de terminologias e definições comuns para a documentação de dados espaciais, de modo a apresentar em linhas gerais, os nomes e definições dos elementos de dados e dos elementos compostos, informações sobre os

domínios para os elementos de dados e o grau de obrigatoriedade da informação (Costa, 2005).

A ISO elaborou três especificações para metadados espaciais ([BREITMAN et al., 2007](#)):

- ISO 19115 : descreve os dados geográficos.
- ISO 19119 : descreve os serviços de informações geo-espaciais.
- ISO 19139 : define a codificação e estrutura formais para troca de informações.

Para os provedores de dados, metadados auxiliam no armazenamento, organização, atualização e distribuição dos dados. Para os usuários, metadados auxiliam na descoberta desses dados. Para facilitar essa troca (distribuição e descoberta), os padrões acima citados, assim como outros, utilizam a XML para descrever os dados.

Os metadados para imagens de satélite já foram alvo de estudos. [Manso et al. \(2004\)](#) chamam a atenção para a ISO 19115-2 ([ISO, 2003](#)), que tenta reunir metadados necessários para descrever dados como imagens de sensoriamento remoto. Esses autores resumizam os metadados necessários para cada formato de arquivo de imagem.

3 GEOPORTAL GLOBAL PARA CENTROS DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO

O objetivo desse capítulo é especificar os requisitos para um geoportal global para centros de imagens de SR. Como apresentado no [Capítulo 2](#), geoportais podem ser classificados como catálogos ou como aplicações. O geoportal especificado aqui está inserido no grupo de geoportais como aplicações. O catálogo é apenas uma das funções oferecidas. A fim de especificar o geoportal, os seguintes itens serão avaliados:

- Objetivo
- Público
- Conteúdo
- Funcionalidade
- Arquitetura

3.1 Objetivo

O objetivo do geoportal é prover ao usuário de imagens de SR uma interface única de acesso a diversos repositórios de imagens, solucionando o problema apresentado no [Capítulo 1](#). O geoportal pretende prover também um ambiente que reúna conhecimento, informações e serviços úteis aos usuários.

3.2 Público

Geoportais são construídos para um público específico, que direciona o objetivo, conteúdo e funcionalidade de todo o ambiente.

Para [Aloisio e Cafaro \(2003\)](#), os geoportais atuais requerem dos usuários muitos parâmetros para efetuarem buscas. No entanto, o usuário de geoportal não é necessariamente um usuário experiente na área de sensoriamento remoto. Imagens de satélite têm sido muito utilizadas por professores no ensino da geografia, por exemplo. Por outro lado, deseja-se que o geoportal seja interessante para profissionais experientes, que utilizam as imagens com frequência.

Lidaremos com grupos diferenciados de pessoas. Para alguns grupos, uma interface simplificada é requisitada, para outros, o conteúdo é o mais importante. No entanto, é consenso que é preciso ter um mínimo de conhecimento para buscar e usar uma imagem de satélite.

3.3 Conteúdo

O conteúdo principal do geoportal são as imagens de sensoriamento remoto. Mas é importante que o geoportal seja também um local que aglomere conhecimento sobre seu nicho, ou seja, um local onde os usuários encontrem o máximo de informação sobre as imagens, sensores, suas especificações e aplicações. O objetivo é atingir e auxiliar quem já é usuário e busca por informações específicas, e também possíveis novos usuários que queiram conhecer melhor a tecnologia. Assim, o geoportal deve conter:

- **Imagens de Sensoriamento Remoto:** engloba imagens de sensores passivos e ativos, mosaicos de imagens, fotografias aéreas, ortofotos e composições. É o que o geoportal deve ter de mais e de melhor.
- **Descrição dos centros de imagens provedores de dados:** o geoportal global encapsulará centros de todo o mundo. Dessa forma, o intuito desse tópico é apresentar os centros de imagens aos usuários, fornecer os contatos de cada um, seus sistemas sensores e seus principais projetos. É também uma forma de oferecer segurança ao usuário com relação aos produtos daquele centro.
- **Descrição dos sistemas sensores, suas câmeras e características:** o intuito é auxiliar o usuário a decidir qual sistema sensor utilizar. A heterogeneidade dos usuários deve ser levada em conta no momento da descrição dos sensores.
- **Trabalhos de aplicações do uso das imagens:** o conteúdo desse tópico deve reunir trabalhos recentes que demonstrem a aplicação das imagens em diferentes áreas como agricultura, floresta, oceanografia, etc. Tais trabalhos podem ser fornecidos pelos próprios centros de imagens. Esse conteúdo auxiliaria a comunidade científica e abriria horizontes para novos usuários.
- **Trabalhos sobre sistemas satélites:** o objetivo é o mesmo do tópico acima, exceto pelo público, que será formado por quem especifica, implementa e testa câmeras de sensores remotos.

3.4 Funcionalidade

As funções sugeridas para esse geoportal são as seguintes:

- Catálogo de imagens;
- Interface administrativa;

- Demais funções

Detalharemos cada uma delas a seguir.

3.4.1 Catálogo de Imagens

Como esclarecido na [Seção 2.6](#), catálogos publicam metadados e provêem mecanismos para consulta e recuperação de informações de repositórios distribuídos. Esse componente é uma interface *web*, que apresenta ao usuário as informações dos repositórios, via interface gráfica. Podemos, no entanto, associar ao catálogo uma interface de acesso ao dado, de onde o usuário poderia obter a cena propriamente dita.

Veremos a seguir as três interfaces que compõem esse catálogo do geoportal global: interface de busca, interface de publicação dos metadados e interface de acesso ao dado. Os detalhes de implementação dessas interfaces não serão discutidos aqui, mas somente qual tipo de informação cada uma deve possuir e seus papéis no catálogo.

Os catálogos de imagens existentes serão avaliados de acordo com as informações consideradas relevantes para as interfaces acima citadas.

3.4.1.1 Interface de Busca

As funções de busca são construídas sob um conjunto de ferramentas e executadas em etapas sequenciais que permitem consultas utilizando critérios geográficos e atributos não geográficos (TAIT, 2005). Efetivamente, a busca dá-se através de metadados. Como imagens de SR estão sempre associadas a uma localização geográfica, esse metadado deverá obrigatoriamente estar presente na interface de busca. Outros campos podem ser adicionados a fim de filtrar os dados e compor uma busca eficiente, que permita que o usuário encontre com maior rapidez o que procura. A [Tabela 3.1](#) traz os campos obrigatórios, os opcionais e os adicionais para buscar imagens de satélite nesse geoportal.

Tabela 3.1 - Campos obrigatórios, opcionais e adicionais da interface de busca de um geoportal para centros de imagens de SR.

Campos Obrigatórios	Campos Opcionais	Campos Adicionais
Localização Geográfica	Sensores	Ângulo Azimutal de visada
	Datas inicial e final	Ângulo azimutal de iluminação
	Cobertura de Nuvens	Qualidade da imagem
	Disponibilidade <i>online</i> do produto	Fonte do dado
		Path/row
		Identificador da cena

Desta forma, a consulta mais geral permitida pelo geoportal retorna todas as cenas disponíveis para um determinado local. A consulta pode ser filtrada por meio dos campos opcionais e adicionais. Os campos adicionais são voltados especificamente para usuários experientes. É obrigatório que a interface permita consultas a múltiplos sensores simultaneamente. Pode-se localizar a área de interesse a partir de métodos diversos. Quanto mais métodos de localização da região de interesse tiver, mais o geoportal torna-se eficiente. Alguns desses métodos são (TAIT, 2005):

- digitar as coordenadas geográficas;
- *gazetteer*;
- geocodificação;
- editar a área utilizando mapas de visualização, que disponibilizam funções como desenhar polígonos, zoom e navegação.
- carregar um arquivo *shapefile* ou *gml*.

Um *gazetteer* é uma coleção de nomes de lugar associados à sua localização e a outras informações descritivas. Uma localização é definida através de listas de coordenadas geográficas representando linhas, pontos ou áreas. A função básica de um *gazetteer* é informar a localização de um lugar dado seu nome, uma vez que essa é a forma mais natural de se referir a algum lugar (BORGES, 2006).

Chamamos de geocodificação a localização espacial de endereços.

Avaliaremos as interfaces de busca de alguns catálogos de imagens existentes, quanto aos campos apresentados na Tabela 3.1 e os métodos de localização da área de interesse. O intuito dessa avaliação é aproveitar o que há de melhor desses catálogos para especificar o catálogo global.

O INPE disponibiliza no catálogo CBERS¹, além de cenas do CBERS, cenas de toda a família Landsat. A CONAE² é a agência espacial argentina e possui um catálogo que disponibiliza imagens de satélites como Landsat, MODIS, Radarsat, entre outros. A ESDI³ (*Earth Science Data Interface*) é a interface web desenvolvida pela Universidade de Maryland para consultar, navegar e baixar dados de imagens dos satélites Landsat, Aster, Modis, AVHRR e produtos como mosaicos Landsat e SRTM. O SIRIUS⁴ (*SPOT Image's*

¹<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>

²<http://ggt.conae.gov.ar/catalogo/index.htm>

³<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

⁴<http://www.spot.com/web/SICORP/1249-sicorp-sirius-spot-image-online-catalogue.php>

online catalogue) é o catálogo oficial das imagens SPOT. O Earth Explorer⁵ pertence ao USGS (*U.S. Geological Survey*), que atua como uma agência do governo norte americano e coleta, monitora, analisa, e fornece informação científica sobre recursos naturais. Seus produtos incluem tanto dados originais, como imagens de satélite, quanto derivados, tais como ortofotos e modelos de elevação do terreno. A ESA⁶ disponibiliza um catálogo online, chamado eoPortal, por meio do qual, é possível buscar por imagens de alguns centros de imagens.

Na [Tabela 3.2](#), avaliamos os métodos de localização da região de interesse desses catálogos. Como dissemos anteriormente, quanto mais alternativas, mais funcional é a interface. Os campos marcados com X em cor diferenciada significam que a interface possui o item avaliado, porém com alguma ressalva.

Tabela 3.2 - Presença dos métodos de localização da região de interesse nos catálogos avaliados.

	Coordenadas	Gazetteer	Geocodificação	Mapa	Upload SHP
CBERS	X	X			
CONAE	X				
ESDI	X	X		X	
SIRIUS	X	X		X	X
Earth Explorer	X	X	X	X	
eoPortal	X	X		X	X

O SIRIUS ([Figura 3.1](#)) e o eoPortal ([Figura 3.2](#)) são os melhores no quesito métodos de localização da região de interesse. Ambos apresentam um mapa, onde o usuário pode ver a área de interesse desenhada por ele próprio, ou desenhada pelo sistema, quando opta por qualquer uma das demais alternativas de busca. O eoPortal permite o carregamento de arquivos *shapefile* e *gml*. O SIRIUS apenas arquivos *shape*. Ambos permitem busca pela digitação de coordenadas ou edição de áreas retangulares, irregulares (polígonos) e circulares sobre o mapa de visualização.

O Earth Explorer ocupa a terceira posição entre as interfaces avaliadas. Ele usa ferramentas do Google Maps, como o mapa de visualização e geocodificação. Um *gazetteer* propriamente dito está disponível apenas para os Estados Unidos. Apesar de permitir que o usuário desenhe sua área de interesse sobre o mapa, ele permite apenas a criação de polígonos retangulares.

⁵<http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>

⁶<http://services.eoportal.org/portal/service/ListService.do?serviceCategoryId=34801780>

O ESDI vem a seguir com uma interface onde é possível digitar apenas coordenadas retangulares do local. Possui *gazetteer* e um mapa onde é possível desenhar a área de interesse. A desvantagem desse mapa é que, a cada ponto digitado, o mapa é recarregado no *browser*, o que dificulta o processo de edição. Ele também não possui ferramentas para criar áreas retangulares e circulares.

O CBERS permite digitar coordenadas retangulares e localizar por uma lista de lugares (*gazetteer*) da América do Sul. Seu mapa não permite edições.

A CONAE apresenta a pior interface de busca dos catálogos avaliados, com apenas uma maneira de definir a área de interesse. Apesar de possuir um mapa para ajudar na localização, tal mapa não é eficiente, já que não permite a criação de polígonos, mas apenas pontos.

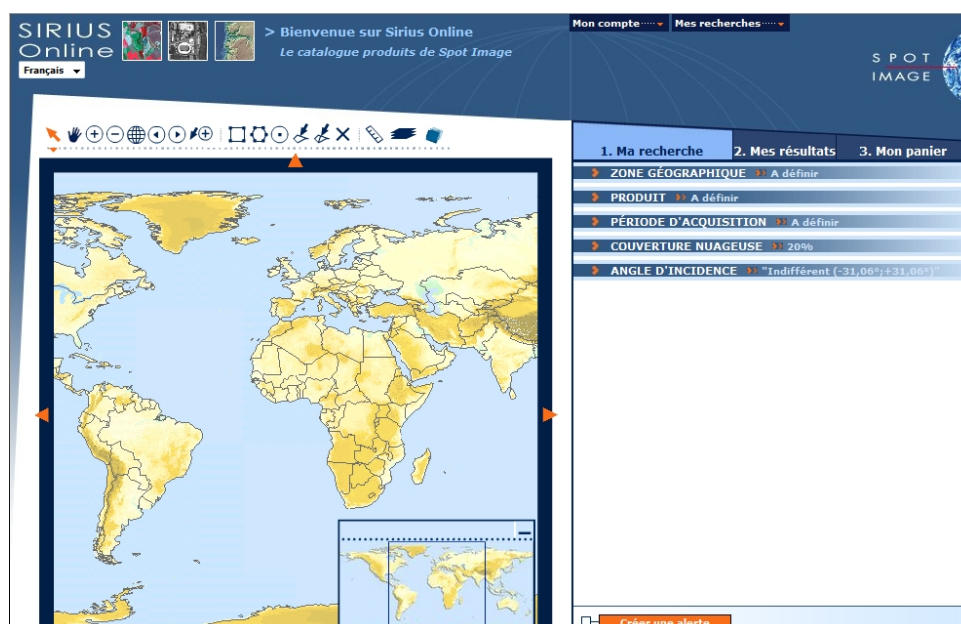


Figura 3.1 - Interface de busca do SIRIUS.

