

Banco de dados geográficos do Exército Brasileiro: arquitetura e resultados

Solução tecnológica para IDEs

XAVIER, Emerson M. A.; MEYER, Wladimir S.; LUNARDI, Omar A.

O marco legal que instituiu a infra-estrutura brasileira de dados espaciais determina a publicação na internet de todos os dados geoespaciais pertencentes aos órgãos do Governo, bem como seus respectivos metadados. De forma a atender a essa demanda, a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro desenvolveu o Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx) como ferramenta de disponibilização. Construída sobre padrões e software abertos, a arquitetura do BDGEx se destaca por duas características: mediação e orientação a serviços. Este trabalho apresenta a solução desenvolvida bem como os resultados alcançados até o momento.

PALAVRAS-CHAVE

Serviços web, OGC, mediador, TerraLib, Brasil.

INTRODUÇÃO

A Infra-estrutura Nacional de Dados Espaciais do Brasil (INDE) foi instituída pelo Decreto Presidencial nº 6.666, de 27 de novembro de 2008 [1]. A INDE é o conjunto integrado de tecnologias, políticas, coordenação e padrões necessário para promover o acesso e disseminação de dados geoespaciais produzidos por órgãos públicos do Poder Executivo. Estabelecer um marco legal sólido é um pré-requisito para implementar uma IDE no setor público [2]. No Brasil, o Decreto nº 6.666/2008 representa esse marco legal.

O referido Decreto determina que todos os dados geoespaciais produzidos por órgãos do Poder Executivo federal devem ser disseminados na Internet juntamente com seus metadados. De forma a cumprir o disposto no supracitado dispositivo legal, a Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) do Exército Brasileiro vem trabalhando no desenvolvimento de uma solução para disseminação dos produtos geoespaciais vetoriais e matriciais disponíveis na instituição, tanto para o público militar, como para o civil.

A Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) é o órgão de apoio técnico-normativo do Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT). Sua missão é coordenar as atividades cartográficas relativas à elaboração e ao suprimento de produtos geoespaciais, bem como gerenciar os convênios decorrentes com outros órgãos da administração pública nacional [3]. A legislação brasileira [4] aponta a DSG como órgão normativo do Sistema Cartográfico Nacional. Para cumprir a sua missão, a DSG conta com uma estrutura de unidades de mapeamento distribuídas pelo país: quatro divisões de levantamento (DL) e o Centro de Imagens e Informações Geográficas do Exército (CIGEX). As atividades de mapeamento são divididas pelas cinco grandes regiões do país, em uma unidade denominada Área de Suprimento Cartográfico (ASC) [5]. A base das ASC é a articulação da cobertura na escala 1:250.000 nas grandes regiões do Brasil.

Em face do exposto, percebe-se que o desafio da DSG é integrar a disponibilização da produção cartográfica, elaborada pelas suas unidades subordinadas, num ponto de acesso único. O objetivo é facilitar o acesso dos clientes (militares e sociedade civil) aos produtos geoespaciais elaborados ou adquiridos pela Diretoria. A solução adotada envolveu o uso de uma arquitetura mediada [6] para integrar de forma transparente os dados oriundos das distintas unidades de mapeamento num ponto

de acesso único. Com o propósito de manter a interoperabilidade e a independência tecnológica, foram adotados os padrões de serviços publicados pelo Open Geospatial Consortium (OGC). Acredita-se que esta solução pode ser aplicada em outras situações no espaço ibérico, em que os nós de uma IDE possuam uma estrutura interna distribuída, como municípios/província, por exemplo.

O presente artigo está dividido da seguinte forma: a arquitetura da solução é apresentada na próxima seção. A seção seguinte apresenta os resultados alcançados com o uso da solução. Por fim, a última seção conclui a exposição e discute alguns desafios futuros.

ARQUITETURA

A disponibilização dos dados geoespaciais da DSG foi materializada no desenvolvimento do Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx), hospedado com o Geoportal do Exército [7]. Esta seção apresenta os aspectos relevantes da arquitetura, como requisitos operacionais e funcionais, padrões e tecnologias.

