

GeoPAC

Sistema de Monitoramento de Obras do PAC

Introdução

O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) (BRASIL, 2013), lançado em janeiro de 2007 pelo Governo Federal, planeja e monitora a execução de obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética no Brasil. O PAC favoreceu o aumento da oferta de empregos, a geração de renda, o aquecimento do mercado interno e elevou o investimento público e privado em obras fundamentais, alinhado com o planejamento estratégico e com a retomada dos investimentos em setores estruturantes do país. Em conjunto com o programa de concessões em aeroportos, rodovias, ferrovias e portos, o PAC ampliou os investimentos em infraestrutura, fundamentais para a superação de gargalos limitadores do processo.

O PAC engloba milhares de empreendimentos, de diversas naturezas e valores, com cronogramas de implantação distintos e nas mais diversas localizações geográficas. Seus empreendimentos são classificados de acordo com três grandes eixos: Energia, Logística e Social/Urbano, divididos nos subeixos: Transportes, Energia, Cidade Melhor, Comunidade Cidadã, Habitação e Água e Luz para Todos, organizados em 27 categorias. Os dados referentes ao andamento dos empreendimentos do PAC são atualizados trimestralmente e disponibilizados em formatos de balanços pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG).

Dado o volume e a complexidade desses investimentos, o antigo Comitê Gestor do PAC da Casa Civil e da Presidência da República solicitou, em 2009, o apoio técnico da Embrapa no acompanhamento das obras do PAC, com base no uso de imagens de satélites de alta resolução espacial (HOLLER et al., 2010a, HOLLER et al., 2010b). Esse monitoramento permitiria observar, de forma remota, a evolução de empreendimentos em áreas grandes e de difícil acesso.

A informação inicial disponibilizada pelo MPOG sobre as ações e obras do PAC é centrada em dados alfanuméricos (classificação do empreendimento, estágio da obra e órgãos executores, por exemplo) e há pouca informação sobre a localização espacial. Isto dificulta os esforços de acompanhamento orbital das obras em execução. Com o intuito de subsidiar o monitoramento e agregar informações espaciais sobre os empreendimentos do PAC (localização dos empreendimentos e imagens de satélite) foi desenvolvido, por uma equipe multidisciplinar de pesquisadores e técnicos da Embrapa e colaboradores, o sistema GeoPAC.

O objetivo deste documento é descrever o sistema GeoPAC. São apresentados seu histórico de desenvolvimento, sua arquitetura de software, suas principais funcionalidades e alguns exemplos de análises de contexto territorial elaboradas pela Embrapa, a partir dos dados espaciais dos empreendimentos do PAC catalogados pelo sistema. O GeoPAC está disponível remotamente para o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG) e é fornece diversos parâmetros e indicadores utilizados no acompanhamento territorial dos empreendimentos do PAC.

01

Circular Técnica

Campinas, SP
Dezembro, 2013

Autores

Jaudete Daltio
Cientista da Computação,
Analista de Sistemas,
Embrapa Gestão
Territorial,
Campinas.
jaudete.daltio
@embrapa.br

Carlos A. de Carvalho
Analista de Sistemas,
mestre em Ciência da
Computação, analista da
Embrapa Monitoramento
por Satélite, Campinas.
carlos-alberto.carvalho
@embrapa.br

Paulo R. R. Martinho
Engenheiro-agrônomo,
mestre em Agricultura
Tropical, Subtropical
e Gestão de Recursos
Ambientais, analista da
Embrapa Gestão
Territorial, Campinas.
paulo.martinho
@embrapa.br

Lucíola A. Magalhães
Geóloga, doutoranda em
Geociências, analista da
Embrapa Gestão
Territorial, Campinas.
luciola.magalhaes@
embrapa.br

Evaristo E. de Miranda
Doutor em Ecologia,
pesquisador da Embrapa
Monitoramento por
Satélite, Campinas.
evaristo.miranda
@embrapa.br

Sâmara R. da S. Trajano
Geógrafa, mestre em
Manejo de Solo e Água,
ex-analista da Embrapa
Gestão Territorial,
Campinas.

Hugo Toschi
Graduando em Geografia,
ex-estagiário da Embrapa
Gestão Territorial,
Campinas.

Beatriz B. O. Santos
Geógrafa, ex-estagiária da
Embrapa Gestão
Territorial, Campinas.

Flávia S. Lisboa
Geógrafa, ex-estagiária da
Embrapa Gestão
Territorial, Campinas.

Histórico e Desafios

O sistema GeoPAC passou por três fases em seu desenvolvimento:

Primeira fase

No seu início em 2009, o GeoPAC realizava o controle de imagens orbitais e sua organização era em uma estrutura de diretórios (CARVALHO; MIRANDA, 2009). O sistema era centrado nas imagens de satélite. A localização dos empreendimentos era necessária apenas para definição da área de aquisição das imagens e as informações eram armazenadas em formato vetorial (shape). Em geral, nessa fase, uma imagem orbital representava um empreendimento.

Na ocasião, um pequeno conjunto de empreendimentos, chamados “emblemáticos”, foi elencado pela Secretaria Executiva do PAC (SEPAC) para monitoramento por imagens satélite. Eram obras de relevância estratégica e passíveis de imageamento.

O uso de sistemas geográficos como o ArcGIS Desktop (ENVIRONMENTAL..., 2013) e estruturas de diretórios predominaram nessa etapa, com a utilização pontual de banco de dados espaciais para gerenciar a aquisição de imagens orbitais. As solicitações SEPAC eram efetuadas através de e-mails e davam origem a produtos como mapas e apresentações.

Segunda fase

Entre 2010 e 2011, as imagens de satélite e as localizações dos empreendimentos passaram a serem tratadas como entidades distintas. Um empreendimento poderia estar imageado em uma ou mais cenas de satélite. De forma análoga, uma imagem orbital poderia cobrir mais de um empreendimento de interesse do PAC. Imagens orbitais e empreendimentos seguiam indissociáveis nessa segunda fase, porém inconfundíveis. Entretanto, permanecia a ideia de não existirem empreendimentos não imageados.

Ainda com a presença marcante do ArcGIS Desktop para organizar tanto as localizações de empreendimentos quanto as imagens orbitais, essa etapa foi marcada por iniciativas de organização das imagens de satélite em um banco de dados espacial. O enfoque ainda era direcionado ao controle do processo de aquisição das imagens. A localização dos empreendimentos continuava em uma estrutura de diretórios.

A utilização mais efetiva de um banco de dados espacial e o desenvolvimento de interfaces Web permitiu expandir a interação com a SEPAC e seu acesso remoto a parte do banco de dados de imagens. Porém, nessa segunda fase, a maioria das solicitações e consultas à Embrapa ainda era repassada via e-mail.