Com relação aos parâmetros opcionais, a CONAE revelou-se mais uma vez como a pior interface (Tabela 3.3), já que o item cobertura de nuvens é parâmetro da interface. Porém, o usuário pode escolher entre todas as cenas, ou cenas com poucas nuvens, não permitindo ao usuário digitar a percentagem de nuvens aceita por ele.

O CBERS permite filtrar a busca por cobertura de nuvens por quadrante da cena, uma característica bem interessante, visto que o usuário pode estar interessado em apenas um dos quadrantes, não importando a ele se a imagem possui nuvens nos demais. A

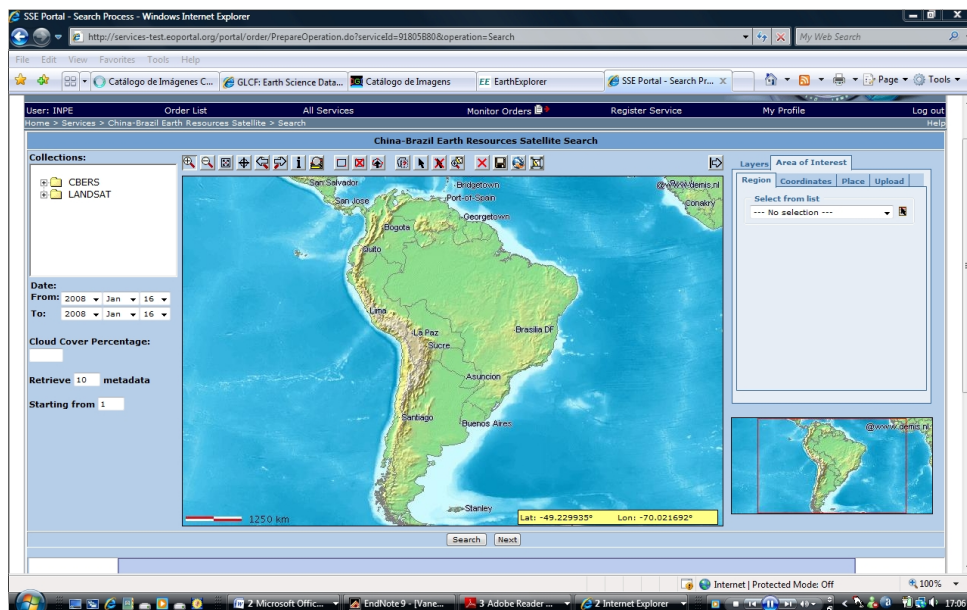


Figura 3.2 - Interface de busca eoPortal.

Tabela 3.3 - Presença dos atributos opcionais nos catálogos avaliados.

	Sensores	Data	Cobertura de Nuvens	Disponibilidade
CBERS	X	X	X	
CONAE		X	X	
ESDI	X	X		
SIRIUS	X	X	X	
Earth Explorer	X	X	X	
eoPortal	X	X	X	

desvantagem do catálogo CBERS é que ele permite a busca por um único sensor, ou com todos. Ou seja não é possível, por exemplo, escolher dois sensores diferentes ao mesmo tempo.

No Earth Explorer a filtragem por cobertura de nuvens dá-se por sistema sensor. No eoPortal, cada instituição é responsável por sua interface de busca. Dessa forma, o parâmetro cobertura de nuvens pode existir, caso o provedor dos dados assim deseje. Nos catálogos existentes esse item está presente.

O parâmetro disponibilidade *online* é relevante quando algumas coleções de dados estão disponíveis apenas para consulta. Dessa forma, o usuário poderia requisitar somente cenas que ele pudesse fazer *download*. Em catálogos como o CBERS, CONAE, ESDI e SIRIUS, onde todos os dados podem ser baixados mediante pedido, esse parâmetro torna-se desnecessário. No entanto, em catálogos maiores essa é uma característica relevante.

Nenhum dos catálogos avaliados permite buscar dados utilizando tal parâmetro. O Earth Explorer explicita previamente quando a coleção está disponível para *download* ou apenas para consulta. No eoPortal, todas as cenas dos catálogos estão disponíveis apenas para consulta.

Percebemos então, que de maneira geral, nenhum dos catálogos atende a todos os requisitos sem ressalvas. Mas podemos considerar o SIRIUS como o melhor, apesar de ele ser um catálogo especialista em dados SPOT.

Nos campos adicionais, o SIRIUS oferece o ângulo de iluminação como parâmetro (Tabela 3.4). O Earth Explorer permite aos usuários determinar parâmetros específicos de cada sistema sensor, como *path/row*, *sceneId* e fonte provedora do dado. O parâmetro qualidade da imagem não está presente em nenhum dos catálogos avaliados.

Tabela 3.4 - Presença dos atributos adicionais nos catálogos avaliados.

	<i>Path/Row</i>	<i>sceneId</i>	Ângulos	Qualidade	Fonte
CBERS	X				
CONAE	X				
ESDI	X				
SIRIUS		X			
Earth Explorer	X	X		X	
eoPortal					

De uma forma geral, o Earth Explorer, o eoPortal e o SIRIUS possuem as melhores interfaces. No Earth Explorer, o mapa de visualização fica entre os parâmetros de busca. Por vezes, ao invés de rolar a tela, é acionado o *zoom* do mapa. Esse catálogo oferece metadados detalhados sobre os sistemas sensores e também sobre os próprios metadados. Embora o eoPortal perca nos atributos adicionais, ele apresenta formas bem diversificadas de localizar a área de interesse. Todos os parâmetros são apresentados numa mesma tela, cujo visual é agradável. As ferramentas de navegação no mapa do SIRIUS são as melhores, comparadas às outras interfaces. Sua interface é agradável também.

A CONAE possui a pior interface. O catálogo CBERS peca por não permitir consultas multi-sensores e também por não possuir um mapa de referência, nem de edição. O ESDI é uma boa interface, mas perde nos parâmetros opcionais e adicionais. Além disso, a forma de desenhar a área de interesse no mapa de referência é trabalhosa e não muito intuitiva.

3.4.1.2 Interface de Busca Proposta

O principal papel da interface de busca é permitir ao usuário encontrar o dado que ele procura, da melhor maneira possível. Sugerimos que todos os parâmetros da [Tabela 3.1](#) estejam presentes nessa interface. É imprescindível que haja um mapa onde o usuário possa editar a área de interesse.

No endereço http://www.dsr.inpe.br/eoportal/blueshoes-filemanager-4.5_public/interface.html há um protótipo de uma interface ideal para esse catálogo. Nesse protótipo, três abas foram implementadas ([Figura 3.3](#)):

- **Localização Geográfica:** A interface para localizar a região de interesse contempla digitação de coordenadas para áreas retangulares e circulares, edição no mapa de áreas retangulares, irregulares (polígonos), circulares e linhas. Gazetteer, geocodificação e *upload* de arquivos. Assim como no Earth Explorer, a API do Google Maps foi utilizada na implementação.
- **Parâmetros opcionais:** Na aba dos parâmetros opcionais, o *menu* sensores está dividido entre imageadores, cartografia, mosaicos e outros produtos. Num nível abaixo, estão os satélites e, no último nível desse *menu*, estão os sensores. O item cartografia inclui dados como SRTM e ortofotos. O item mosaicos inclui dados como Geocover. Outros produtos inclui, por exemplo, dados de vento e oceanográficos. Ainda nos parâmetros opcionais temos a data inicial e final para a busca, com a opção de dado sazonal ou não, o parâmetro cobertura de nuvens e o parâmetro dado disponível *online* ([Figura 3.4](#)).
- **Parâmetros adicionais:** Na aba dos parâmetros adicionais, o usuário especialista pode buscar pela fonte do dado, o azimuth e ângulo de elevação e pode ainda especificar parâmetros próprios de cada sistema sensor que ele escolheu no menu sensores da aba parâmetros opcionais. Dessa forma, ele poderia escolher por *path/row* ou pelo identificador da cena.

Além desses parâmetros comuns em catálogos de imagens, propomos também uma interface que usasse parâmetros menos pontuais e mais semânticos. Dessa forma, ao invés de buscar os sensores por seus nomes, criaríamos parâmetros de busca que usassem, por exemplo, característica de resolução desses sensores. Assim, teríamos a busca como na [Figura 3.5](#).

Pela figura percebemos que o usuário buscaria o sensor por suas resoluções espacial, temporal, radiométrica e espectral, assim como pela polarimetria de um radar. Essa forma

Figura 3.3 - Protótipo da interface de busca proposta para um geoportal global

Figura 3.4 - Parâmetros opcionais da interface de busca proposta.

de consulta livra o usuário de conhecer o sistema sensor, permitindo que ele busque por qualquer um que satisfaça suas necessidades, dando mais flexibilidade e inteligência a interface.

Figura 3.5 - Parâmetros de busca por sensores por meio de suas resoluções ou polarimetria.

3.4.1.3 Interface de Publicação dos Resultados

A interface que apresentará os resultados da busca deverá apresentar informações suficientes para que o usuário possa se decidir pela cena. Para tanto, seguirá o modelo de referência de metadados para imagens da ISO 19115 (MD-ImageDescription), acrescido de alguns outros relevantes quando se fala de um geoportal global para imagens de SR. Dessa forma, chegamos a [Tabela 3.5](#), que une os metadados da ISO 19115 (marcados com *) com esses demais metadados relevantes. Da mesma maneira, dividimos os metadados em obrigatórios, opcionais e adicionais. As coordenadas geográficas devem ser dos quatro cantos da cena.

Tabela 3.5 - Campos obrigatórios, opcionais e adicionais da interface de apresentação dos resultados de um geoportal para centros de imagens de SR.

Metadados Obrigatórios	Metadados Opcionais	Metadados Adicionais
Identificador da cena	Formato da imagem	Condição da Imagem *
Coordenadas geográficas	Custo	Qualidade da Imagem *
Path/Row	Fonte do dado	Nível de Processamento *
Sistema sensor	Nadir	Calibração da câmera *
Projeção cartográfica	Direção da órbita	Distorção *
Forma de acesso ao dado	Azimute *	Triangulação*
Cobertura de Nuvens *	Elevação *	

Quanto maior o número de metadados e sua qualidade, melhor o geoportal. Dessa forma, os geoportais foram avaliados com relação aos metadados obrigatórios apresentados na [Tabela 3.5](#). Os resultados são apresentados na [Tabela 3.6](#). Mais uma vez, a CONAE teve a pior avaliação. O eoPortal e o Earth Explorer são as melhores interfaces de publicação. No eoPortal, os metadados são de boa qualidade e estão divididos por assunto (Figura 4). O ESDI e o SIRIUS apresentam apenas o dia da aquisição da cena. Todos geoportais apresentaram um *quicklook* da cena, sendo que no SIRIUS e no Earth Explorer, os *quicklooks* são apresentados sobre o mapa de referência. O SIRIUS, o Earth Explorer e o eoPortal mostram ainda a localização das cenas sobre o mapa de referência.

Tabela 3.6 - Presença dos metadados obrigatórios em alguns catálogos de imagens.

	CBERS	CONAE	Earth Explorer	eoPortal	ESDI	SIRIUS
Identificador da cena	X		X	X	X	
Coordenadas geográficas	X	X	X	X		
Path/Row	X	X	X	X	X	X
Dia e hora da aquisição	X	X	X	X	X	X
Sistema sensor	X	X	X	X	X	X
Projeção Cartográfica	X			X		
Forma de acesso ao dado	X	X	X	X	X	X
Cobertura de Nuvens	X	X	X	X		X

O eoPortal é o catálogo que apresenta o maior número de metadados opcionais e o Earth Explorer o maior número de adicionais ([Tabela 3.7](#) e [Tabela 3.8](#)).

Apenas o ESDI apresenta o formato do dado. O eoPortal apresenta o custo da cena somente no momento do pedido.

Tabela 3.7 - Presença dos metadados opcionais em alguns catálogos de imagens.

	CBERS	CONAE	Earth Explorer	eoPortal	ESDI	SIRIUS
Formato da imagem				X		
Custo	X		X	X		
Fonte do dado		X	X	X	X	X
Órbita	X			X		
Nadir	X			X		
Direção da órbita			X			
Azimute	X		X	X		X
Elevação	X		X	X		

Tabela 3.8 - Presença dos metadados adicionais em alguns catálogos de imagens.

