

## **Uma proposta para arquitetura baseada em padrões abertos para integração e disponibilização de dados geoespaciais da região do Pantanal**

Sérgio Aparecido Braga da Cruz<sup>1</sup>  
João dos Santos Vila da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Informática Agropecuária  
Av. André Toselo, 209 - Caixa Postal 6041  
13083-886 - Campinas, SP, Brasil  
{sergio,jvilla}@cnptia.embrapa.br

**Resumo.** Estudos envolvendo dados geoespaciais da região do Pantanal representam desafios de interoperabilidade que podem ser mais facilmente superados com a adoção do modelo orientado à serviços especificado pela *Open Geospatial Consortium*. Este artigo apresenta uma proposta de arquitetura para utilização destes padrões aplicados na integração e disponibilização de dados geoespaciais do Pantanal e sua bacia de drenagem. A implantação da arquitetura sugerida, apoiada na adoção de softwares de código-aberto ou gratuitos possibilita uma solução com qualidade e baixo custo para integração de dados georreferenciados, úteis ao planejamento e zoneamento ambiental e estudos ecológicos da região.

**Palavras-chave:** geoprocessamento distribuído, banco de dados, padrões OGC, áreas úmidas, Pantanal.

**Abstract.** Studies involving the Pantanal region, represent challenges of interoperability that can be more easily overcome with the adoption of model-oriented services specified by the *Open Geospatial Consortium*. This paper presents an architecture for using these standards applied to the construction of a plan for conservation of the Pantanal. The implementation of the proposed architecture, based on the adoption of open source software allows a solution with quality and low cost for georeferenced data integration.

**Key-words:** distributed geoprocessing, data base, OGC standards, wetland, Pantanal.

## 1. Introdução

Estudos integrados sobre o Pantanal envolvendo zoneamentos (ambientais ou ecológico-econômicos), planejamentos ambientais e ecologia, invariavelmente necessitam ser interdisciplinares, pois enfoques metodológicos para essa finalidade devem considerar tanto o entendimento da dinâmica e funcionalidade do ambiente natural, quanto a compreensão das relações sociais existentes. Segundo Santos et al. (2006) tais enfoques abrangem os aspectos físicos, biológicos, sócio-econômicos e jurídico-institucionais que, via de regra são dados espaciais e precisam estar georreferenciados.

Por exemplo, um zoneamento classifica uma paisagem em zonas, segundo suas potencialidades e fragilidades, com base nos fatores ambientais dos meios físico, biológico e sócio-econômico dos ecossistemas, sendo o suporte para o planejamento ambiental. Um zoneamento busca, na superfície terrestre, zonas ambientais homogêneas ou com características semelhantes (Silva & Santos, 2004; Silva et al., 2006), nas quais (individualizadas ou agrupadas) possam se implementar planos, programas, projetos, metas e diretrizes de planejamento ambiental (Silva & Santos, 2011).

Para suportar projetos de geoprocessamento deste nível, os quais exigem uma forte interação multidisciplinar e multi-institucional, uma série de acordos devem ser realizadas com o objetivo de compatibilizar tecnologias, padrões para representação e troca de dados, políticas de atualização, políticas de acesso e políticas de divulgação dos dados. Estes acordos possibilitam a localização, intercâmbio e a utilização dos dados georreferenciados pelas instituições parceiras de forma mais eficiente e com um menor custo (GSDI, 2012).

O *Open Geospatial Consortium* (OGC) (OGC, 2012) é um consórcio internacional com a participação da indústria, órgãos governamentais e instituições acadêmicas que definem de forma consensual um conjunto de padrões que possibilitam o uso eficiente de informações georreferenciadas nos mais diferentes tipos de aplicação. Estes padrões consolidam os diferentes esforços necessários para realização de trabalhos de geoprocessamento multi-institucional e fornecem uma solução comum que pode ser aplicada nos mais diferentes cenários.

Este trabalho apresenta uma proposta de arquitetura de dados geoespaciais baseada nos padrões OGC para suporte a estudos interdisciplinares visando a conservação e sustentabilidade da região do Pantanal transnacional envolvendo sua extensão entre a Bolívia, Paraguai e Brasil.