Terceira fase

A partir de 2012, a localização dos empreendimentos ganhou destaque em função da divulgação dos balanços do PAC e das iniciativas de disponibilização de dados na Infraestrutura Nacional de Dados Aberto (INDA) e na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) (BRASIL, 2008). A partir dessa etapa, o empreendimento passou a ser considerado passível de monitoramento mesmo sem o imageamento orbital. Ele poderia ser localizado pelas informações da INDA e complementado com informações de outras fontes.

Além disso, as novas solicitações da SEPAC demandavam análises espaciais por meio do cruzamento das localizações de empreendimentos e das imagens

de satélite com outras camadas de informação. Surgiram outros questionamentos como: quantos empreendimentos estão cobertos pela imagem "A"? Quantas imagens estão disponíveis sobre o empreendimento "X"? Quantos empreendimentos do PAC existem na área "Q"?

Para isolar os conceitos de empreendimentos e imagens e proporcionar ferramentas de análise, estruturou-se um novo banco de dados espacial. Ele agregava um catálogo de imagens e um catálogo de localizações dos empreendimentos. Em seguida, foram desenvolvidas interfaces Web para permitir o acesso remoto da SEPAC.

Dessa forma, a SEPAC teve à disposição um conjunto de consultas, abrangendo a localização dos empreendimentos, a visualização das imagens de satélite e das análises espaciais envolvendo ambas entidades. A partir dessa etapa, a SEPAC passou a utilizar diretamente o GeoPAC para análises básicas e apenas demandas de análises espaciais complexas foram repassadas para a equipe técnica do GeoPAC.

O Sistema GeoPAC

A partir de 2012, a localização dos empreendimentos ganhou destaque em função da divulgação dos balanços do PAC e das iniciativas de disponibilização de dados na Infraestrutura Nacional de Dados Aberto (INDA) e na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) (BRASIL, 2008).

A partir dessa etapa, o empreendimento passou a ser considerado passível de monitoramento mesmo sem o imageamento orbital. Ele poderia ser localizado pelas informações da INDA e complementado com informações de outras fontes.

A Figura 1 apresenta uma visão geral da arquitetura do sistema GeoPAC, composta por três principais camadas: Repositórios de Dados, Servidor de Dados Espaciais e Gerenciamento e Recuperação. Essas camadas são acessadas por meio de uma Interface Web construída para o sistema GeoPAC.

O **Repositório de Dados** possui dois catálogos dedicados ao armazenamento de informações geográficas, um deles referente às imagens de satélite e outro aos empreendimentos. O **Servidor de Dados Espaciais** publica os dados espaciais em padrões Web interoperáveis. A camada de **Gerenciamento e Recuperação** provê a inclusão e manutenção dos dados nos catálogos e operacionaliza os mecanismos de consulta alfanuméricos e espaciais. As seções subsequentes descrevem cada uma dessas camadas.

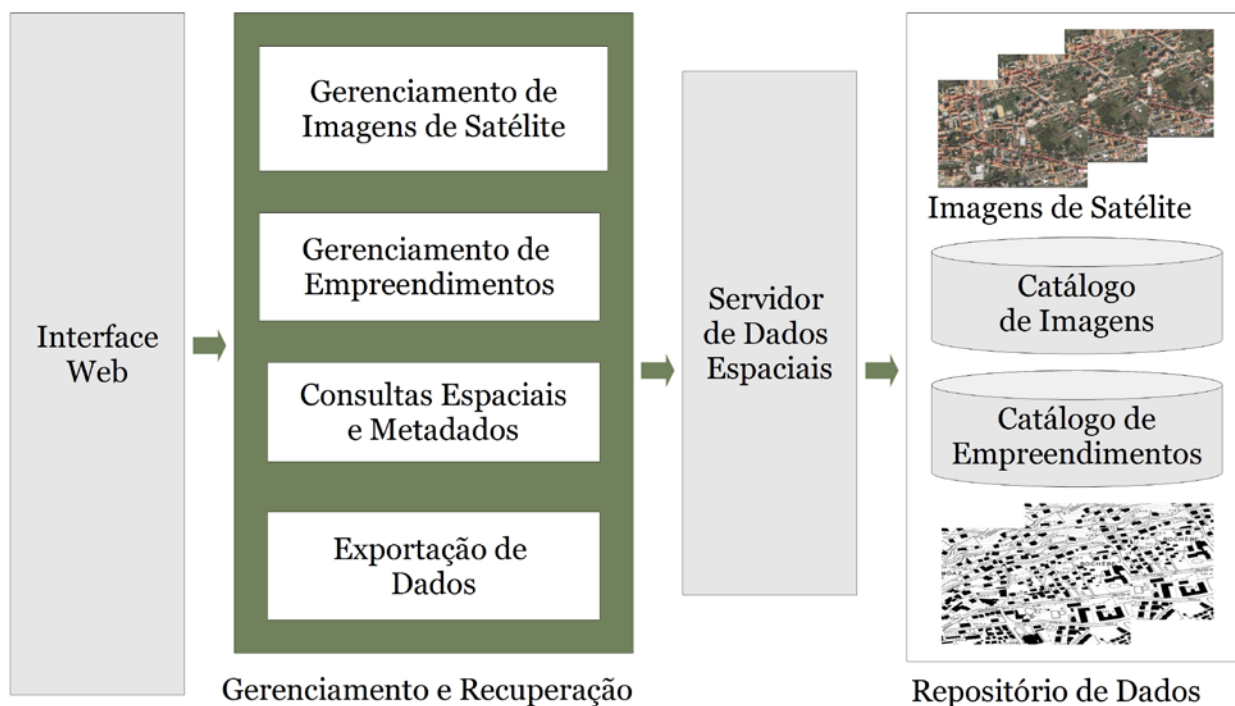


Figura 1 - Arquitetura do Sistema GeoPAC
Fonte: Elaborado pelos autores

Repositório de Dados

O repositório de dados é a camada responsável pela persistência. Essa camada agrega dois principais blocos de dados: um referente aos empreendimentos do PAC e outro às imagens de satélite de alta resolução, adquiridas no escopo do projeto como base para o monitoramento orbital dos empreendimentos.

O primeiro bloco de dados, estruturado em um banco de dados espacial relacional, correlaciona os metadados publicados pela SEPAC em seus balanços periódicos (dados relativos ao estágio do empreendimento, estimativas de investimento financeiro, atributos de acompanhamento do estágio do empreendimento, órgão responsável pela execução, dentre outros) com as informações espaciais de cada empreendimento (representadas em geometrias de pontos, linhas ou polígonos, em função da natureza do empreendimento). O banco de dados temporal agrega informações espaciais referentes a todos os balanços publicados e relaciona os metadados de cada balanço com as localizações de cada empreendimento.