	CBERS	CONAE	Earth Explorer	eoPortal	ESDI	SIRIUS
Condição da imagem			X			
Qualidade da Imagem						
Nível de processamento	X		X			
Dados de calibração radiométrica						
Dados calibração da câmera						
Dados de distorção						
Outros			X	X		

3.4.1.4 Interface de Publicação Proposta

A interface proposta apresenta todos os metadados da [Tabela 3.5](#), divididos em categorias, como no eoPortal. Todos os metadados apresentam legenda que explicita seu significado e valores possíveis, ajudando usuários menos experientes, como no Earth Explorer. Todas as cenas devem ser desenhadas sobre o mapa de referência. Os metadados obrigatórios devem ser apresentados para todas as cenas resultantes da consulta. Os demais devem ser apresentados caso o usuário requirite. A ordem de aparição das cenas deve ser decidida pelo usuário. Por *default* as cenas mais recentes aparecem primeiro.

A fonte de dados é obrigada a possuir os metadados obrigatórios e os opcionais da [Tabela 3.5](#). Caso não tenha, os dados deverão ser adicionados à base de dados da fonte antes da integração.

3.4.1.5 Interface de Acesso ao Dado

Acoplado à interface de publicação dos metadados, deve haver uma interface que permita ao usuário pedir a cena desejada. Essa interface deverá encaminhar os pedidos aos centros provedores e entregar os produtos ao usuário do geoportal. As cenas podem ser disponibilizadas por *download* ou entregues no *e-mail* do usuário. Dos catálogos avaliados, o Earth Explorer, o ESDI e o CBERS possuem as melhores interfaces de acesso ao dado.

3.4.2 Interface Administrativa

A interface administrativa cuidará do cadastro dos usuários e dos centros de imagens. O cadastro de usuários servirá para que eles possam usufruir da funcionalidade do geoportal e para estatísticas por parte de quem administra o geoportal. O cadastro dos centros é importante, pois, a partir dele é que os centros ganharão *status* de provedores de serviços

e poderão disponibilizar seus dados.

3.4.3 Demais Funções

Diversas funções podem ser adicionadas ao geoportal, a fim de atrair e ajudar os usuários. Sugerimos as funções abaixo. Apenas a última pode ser usufruída por usuários não cadastrados no geoportal:

- **Armazenar parâmetros de busca e resultados de consultas:** essa é uma funcionalidade presente no Earth Explorer e tem como objetivo economia de tempo. Salvar os critérios de busca é interessante para os usuários que sempre efetuam as mesmas consultas, alterando apenas a data, por exemplo.
- **Fórum:** por ser um ambiente de nicho, é comum que os portais possuam fóruns, para que seus usuários possam comunicar-se, trocar informações e tirar dúvidas uns com os outros.
- **Notícias:** essa funcionalidade visa deixar os usuários do geoportal atualizados sobre as novidades do próprio geoportal, ou sobre novidades na área de imagens de SR. Dessa forma, o usuário pode ser informado, por e-mail, sobre a adição de um novo conteúdo ou de uma nova fonte de dados no geoportal.
- **Comparar sensores:** essa funcionalidade visa ajudar o usuário a se decidir por um ou outro sensor, a partir da comparação de algumas características como a resolução espacial dos sensores e o preço do produto, por exemplo.

3.5 Arquitetura

A arquitetura idealizada para esse geoportal está apresentada na [Figura 3.6](#). A camada mediadora será baseada na abordagem virtual ([Seção 2.2](#)) implementada por *web services* ([Seção 2.3](#)) ([Figura 3.7](#)).

3.5.1 Portal

A camada portal da [Figura 3.7](#) é onde estão implementadas as interfaces de busca, publicação, acesso ao dado e administrativa. Nela o usuário faz todo tipo de acesso ao geoportal, e os centros cadastram seus serviços que, posteriormente serão acessados pelo usuário. Tecnicamente, o portal é uma página *web* cliente do *web service* mediador. O idioma das interfaces do portal é o inglês.

Ao realizar uma busca no portal, utilizando os parâmetros discutidos na [Subsubseção 3.4.1.2](#), o portal envia tal consulta, via SOAP, ao componente mediador da arqui-

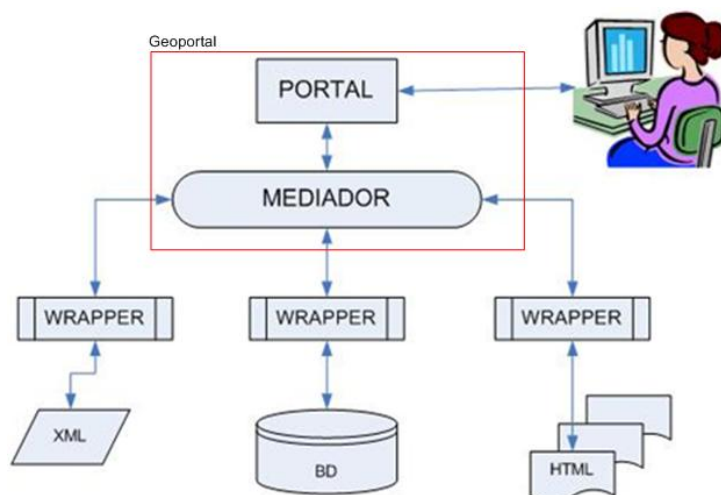


Figura 3.6 - Arquitetura proposta para geoportal global.

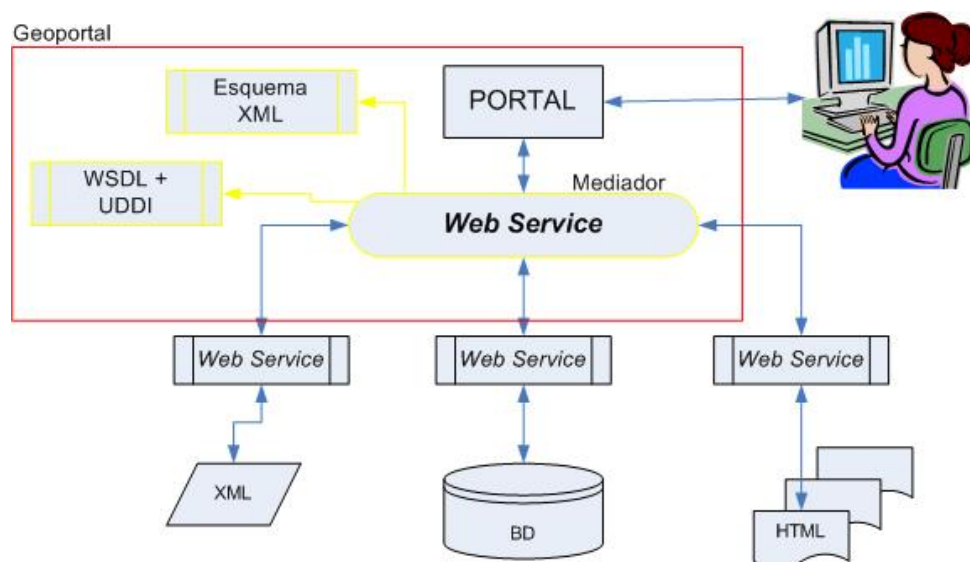


Figura 3.7 - Arquitetura proposta para geoportal global, implementada por Web Services.

tetura. Este, por sua vez, realiza a busca e envia um único resultado ao portal, também via SOAP. Utilizando a XSL, o portal aplica um estilo a essa mensagem XML e apresenta ao usuário.

Ao se cadastrar no portal, o usuário preencherá alguns campos com seu nome, *e-mail*, país de origem e área de atuação. A partir de seu cadastro, ele ganha um espaço em disco, onde poderá armazenar os parâmetros de busca e resultados de consultas. O usuário cadastrado poderá ainda participar do fórum e receber notícias do geoportal.

3.5.2 Mediador

O componente mediador é um *web service* W3C e deverá comunicar-se com os centros de imagens e com o portal (Figura 3.8). Ele também exerce a função de *broker*. Ao receber uma requisição do portal, o mediador deve executar três funções:

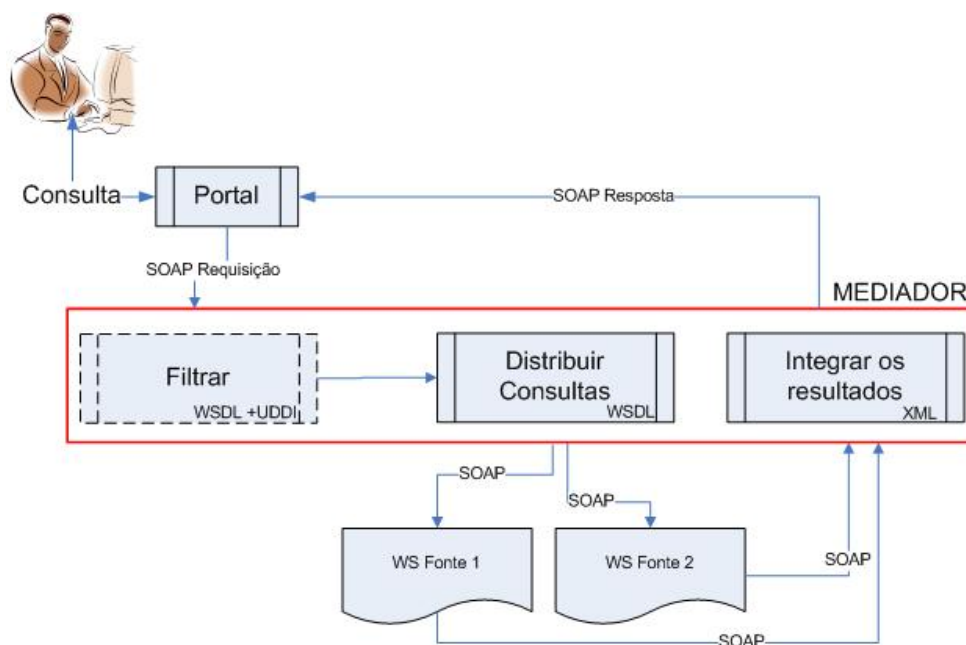


Figura 3.8 - Componente Mediador.

- **Filtrar:** como dissemos anteriormente, a abordagem virtual possui problemas de performance, já que a consulta deve ser encaminhada para as fontes de dados no momento em que o usuário requisita. Assim, o mediador deve filtrar a consulta de forma a enviá-la apenas para as fontes que realmente podem atender a busca. O mediador utiliza a WSDL dos serviços e a UDDI para decidir quais fontes respondem à consulta. O filtro pode ser tão complexo quanto se queira. Imaginemos que um usuário requisiite imagens de janeiro de 2005 do satélite Landsat para o Estado de São Paulo. O mediador pode encaminhar a consulta para todos os centros que possuem imagens Landsat, ou para todos que possuem imagens Landsat em janeiro de 2005, ou ainda, para todos os centros que possuem imagens Landsat em janeiro de 2005 para São Paulo.
- **Distribuir Consultas:** a vantagem do geoportal global de imagens de SR é que as consultas nunca serão encadeadas. Dessa forma, não teremos o problema que é comum em arquiteturas mediadoras, que é justamente o de distribuir

consultas. Nesse caso, a única coisa a fazer é encaminhar a consulta aos centros resultantes da filtragem. O encaminhamento é uma mensagem SOAP enviada para o serviço que corresponde ao centro de imagens, direcionada para o endereço do serviço contido na WSDL do centro. A mensagem é enviada num formato comum, conhecido por todos os centros.

- **Integrar os resultados:** após enviar as consultas aos centros, estes retornam ao mediador mensagens SOAP contendo o resultado da busca. O mediador deverá integrar os resultados numa única mensagem e enviá-la ao portal. Esse apresentará os resultados ao usuário, como se viessem de uma única fonte.

3.5.2.1 Modelo de Dados da Visão Integrada

A regulamentação das mensagens SOAP trocadas entre o Portal, o Mediador e os Centros de Imagens é dada por um esquema XML definido pelo administrador do geoportal. A mensagem SOAP que é enviada para efetuar a busca contém os parâmetros da [Tabela 3.1](#). A mensagem SOAP que chega ao portal após a consulta contém, pelo menos, os metadados obrigatórios apresentados na [Tabela 3.5](#). Os metadados opcionais e adicionais da [Tabela 3.5](#) serão apresentados ao usuário caso ele deseje saber mais detalhes sobre uma determinada cena. Para tanto, outra requisição é feita ao portal, que reinicia o processo.

3.5.3 Centros de Imagens

Cada centro de imagem deverá implementar um serviço capaz de comunicar-se com o componente mediador do geoportal. Esse serviço fará o papel de *wrapper*. A arquitetura interna do servidor pode ser qualquer uma, desde um banco de dados simples, um *middleware* convencional, ou um WS. O servidor de dados deve possuir e prover um conjunto mínimo de metadados necessários para a busca e recuperação de seus dados e garantir a qualidade e veracidade de suas informações. O componente servidor deverá ainda ser capaz de codificar e decodificar mensagens XML, além de possuir algum processador SOAP. Basicamente, seguirá o esquema da [Figura 3.9](#).

Os serviços dos centros de imagem devem decodificar a mensagem XML que chega via SOAP, de forma a retirar os parâmetros de busca, usando XSLT. Se a base de dados do centro estiver, por exemplo, num banco de dados, o resultado dessa decodificação deverá ser uma expressão SQL. Tal expressão é enviada à base de dados e a resposta à consulta deve ser codificada novamente numa mensagem XML, que posteriormente é encapsulada pelo SOAP e enviada ao mediador.