Visão geral

A questão central do problema é o fato de a estrutura de produção cartográfica da DSG ser distribuída em suas unidades de produção. Dessa forma, cada unidade gerencia o seu dado. As atividades de gerenciamento incluem não só a produção e atualização do dado, mas também o controle de qualidade e a manutenção dos metadados associados. Dessa forma, em uma estrutura centralizada poderia haver perda de informação, particularmente quando da manutenção evolutiva da informação geográfica e, principalmente, na gerência dos metadados, além de acarretar um grande retardo entre a produção e a disseminação dos mesmos. Visando responder a esse desafio, um requisito operacional do sistema foi o ambiente descentralizado.

A solução de uma arquitetura mediada proposta por Wiederhold [6], em conjunto com a possibilidade de encadeamento de serviços [8] e o uso de software livre em serviços web geográficos [9] pareceu promissora para resolver a questão do ambiente distribuído. Solução similar foi validada por [10] em um contexto de monitoramento ambiental participativo.

Os serviços web foram propostos então como outro requisito operacional da estrutura, trazendo vantagens significativas, como interoperabilidade entre sistemas, independência tecnológica e escalabilidade. A possibilidade de um sistema baseado em padrões destacou uma das principais características proporcionadas: substitua a tecnologia, e a estrutura continua funcionando. A ideia de uma arquitetura orientada a serviços também ocorre internamente na solução, e não apenas na comunicação com os clientes. A Figura 1 ilustra bem essa questão. É possível identificar vários provedores, alguns com o mesmo tipo de dado, mas em posições distintas (provedores #1 e #3), e outro tipo de dado em um provedor diferente (#2). Porém, o uso de um mediador permite que o cliente consuma os serviços se identificar sua origem.

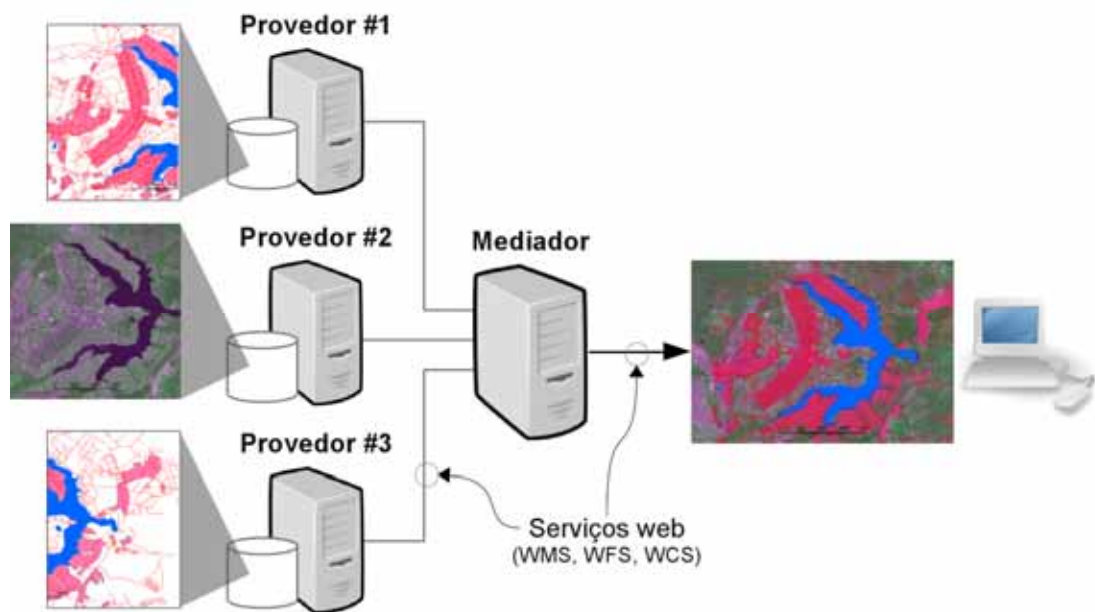


Figura 1: Exemplo da arquitetura mediada usando serviços web.