O esquema de dados desse banco é composto pelas seguintes tabelas: (i) uma para os metadados de cada balanço (totalizando 7); (ii) localizações

pontuais; (iii) localizações lineares; (iv) localizações poligonais; (v) dados complementares, como a classificação dos empreendimentos (eixo, subeixo, tipo, estágio da obra); e (vi) dados de apoio, como a divisão territorial do Brasil em municípios.

Em relação ao volume de dados, o Balanço 7 do PAC, por exemplo, continha cerca de 33.000 empreendimentos. A cada novo balanço do PAC, parte dos empreendimentos são alterados -- os concluídos são excluídos e os iniciados são incluídos. A Figura 2 apresenta parcialmente o modelo relacional utilizado, mostrado na interface de administração pgAdmin¹. Cada balanço é representado por uma tabela e todas são relacionadas com um conjunto único de localizações, armazenadas nas relações **empreendimentopacponto**, **empreendimentopaclinha** e **empreendimentopacpoligono**.

O segundo bloco de dados, referente às imagens de satélite, está organizado em uma arquitetura híbrida. Essa estrutura combina o armazenamento físico em sistema de arquivos e a catalogação em um banco de dados espacial relacional.

1 <http://www.pgadmin.org>

The screenshot shows the pgAdmin interface. On the left, a tree view lists various tables such as 'empreendimentopacponto', 'empreendimentopacpoligono', and 'empreendimentopaclinha'. The center pane shows the 'Properties' window for a table, listing attributes like 'Name', 'Owner', 'Tablespace', and 'ACL'. The bottom pane shows a 'Data View' window displaying a table with columns: 'id', 'descricao', 'id_municipio', 'id_executor', 'id_estado', 'id_cidade', 'id_bairro', 'id_logradouro', 'id_tipo', 'id_categoria', 'id_status', 'id_data_inicio', 'id_data_fim', 'id_valor_estimado', 'id_valor_realizado', 'id_valor_pago', 'id_valor_restante', 'id_valor_pago_ate', 'id_valor_pago_ate_2010', 'id_valor_pago_ate_2011', 'id_valor_pago_ate_2012', 'id_valor_pago_ate_2013', 'id_valor_pago_ate_2014', 'id_valor_pago_ate_2015', 'id_valor_pago_ate_2016', 'id_valor_pago_ate_2017', 'id_valor_pago_ate_2018', 'id_valor_pago_ate_2019', 'id_valor_pago_ate_2020', 'id_valor_pago_ate_2021', 'id_valor_pago_ate_2022', 'id_valor_pago_ate_2023', 'id_valor_pago_ate_2024', 'id_valor_pago_ate_2025'. The data view shows a list of records with columns: 'id', 'descricao', 'id_municipio', 'id_executor', 'id_estado', 'id_cidade', 'id_bairro', 'id_logradouro', 'id_tipo', 'id_categoria', 'id_status', 'id_data_inicio', 'id_data_fim', 'id_valor_estimado', 'id_valor_realizado', 'id_valor_pago', 'id_valor_restante', 'id_valor_pago_ate', 'id_valor_pago_ate_2010', 'id_valor_pago_ate_2011', 'id_valor_pago_ate_2012', 'id_valor_pago_ate_2013', 'id_valor_pago_ate_2014', 'id_valor_pago_ate_2015', 'id_valor_pago_ate_2016', 'id_valor_pago_ate_2017', 'id_valor_pago_ate_2018', 'id_valor_pago_ate_2019', 'id_valor_pago_ate_2020', 'id_valor_pago_ate_2021', 'id_valor_pago_ate_2022', 'id_valor_pago_ate_2023', 'id_valor_pago_ate_2024', 'id_valor_pago_ate_2025'.

Figura 2 - Tela do software pgAdmin mostrando o modelo relacional GeoPAC
Fonte: Tela do sistema pgAdmin.

O banco de dados agrega os metadados da imagem (data de imageamento, satélite/sensor, data de aquisição, percentual de nuvem, dentre outros) com o retângulo envolvente de cada imagem. O banco possui todo o acervo de imagens de satélite de alta resolução adquiridas para o monitoramento do PAC, oriundas principalmente dos satélites ErosB, Ikonos, GeoEye, WorldView e QuickBird. As imagens referentes a regiões contínuas, de mesma data e sensor, são agrupadas em mosaicos no catálogo.

A correlação espacial entre os dois catálogos de dados é gerada dinamicamente por meio de operadores espaciais topológicos (interseção espacial) aplicados aos retângulos envolventes das imagens e às localizações dos empreendimentos. A cada atualização de balanço do PAC, refinamento de localização de empreendimento ou aquisição de novas imagens de satélite, todas as informações de correlação espacial são re-geradas garantindo a consistência e a acurácia dessa informação. Os metadados de localização político-administrativa de cada empreendimento (estados e municípios) são obtidos de forma análoga, com base nos dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística² (IBGE) sobre as divisões municipais do Brasil. Desta forma, mantém-se também a consistência dos metadados espaciais.

Servidor de Dados Espaciais

O Servidor de Dados Espaciais é responsável pela publicação dos dados espaciais. Essa publicação segue os padrões estabelecidos pela *Open Geospatial Consortium*³ (OGC), consórcio internacional de empresas, agências governamentais e universidades responsável pelo desenvolvimento de especificações de interfaces e padrões de intercâmbio de dados geoespaciais. Estes padrões visam à interoperabilidade e possibilitam a implementação de GeoServiços Web (MICHAELIS; AMES, 2008), por meio dos quais serviços e informações espaciais complexas são acessíveis a todos os tipos de aplicações, independente da plataforma utilizada. Os serviços Web (ALONSO et al., 2004) representam o componente central nos servidores de dados espaciais. Os serviços disponibilizados por essa camada no GeoPAC são:

- **WMS (Web Map Service):** serviço para disponibilizar mapas – representações visuais dos dados espaciais (e não os dados em si). Elas são geradas em formatos de imagem como JPEG, PNG e GIF. O serviço WMS permite visualizar dados geográficos e consultar as entidades mostradas num mapa vetorial e sobrepor dados

vetoriais e matriciais em diferentes formatos. As requisições WMS podem ser feitas por um navegador padrão em forma de URLs.