Quando um centro de imagem se cadastra no portal como provedor de serviços, utilizando

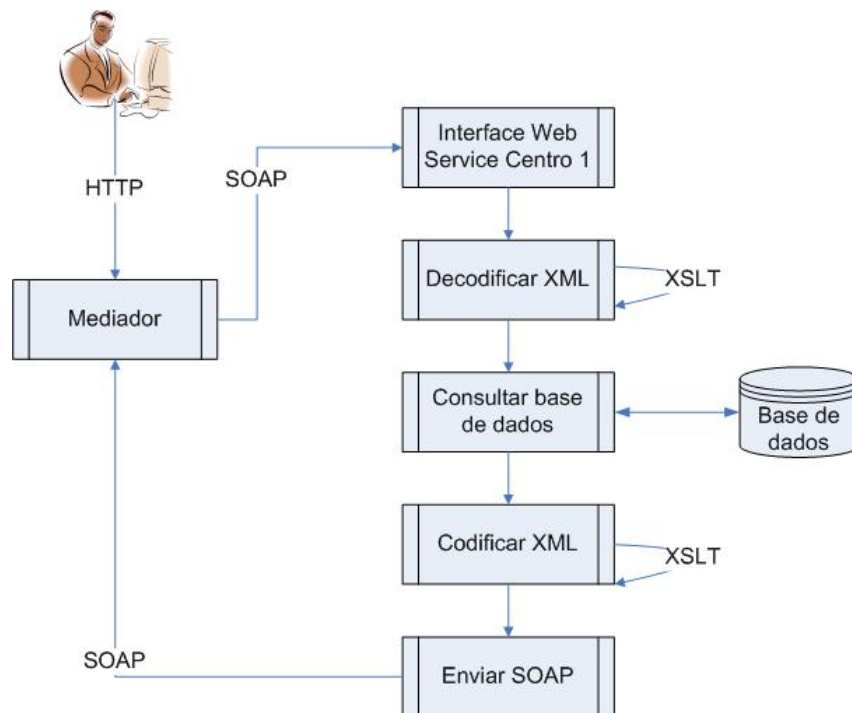


Figura 3.9 - Serviço Centro de Imagens

a interface administrativa, ele deve enviar a WSDL de seu serviço. As características do serviço podem ser obtidas pelo portal por meio de formulários e codificadas usando UDDI. A WSDL e essa entrada UDDI que representa o serviço são encaminhadas ao mediador, que as utilizarão na filtragem dos centros de imagens e no encaminhamento das mensagens SOAP.

3.6 Integração

A integração dos centros de imagens no geoportal proposto nesse capítulo dár-se-ia por meio do registro do *web service* do centro na camada mediadora do geoportal. Assim, o mediador teria mais uma fonte de dados apta para responder a consultas submetidas na camada portal. Os centros de imagens devem enviar ao geoportal o SLA de seus serviços.

Os centros de imagens que não permitissem consultas utilizando os campos obrigatório e opcionais da [Tabela 3.1](#) e aqueles que não tivessem os metadados obrigatórios da [Tabela 3.5](#), teriam que adaptar-se antes de se integrar ao geoportal.

3.6.1 Qualidade do Serviço

O geoportal deverá adotar algumas métricas para medir a qualidade do serviço. Como dissemos antes WS ainda não oferecem garantias de QoS, mas algumas métricas podem

ser utilizadas, como:

- Perca de pacotes;
- Tempo de resposta da fonte;
- Quantidade de vezes que a fonte ficou inacessível;
- Quantidade de vezes que a fonte foi incapaz de responder a uma consulta;

Com a utilização dessas métricas, o administrador do geoportal pode avaliar as fontes de dados e, a depender do rendimento da mesma, o administrador pode descredenciar as fontes que não estiverem atendendo satisfatoriamente.

Outra opção para garantir a qualidade dos serviços e dos produtos são obter fontes de dados redundantes. Dessa forma, reduzir-se-ia as fontes de dados inacessíveis.

4 INTEGRAÇÃO DO CATÁLOGO CBERS NO eoPortal

Esse capítulo visa validar a arquitetura de mediação apresentada no [Capítulo 3](#), por meio da integração do catálogo CBERS no eoPortal; e analisar os aspectos positivos e as deficiências desse geoportal.

4.1 Arquitetura atual do Catálogo CBERS

A parceria firmada entre os governos brasileiro e chinês, em 1988, gerou o desenvolvimento de satélites de imageamento, cujas imagens ajudam a monitorar os recursos naturais dos dois países. No Brasil, o programa CBERS prevê uma política de distribuição gratuita de imagens para o território nacional e, mais recentemente, para qualquer país. Essa distribuição é feita por meio de um catálogo disponível na Internet¹.

O atual catálogo está calcado sobre uma estrutura baseada em *scripts* PHP e banco de dados MySQL e funciona da seguinte maneira ([Figura 4.1](#)):

- O usuário acessa a página do catálogo e escolhe os parâmetros para a consulta;
- Um *script* PHP realiza a consulta no banco de dados e recupera os *quicklooks* que são apresentados para o usuário;
- O usuário pode clicar sobre o *quicklook* e obter maiores detalhes da cena ou colocá-la no carrinho.
- Para colocá-la no carrinho, é necessário que o usuário esteja cadastrado e logado no sistema.
- Se o usuário desejar mais detalhes de uma determinada cena, uma nova consulta é feita ao banco de dados;
- Se o usuário colocar a cena no carrinho e fechar o pedido, as seguintes situações podem ocorrer:
- Se a cena pedida já estiver no formato TIFF, ela é copiada do sistema de arquivos em que está localizada para uma área temporária na *web*. Neste caso o usuário é atendido em questão de minutos. Um mesmo pedido pode conter diversas cenas.
- Caso a cena ainda não esteja no formato TIFF, ela precisará ser convertida e, posteriormente, sofrer o processo descrito acima. Tal conversão pode durar horas.

¹<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>

- O endereço da área onde a cena foi copiada é encaminhado ao *e-mail* do usuário. Os arquivos ficam disponíveis para *download* por cinco dias. Depois disso, a área na *web* é apagada.
- O gerenciador de banco de dados é o MySQL. O banco armazena os metadados e os *quicklooks* das cenas, informações dos usuários cadastrados e algumas tabelas que ajudam no gerenciamento dos pedidos .
- As cenas estão armazenadas em um sistema de arquivos.

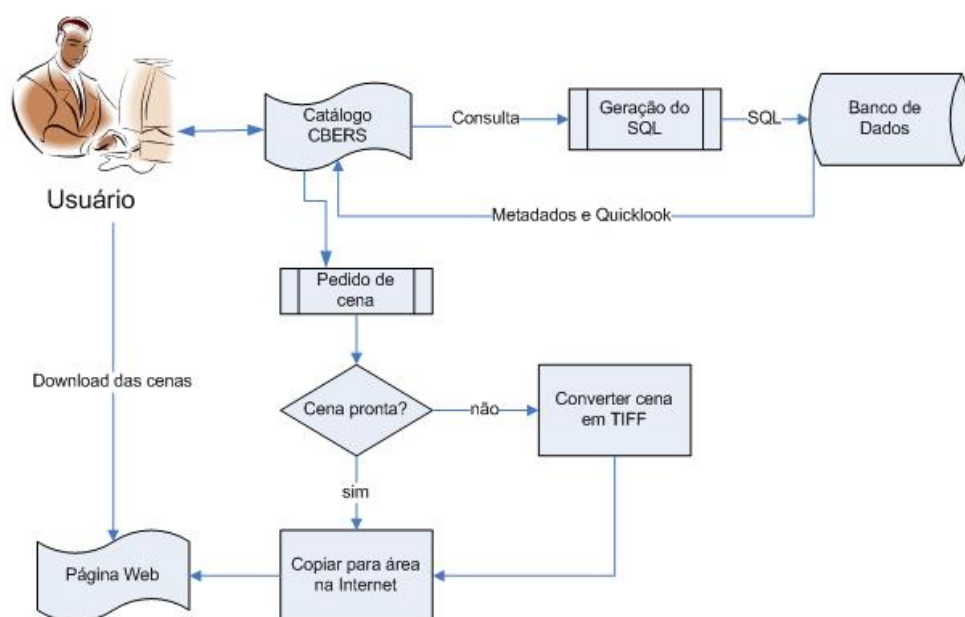


Figura 4.1 - Arquitetura atual do catálogo CBERS.

4.2 eoPortal

O eoPortal é a entrada principal de uma arquitetura disponibilizada pela ESA chamada *Service Support Environment* (SSE), onde os usuários e provedores de serviços podem interagir automática e dinamicamente. Nesse portal, os provedores registram e provêm seus serviços e dados, e os usuários os acessam (TEAM, 2007).

4.2.1 Arquitetura

O SSE é um sistema aberto para integração remota de serviços com domínios focados na observação da Terra e nos sistemas de informação geográfica. O sistema permite a integração de serviços sem que seja necessária sua recompilação ou reengenharia (TEAM, 2006). Para tanto, sua arquitetura constitui-se numa coleção de funções, componentes

e *gateways*, provendo um ambiente distribuído e orientado a serviços. Tal arquitetura é não-proprietária, aberta, escalável e robusta para a distribuição e descoberta de serviços. Além disso, essa é a única arquitetura existente atualmente de domínio geográfico.

Seu funcionamento é como se segue (TEAM, 2007):

- O provedor do serviço publica a disponibilidade de seus serviços e responde aos pedidos dos usuários.
- O SSE é um *service broker* que registra e categoriza provedores de serviços publicados e oferece serviços de busca.
- O usuário que faz o pedido ao serviço usa o SSE *service broker* para encontrar o serviço desejado e então utiliza esse serviço.

Seguindo o padrão de WS, o SSE integra serviços independentemente do *middleware*, plataformas ou ambientes, por meio de padrões baseados na XML.

A infra-estrutura do SSE Portal consiste em dois servidores (Figura 4.2):

- **SSE Portal Server:** comunica com os serviços e catálogos remotos via SOAP e gerencia os mecanismos de *workflow*.
- **SSE AOI² Server:** cuida de todos os processamentos SIG. Obtém mapas de servidores WMS externos e usa um servidor de *gazetteer* para permitir a seleção de cidades e regiões de interesse de maneira mais amigável.

O SSE define também o WebMapView (WMV), que forma a interface cartográfica com o SSE Portal. Ela é usada para que o usuário possa delimitar a área de interesse para a consulta e também para que o sistema apresente os resultados geográficos dos serviços ao usuário.

Um provedor de serviços pode utilizar o WMV para configurar as funcionalidades oferecidas por seus serviços para os usuários. O mapa apresentado como fundo do WMV é o *layer* de um WMS.

4.2.2 Modelo de Dados para a Visão Unificada

O *Interface Control Document* (ICD) define as interfaces externas do SSE, em particular as interfaces entre o SSE Portal e os serviços remotos disponibilizados pelos provedores.

²Area of Interest

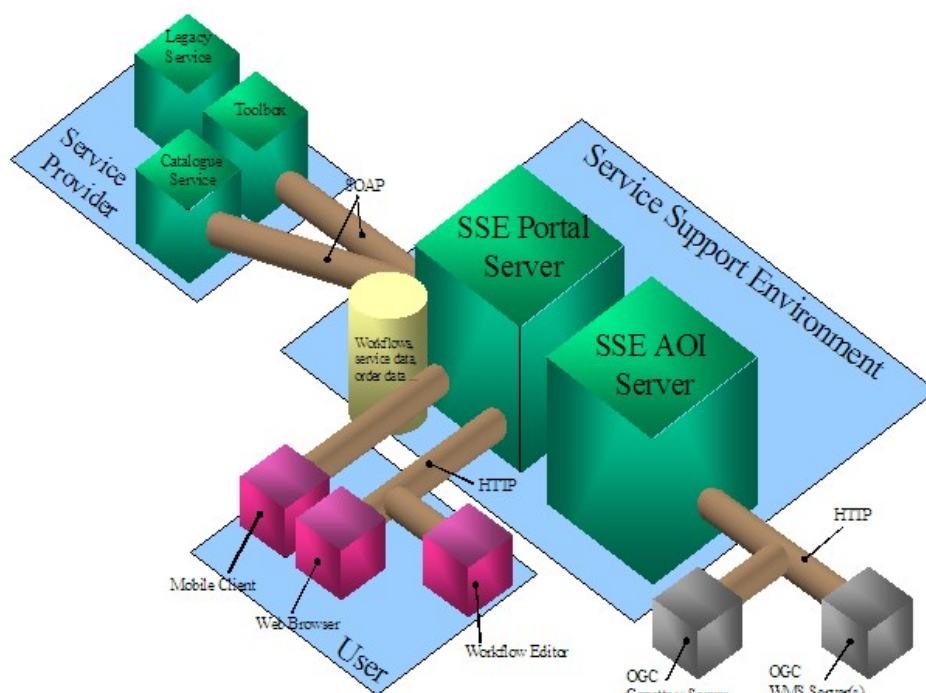


Figura 4.2 - Infra-Estrutura do SSE Portal.