Entre os requisitos funcionais do BDGEx destacam-se:

- (1) Suporte a dados geográficos vetoriais, matriciais, e documentos georreferenciados (imagens, texto etc.);
- (2) Navegação visual 2D;
- (3) Consulta e download de dados e metadados;
- (4) Acesso baseado em credencial pessoal x grau de sigilo do produto;

O requisito (1) levou a adoção dos padrões de serviços de dados do OGC: Web Feature Services (WFS) para dados vetoriais e Web Coverage Service (WCS) para dados matriciais. O requisito (2) foi solucionado com o Web Map Service (WMS) para ambos modelos de dados. A consulta aos metadados no requisito (3) foi solucionada com o Catalogue Services - Web (CSW) e o uso dos padrões de dados descritos na próxima seção. De forma similar ao que ocorre no Centro de Descargas do CNIG [11], os usuários do BDGEx podem baixar gratuitamente os produtos disponíveis. O requisito (4) relativo à segurança foi resolvido com uma solução interna implementada em PHP (seção tecnologia) e o padrão OGC GeoXACML. As questões relativas ao uso do GeoXACML para os serviços web são discutidas em outro trabalho [12].

Padrões

Conforme previsto na legislação federal [1], a solução do BDGEx para disponibilização de produtos geoespaciais depende dos padrões para serviços e dados geográficos definidos na arquitetura "Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico" (e-PING). O documento de referência da e-PING é mantido pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão do Brasil [13].

Dentro da arquitetura e-PING é possível identificar padrões de interoperabilidade no segmento geoespacial em três níveis: dados, serviços e semântica. As questões relativas aos padrões de

serviços foram apresentadas na seção anterior.

Os padrões de dados adotados pelo Governo Brasileiro para intercâmbio de dados espaciais são o GeoTIFF para dados matriciais, e os formatos Geography Markup Language (GML) e ESRI Shapefile (SHP) para dados vetoriais. Portanto, são requisitos operacionais do BDGEx o suporte a esses formatos.

Com relação à interoperabilidade semântica, existem dois padrões para consideração, um para modelo de dados vetoriais e outro para metadados. A Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (EDGV) é o modelo conceitual para os dados vetoriais adotado no Brasil como padrão [14]. O Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (Perfil MGB) [15] é o padrão de metadados geográficos do país, construído sobre o arcabouço da ISO 19115 [16]. A EDGV e o Perfil MGB servem como referencial semântico para compreender os produtos e metadados disponíveis no BDGEx.

Tecnologias

Uma das premissas estratégicas essenciais no desenvolvimento da solução do BDGEx foi a adoção de *software* livre em toda a fase de disponibilização de produtos. Essa abordagem permite auditar os aplicativos empregados, bem como facilita a adaptação das ferramentas existentes para as crescentes necessidades de disseminação.

Essa visão estratégica levou à adoção da biblioteca TerraLib [17] como base para desenvolver todo o segmento relativo a serviços web do BDGEx. Um dos subprojetos da TerraLib, conhecido como TerraOGC, possui implementações de clientes e servidores para vários serviços web necessários ao projeto: como WMS, WFS e WCS. A equipe responsável por esse subprojeto é o TerraLib Web Services Group (TWSG). Os serviços web do TerraOGC rodam como aplicativos CGI (Common Gateway Interface) sobre o servidor Apache [18]. Durante o desenvolvimento do BDGEx, os módulos servidor e cliente CSW foram incorporados ao TerraOGC como parte do esforço colaborativo inerente a uma comunidade de *software* livre. O suporte aos formatos de dados GeoTIFF, SHP e GML, bem como a múltiplos sistemas gerenciadores de bancos de dados (SGBD), foi fundamental na escolha dessa plataforma.

Porém o BDGEx não é composto apenas por dados e serviços. Foi necessário desenvolver um geoportal interno com formulários para carga dos produtos e gerenciamento dos metadados, e um geoportal externo para acesso dos clientes à base existente. Esse desenvolvimento ocorreu sobre a linguagem PHP [19] e bibliotecas livres em JavaScript, como jQuery [20] e OpenLayers [21], sendo esta última a base para a navegação interativa do portal. A biblioteca OpenLayers implementa um cliente JavaScript para os padrões mais populares de Web-GIS, como WMS e WFS [22].