## 2. Objetivos

Propor uma arquitetura baseada em padrões abertos especificados pelo consórcio OGC para integração e disponibilização de dados geoespaciais do Pantanal, abrangendo toda a sua extensão entre a Bolívia, Paraguai e Brasil.

## 3. Material e Métodos

O intercâmbio eficiente de dados georreferenciados entre instituições parceiras no desenvolvimento de grandes projetos em geoprocessamento requer a superação de uma série de problemas relacionados com a integração de dados. Estes problemas de integração surgem como resultado dos diferentes contextos, representados pelos diferentes ambientes computacionais e propósitos de uso dos dados, definidos pelas instituições durante a construção de suas bases de dados georreferenciadas. Os obstáculos ao uso dos dados entre as instituições participantes de um projeto de geoprocessamento podem ser classificados em problemas de interoperabilidade sintática e semântica de dados.

O problema de interoperabilidade sintática surge devido adoção de diferentes formatos para representação dos dados georreferenciados. Os diferentes significados atribuídos para as construções sintáticas utilizadas nestas representações, resulta no surgimento de problemas de interoperabilidade semântica, que dificultam o uso do dado mesmo que estes estejam em um formato conhecido (Stuckenschmidt & Hamerlen, 2004).

O consórcio OGC (OGC, 2012) define uma série de especificações objetivando a superação destes problemas de interoperabilidade. As questões sobre interoperabilidade são tratadas em seu modelo de referencia ORM (OGC, 2011) por meio de duas estratégias. Na primeira estratégia, o acesso aos dados georreferenciados e aos procedimentos para o seu processamento é realizado em um ambiente de computação distribuído orientado a serviços.

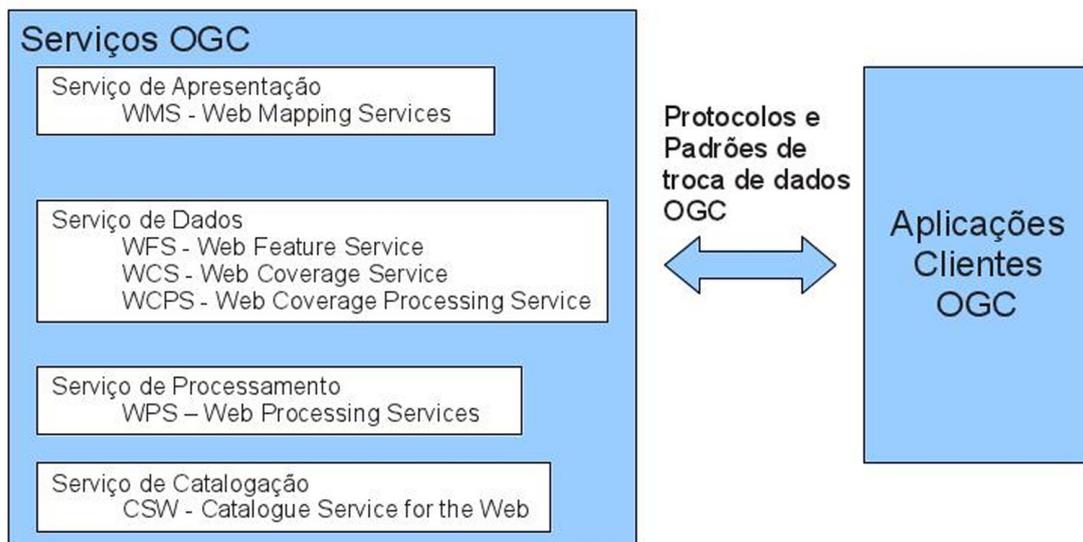
Os serviços fornecem uma interface padronizada que esconde as diferenças entre os contextos computacionais internos de cada instituição. Uma segunda estratégia está relacionada a troca de dados entre os serviços em formatos padronizados. O consórcio OGC define uma série de padrões a serem adotados para representação e troca de informações georreferenciadas. Estas duas estratégias (**Figura 1**) possibilitam a troca de dados georreferenciados entre as instituições, superando problemas de interoperabilidade sintática, porém não garantem que as questões envolvidas com a interoperabilidade estão resolvidas.