Fonte: (TEAM, 2007)

Além das interfaces, o ICD descreve a arquitetura e protocolos de comunicação, os modelos de integração do sistema, a interface gráfica do serviço e também alguns exemplos de aplicações.

No escopo desse trabalho, as interfaces mais relevantes são a ESRIN EOLI ³ (NENCIONI, 2006) e a MASS⁴ (TEAM, 2006). A EOLI (Figura 4.3) define as mensagens que são trocadas entre o SSE e os serviços de catálogo de imagens que implementam as operações 'Search' e 'Present'. A MASS define diversas operações, entre elas, a operação para realizar pedidos pelo portal, o 'Order'.

A operação Search é usada para executar uma consulta no catálogo. Ela retorna, nas formas gráfica e textual, os metadados disponíveis nesse catálogo para as imagens. A operação Present permite uma consulta detalhada sobre um resultado retornado na operação Search.

Após a requisição de uma operação Search, o usuário pode selecionar as cenas desejadas e iniciar a operação Order. Essa operação pode ser síncrona, caso o dado esteja facilmente

³Earthnet Online

⁴Multi-Application Support Service System renomeado para Service Support Enviroment

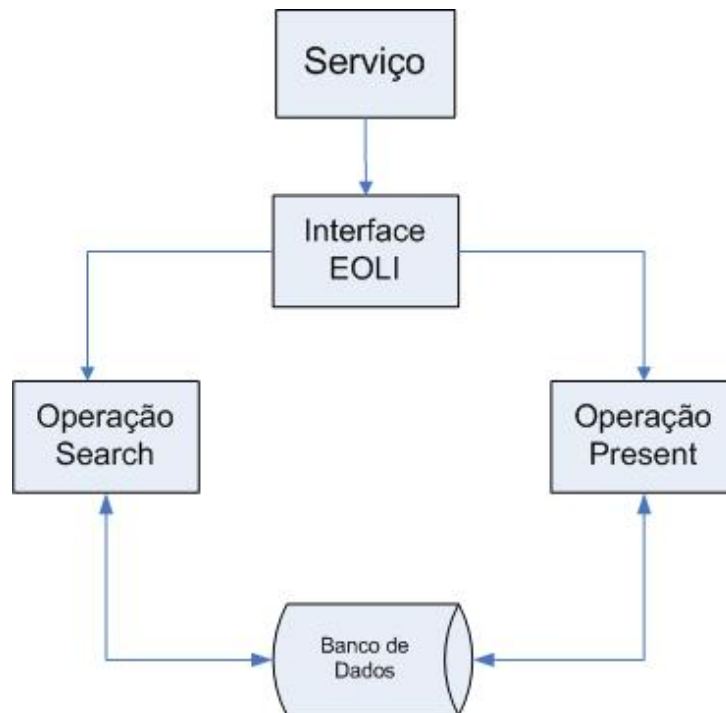


Figura 4.3 - Interface EOLI e suas operações.

disponível, ou assíncrona, quando o produto demorar muito tempo para ser entregue ao usuário. O pedido pode ser para qualquer operação geográfica, mas nesse caso específico, essa operação deverá retornar imagens de satélite.

A comunicação entre o portal e o serviço catálogo dá-se usando SOAP sobre HTTP. O SSE disponibiliza *workflows* pré-definidos que fazem a conversão entre as mensagens XML do SSE portal e as mensagens da interface EOLI (NENCIONI, 2006; TEAM, 2006).

A Figura 4.4 apresenta o diagrama UML da requisição para a operação Search. Os significados de cada *tag* e seus valores válidos são definidos em Nencioni (2006). Diferentes respostas podem ser retornadas pela operação Search, e o conteúdo dessa resposta é definido pelo elemento 'presentation'. Pelo elemento 'collectionId', diversas coleções de imagens podem ser incluídas numa mesma consulta. O elemento 'resultType' define se os resultados apresentados serão os metadados, ou apenas um número que indica o número de resultados retornados (*hits*). O 'simpleQuery' contém os demais atributos de busca.

Nos *workflows* pré-definidos para a EOLI, a área de interesse desenhada pelo usuário no WMV é convertida para GML, assim como os contornos das cenas retornadas pela operação Search. Tanto a área de interesse quanto as cenas retornadas são desenhadas no WMV e podem ser apresentadas na mesma interface.

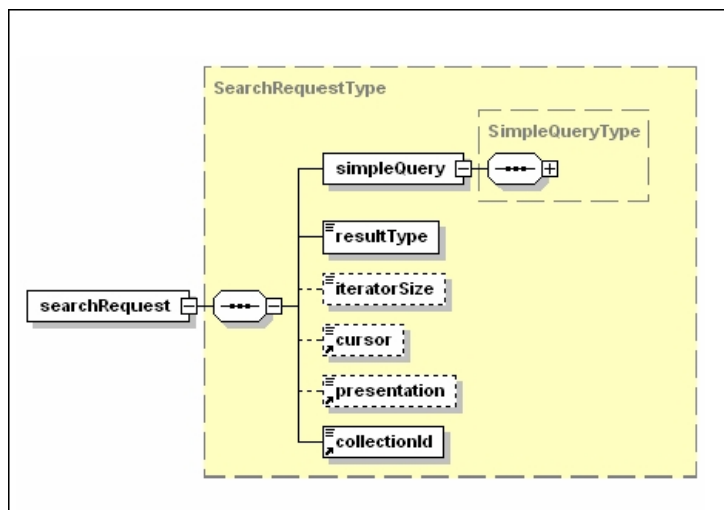


Figura 4.4 - Diagrama UML para requisição de uma operação Search.

Fonte: (NENCIONI, 2006)

A Figura 4.5 apresenta o diagrama UML da requisição para a operação Present. Os elementos 'presentation' e 'collectionId' são iguais aos da operação Search. 'resTitle' define o identificador único para um produto. Por meio desses identificadores uma nova consulta no banco é realizada.

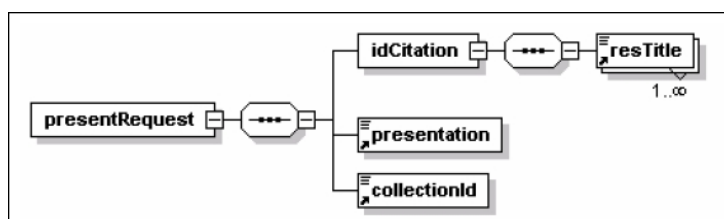


Figura 4.5 - Diagrama UML para requisição de uma operação Present.

Fonte: (NENCIONI, 2006)

O esquema da EOLI encontra-se em: <http://services.eoportal.org/schemas/1.4/eoli.xsd> e o da MASS em: <http://services.eoportal.org/schemas/1.4/mass.xsd>.

4.2.3 TOOLBOX

Para que os serviços sejam integrados utilizando a infra-estrutura do SSE, os serviços devem revelar sua interface SOAP, de acordo com o ICD. O Toolbox⁵ é um ambiente

⁵<http://mass.pisa.intecs.it/download/main.jsp>

desenvolvido para ajudar os provedores criarem seus serviços.

O projeto Toolbox é composto por duas aplicações:

- **Ambiente de desenvolvimento:** este ambiente está disponível como um *plugin* do Eclipse e provê algumas funcionalidades para facilitar a criação de *scripts*. Esses *scripts* são posteriormente carregados para o ambiente de execução.
- **Ambiente de execução:** este ambiente é uma aplicação *web* que roda sobre o Apache Tomcat. Ele encapsula *scripts* usados para gerenciar o sistema. A interface *web* permite ao administrador gerenciar o Toolbox e todos os serviços.

A criação de serviços baseadas nas interfaces descritas no ICD são facilitadas pelo Toolbox. As mensagens SOAP e a WSDL são geradas automaticamente, desde que o provedor escreva os *scripts* das operações. A página principal do ambiente de execução é apresentada na Figura 4.6.

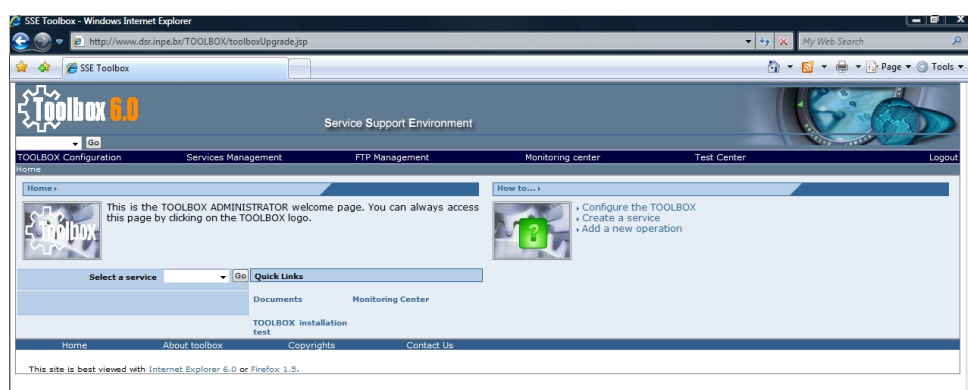


Figura 4.6 - Página principal do Toolbox.

Podemos fazer a seguinte relação entre o eoPortal e a arquitetura da Figura 3.7: o eoPortal é o Portal, o SSE é o mediador e o Toolbox roda os serviços dos centros de imagem.

4.3 A Integração

A integração do catálogo CBERS no eoPortal deu-se por meio da implementação de um *web service* chamado CBERS, cujas operações são: Search, Present e Order. Esse serviço faz o trabalho de *wrapper* entre o modelo de dados relacional do sistema atual do catálogo CBERS e as interfaces EOLI e MASS (Figura 4.7).

Utilizamos o Toolbox para implementar o serviço, que roda sobre um servidor Apache

Tomcat. As operações implementadas são todas síncronas e são detalhadas a seguir. O serviço pode ser acessado em: <http://services-test.eoportal.org/portal/service/ShowServiceInfo.do?serviceId=91805B80>.

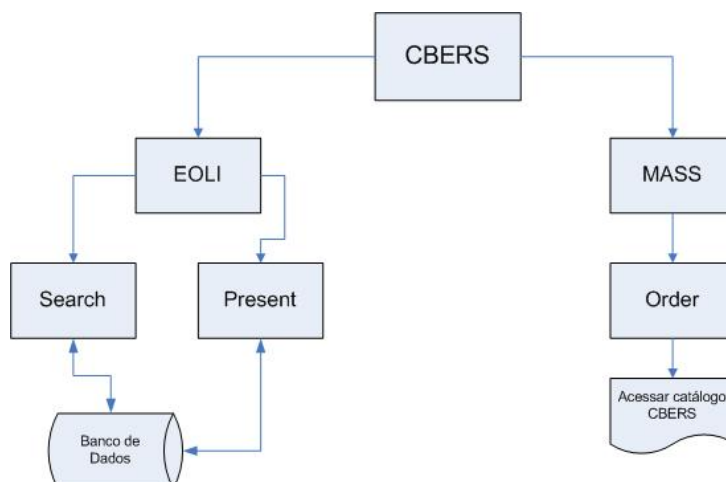


Figura 4.7 - Serviço CBERS implementado.

O processo de integração de serviços no eoPortal dá-se como na Figura 4.8.

O responsável técnico da instituição interessada em integrar seu serviço cadastra-se como usuário comum no eoPortal. Após o cadastro, o técnico deve requisitar tornar-se um provedor de serviço. O pedido é enviado para o administrador do eoPortal, que o envia um e-mail com algumas perguntas como quem é a instituição, o que ela faz, quem são os contatos e o que ela deseja disponibilizar. Respondendo essas perguntas, caso o administrador do eoPortal aprove a instituição, ela recebe *status* de provedora de serviços e pode passar a criá-los em um ambiente de testes(<http://services-test.eoportal.org/>).

Nesse ambiente de testes, apenas o criador do serviço pode acessá-lo. Depois de criar o serviço e testá-lo nesse ambiente, o usuário pode requisitar que seu serviço seja transferido para a área oficial do eoPortal (<http://services.eoportal.org/>), onde todos os usuários podem acessar o serviço criado. Quem faz a transferência são os administradores do portal e, para tanto, é necessário requisitar, via e-mail a transferência e enviar junto com a requisição o SLA do serviço criado.