No último nível da solução tecnológica encontra-se o SGBD PostgreSQL [23] com a extensão espacial PostGIS [24]. Este SGBD tem sido usado para armazenar e recuperar não apenas dados vetoriais, mas também metadados e inclusive alguns dados matriciais, particularmente mais de 5000 cartas topográficas matriciais produzidas entre os anos 1960-1980. Uma visão geral da solução tecnológica encontra-se ilustrada na Figura 2.

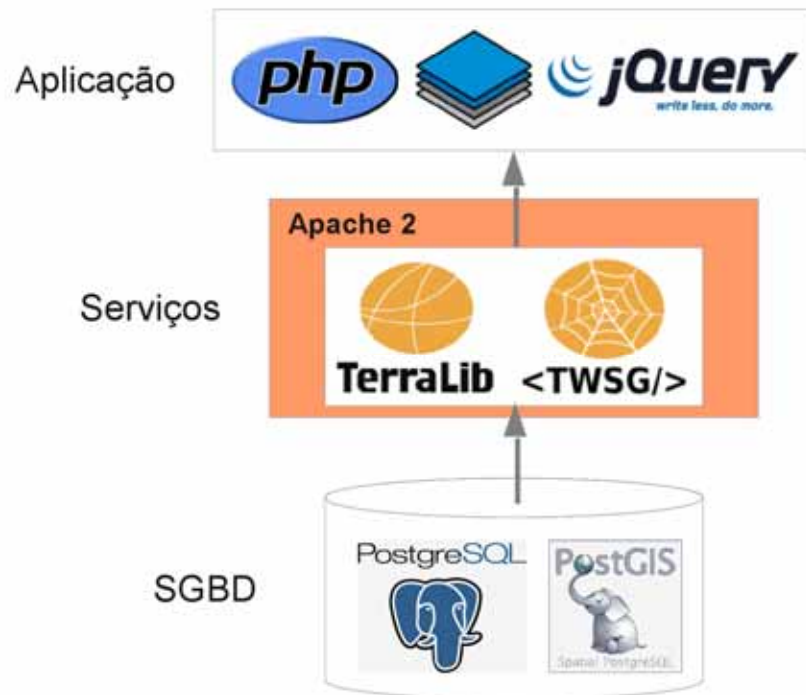


Figura 2: Tecnologias empregadas no BDGEx.

Atendendo às orientações descritas na Diretriz Geral do Comandante do Exército - 2011/2014 [25], o BDGEx é construído sobre um sistema de Tecnologia da Informação (TI) com o fluxo dos dados ocorrendo via rede interna da Força (EBNet) e Internet.

RESULTADOS ALCANÇADOS

O BDGEx começou a operar em agosto de 2012 e, após mais de dois anos de operação, podem ser apresentadas algumas estatísticas reais sobre seu uso. Estas têm sido utilizadas para melhor entender o perfil dos usuários e orientar a evolução do sistema.

O sistema possui duas formas de consultas aos produtos: via metadados ou navegação interativa. Na parte dos metadados é possível buscar um produto qualquer de acordo com alguns parâmetros, como nome da carta, escala, data, tipo de produto, ou enquadramento da área de interesse. A partir dos resultados o usuário pode visualizar ou baixar a carta ou seus metadados. O acervo de produtos disponibilizados aos usuários finais é constituído por:

- Cartas topográficas matriciais;
- Cartas topográficas vetoriais, estruturadas em mais de 240 classes de feições geoespaciais;
- Modelo Digital de Superfície;
- Modelo Digital do Terreno e
- Mapa índice digital para cada tipo de produto (dinâmico).

A disponibilização destes produtos é feita por intermédio de quatro bancos de dados geográficos relativos às escalas de 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 e 1:25.000, existentes em cada um dos

servidores distribuídos.

A Figura 3 apresenta um gráfico com as estatísticas de downloads de produtos desde a entrada em operação. É possível identificar que a demanda por produtos vem crescendo gradualmente. A Região Norte do Brasil concentra a maior atenção do público: cerca de um quarto da demanda é por produtos da área onde está a Floresta Amazônica. O produto mais popular (61%) continua sendo a carta topográfica matricial, um produto legado, oriundo da digitalização matricial e georreferenciamento do acervo analógico existente. Em seguida vem a carta topográfica vetorial (18%), ou base de dados geoespaciais vetoriais, recortada no enquadramento do mapeamento sistemático.