A **Figura 1**, apresenta alguns dos serviços especificados pela OGC. O serviço *Web Mapping Service* (WMS), é utilizado para geração personalizada de mapas. Requisições a este serviço podem ser realizadas por meio de navegadores Web. Nestas requisições podem ser especificados as camadas de informação e região de interesse, além de características gráficas dos elementos do mapa. Os mapas gerados pelos serviços WMS se destinam somente a visualização e não podem ser utilizados por ferramentas SIG como dados georreferenciados. Para isto existem os serviços de dados *Web Feature Service* (WFS), *Web Coverage Service* (WCS) e *Web Coverage Processing Service* (WCPS). O serviço WFS permite o acesso a dados vetoriais; sua variação WFS-T permite o acesso para edição. O serviço WCS permite o acesso a dados matriciais. Serviços WCPS permitem o acesso a este mesmo tipo de dado com suporte a pré-processamento e análise. Algumas ferramentas SIG já possuem recursos para interação direta com serviços OGC de acesso

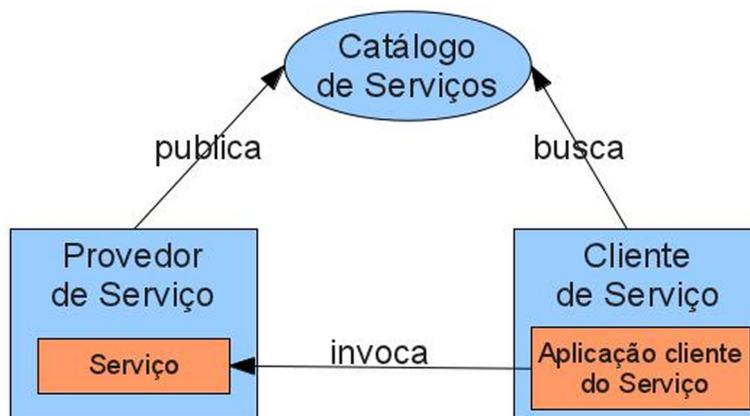
a dados e, desta forma podem importar e processar estes dados local ou remotamente. O serviço Web Processing Services (WPS) possibilita o processamento de dados georreferenciados remotamente.

O formato GML (*Geography Markup Language*) (Portele, 2007) é o padrão OGC básico para representação sintática de dados georreferenciados. Os serviços de dados que implementam especificações OGC devem suportar no mínimo alguma versão do GML. Todos os serviços OGC possuem protocolo de acesso formalmente especificado, onde os parâmetros das requisições, os valores e formato destes parâmetros estão claramente descritos. Os formatos das respostas dos serviços também estão formalmente especificados. Além do GML, formatos XML, GeoTIFF, HDF-EOS, NITF e DTED também podem ser utilizados por serviços OGC.

Para resolução de problemas relacionados a semântica dos dados, o modelo ORM, adota o padrão de colaboração *Publish, Bind, Find* entre componentes do modelo (**Figura 2**). Neste padrão são definidos três tipos de entidades, o provedor de um serviço, o consumidor de um serviço e o catálogo de serviços. Os registros dos serviços no catálogo, formam uma base de metadados sobre os serviços, descrevendo os dados e procedimentos que eles disponibilizam. Desta forma os registros fornecem um maior entendimento sobre os dados e procedimentos disponíveis e possibilitam o acesso e utilização destes recursos de forma adequada.



**Figura 1.** Elementos do modelo OGC



**Figura 2.** Cooperação *Publish/Find/Bind*

Várias soluções de código aberto que implementam estes serviços estão disponíveis. A **Tabela 1** apresenta algumas destas ferramentas que implementam os serviços OGC, e as fonte de dados que podem ser utilizadas pelos serviços.

O ciclo de vida de um serviço inicia-se com a sua implantação por uma instituição provedora do serviço. Este provedor publica um novo serviço, possibilitando a sua descoberta e utilização pelos clientes do serviço, por meio do seu registro no catálogo. Um cliente que necessita utilizar algum tipo de informação ou procedimento realiza uma busca no catálogo de maneira a descobrir os serviços que possam atendê-lo. O catálogo fornece estas informações e indica como a aplicação cliente pode acessar e invocar o serviço.