4.3.1 Operações Search e Present

Como dissemos anteriormente, essas operações retornam os metadados das cenas. As operações são implementadas utilizando uma linguagem baseada em XML, própria do

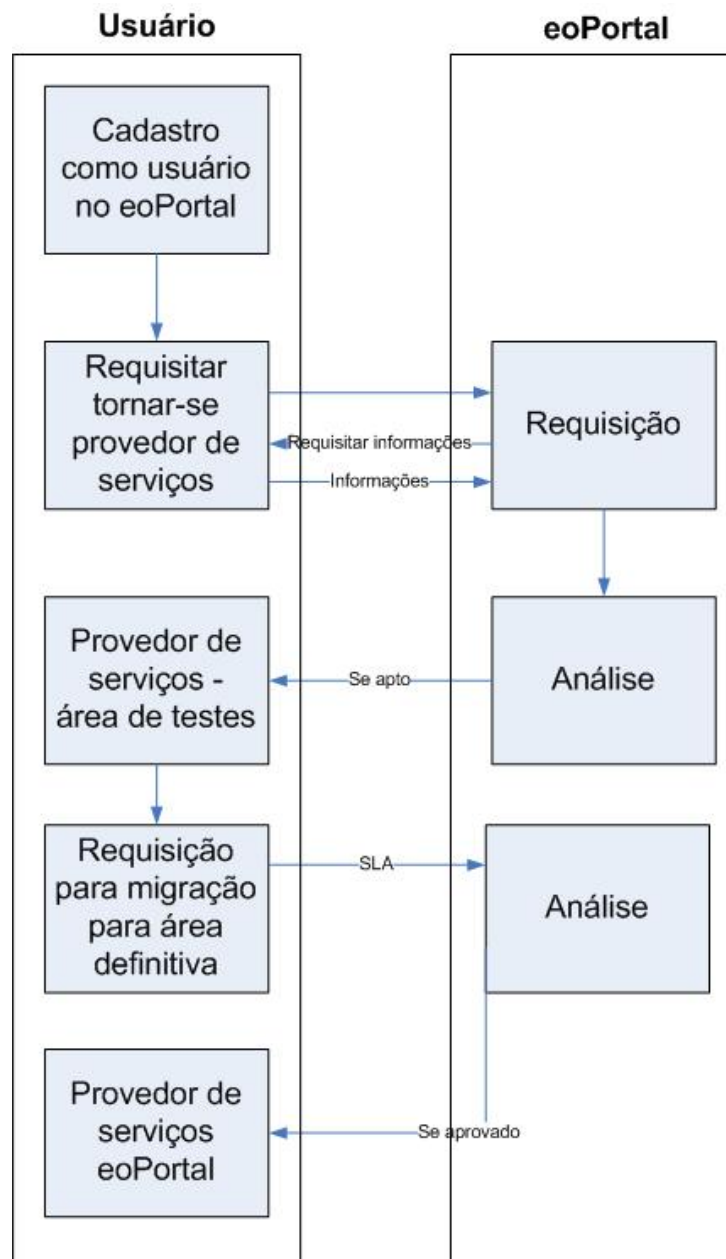


Figura 4.8 - Processo para tornar-se um provedor de serviço no eoPortal

Toolbox, chamada TSCRIPT.

No caso da operação Search, o usuário efetua a busca escolhendo parâmetros como área de interesse, sensor, data e cobertura de nuvens no eoPortal (Figura 4.9). Esses parâmetros são encapsulados numa mensagem SOAP pelo SSE e enviados ao *web service* CBERS, fisicamente alocado no INPE. O primeiro passo dessa operação, portanto, é decodificar a mensagem XML, de forma a retirar os parâmetros de busca e montar um SQL. Isso é feito por meio de um *script* XSL, que usa também XSLT e XPath.

Com o SQL montado, o próximo passo da operação é realizar a consulta. Para tanto, usamos JDBC, uma API escrita em Java que faz o envio de instruções SQL para qualquer banco de dados relacional. Como o banco do catálogo está em MySQL, utilizamos o driver JDBC-MySQL.

Os metadados das cenas recuperados do banco são traduzidos para XML, seguindo a EOLI, por um segundo *script* XSL. Esse *script* é o *wrapper* propriamente dito, pois é ele que literalmente traduz o esquema do catálogo CBERS para o modelo de dados da EOLI. O XML gerado é encapsulado numa mensagem SOAP pelo Tomcat e enviada de volta ao SSE, que aplica um estilo à mensagem, codifica as coordenadas das cenas em GML e apresenta tanto os dados textuais quanto os gráficos no eoPortal.

O código da operação Search pode ser visto em: <http://www.dsr.inpe.br/eoportal/cbers2/Scripts/search/search.tscript>.

A operação Present segue o mesmo esquema da operação Search (Figura 4.9). Porém, na operação Present, o parâmetro de busca será sempre o identificador de uma única cena, e o conjunto resposta da requisição ao banco contém um maior número de metadados. A operação Present só pode ser requisitada após uma operação Search (Figura 4.10).

O código da operação Present pode ser visto em : <http://www.dsr.inpe.br/eoportal/cbers2/Scripts/present/present.tscript>.

4.3.2 Operação Order

A operação Order segue o modelo de dados da interface MASS. Ela recebe como parâmetro de entrada os identificadores das cenas desejadas, o nome e *e-mail* do usuário, e retorna as cenas propriamente ditas, por meio de um *link* para o arquivo armazenado em disco.

Para tanto, adicionamos ao tipo complexo 'OrderOutputType' presente no MASS, os elementos 'name', 'mail' e 'scenes'. Os dois primeiros servirão para adicionar o usuário ao banco de dados do catálogo CBERS; o elemento 'scenes' contém os identificadores das cenas que serão pedidas.

Como o catálogo CBERS possui uma operação de pedido complexa, que depende de acessar diversas máquinas e transformar a cena em TIFF, caso seja necessário, resolvemos implementar a operação Order como mostrado na Figura 4.11. Após a operação Search, o usuário seleciona as cenas que deseja fazer *download* e inicia a operação Order, colocando as cenas no carrinho. Ao fechar o pedido, duas ações são executadas pelo *script*:

- A comunicação com o usuário é encerrada no eoPortal. Ele é informado que o

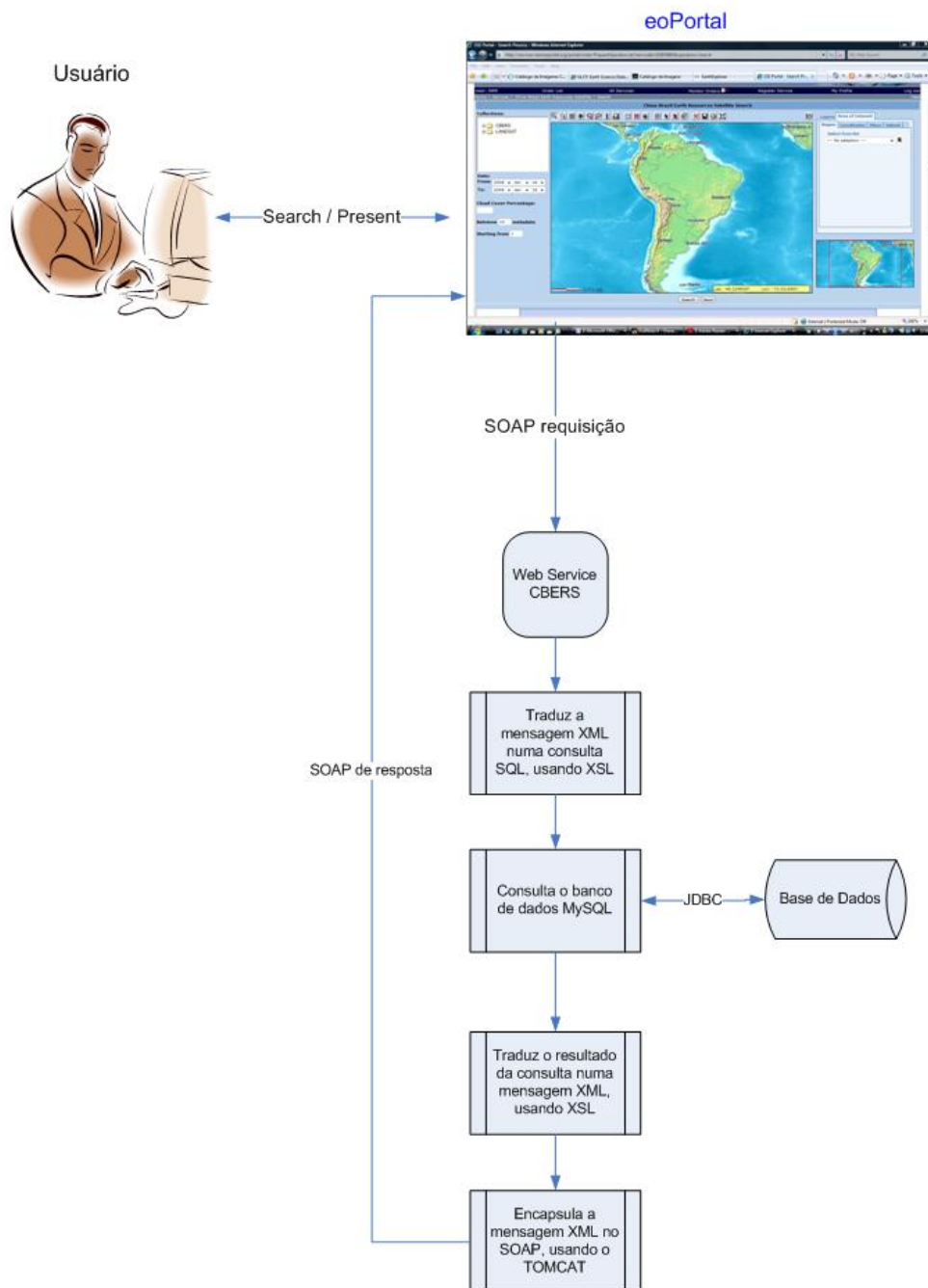


Figura 4.9 - Diagrama de funcionamento das operações Search e Present.

link para as imagens que ele deseja será enviado para o endereço de *e-mail* que ele informou.

- O pedido, com o nome e e-mail do usuário e a lista de cenas que ele pediu são encaminhadas ao catálogo CBERS existente. Dessa forma, entramos no sistema de forma não canônica, cadastrando o usuário no banco de dados e iniciando o pedido, como se ele partisse do catálogo atual. A partir daí, toda comunicação

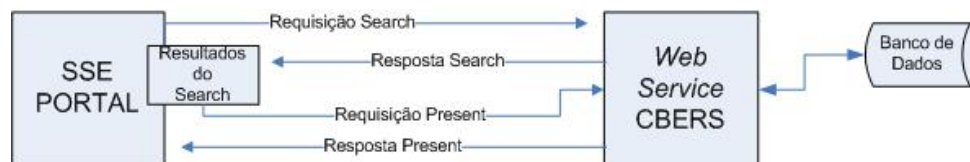


Figura 4.10 - Relação entre as chamadas das operações Search e Present.

com o usuário é feita, por *e-mail*, pelo sistema atual. No final do processo, o *link* com o endereço *web* onde as cenas foram copiadas é enviado ao *e-mail* do usuário.

Como já dissemos, no Toolbox a operação pode ser implementada síncrona ou assincronamente. Para aproveitar o complexo sistema de pedidos do catálogo CBERS, implementamos uma operação síncrona no Toolbox, encerrando a comunicação com o usuário no eoPortal. No entanto, essa operação simula uma operação assíncrona, usando SMTP.

O *script* da operação Order pode ser acessado em: <http://www.dsr.inpe.br/eoportal/cbers2/Scripts/Order.tscript>.

4.4 Aspectos positivos e negativos da integração

O SSE é um sistema aberto, gratuito e baseado em tecnologias também gratuitas e que provê um suporte de excelente qualidade. Não há ônus algum para disponibilizar serviços usando o sistema. No caso de catálogos de imagens, a grande vantagem é a interface EOLI.

A maior dificuldade em relação à integração está na quantidade de linguagens a dominar (TSCRIPT, XML, XSL, XSLT, Xpath) e em traduzir os metadados locais para os da EOLI. Não há dificuldade em termos de notação ou semântica, mas há uma dificuldade em deixar a informação armazenada localmente no mesmo padrão da EOLI. Por exemplo, no banco de dados do catálogo CBERS, a data e a hora estão armazenadas em campos diferentes. Na EOLI, elas são apresentadas juntas. Da mesma forma, alguns outros metadados precisaram ser reescritos para ficar no padrão correto. Não houve metadados esperados pela EOLI que não estivessem armazenados no catálogo CBERS. Isso também foi um facilitador.

Caso o gerenciador de banco de dados do sistema atual tivesse extensão espacial, as funcionalidades relativas à área de interesse disponíveis pela interface gráfica do portal poderiam ser aproveitadas em sua totalidade. Como não há extensão espacial, um retângulo é criado em volta da área não retangular, o que pode resultar em imagens que não estão dentro da área determinada pelo usuário.