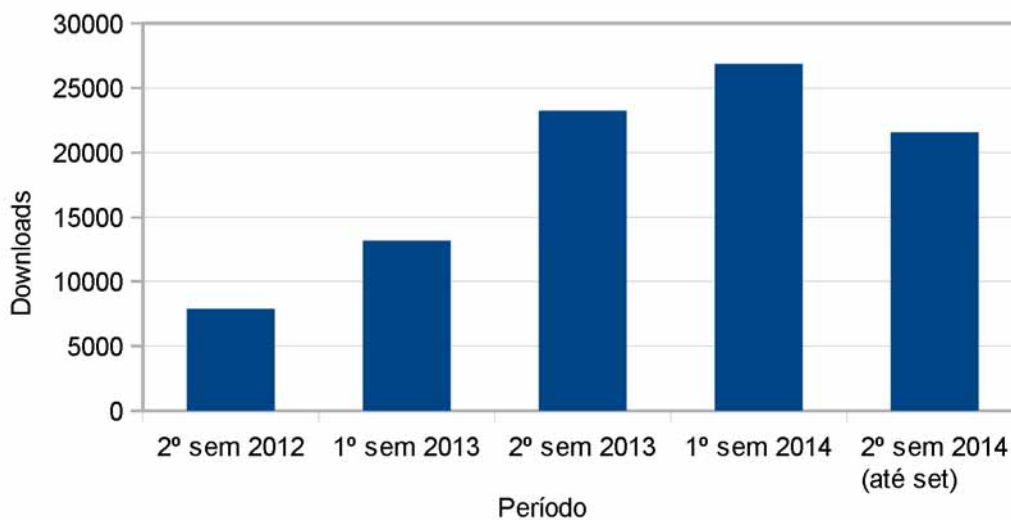


Figura 3: Quantidade de produtos baixados do BDGEx.

Em relação aos clientes, o BDGEx conta hoje com mais de 7500 usuários cadastrados, distribuídos entre cidadãos comuns, empresas e órgãos governamentais.

Dentro do Exército Brasileiro, diversos outros sistemas que necessitam de dados geoespaciais vêm se adaptando para interoperar com o BDGEx, pelo uso de clientes de serviços OGC, o que trará grande economia de recursos no segmento de desenvolvimento de sistemas e permitirá uma gestão centralizada e consistente da base de dados geoespaciais em uso pela instituição.

De uma forma estruturada, as características do BDGEx podem ser melhor compreendidas pelas informações constantes da Tabela 1.

Tabela 1: Sumário com as características do BDGEx.

Grupo	Atributo	BDGEx
Características gerais	País	Brasil
	Escopo (corporativa, local, nacional, regional, global)	Corporativa aberta
	Entrada operação	2012
	Endereço	www.geoportal.eb.mil.br
	Responsável pela operação	Exército Brasileiro
	Tecnologia (Software Livre, Software Prop, Híbrida)	Software Livre
	Granularidade da divisão política	País
Metadados	Adota metadados de dados e serviços	Apenas dados
	Adota a ISO 19115	Sim
	Adota a ISO 19119	Não
	Adota metadados padrão FGDC	Não
	Adota modelo de catálogo central que referencia outros	Sim
	Adota Perfil de Metadados	Sim (Perfil MGB)
	Ferramenta adotada para catálogo	TerraOGC
Dados	Dados de referência definidos	Sim (PCDG) [26]
	Adota modelo conceitual comum entre os participantes	Sim (EDGV) [14]
	Processo de captura de dados padronizado	Sim (ADGV) [27]
Serviços	Oferece serviço WMS	Sim
	Oferece serviço WFS	Sim
	Oferece serviço WCS	Sim
	Oferece serviço CSW	Sim
	Oferece serviço de nome (gazetteer)	Não
	Oferece possibilidade de download de Dados Geoespaciais	Sim
	Possui módulo cliente para serviços OGC	Sim (WMS, WFS, WCS)
	Visualizador de Dados Geoespaciais	Sim
	Geoportal com mecanismos de busca	Sim
Informações referentes às normas e padrões no geoportal	Sim	

Discussão

A implementação de serviços WFS e WCS podem ser usadas em IDEs para ajudar o *download* de produtos [28]. Porém, os resultados do BDGEx apontam que os usuários preferem descarregar (*download*) o produto do que usar os serviços para essa finalidade. Assim, os serviços WFS e WCS são usados mais na navegação interativa via *web browser* para prover resultados específicos, como uma consulta com predicados espaciais e/ou escalares (WFS), ou o recorte de um determinado produto matricial (WCS).