- **WFS (Web Feature Service):** serviço para acessar e manipular dados geográficos vetoriais codificados em formato GML (*Geographic Markup Language*) (SANTOS; LU, 2008). Permite ao usuário acessar, consultar e modificar (inserir, atualizar e eliminar) todos os atributos de um fenômeno geográfico representado em formato vetorial.

Na publicação dos dados definiram-se simbologias específicas para cada plano de informação. Uma simbologia

corresponde a um componente visual agregado aos dados espaciais para sua publicação. Por meio da simbologia é possível definir um estilo com especificações de cores, formatos, espessura e quaisquer outros atributos de conotação visual. O padrão para a definição de simbologias proposto pela OGC é o SLD⁴ (*Styled Layer Descriptor*). Um SLD corresponde a um arquivo XML (BRAY et al., 1998) com uma sequência de tags e definições, e permite definir atributos de estilos qualitativos e quantitativos.

Gerenciamento e Recuperação

Essa camada é composta por quatro principais módulos, descritos em detalhe nas seções subsequentes.

Gerenciamento de Imagens de Satélite

O módulo de Gerenciamento de Imagens de Satélite é responsável pelas operações de gerenciamento no catálogo de imagens de satélite. Em função do tamanho ocupado pelas imagens, em torno de 3TeraBytes, a solução de armazená-las em campos longos em bancos de dados não traria o desempenho desejado. Os retângulos envolventes das imagens são armazenados em formato vetorial no banco de dados, juntamente com seus respectivos caminhos de diretório onde, de fato, as imagens estão armazenadas.

A principal funcionalidade de gerenciamento é a inclusão de novas imagens no catálogo. Na inclusão, o módulo preserva a consistência entre o sistema de arquivos e o banco de dados. Ao incluir uma nova imagem no servidor, cria-se o registro correspondente no catálogo de imagens extraíndo-se automaticamente seus metadados e sua geometria vetorial. Este procedimento é detalhado a seguir.

² <http://www.ibge.gov.br>

³ <http://www.w3.org/>

⁴ <http://www.opengeospatial.org/standards/sld>

Procedimento para a Inserção de Imagens de Satélite

Este procedimento é realizado quando novas imagens são adquiridas para serem disponibilizadas no GeoPAC. Inicialmente, faz-se uma varredura das pastas para identificar as imagens a serem inseridas e realiza-se o procedimento para cada uma delas. Ele é composto pelos seguintes passos:

1. Obtém-se a projeção espacial;
2. Obtém-se o retângulo envolvente da imagem (o *extent*);
3. Obtém-se o tamanho da imagem em pixels e em MegaBytes;
4. Obtém-se o satélite e data de imageamento (pela estrutura de pastas). Caso essa informação não esteja disponível, ela será inserida posteriormente de forma manual.

Em algumas situações, a imagem pode ser composta por mais de uma cena e, nesses casos, são armazenados nos diretórios vários arquivos com os mesmos nomes acrescidos de uma numeração adicional. Essa numeração é utilizada para a composição de mosaicos a partir das cenas.

Gerenciamento de Empreendimentos

O módulo de Gerenciamento de Empreendimentos provê a inclusão de empreendimentos pela inserção dos dados vetoriais, textuais e cruzamento com camadas espaciais complementares. Através de consultas espaciais entre os empreendimentos e essas camadas complementares, tais como divisão municipal e estadual, mais metadados são associados aos empreendimentos. As principais funcionalidades de gerenciamento são a inclusão de balanços e a atualização de localizações de empreendimentos, detalhados a seguir.

Procedimento para a Inserção de Novos Balanços

Este procedimento é realizado quando um novo balanço do PAC é disponibilizado pelo MPOG. Ele segue os seguintes passos:

1. Cria-se uma tabela no banco de dados para acomodar os dados do balanço. Essa tabela acompanha a estrutura das planilhas disponibilizadas⁵, acrescentando-se colunas para armazenar dados sobre as imagens associadas ao empreendimento, sua localização, a classificação

dessa localização e os municípios intersectados espacialmente pelo empreendimento. A tabela resultante é composta por 22 campos (numéricos e textuais). O identificador do empreendimento é utilizado como chave primária nessa tabela. Adicionalmente, são criados 3 índices nos atributos utilizados com mais frequência em consultas: unidade federativa (Estado), nome do empreendimento e tipo do empreendimento. A estrutura de dados árvore B é utilizada como base em todos os índices;

2. A partir da planilha original do balanço, exportam-se os dados para um arquivo no formato CSV (*Comma-separated Values*);
3. Carrega-se o arquivo CSV gerado na tabela criada utilizando-se o comando COPY do banco de dados;
4. Atualiza-se o formato das datas de dd/mm/aaaa para aaaa-mm-dd;
5. Atualiza-se os 4 campos criados adicionalmente aos dados do balanço utilizando-se o balanço anterior;
6. Identificam-se os empreendimentos não localizáveis (estudos, projetos e investimentos), classificando-os como "NAO LOCALIZAVEL";
7. Classificam-se os demais empreendimentos como "A LOCALIZAR" (localização pendente);
8. Caso desejável, criam-se localizações aproximadas para os empreendimentos com a sede do município;
9. Criam-se visões não materializadas para associar as localizações de obras pontuais, lineares e poligonais com o balanço, com a junção das tabelas pelo identificador do empreendimento;
10. Inclui-se o novo balanço dos empreendimentos na interface Web do GeoPAC.

Procedimento para a Inserção de Novas Localizações de Empreendimentos

Este procedimento é realizado quando a localização de um conjunto de empreendimentos é refinada. O processo de refinamento é feito pelos analistas de geoprocessamento da Embrapa, e resulta em arquivos no formato KML com novas geometrias. São utilizados, preferencialmente, os dados e planos de informação enviados pelos monitores das obras do PAC do MPOG. Na ausência dessa informação, segue-se o refinamento a partir de bases de dados de órgãos oficiais, como a Agên-

⁵ <http://dados.gov.br>

cia Nacional de Transportes Terrestres⁶ (ANTT), a Agência Nacional das Águas⁷ (ANA), o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes⁸ (DNIT), dentre outros. Quando não há informações oficiais disponíveis, utilizam-se imagens de satélite como plano de base para a geração de localizações. Uma primeira aproximação é construída com base no acervo do software Google Earth⁹, e por esse motivo, no formato KML¹⁰ (*Keyhole Markup Language*). O procedimento aqui descrito visa atualizar essa localização no banco de dados do GeoPAC. Este procedimento é composto pelos seguintes passos:

1. Os arquivos KML são pré-processados para remoção de caracteres especiais, como acentos e cedilhas;
2. Carregam-se os KMLs na pasta de carga do GeoPAC e são classificadas como "APROXIMADA" ou "CORRETA";
3. Isola-se cada geometria existente no arquivo KML. O formato KML permite combinar múltiplas geometrias em um mesmo arquivo (ponto, linha e polígono), e a localização dos empreendimentos pode demandar múltipla representação (uma rodovia, por exemplo, pode ter geometria linear e pontual para representar trevos ou cruzamentos);
4. Executa-se um *script* PHP para processar cada KML e geram-se os *scripts* de inserção no banco de dados;
5. Executam-se os *scripts* de inserção no banco de dados;
6. Atualiza-se a lista de municípios intersecta-

6 <http://www.antt.gov.br>

7 www.ana.gov.br

8 <http://www.dnit.gov.br>

9 <http://www.google.com/earth>

10 <https://developers.google.com/kml/documentation>

dos especialmente pelo empreendimento por meio de operadores topológicos disponíveis no PostGIS;

7. Atualiza-se a lista de imagens que cobrem a área do empreendimento por meio de operadores topológicos disponíveis no PostGIS.

Consultas Espaciais e Metadados

O módulo de Consultas Espaciais e Metadados provê os mecanismos para recuperação de dados no GeoPAC e permite combinar aspectos alfanuméricos (metadados)

com os aspectos espaciais, tanto das imagens de satélite quanto dos empreendimentos.

A recuperação de dados pode ser feita a partir de dois pontos principais: os empreendimentos e as imagens de satélite.

Para os empreendimentos, as buscas podem ser feitas por cada balanço publicado do PAC, limitando-se a quantidade de registros a serem carregados, como mostra a Figura 3. Também é possível gerar-se relatórios de empreendimentos a partir dos seguintes filtros: (i) unidade federativa (estados + DF); (ii) eixo do empreendimento (classificação do SEPAC - energia, logística, social e urbana); (iii) empreendimentos imageados (com alguma imagem de satélite associada) e (iv) empreendimentos com localização determinada (e qual o tipo dessa localização). Há opções mais restritivas de filtro, utilizando: (i) nome do empreendimento; (ii) código do empreendimento; (iii) subeixo (Transportes, Energia, Cidade Melhor, Comunidade Cidadã, Habitação, Água e Luz para Todos); (iv) tipo (subclassificação do subeixo) e (v) estágio da obra (em obras, em ação preparatória, em estudo, em execução, concluído).

The screenshot displays the 'Empreendimentos do PAC' interface. At the top, there is a navigation bar with tabs for 'EMPRESSEMENTOS', 'IMAGENS', 'PRIORIDADE DE AVALIAMENTO', 'ESTATÍSTICAS', 'EMP. LINEARES', 'HISTÓRICO', and 'GeoPAC'. Below this, the 'LISTAGEM DE EMPREENDIMENTOS' section shows '8o Balanço do PAC' and a search filter area. The filter area includes a 'SELECIONE O BALANÇO' dropdown set to 'Balanço 8' and a 'MOSTRAR NA TELA' dropdown set to '500'. The 'Escolha os filtros:' section contains checkboxes for 'ESTADO' (AC, AL, AM, AP, BA, CE, DF, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PA, PB, PE, PI, PR, RJ, RN, RO, RR, RS, SC, SE, SP, TO), 'EIXO' (Copa, Energia, Logística, Social e Urbana), and 'Com imagem?' and 'Com localização?' options. A 'BUSCA POR EMPREENDIMENTO:' section includes input fields for 'Nome do Empreendimento', 'Código', 'Subeixo', 'Tipo', 'Data de Início', 'Estágio', 'Lista de Códigos separados por vírgulas', and 'Município'. A 'PROCURAR' button is located at the bottom left of the search area. The result count at the bottom indicates 'RESULTADO DA BUSCA: 41.480 empreendimento(s)'.

Figura 3 - GeoPAC - Recuperação de Empreendimentos

Fonte: Tela do sistema GeoPAC.

Para realizar filtragens nas imagens por unidade federativa, as buscas consideram: (i) a data de imageamento; (ii) o satélite de origem e (iii) o nome associado à imagem na catalogação (Figura 4).

Para cada empreendimento recuperado, obtém-se a lista de imagens de satélite que cobrem algum trecho do empreendimento e uma visualização detalhada de sua localização nos municípios. Essa recuperação é possível pela combinação de operadores espaciais nos predicados das consultas. De forma análoga, ao recuperar-se uma imagem de satélite obtém-se a listagem de todos os empreendimentos relacionados a ela, agrupados por balanço e dos mapas com a localização espacial da imagem no município.

Exportação de Dados

Três ferramentas permitem a exportação para formatos de intercâmbio das localizações dos empreendimentos e das imagens de satélite:

- **Planilha:** gera-se um arquivo CSV (valores separados por vírgula) dos atributos alfanuméricos dos empreendimentos, por meio de funções básicas do banco de dados (comandos SQL). Essas planilhas são úteis na elaboração de relatórios e listagens de empreendimentos e imagens;
- **KML:** gera-se um arquivo de localizações espaciais para o Google Earth e agregam-se descrições de empreendimentos. Utiliza-se a função nativa do banco de dados PostgreSQL/PostGIS (AS_KML) para criação do arquivo KML. Com o formato KML é possível visualizar os empreendimentos com as imagens do Google Earth ao fundo e também os retângulos envolventes das imagens de satélite e sua distribuição pelo Brasil;

• **SHP:** gera-se um arquivo vetorial (shape) em um formato amplamente utilizado em sistemas de informações geográficas (SIG). Faz-se uso de um aplicativo complementar do PostgreSQL/PostGIS (pgsql2shp) (OBE; HSU, 2011) para criar o arquivo vetorial. O formato shape facilita os trabalhos de análise espacial dos empreendimentos e localização das imagens orbitais realizados com os softwares de SIG.

Para as imagens de satélite, a ferramenta de relatório provê a visualização de detalhes das imagens e suas respectivas versões em miniatura (*Quick Looks*). As miniaturas são clicáveis e podem ser visualizadas em versões maiores das imagens em formato JPG.

Interface Web

A Interface Web é a camada de visualização do sistema. A Figura 5 mostra a tela inicial do sistema GeoPAC com o acesso principal para todos os módulos da camada de Gerenciamento e Recuperação, pelos dois tipos principais de dados: imagens de satélite e empreendimentos.