As especificações e modelos OGC definem padrões abertos, que pela sua maturidade e generalidade têm sido adotados por diferentes países e instituições. No Brasil algumas destas especificações são adotadas para o tratamento de dados georreferenciados na arquitetura e-PING (Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônicos) definida pelo governo brasileiro (Governo Federal, 2011). A Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) (Governo Federal, 2012) criada para promover a adoção de instrumentos para facilitar o tratamento e acesso de dados georreferenciados nos âmbitos federal, estadual, distrital e municipal também está fortemente baseada nos padrões OGC. No contexto da América Latina, GeoSUR (GeoSUR, 2012), Sirgas (Sirgas, 2012) e CP-IDEA (CP-IDEA, 2012), três iniciativas patrocinadas pelo IPGH (IPGH, 2012), vêm adotando alguns dos padrões OGC.

**Tabela 1** – Ferramentas que implementam serviços OGC

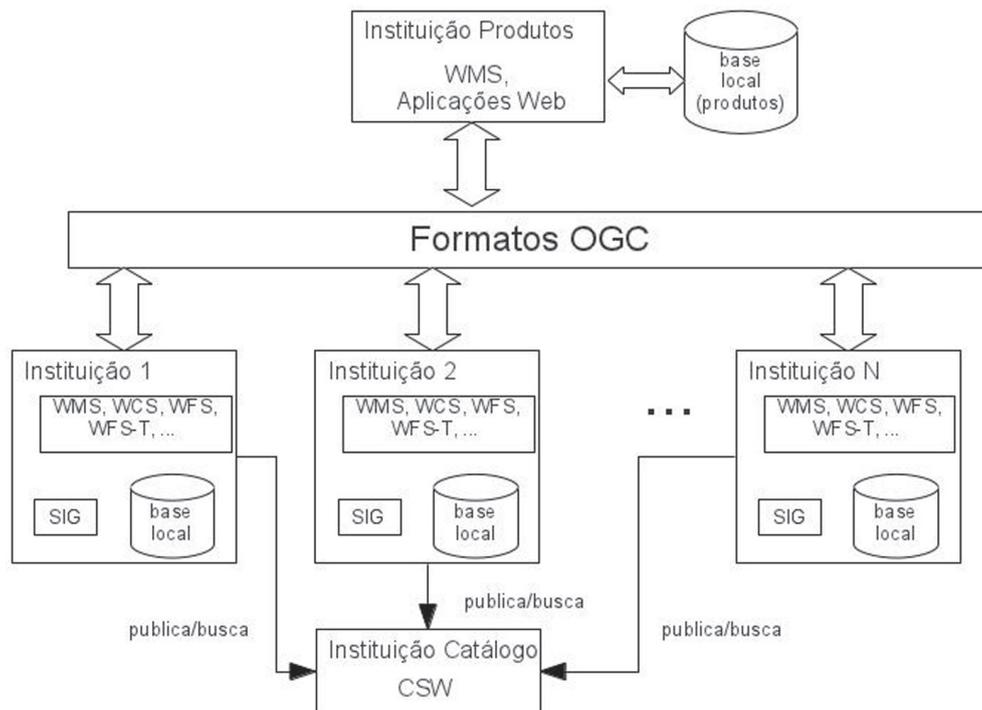
	WMS	WFS	WFS-T	WCS	WPS	CSW	Fontes de Dados
Geoserver	1.1.1, 1.3.0	1.0, 1.1	1.0, 1.1	1.0, 1.1	-	-	Shapefile, PostGIS, Directory of spatial files, External Web Feature Server, External Web Map Server, ArcGrid, GeoTIFF, GTOPO30, ImageMosaic, WorldImage, ArcSDE, GML, DB2, H2, MySQL, Oracle, Microsoft SQL Server and SQL Azure, Teradata, GDAL Image Formats, ImagePyramid, Image Mosaic JDBC, Oracle Georaster, Custom JDBC Access for image data, Database Connection Pooling, SQL views
MapServer	1.0.0, 1.0.7, 1.1.0 (a.k.a. 1.0.8), 1.1.1, 1.3.0	1.0, 1.1	-	1.0.0, 1.1.0	-	-	ArcInfo, ArcSDE, DGN, ESRI File Geodatabase, ESRI Personal Geodatabase (MDB), ESRI Shapefiles (SHP), GML, GPS Exchange Format (GPX), KML - Keyhole Markup Language, MapInfo, MSSQL, MySQL, NTF, OGR, Oracle Spatial, PostGIS/PostgreSQL, SDTS, S57, Spatialite, USGS TIGER, Virtual Spatial Data, WFS
Deegree	1.1.1, 1.3.0	1.0.0, 1.1.0, 2.0.0	1.0.0, 1.1.0		1.0.0	2.0.2	PostGIS, Oracle Spatial, Shapefiles or GML instance documents, GeoTIFF, remote WMS or file system tile image hierarchies
GeoNetwork						2.0.2 (ISO Profile)	Cliente e servidor OAI-PMH, servidor GeoRSS, servidor GEO OpenSearch, robôs coletores WebDAV, robôs coletores GeoNetwork para GeoNetwork
TerraOGC	1.0.0	1.1.0					MS Data Sources, MySQL, Oracle, Oracle Spatial, PostgreSQL, PostGIS, SQL Server, Firebird, SQLite, ShapeFile, DBF, MrSID, PAM, BNA, CSV, MID/MIF, SPRING GEO/TAB, TIFF. Formatos GDAL, formatos OGR