A arquitetura proposta também prevê o uso do WFS transacional (WFS-T) quando necessário. Alguns autores apontam que um ambiente de informação geográfica participativa (ou *volunteered geographic information* - VGI) deve ser construído sobre esse padrão [29].

Dois atividades em particular consumiram muito tempo no projeto: a homogeneização da base vetorial existente e o levantamento de metadados dos produtos legados. Os produtos vetoriais existiam em várias modelagens distintas, o que exigiu um esforço de conversão e validação dos

dados de acordo com a modelagem prevista na EDGV 2.1. O levantamento dos metadados de produtos legados, como as cartas topográficas analógicas digitalizadas em *scanner*, foi uma atividade complexa pois foram levantados os metadados de todas as cartas disponíveis no país, não apenas as elaboradas pela DSG. Algumas cartas não apresentavam nem o *datum* de referência.

A Amazônia continua sendo área prioritária para o Exército Brasileiro [25]. Nesse sentido, a Região Norte do país segue como a área que possui maior quantidade de produtos no BDGEx, aproximadamente a metade de todo o acervo.

CONCLUSÕES E DESAFIOS

O presente trabalho apresentou a arquitetura e os resultados do Banco de Dados Geográficos do Exército Brasileiro (BDGEx). O sistema para IDEs é baseado em uma arquitetura mediada rodando sobre serviços web. O uso exclusivo de padrões abertos permitiu uma flexibilidade na escolha e manutenção das tecnologias. O uso de *software* livre permitiu incorporar ao sistema funcionalidades pouco comuns em sistemas de Web-GIS, como o suporte ao GeoXACML e a possibilidade de consultas distribuídas sobre uma arquitetura WFS mediada. Os autores acreditam que esta solução pode ser aplicada em outras situações dentro do espaço ibérico.

O sistema vem sendo usado para disseminar os produtos da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro tanto para o público interno (Ministério da Defesa), como para o público externo (sociedade civil). Até agora foram entregues quase cem mil produtos usando essa plataforma de distribuição, sem levar em conta o consumo dos serviços WMS, WFS, WCS e CSW envolvidos.

O desafio do BDGEx a partir de agora é a atualização dos padrões semânticos da arquitetura: modelo de dados EDGV e perfil de metadados. Os chamados "grandes eventos" vêm ocorrendo no Brasil desde 2013, como Copa das Confederações FIFA, Jornada Mundial da Juventude, Copa do Mundo de Futebol, e Olimpíadas em 2016. Esses eventos levantaram a demanda por produtos geoespaciais de escala cadastral. Este tipo de produto não estava contemplado na EDGV 2.1 utilizada no BDGEx, sendo necessário criar uma nova modelagem, a EDGV 3.0, ainda em fase de aperfeiçoamento. Quando pronta, a nova EDGV vai ser adotada como padrão e todo o acervo do BDGEx será adaptado para a nova modelagem. Outra norma em evolução é o Perfil MGB para metadados. O lançamento da nova versão da norma ISO 19115-1 em 2014 [30] certamente vai exigir adaptações aos perfis já existentes da norma antiga de 2003.