A interface de detalhe de cada empreendimento mostra, inicialmente, sua localização espacial utilizando-se uma camada de imagem orbital como plano de fundo (Figura 6). Além de serem apresentados todos os atributos do empreendimento, a interface do GeoPAC gera visualizações vetoriais que mostram espacialmente o empreendimento em seus municípios e estados. Também são apresentadas informações sobre os municípios, como população, Produto Interno Bruto (PIB) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

A interface de detalhe de imagens de satélite também apresenta sua contextualização territorial e, além disso, organiza por balanços a listagem dos empreendimentos cobertos pela imagem, como mostra a Figura 7.

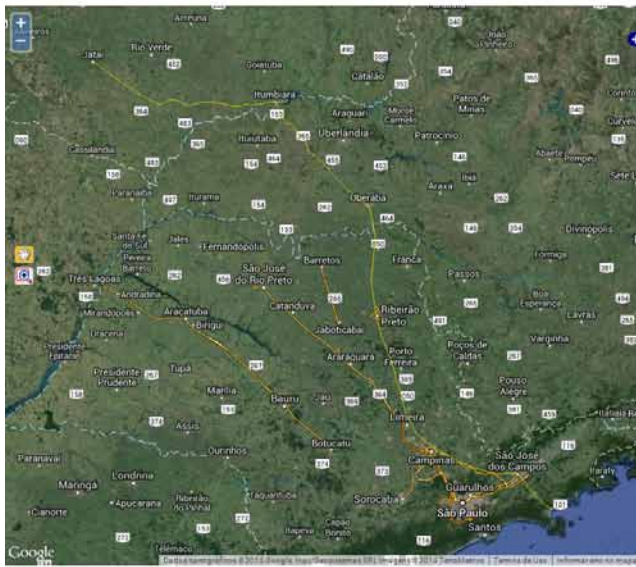
ID imagem	uf	tipo	nome	dataimagem	satélite	numero de cotas
1	AM	ESTIA	Manaus	2009-10-26	ikono	2
2	AM	ESTIA	Manaus	2007-10-01	ikono	1
3	AM	GASO	UrucuCoari	2009-07-05	ErosB	3
4	AM	GASO	UrucuCoari	2009-07-03	ikono	1

Figura 4 - GeoPAC - Recuperação de Imagens de Satélite
Fonte: Tela do sistema GeoPAC.



Figura 5 - Página Inicial GeoPAC
Fonte: Tela do sistema GeoPAC.

LOCALIZAÇÃO NO GOOGLEMAPS



8o Balanco do PAC

2509 - Sistema de Logística de Etanol - GO-MG-SP

Eixo: Energia Subeixo: Energia Tipo: Combustíveis Renováveis

EMBLEMÁTICA

Tipo de Localização: APROXIMADA

Data início: 2013-08-31 Data Selecao: -- Data conclusao: 2017-01-31

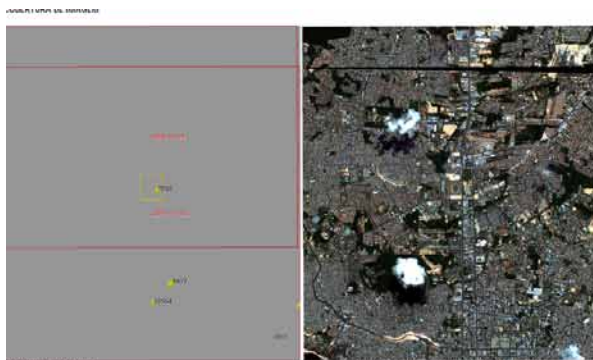
Estágio: **Em operação** Empreendimento da área de Petróleo e Gás, que já entrou em operação, porém ainda não foi concluído Investimentos

Valor 2011/2014	Valor depois de 2014	Investimento total
2640000000.00	3711000000.00	



	Município	uf	Populacao 2010	PIB per capita 2009	PIB 2009 (Mil Reais)	IDH 2000
1	Americana	SP	210.638	29.850,41	6.126.171	0,840
2	Igarapava	SP	27.952	19.272,34	544.058	0,790
3	Inaciolândia	GO	5.699	13.215,06	78.616	0,717
4	Ribeirão Preto	SP	604.682	26.083,97	14.688.064	0,855
5	Bom Jesus dos Perdões	SP	19.708	12.587,20	226.661	0,780
6	Piracaia	SP	25.116	10.628,91	241.701	0,792

Figura 6 - GeoPAC - Detalhe de um Empreendimento
Fonte: Tela do sistema GeoPAC.



COBERTURA DE CENAS



EMPREENDIMENTOS COM COBERTURA DE IMAGENS

ID	Projeto	Nome	Eixo	Subeixo	Tipo
BALANÇO 8					
1	03137	Inteligência Tatuária - Mauáqá - Manaus (Distrito-Síves e Síves-Lechuga) - COTE C - AM-PA	Energia	Energia	Transmissão de Energia Elétrica
2	03170	LT 230 KV Lechuga (ex Camé) - Jorge Teixeira CD - AM	Energia	Energia	Transmissão de Energia Elétrica
3	01420	Terminal de passageiros marítimo de Manaus - AM	Logística	Transporte	Infraestrutura
4	05439	Implantação de terminais hidroviários - TM - Manaus Moderna - AM	Logística	Transporte	Infraestrutura
5	2004	Mobilidade Norte-Centro	Social e Urbana	Cidade Melhor	Mobilidade Urbana
6	2005	BRT - Leste-Centro	Social e Urbana	Cidade Melhor	Mobilidade Urbana
7	20135	Serviços de pavimentação e recuperação de vias, ampliação da rede de drenagem pluvial, execução de calçadas, sinalização horizontal, vertical e semaforica dos Loteamentos Águas Claras I e II, Bairro Novo Alcoa - Manaus - AM	Social e Urbana	Cidade Melhor	Prevenção
8	20840	Drenagem - complementação da recuperação ambiental e requalificação social e urbanística - Utilização do espaço do Udupá - Manaus - AM	Social e Urbana	Cidade Melhor	Prevenção em áreas de risco
9	22320	Elaboração de projeto de micro e macrodrenagem na sede municipal - Manaus - AM	Social e Urbana	Cidade Melhor	Prevenção em áreas de risco
10	22135	Obras de contenção de encostas em Manaus - intervenção em setores de risco Alto e Ilhota Alta - Manaus - AM	Social e Urbana	Cidade Melhor	Prevenção em áreas de risco

Figura 7 - GeoPAC - Detalhe de uma Imagem de Satélite
Fonte: Tela do sistema GeoPAC.