Estudos envolvendo a região do Pantanal, representam desafios de interoperabilidade que podem ser mais facilmente superados com a adoção do modelo orientado à serviços especificado pela OGC. Além de instituições brasileiras, trabalhos mais abrangentes sobre esta região devem envolver instituições dos países vizinhos, Bolívia e Paraguai. Neste cenário, diferentes contextos computacionais e de uso de geotecnologias estão estabelecidos e não podem ser modificados. A utilização de padrões possibilita a troca e uso efetivo de dados entre as instituições, com um menor impacto interno em cada uma delas. Desta forma, a construção de bases de dados sobre a região do Pantanal, construída dentro do modelo OGC, adotando padrões de acesso e intercâmbio de dados georreferenciados, poderão ser mais facilmente integradas dentro de esforços nacionais e regionais para compartilhamento de dados.

### 3.1 Arquitetura

Atividades de geoprocessamento são processos orientados por dados e, desta forma, para realização das metas de um projeto de geoprocessamento devem ser definidos os tipos de produtos que devem ser gerados, os tipos de dados necessários para geração dos produtos e os tipos de formato para troca e armazenamento dos dados.

O requisito básico para que os dados georreferenciados possam ser manipulados por serviços OGC é que eles estejam na forma digital. Para isto a primeira fase de um processo de organização dos dados deverá ser a conversão de todos os dados para formatos digitais. Cada tipo de dado deve ser convertido para um formato digital mais adequado. O pré-processamento e conversões destes dados são realizados por ferramentas SIG, que auxiliam a formação de uma base de dados georreferenciados local a cada instituição. Serviços OGC podem, então, ser utilizados para possibilitar o intercâmbio de dados georreferenciados entre instituições (**Figura 3**).



**Figura 3.** Infraestrutura de dados espaciais baseada no modelo OGC.

A **Tabela 2** apresenta algumas ferramentas SIG gratuitas e os tipos de formato de dados por elas suportados. Existe uma grande sobreposição destes tipos de formatos com aqueles que podem ser acessados por serviços OGC (**Tabela 1**). Com isto, a construção de uma infraestrutura para dados espaciais (IDE) pode ser completamente suportada por ferramentas gratuitas ou de código aberto.