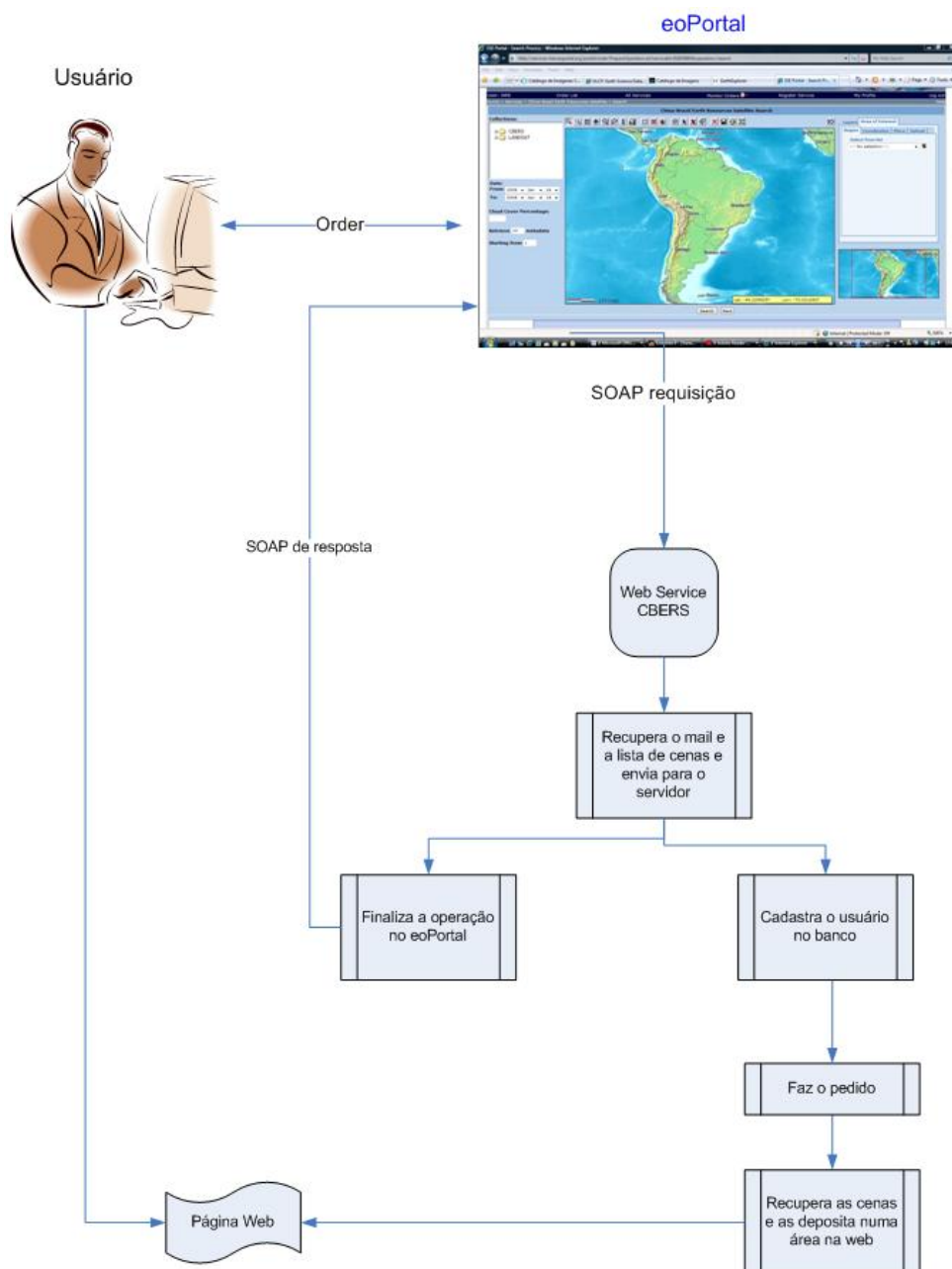


Figura 4.11 - Diagrama de funcionamento da operação Order.

Uma grande vantagem da integração diz respeito à visibilidade do catálogo em todo o mundo, visto que o eoPortal possui maior popularidade que o catálogo CBERS e está sendo cogitado para ser o portal do GEOSS. Sendo assim, o INPE torna-se apto para adequar sua arquitetura de distribuição de dados para integrações globais futuras.

Além disso, os planos do INPE para distribuição internacional de imagens CBERS incluem a instalação de diversas estações de recepção na América do Sul, África, Europa e Ásia. Para que a distribuição mundial de imagens CBERS funcione de forma eficiente, será

necessário coordenar a operação das diferentes estações, para que todas as imagens por elas recebidas sejam acessíveis online. Essa coordenação pode ser feita pelo eoPortal. As demais estações entrarão no serviço implementado como novas coleções de dados, de forma que todas as cenas CBERS, advindas de todas as estações de recepção, poderão ser acessadas simultaneamente e numa interface unificada.

5 Conclusões

Este trabalho mostrou os benefícios potenciais da integração entre os diferentes centros de imagens de sensoriamento remoto. Indicamos como esta integração pode ser alcançada por meio de uma arquitetura de mediadores e fizemos um protótipo de demonstração. Ao analisar os catálogos verificamos a necessidade de integração. Como os catálogos já existem em suas plataformas de *software* e *hardware*, é importante haver uma arquitetura de mediação que os una numa interface única e simplificada. Este trabalho provou ser possível construir uma arquitetura de mediação que funcione bem, já que os aspectos comuns a todos os catálogos são mais fortes que as diferenças. A integração entre o eoPortal e o catálogo CBERS é exemplo do acima exposto.

Para os usuários, a implementação desse geoportal facilitaria a busca e recuperação das imagens e aumentaria o volume de dados disponível. Para os centros de imagens, esse geoportal diminuiria o esforço de implementação e manutenção de interfaces *web* geográficas, já que os provedores precisariam apenas manter o banco de dados atualizado e implementar o serviço *wrapper*. O uso da XML e toda tecnologia associada a ela é imprescindível para que essa arquitetura funcione com total interoperabilidade entre as partes.

Quanto ao atual catálogo CBERS, sugerimos as seguintes mudanças:

- Interface de Busca
 - Adicionar um mapa de edição e um sistema de geocodificação para localização da área de interesse. Uma sugestão simples é utilizar a API do Google Maps.
 - Adicionar um sistema de *upload* de arquivos para localizar a área de interesse.
 - Adicionar a opção de buscas a múltiplos sensores simultaneamente.
- Interface de Publicação
 - Adicionar *footprints* das cenas recuperadas sobre o mapa referência, para que o usuário saiba exatamente a sua localização.
 - Adicionar um conjunto de metadados mínimos no momento da recuperação das imagens. O catálogo apresenta apenas o identificador da cena.
 - Adicionar a opção de ordenar os resultados recebidos. O padrão do catálogo é ordenar pela data, mas seria interessante o usuário ordenar pela percentagem de nuvens, por exemplo.

A migração do atual sistema de banco de dados relacional para um banco de dados com extensão espacial tornaria a busca e recuperação das imagens mais eficientes. A integração do catálogo CBERS no eoPortal certamente dará mais visibilidade aos dados distribuídos pelo INPE. Dessa forma, um estudo deve ser feito para avaliar o impacto dessa maior visibilidade sobre o sistema, especialmente no que diz respeito aos pedidos usando o eoPortal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABITEBOUL, S.; BENJELLOUN, O.; MILO, T. Web services and data integration. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WEB INFORMATION SYSTEMS ENGINEERING (WISE 2002), 3., 2002, Singapura. **Proceedings...** Washington, DC: IEEE, 2002. p. 3–6. ISBN 0-7695-1766-8. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1181637>. Acesso em: 12 jun. 2007. 30

ADLER, S.; BERGLUND, A.; CARUSO, J.; DEACH, S.; GRAHAM, T.; GROSSO, P.; GUTENTAG, E.; MILOWSKI, A.; PARNELL, S.; RICHMAN, J.; ZILLES, S. **Extensible Stylesheet Language (XSL):** Version 1.1. [S.l.], dec. 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/xsl/>>. Acesso em: 3 jan. 2007. 29

AKKIRAJU, R.; FARRELL, J.; MILLER, J. A.; NAGARAJAN, M.; SHETH, A.; VERMA, K. Web service semantics - WSDL-S. In: W3C WORKSHOP ON FRAMEWORKS FOR SEMANTICS IN WEB SERVICES, 2005, Innsbruck, Austria. **Proceedings...** Yorktown Heights, NY: W3C, 2005. Disponível em: <<http://domino.research.ibm.com/library/cyberdig.nsf/papers/EF9FE52551FB21DC8525710D005A8480/File/rc23854.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2007. 42

ALOISIO, G.; CAFARO, M. A dynamic earth observation system. **Parallel Computing**, v. 29, n. 10, p. 1357–1362, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V12-49H1P8J-2/2/273c32b761f0f5ff5a18ab7f1f8bd341>>. Acesso em: 07 dez. 2007. 24, 51

ALONSO, G.; CASATI, F.; KUNO, H.; MACHIRAJU, V. **Web services - concepts, architectures and applications: Web Services.** Verlag: Springer, 2004. 354 p. (Data-Centric Systems and Applications, XX). ISBN 3-540-44008-9. 36, 37, 39, 40

ALVES, L. L.; DAVIS JUNIOR, C. A. Interoperability through web services: Evaluating ogc standards in client development for spatial data infrastructures. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOINFORMÁTICA - GEOINFO 2006, 8., 2006, Campos do Jordão/SP. **Anais...** São José dos Campos/SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2006. p. 193–208. ISBN 85-17-00027-7. Disponível em: <<http://geoinfo.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/geoinfo@80/2006/11.28.11.42/doc/193-208.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2007. 46

AULICINO, L. C. M. **WISS - serviço web para segmentação de imagens : especificação e implementação.** 116 p. Dissertação (Mestrado) — Instituto Nacional

de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/SP, 2006. Disponível em:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/05.30.17.29>>. 27, 42

BARBOSA, A. C. P. **Middleware para integração de dados heterogêneos baseado em composição de frameworks**. 167 p. Tese (Doutorado) — PUC-RIO, Rio de Janeiro/RJ, 2001. Disponível em:

<http://codims.lprm.inf.ufes.br/arquivos/publicacoes/tese_alvaro.pdf>.

Acesso em: 21 jan. 2008. 31, 32

BARBOSA, A. C. P.; BIANCARDI, C.; SILVESTRE, L. J. Integração de dados heterogêneos em ambiente web. In: ESCOLA REGIONAL DE INFORMÁTICA RJ/ES, 4., 2004, Vitória - ES, Rio das Ostras - RJ. **Anais...** Porto Alegre - RS: SBC, 2004.

Disponível em:

<<http://www.sbc.org.br/bibliotecadigital/download.php?paper=41>>. Acesso em: 19 jan. 2008. 34

BARCLAY, T.; BARCLAY, T.; GRAY, J.; EKBLAD, S.; STRAND, E. A. S. E.; RICHTER, J. A. R. J. Designing and building TerraService. **IEEE Internet Computing**, v. 10, n. 5, p. 16–25, 2006. ISSN 1089-7801. 42, 46

BATISTA, M. C. M. **Otimização de acesso em um sistema de integração de dados através do uso de caching e materialização de dados**. 128 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, 2003. 31, 32, 33, 34

BERNARD, L.; KANELLOPOULOS, I.; ANNONI, A.; SMITS, P. The european geoportal—one step towards the establishment of a european spatial data infrastructure. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 29, n. 1, p. 15–31, 2005. ISSN 0198-9715. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2004.05.009>>. Acesso em: 25 maio 2007. 48, 49

BLAIR, G.; COULSON, G.; ROBIN, P.; PAPATHOMAS, M. An architecture for next generation middleware. In: IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE ON DISTRIBUTED SYSTEMS PLATFORMS AND OPEN DISTRIBUTED PROCESSING (MIDDLEWARE'98), 1998, New York. **Proceedings...** Verlag: Springer, 1998. p. 191–206. Disponível em: <http://www.sandrosufba.hpg.com.br/tempo_real/artigos/middleware/MPG-98-27.pdf>. Acesso em: 19 out. 2008. 36

BORGES, K. A. V. **Uso de uma ontologia de lugar urbano para reconhecimento e extração de evidências geo-espaciais na Web**. 181 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2006.

Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/SLBS-6XYFYS/1/tesekarlaborges.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2008. 54

BRAY, T.; HOLLANDER, D.; LAYMAN, A. **Namespaces in XML**. [S.l.]: W3C, 1999. 28

BREITMAN, K.; CASANOVA, M.; TRUSZKOWSKI, W. **Semantic web: concepts, technologies and applications**. London: Springer, 2007. 330 p. ISBN 978-1-84628-581-3. 25, 42, 47, 49, 50

CARDOSO A, A. S. b. J. M. J. A. J.; KOCHUTB, K. Quality of service for workflows and web service processes. **Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web**, v. 1, n. 3, p. 281–308, 2004. ISSN ACHAR!!! Disponível em: <<http://doi:10.1016/j.websem.2004.03.001>>. Acesso em: 05 maio 2008. 44, 45

CLARK, J. **XSL Transformations (XSLT)**. [S.l.]: W3C, 1999. 29

CLARK, J.; DEROSE, S. **XML Path Language (XPath)**. [S.l.]: W3C, 1999. 29

COSTA, C. M. **Viabilidade de acesso público a informações geográficas por meio de metadados espaciais em sistemas de código aberto**. 97 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2005. 49

CURBERA, F.; DUFTLER, M.; R., K.; NAGY, W.; MUKHI, N.; WEERAWARANA, S. Unraveling the web services : Web - an introduction to SOAP, WSDL, and UDDI. **IEEE Internet Computing**, v. 6, n. 2, p. 86–93, 2002. ISSN 1089-7801. 25, 37, 39, 41

CURBERA, F.; KHALAF, R.; MUKHI, N.; TAI, S.; WEERAWARANA, S. The next step in web services. **Communications of the ACM**, v. 46, n. 10, p. 29–34, 2003. ISSN 0001-0782. 40

DATCU, M.; SEIDE, K. Image information mining: Exploration of image content in large archives. In: AEROSPACE CONFERENCE, 2000, Big Sky, MT, USA.

Proceedings... Washington, DC: IEEE, 2000. p. 253–264. ISBN 0-7803-5846-5.

Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=879853>. Acesso em: 25 maio 2007. 34

DAVIS JUNIOR, C. A.; BORGES, K.; SOUZA, L.; CASANOVA, M.; JÚNIOR, P. O Open Geospatial Consortium - cap. 11. In: CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS JUNIOR, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. (Ed.). **Bancos de Dados Geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005. 45

DAVIS JUNIOR, C. A.; SOUZA, L. A.; BORGES, K. A. V. Disseminação de dados geográficos na internet - cap. 10. In: CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS JUNIOR, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. (Ed.). **Bancos de dados geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005. p. 26. 27

DOYLE, A.; REED, C. **Introduction to OGC Web Services**. [S.l.]: OGC, 2001. 45

ELFWING, R.; PAULSSON, U.; LUNDBERG, L. Performance of SOAP in web service environment compared to CORBA. In: ASIA-PACIFIC SOFTWARE ENGINEERING CONFERENCE (APSEC'02), 9., 2000, Gold Coast, Australia. **Proceedings...**

Washington, DC: IEEE Computer Society, 2002. p. 84-93. ISBN 0-7695-1850-8.

Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1182978>. Acesso em: 11 dez. 2007. 41

FALLSIDE, D. C. **XML Schema: Part 0**. [S.l.], maio 2001. Disponível em:

<<http://www.w3.org/TR/2001/REC-xmlschema-0-20010502/>>. Acesso em: 2 jun. 2006. 28

FAYAD, M.; SCHMIDT, D.; JOHNSON, R. **Building application frameworks: object-oriented foundations of framework design**. 1. ed. New York: Wiley, 1999. 664 p. ISBN 0471248754. 38

FENSEL, D.; BUSSLER, C. The web service modeling framework - WSMF. **Electronic Commerce Research and Applications**, v. 1, n. 2, p. 113-137, 2002. ISSN

1567-4223. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1567-4223\(02\)00015-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1567-4223(02)00015-7)>. Acesso em: 29 nov. 2007. 37, 40

FERRIS, C.; FARRELL, J. What are web services? **Communications of the ACM**, v. 46, n. 6, p. 31, 2003. ISSN 0001-0782. Disponível em:

<<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=777313.777335>>. Acesso em: 12 set. 2007. 38

GIOIELLI, F. P. **Tecnologias e padrões abertos para o domínio geográfico na web: um estudo em ecoturismo**. 110 p. Dissertação (Mestrado) — Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/SP, 2006. Disponível em:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/06.12.19.07>>. Acesso em: 20 fev. 2007. 38, 41

GOVINDARAJU, M.; SLOMINSKI, A.; CHIU, K.; LIU, P.; ENGELEN, R. v.; LEWIS, M. J. Toward characterizing the performance of soap toolkits. In: IEEE/ACM INTERNATIONAL WORKSHOP ON GRID COMPUTING (GRID'04), 5., 2004,

Pittsburgh, USA. **Proceedings...** Washington, DC: IEEE Computer Society, 2004. p. 365–372. ISBN 1550-5510/04. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1382853>. Acesso em: 11 dez. 2007. 41

GRANELL, C.; POVEDA, J.; GOULD, M. Incremental composition of geographic web services: An emergency management context. In: AGILE - CONFERENCE ON GEOGRAPHIC INFORMATION SCIENCE, 7., 2005, Heraklion, Greece.

Proceedings... 2004. Disponível em:

<<http://www.terra.es/personal/mgould/04AGILE-granell.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2008. 46

GRECO, G. B. **Web Services - uma alternativa para sistemas distribuídos**. Tese (Doutorado) — Centro Universitário Franciscano, 2002. 36

GROUP ON EARTH OBSERVATION. **The Global Earth Observation System of Systems (GEOSS)**: 10-year implementation plan. [S.l.], jan. 2007. 26

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19115**: Geographic information - metadata. Geneva, jan. 2003. 140 p. 43, 50

_____. **ISO 19119**: Geographic information - services. Geneva, jan. 2005. 67 p. 43

KIM, M.; KIM, M.; LEE, E.; JOO, I. Web services framework for geo-spatial services. In: CARSWELL, J. D.; TEZUKA, T. (Ed.). **Web and wireless geographical information systems**. 4. ed. Berlin/Heidelberg: Springer, 2005. v. 3428/2005, p. 1–13. 40, 46

KON, F.; COSTA, F.; BLAIR, G.; CAMPBELL, R. H. The case for reflective middleware. **Communications of the ACM**, v. 45, n. 6, p. 33–38, 2002. ISSN 0001-0782. Disponível em:

<<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=508448.508470>>. 35, 36

LENZERINI, M. Data integration: a theoretical perspective. In: ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART SYMPOSIUM ON PRINCIPLES OF DATABASE SYSTEMS, 21., 2002, Madison/Wisconsin/USA. **Proceedings...** ACM, 2002. p. 233–246. ISBN 1-58113-507-6. Disponível em:

<<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=543644>>. Acesso em: 18 jan. 2008. 29

LEVY, A. Y. Combining artificial intelligence and databases for data integration. In: WOOLDRIDGE, M. J.; VELOSO, M. (Ed.). **Artificial intelligence today**. 1. ed. Berlin/Heidelberg: Springer, 1999. v. 1600/1999, p. 249–268. 30

LÓSCIO, B. F. **Managing the evolution of XML-based mediation queries**. 159 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, 2003. Disponível em: <<http://www.cin.ufpe.br/~hjca/VersaoFinalTeseBerna.pdf>>. 31, 32, 34

LÓSCIO, B. F.; SALGADO, A. C.; VIDAL, V. M. P. Using agents for generation and maintenance of mediators in a data integration system on the web. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS, 16., 2001, Rio de Janeiro/RJ. **Proceedings...** Rio de Janeiro - Brazil, 2001. p. 172 – 186. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br:8080/colecoes/sbbd/2001/012.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2008. 29

MACHADO, G. B. **Uma arquitetura baseada em web wervices com diferenciação de serviços para integração de sistemas embutidos a outros sistemas**. 98 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,/SC, 2006. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~bertoni/artigos/dissertacao.pdf>>. 44, 45

MAGUIRE, D. J.; LONGLEY, P. A. The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. **Computers, Environment and Urban Systems**, Elsevier Science, v. 29, n. 1, p. 3–14, 2005. ISSN 0198-9715. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V9K-4DS2T8S-2/2/c5da05c31b7ebdecd8e48b8243fa198f>>. Acesso em: 16 fev. 2007. 47, 48

MANSO, M. A.; NOGUERAS-ISO, J.; BERNABE, M. A.; F.J.; Z.-S. Automatic metadata extraction from geographic information. In: AGILE CONFERENCE ON GEOGRAPHIC INFORMATION SCIENCE, 7., 2005, Heraklion, Greece. **Proceedings...** 2004. Disponível em: <http://martin.cps.unizar.es/curriculum/09-0tras-Publicaciones-Congresos/cong_2004_AGILE_Automatic.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2007. 50

MILLER, P. Interoperability. What is it and why should I want it? **Ariadne**, n. 24, 2000. Disponível em: <<http://www.ariadne.ac.uk/issue24/interoperability/>>. Acesso em: 20 dez. 2007. 36

MOEN, W. E. Mapping the interoperability landscape for networked information retrieval. In: ACM/IEEE-CS JOINT CONFERENCE ON DIGITAL LIBRARIES (JCDL'01), 1., 2001, Roanoke, VA, USA. **Proceedings...** 2001. p. 50–51. Disponível em: <<http://csdl2.computer.org/comp/proceedings/jcdl/2001/2287/00/22870050.pdf>>. 38

MOURA, S. L. d. **Uma arquitetura para integração de repositórios de objetos de aprendizagem baseada em mediadores e serviços web**. 158 p. Dissertação

- (Mestrado) — PUC-Rio, Rio de Janeiro/RJ, 2005. Disponível em: http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/cgi-bin/db2www/PRG_0490.D2W/INPUT?CdLinPrg=pt>. Acesso em: 20 fev. 2007. 32
- NEBERT, D.; WHITESIDE, A. **Catalogue Service Specification**: Version 2.0.0. [S.l.], Jan. 2005. Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/standards/cat>>. Acesso em: 2 jun. 2006. 48
- NENCIONI, P. **Earthnet Online XML Front-End**. 2006. 74, 75, 76
- NEWCOMER, E. **Understanding web services - XML, WSDL, SOAP and UDDI**. 1. ed. Boston: Addison-Wesley, 2002. 332 p. ISBN 0201750813. 25, 38, 40, 41, 43
- NOGUERAS-ISO, J.; ZARAZAGA-SORIA, F. J.; BEJAR, R.; ALVAREZ, P. J.; MURO-MEDRANO, P. R. OGC catalog services: a key element for the development of spatial data infrastructures. **Computers e Geosciences**, v. 31, n. 2, p. 199–209, 2005. ISSN 0098-3004. 48
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. **OGC Web Services Initiative (OWS-1), Phase 1.1**: Web service architecture. [S.l.], Jan. 2002. Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/projects/initiatives/ows1.1>>. Acesso em: 2 jun. 2006. 42
- _____. **Geospatial Portal Reference Architecture**. [S.l.], Jul. 2004. Disponível em: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=6669>. Acesso em: 2 jun. 2006. 47
- _____. **OGC Vision, Mission, e Goals**. [S.l.], abr. 2005. Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/ogc/vision>>. Acesso em: 2 nov. 2007. 45
- PERCIVALL, G. ISO 19119 and OGC Service Architecture. In: **FIG XXII International Congress**. Washington, D.C. USA: [s.n.], 2002. p. 12. 43
- RHEINHEIMER, L. R. **WSAgent: Um agente baseado em web services para promover a interoperabilidade entre sistemas heterogêneos no domínio da saúde**. 148 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo - RS, 2005. 38
- SCHOLTEN, M.; SCHOLTEN, M.; KLAMMA, R.; KIEHLE, C. Evaluating performance in spatial data infrastructures for geoprocessing evaluating performance in spatial data infrastructures for geoprocessing. **IEEE Internet Computing**, v. 10, n. 5, p. 34–41, 2006. ISSN 1089-7801. 46

SILVA, A. R. Web services: Próximos passos na globalização da computação distribuída? In: E-PORTUGAL, 2002, Portugal. **Proceedings...** 2002. p. 109–124. Disponível em: <http://berlin.inesc.pt/alb/static/papers/2002/e-portugal-2002-alberto-silva.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2007. 38, 41, 42

SIQUEIRA, F. Especificação de requisitos de qualidade de serviço em sistemas abertos: a linguagem qsl. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES (SBRC), 2002, Búzios - RJ. **Proceedings...** [S.l.], 2002. 44

SNELL, J. **Programming web services with SOAP**. 1. ed. Paris, France: O'Reilly, 2001. 216 p. ISBN 0-596-00095-2. 40, 41

SONNET, J. **OWS 2 Common Architecture: WSDL SOAP UDDI - Version: 1.0.0**. [S.l.]: Open Geospatial Consortium, Inc., 2004. 46

TAIT, M. G. Implementing geoportals: applications of distributed gis. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 29, n. 1, p. 33–47, 2005. ISSN 0198-9715. 48, 53, 54

TEAM, S. S. E. **SSE Interface Control Document**. [S.l.]: eoPortal, 2006. 156 p. 72, 74, 75

_____. **SSE Infocenter**. [S.l.]: eoPortal, 2007. 72, 73, 74

THOMÉ, R. **Interoperabilidade em geoprocessamento: conversão entre modelos conceituais de sistemas de informação geográfica e comparação com o padrão OpenGIS**. São José dos Campos/SP: [s.n.], 1998. 196 p. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/2000/02.21.09.46?languagebutton=pt-BR>>. Acesso em: 20 fev. 2007. 36

TU, S.; ABDELGUERFI, M. Web services for geographic information systems. **Internet Computing, IEEE**, v. 10, n. 5, p. 13–15, 2006. ISSN 1089-7801. 46

Van der Aalst, W. Don't go with the flow: Web services composition standards exposed. **IEEE Intelligent Systems**, n. Trends & Controversies, 2003. Disponível em: <http://citeseer.ist.psu.edu/555721.html>>. 40

VINOSKI, S. Where is middleware? **IEEE Internet Computing**, v. 6, n. 2, p. 83–85, 2002. ISSN 1089-7801. 37

_____. Integration with web services. **IEEE Internet Computing**, v. 7, n. 6, p. 75–77, 2003. ISSN 1089-7801. 37

VRETANOS, P. A. **Filter Encoding Implementation Specification**. [S.l.], dez. 2001. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/filter>>. Acesso em: 3 dez. 2007. 48

WIEDERHOLD, G. Mediators in the architecture of future information systems. **IEEE Computer**, v. 25, n. 3, p. 38–49, 1992. ISSN 1089-7801. 25, 32

_____. Mediation in information systems. **ACM Computing Surveys**, v. 27, n. 2, p. 265–267, 1995. ISSN 0001-0782. 25

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. **Web Services Architecture Requirements**. [S.l.], nov. 2002. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2002/WD-wsa-reqs-20021114>>. Acesso em: 3 jan. 2007. 38

_____. **Web Services Architecture**. [S.l.], jan. 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/ws-arch/>>. Acesso em: 3 jan. 2007. 25, 39

ZIMMERMANN, R.; KU, W.-S.; WANG, H.; ZAND, A.; BARDET, J.-P. A distributed geotechnical information management and exchange architecture. **IEEE Internet Computing**, v. 10, n. 5, p. 26–33, 2006. ISSN 1089-7801. 46