Aspectos de Implementação

A implementação do sistema GeoPAC está em constante refinamento e utiliza tecnologias livres em sua concepção. O Repositório de Dados possui uma arquitetura híbrida, por questões de desempenho. Essa arquitetura combina sistemas de arquivos e Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD). Parte dele é implementado no SGBD PostgreSQL (WORSLEY; DRAKE, 2002), uma solução *open source* amplamente adotada atualmente. A utilização de um SGBD provê vários mecanismos para preservar a consistência e a integridade dos dados, além de garantir o acesso a múltiplos usuários. Acoplado a ele, o GeoPAC utiliza a extensão PostGIS (OBE; HSU, 2011) para adicionar capacidade de armazenamento e recuperação de entidades geográficas. Além do armazenamento, este módulo também implementa diversas funcionalidades para análises espaciais e topológicas em extensão a própria linguagem de consulta do PostgreSQL.

O Repositório de dados é composto por dados de dois tipos: dados matriciais (*raster*), correspondentes às imagens de satélite, armazenadas em sistemas de arquivos no formato TIF/GEOTIFF; e dados vetoriais (pontos, linhas e polígonos) e estão

diretamente armazenados como campos do tipo *geometry* em tabelas relacionais. Os dados vetoriais correspondem às localizações dos empreendimentos e aos retângulos envolventes das imagens de satélite. Os dados utilizam o sistema de projeção/referência WGS 84, referente ao EPSG 4326¹¹, o mesmo utilizado pelas plataformas de dados espaciais da Google e passível de utilização para todo o globo terrestre. Para a extração de informações das imagens de satélite, utiliza-se a biblioteca GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*) (WARMERDAM, 2008).

O **Servidor de Dados Espaciais** é implementado com o servidor de mapas GeoServer¹², um dos mais adotados atualmente e definido como servidor de mapas oficial da INDE (BRASIL, 2010).

O seu foco é facilitar o uso e suporte para os padrões abertos especificados pela OGC, compartilhando informações geoespaciais de uma maneira interoperável. O GeoServer é capaz de integrar diversos repositórios de dados geográficos com alto desempenho e possui uma ferramenta de administração via Web, mostrada na Figura 8, para facilitar sua utilização e configuração.

¹¹ <http://spatialreference.org/ref/epsg/4326>

¹² <http://geoserver.org>

The screenshot displays the GeoServer administration interface. On the left, there is a navigation menu with categories like 'About & Status', 'Data', 'Services', 'Settings', 'Title Caching', 'Security', 'Monitor', 'Demos', and 'Tools'. The main area is titled 'Layers' and contains a table of layers being published by GeoServer. The table has columns for 'Type', 'Workspace', 'Store', 'Layer Name', 'Enabled?', and 'Native SRS'. A search bar at the top right of the table shows the search term 'pac' and indicates 'Results 1 to 25 (out of 48 matches from 50 items)'. The table lists various layers such as 'ord', 'painimentacao', 'municípios', 'geracao_energia', 'saneamento', 'manha', 'fazendaempagosto', 'recursos_hidricos_j', 'fazendasinda', 'municpreendimento', 'comsuaveis_p', 'petroleo_p', 'municpreendimento', 'municpreendimentopt', 'agua_situmar', 'emprendimentopacponto', 'comsuaveis_j', 'urbanizacao', 'modidade_j', 'creches', 'censalemponto', 'estados', 'previsao_hcc', 'ferrovia_p', and 'saw'.

Type	Workspace	Store	Layer Name	Enabled?	Native SRS
Image	pac	pac_ob	ord	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	painimentacao	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	municípios	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	geracao_energia	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	saneamento	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	manha	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	fazendaempagosto	⚠	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	recursos_hidricos_j	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	fazendasinda	⚠	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	municpreendimento	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	comsuaveis_p	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	petroleo_p	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	municpreendimento	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	municpreendimentopt	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	agua_situmar	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	emprendimentopacponto	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	comsuaveis_j	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	urbanizacao	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	modidade_j	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	creches	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	censalemponto	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	estados	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	previsao_hcc	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	ferrovia_p	✓	EPSG:4326
Image	pac	pac_ob	saw	✓	EPSG:4326

Figura 8 - Interface de Administração GeoServer
Fonte: Tela do sistema GeoServer.

Sua implementação é baseada em *servlets* Java (JEE), pode ser hospedada em qualquer *servlet container* e utiliza a API GeoTools em sua implementação. Para o GeoServer, utilizou-se o *container* TomCat¹³.

Os módulos da camada de **Gerenciamento e Recuperação** estão implementados em SQL e na linguagem de programação PHP¹⁴. Foram desenvolvidos *scripts* para a inserção automática de imagens e empreendimentos, conforme descrito nas seções anteriores. Os formatos mais utilizados para a manipulação de geometrias vetoriais são SHP ou KML, pela facilidade de intercambio de dados entre a equipe da Embrapa e a SEPAC. Utiliza-se o software Google Earth como apoio para o refinamento das localizações dos empreendimentos.

A **Interface Web** utiliza HTML, PHP e a bibliotecas JavaScript OpenLayers¹⁵. Com o OpenLayers, é possível construir páginas web com informação geoespacial dinâmica e independente de servidor e implementa métodos padrão de acesso a dados geográficos, como os protocolos WMS e WFS, e é capaz de exibir mapas carregados a partir de qualquer fonte de dados. A Figura 6 mostra uma tela do GeoPAC com o OpenLayers e é capaz de prover acesso a dados armazenados em PostgreSQL/PostGIS e publicados via GeoServer.

O sistema GeoPAC está implantado em servidores virtuais no SERPRO e disponível para acesso da equipe da SEPAC para consultas.

Relatórios de Empreendimentos e Análises de Contexto

Os relatórios de análises dos empreendimentos do PAC via imagens orbitais, seguem um padrão de contextualização espacial e evolução temporal com base em imagens disponíveis e uma breve análise indicativa da sua situação. Essa contextualização parte de uma visão geral da localização do empreendimento em relação ao Brasil e da unidade da federação (estados), com detalhes do município (ou municípios) onde se encontra o empreendimento, até chegar a seu próprio contorno ou localização pontual. As imagens orbitais podem ser recortadas em função da área ocupada pelo empreendimento e a análise da evolução temporal pode ser focada em partes específicas da obra.

A abordagem de separar a evolução temporal com enfoque em partes do empreendimento aplica-se mais regularmente a obras como hidrelétricas e

refinarias, que ocupam vastas áreas e são compostas por várias subestruturas, ou ainda a empreendimentos lineares, como rodovias e ferrovias. As análises são sucintas e objetivas, e buscam sempre contextualizar o entorno do empreendimento e distinguir sua evolução aparente a partir das imagens temporais. Este material serve de subsídio aos gestores (monitores de obras do PAC), juntamente com outros mecanismos de fiscalização e acompanhamento disponíveis no Ministério do Planejamento. A Figura 9 apresenta a localização de alguns empreendimentos, cujos exemplos simplificados dos relatórios de análise de contextualização são apresentados a seguir.