**Tabela 2** - Ferramentas SIG para uso local

Ferramenta	Fonte de dados	Importação/Exportação de dados
Grass (Grass, 2012)	DBF, SQLite, MySQL, ODBC, PostgreSQL, PostGIS	Formatos GDAL (ASCII, ARC/GRID, E00, GIF, GMT, TIF, PNG, ERDAS LAN, Vis5D, SURFER, SAR, SRTM, LANDSAT7, ERDAS LAN, HDF, LANDSAT TM/MSS, ...), formatos OGR (ASCII, ARC/INFO, ARC/INFO E00, ArcView SHAPE, BIL, DLG (U.S.), DXF, DXF3D, GMT, GPS-ASCII, USGS-DEM, IDRISI, MOSS, MapInfo MIF, TIGER, VRML, ...), WFS
Quantum GIS (QGIS) (Quantum, 2012)	PostGIS, (DBF, SQLite, MySQL, ODBC, PostgreSQL via GRASS) WMS( 1.1, 1.1.1 and 1.3), WFS (1.0.0) , WFS-T(1.0.0)	Formatos GDAL, formatos OGR,
uDIG (Refractions, 2012)	ArcSDE, DB2 NG, Shapefiles, H2, MS SQL Server, MySQL, Oracle, PostGIS, SpatialLite, Teradata, WFS, WMS	GeoTIFF, GML, Shapefile, World Plus Image (JPEG, GIF, PNG), ECW MrSID.
gvSIG (gvSIG, 2012)	JDBC (PostgreSQL, MySQL, GBMS-HSQLDB, ODBC, ...), ArcSDE, ECWP, ArcIMS, WMS, WFS , WFS-T, WCS	ECW, ENVI hdr, ERDAS img, (Geo)TIFF, GRASS, shapefile, GML, KML, DGN, DXF, DWG
Spring (DPI, 2012)	MySQL, PostgreSQL, Oracle, PostGIS, xBASE, ACCESS, WMS, WFS	DXF, DWF, KML, JPEG2000, ShapeFile, DBF, ASC-SPR, SPACESTAT, CBERS, Landsat, SPOT, NOAA, ERS-1, TIFF, GeoTIFF , RAW
TerraView (DPI, 2012a)	MS Data Sources, MySQL, Oracle, Oracle Spatial, PostgreSQL, PostGIS, SQL Server, Firebird, SQLite, DBF.	MS Data Sources, MySQL, Oracle, Oracle Spatial, PostgreSQL, PostGIS, SQL Server, Firebird, SQLite, ShapeFile, DBF, MrSID, PAM, BNA, CSV, MID/MIF, SPRING GEO/TAB, TIFF. Formatos GDAL, formatos OGR

### 3.2 Catálogo de Serviços

O catálogo de serviços realiza um papel principal para integração de dados na arquitetura. Através dele, as demais instituições podem buscar e localizar os serviços mais adequados às suas necessidades. A escolha do nível adequado para descrição dos serviços e dos dados que eles fornecem, terá impacto direto no volume de dados trocado entre as instituições e na eficiência na importação dos dados. Baseado em GSDI (2012), pode-se definir três níveis de agregação dos dados descritos no catalogo, conforme ilustra a **Figura 4**:



**Figura 4.** Níveis de granularidade de registros no catálogo.

- Nível de aplicação: Os dados georreferenciados são descritos com o objetivo de viabilizar a sua descoberta e uso por ferramentas SIG locais. Para isto as camadas de informação básicas e seus atributos devem ser conhecidos, de modo que a troca de dados possa ser realizada com maior eficiência com a filtragem dos atributos requisitados.
- Nível de domínio: Os dados georreferenciados podem ser agregados considerando a seu relacionamento lógico dentro de um domínio de aplicação. Por exemplo, um conjunto de dados georreferenciados pode ter sido coletado sistematicamente sobre uma região de modo a descrever séries temporais.
- Nível de negócio: conjunto de dados gerados em atendimento a projetos institucionais, e que desta forma representam o resultado ou produto destes projetos.

#### **4. Resultados esperados**

Nos últimos 40 anos diversos dados espaciais foram gerados para o Pantanal e mais recentemente, a partir de 1990, a internet, por meio dos WebGis tem facilitado a troca de dados dessa natureza. Além de inúmeros trabalhos pontuais que envolvem dados geoespaciais desenvolvidos nas academias e instituições de pesquisas verificam-se aqueles de abrangência regional em diversas escalas, tais como Estudos de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai, Levantamento e Mapeamento dos Recursos Naturais produzido pelo RadamBrasil e IBGE, Macrozoneamento Geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul, Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP), Zoneamento Ecológico-econômico do Estado de Mato Grosso e também do Estado de Mato Grosso do Sul, Mapeamento dos Remanescentes da Vegetação dos Biomas Brasileiros, Sistema de Informação Georreferenciada como apoio à tomada de decisão (GeoMS) - estudo de caso: Estado de Mato Grosso do Sul. No entanto, tais dados não são eficientemente utilizados pelos usuários interessados, uma vez que sua disseminação não ocorreu de uma forma abrangente, ficando restrito as suas instituições de pesquisa.