REFERÊNCIAS

- [1] Brasil: Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, e dá outras providências (2008)
- [2] Díaz, L., Remke, A., Kauppinen, T., Degbelo, A., Foerster, T., Stasch, C. et al.: Future SDI - Impulses from Geoinformatics Research and IT Trends. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 7, 378--410 (2012)
- [3] Diretoria de Serviço Geográfico, <http://www.dsg.eb.mil.br>
- [4] Brasil: Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil* (1967)
- [5] DCT: Portaria Nº 034-DCT, de 17 de novembro de 2005. IR 13-05. Departamento de Ciência e Tecnologia (2005)
- [6] Wiederhold, G.: Mediators in the architecture of future information systems. *Computer* 25(3), 38--49 (1992)

- [7] Geoportal do Exército Brasileiro, <http://www.geoportal.eb.mil.br/>
- [8] Alameh, N.: Chaining geographic information Web services. *IEEE Internet Computing* 7(5), 22--29 (2003)
- [9] Moreno-Sanchez, R.; Anderson, G.; Cruz, J.; Hayden, M.: The potential for the use of Open Source Software and Open Specifications in creating Web-based cross-border health spatial information systems. *International Journal of Geographical Information Science* 21(10), 1135--1163 (2007)
- [10] Xavier, E.M.A.: Serviços geográficos baseados em mediadores e padrões abertos para monitoramento ambiental participativo na Amazônia. Dissertação (mestrado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2008)
- [11] Vivas, P., Pavo, M. F., Rodriguez, A. F., Abad, P.: Implementación de servicios de descarga en la IDEE. In: *I Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales. IIIDE 2010*. Lisboa, Portugal (2010)
- [12] Xavier, E.M.A., Meyer, W.S.: Writing access policies to protect web services of a spatial data infrastructure using GeoXACML. In: *16th AGILE conference on Geographic Information Science*. Leuven, Belgium (2013)
- [13] Brasil: e-PING: Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico. Versão 2014. Ministério do Planejamento (2013)
- [14] DSG: Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais. ET-EDGV versão 2.1. Diretoria de Serviço Geográfico (2008)
- [15] CONCAR: Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (Perfil MGB). Comissão Nacional de Cartografia (2009)
- [16] ISO: ISO 19115:2003. Geographic information - Metadata. International Organization for Standardization (2003)
- [17] Câmara, G., Vinhas, L, Ferreira, K. et al.: TerraLib: An Open Source GIS Library for Large-scale Environmental and Socio-economic Applications. In: G. Hall and M. Leahy, editors, *Open Source Approaches to Spatial Data Handling*, 247--270. Berlin, Springer-Verlag (2008)
- [18] Apache HTTP Server, http://projects.apache.org/projects/http_server.html
- [19] PHP site, <http://php.net/>
- [20] jQuery API, <http://jquery.com/>
- [21] OpenLayers, <http://openlayers.org/>
- [22] Steiniger, S., Hunter, A.J.S.: The 2012 free and open source GIS software map - A guide to facilitate research, development, and adoption. *Computers, Environment and Urban Systems* 39, 136--150 (2013)
- [23] PostgreSQL, <http://www.postgresql.org/>
- [24] PostGIS - Spatial and Geographic objects for PostgreSQL, <http://postgis.net/>
- [25] Peri, E. M.: Diretriz geral do Comandante do Exército para o período de 2011-2014. Ministério da Defesa - Exército Brasileiro (2011)
- [26] DCT: Norma da Especificação Técnica para Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais. ET-

PCDG 1ª ed. Departamento de Ciência e Tecnologia (2014)

- [27] DSG: Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais. ET-ADGV versão 2.1.3. Diretoria de Serviço Geográfico (2011)
- [28] Davys, E., Laurent, D., Vautier, M. L.: Perspectives on urban models integration, usage and interoperability in SDIs: standards, initiatives and current trends. In: 25th International Cartographic Conference. Paris, France (2011)
- [29] Masó, J., Pons, X., Zabala, A.: Tuning the second-generation SDI: theoretical aspects and real use cases. International Journal of Geographical Information Science 26(6), 983--1014 (2012)
- [30] ISO: ISO 19115-1:2014. Geographic information - Metadata - Part 1: Fundamentals. International Organization for Standardization (2014)

AUTORES

Emerson M. A. XAVIER
emerson@dsg.eb.mil.br
Universidad de Jaén
Departamento de Ingeniería
Cartográfica

Wladimir S. MEYER
meyer@dsg.eb.mil.br
Exército Brasileiro
Diretoria de Serviço Geográfico

Omar A. LUNARDI
omar@dsg.eb.mil.br
Exército Brasileiro
Diretoria de Serviço Geográfico