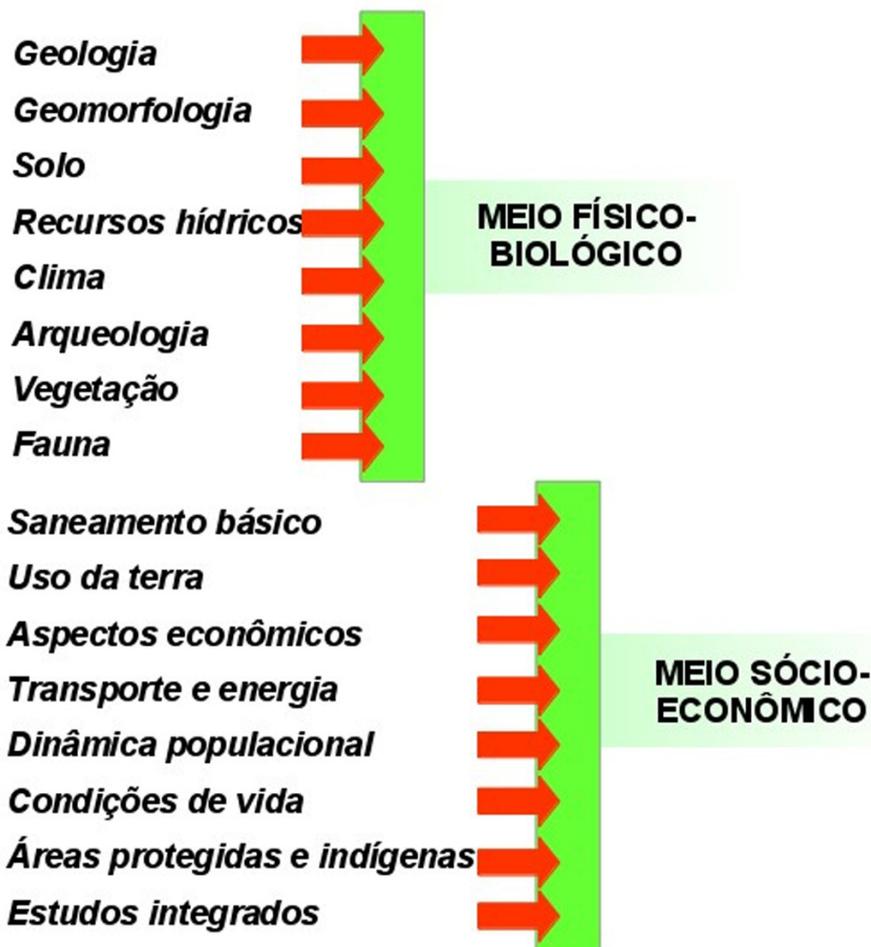
Atualmente a BAP não conta com um sistema de transferência de informação dessa natureza e a estruturação de uma base de informações georreferenciadas nesse sentido, seria um ganho considerável na melhoria do conhecimento técnico-científico da sociedade em geral.

Para tanto, propõe-se que esta transferência à sociedade seja efetuada através da aplicação de tecnologias de informação, baseadas no uso de softwares grátis ou livres

e ferramentas de geotecnologias (sistemas de informações geográficas, banco de dados georreferenciados, consultas e disponibilização de dados via Web).

A construção de um ambiente distribuído e colaborativo baseado nos padrões abertos OGC, possibilita a organização de um conjunto de base de dados locais a cada instituição que podem ser acessadas de forma padronizada segundo as especificações de serviços OGC, possibilitando o compartilhamento destes dados entre as instituições. Padrões OGC para publicação de resultados podem ser obtidos com a utilização do serviço OGC *Web Map Services*, associados a outras formas de relatórios e aplicações Web que possibilitem a consulta aos dados resultado do projeto de forma interativa. Durante a construção das bases locais os serviços de dados WFS e WCS podem ser utilizados para intercâmbio de dados georreferenciados entre as instituições parceiras.

No caso da implementação da presente proposta, como principais resultados espera-se construção de uma IDE que possibilite o trabalho colaborativo entre instituições para recuperação, conversão, articulação e ajuste de imagens matriciais e mapas vetoriais da região do Pantanal. O intercâmbio de dados espaciais durante a realização destas atividades e a disponibilização dos resultados ocorrerá no ambiente Web, o que torna mais ágil o uso desses dados pela sociedade em geral e propicia o acesso a informações sistematizadas e georreferenciadas para apoiar as ações de execução de zoneamentos, estudos ecológicos e planejamentos ambientais, dentre outros. Além de imagens de satélites georreferenciadas de diferentes satélites e resoluções espaciais, observa-se na **Figura 5**, os principais tipos de dados vetoriais a serem manipulados no sistema.



**Figura 5.** Principais tipos de dados a serem disponibilizados para a região do Pantanal.

## 5. Referências

- CP-IDEA, **Comité Permanente para la Infraestructura de Datos Geospaciales de las Américas**, Disponível em: <<http://www.cp-idea.org/>>. Acesso em: 5 jun 2012.
- DPI/INPE, **SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. Acesso em: 15 jun. 2012.
- DPI/INPE **TerraLib** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/terralib/>> Acesso em: 15 jun. 2012a.
- GeoSUR, **Geospatial Information for the Development of Latin America and the Caribbean**, Disponível em <<http://www.geosur.info/geosur/>>. Acesso em: 5 jun. 2012.
- Governo Federal, **e-PING Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico**, Documento de Referência Versão 2012, 21 de novembro de 2011.
- Governo Federal, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, **INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais**, Disponível em : <<http://www.inde.gov.br/>>. Acesso em: 20 maio 2012.
- GRASS Development Team , **GRASS GIS - The World Leading Free Software GIS**, Disponível em: <<http://grass.osgeo.org/>>. Acesso em: 20 jun 2012.
- GSDI Association, **Spatial Data Infrastructure Cookbook**, Disponível em: <<http://www.gsdidocs.org/GSDIWiki/index.php/>> Acesso em: 15. jun. 2012.
- gvSIG, **gvSIG Portal** Disponível em: <<http://www.gvsig.org/web/>>. Acesso em: 20 jun. 2012.
- IPGH, **Instituto Panamericano de Geografía e Historia**, Disponível em: <<http://www.ipgh.org/>> Acesso em: 5 jun. 2012.
- OGC, **OGC Reference Model** Version: 2.1, 2011.
- OGC, **Open Geospatial Consortium** Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/>>. Acesso em 15. jun. 2012.
- Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP). Programa Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - Subcomponente Pantanal. Metodologia do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai. Brasília: MMA/SEMAM/PNMA, v.1, 76 p., 1997.
- Portele, C. **OpenGIS® Geography Markup Language (GML) Encoding Standard**, Version: 3.2.1 Editor: Clemens Portele, 2007.
- Quantum GIS, **Welcome to the Quantum GIS Project** Disponível em: <<http://www.qgis.org/>>. Acesso em 20 jun. 2012.
- Refractions Research, **uDig - User-friendly Desktop Internet GIS** Disponível em: <<http://udig.refractions.net/>>. Acesso em: 20 jun. 2012.
- Santos, R.F.dos; Silva, J.S.V.; Abdon, Myrian de Moura; Carvalho, J. R. P. Estruturação de indicadores para planejamentos ambientais. **Geografia**, Rio Claro, v. 31, n. 1, p. 199-216, jan/abr. 2006.
- Silva, J.S.V.; Santos, R.F.dos. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Caderno de Ciências & Tecnologia**, Brasília, v. 21, n. 2, p.221-263, mai/ago. 2004
- Silva, J.S.V.; Santos, R.F.dos. **Estratégia metodológica para zoneamento ambiental: a experiência aplicada na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Taquari**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011, 329p.
- Silva, J.S.V.; Vendrusculo, L.G.; Santos, E.H.; Cruz, S.A.B.; Mauro, R.A. Zoneamento econômico-ecológico de Mato Grosso do Sul – uma proposta. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1., 2006, Campo Grande, MS, 11 a 15 de outubro de 2006. **Anais ...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2006, p.700-709.(CD-ROM).
- SIRGAS, **Sistema de Referencia Geocêntrico para las Américas**, Disponível em: <<http://www.sirgas.org/>>. Acesso em: 5 jun. 2012.
- Stuckenschmidt, H.; Harmelen, F. van. **Information sharing on the semantic web**. New York: Springer, 2004. 276 p. (Advanced Information and Knowledge Processing).