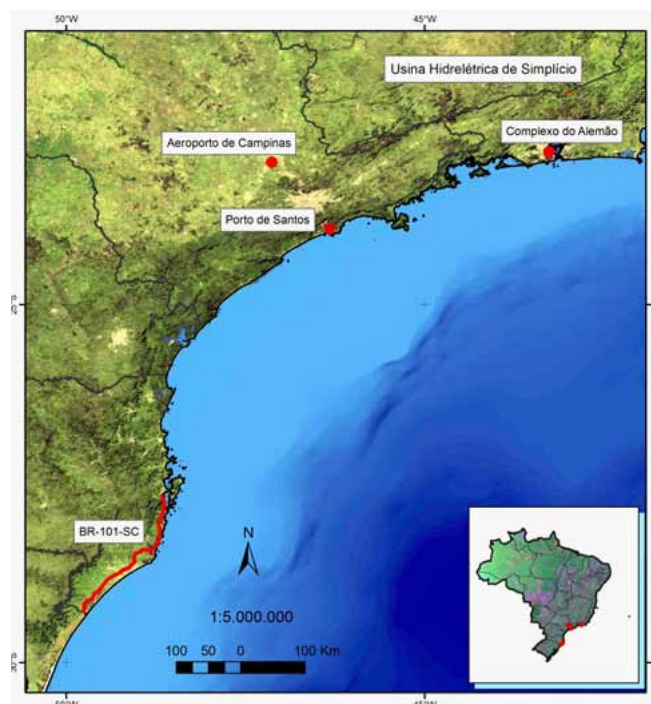


Figura 9 – Localização de alguns empreendimentos do PAC sobrepostos a uma imagem da série Blue Marble (USGS, 2013).
Fonte: Elaborado pelos autores.

O exemplo do Aeroporto de Viracopos – SP

As obras dos aeroportos estão no eixo Logística e subeixo Transportes. De acordo com o último balanço apresentado pelo Ministério do Planejamento (Balanço 7), são aproximadamente 105 empreendimentos em aeroportos com investimentos do PAC. Apesar de representarem menos de 1% do total de empreendimentos, trata-se de obras relevantes e estratégicas dada a crescente demanda de passageiros e cargas e necessidades de agilidade de transporte. Dentre os empreendimentos dessa categoria, 5 estão relacionados ao Aeroporto de Viracopos (Figura 9). Viracopos está inserido em uma região de grande relevância para a economia do Estado de São Paulo, com aproximadamente 3 milhões de habitantes e 10% do PIB do Estado de São Paulo.

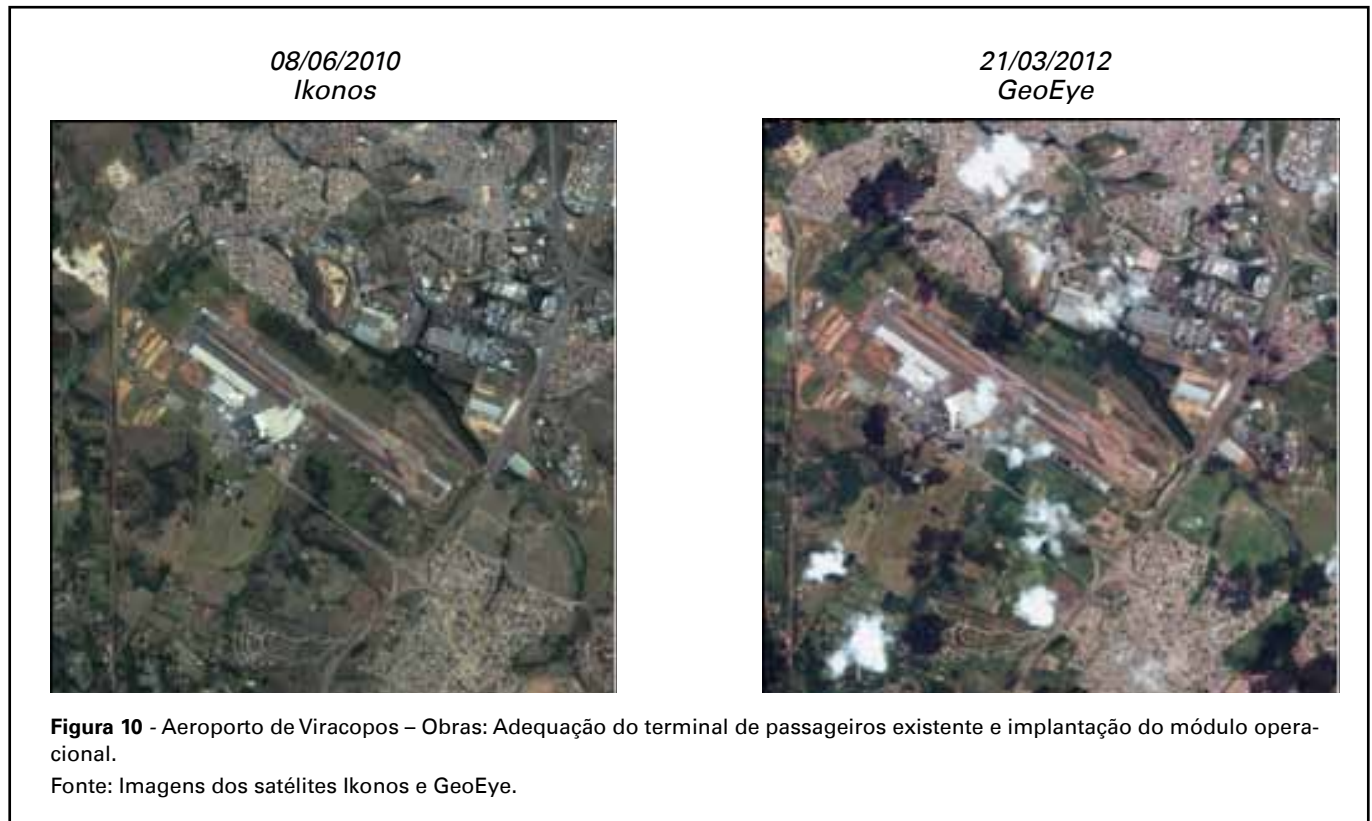
¹³ <http://tomcat.apache.org>

¹⁴ <http://br.php.net>

¹⁵ <http://openlayers.org>

As obras do aeroporto preveem a ampliação do terminal de passageiros, a construção de uma segunda pista, os investimentos nos bairros próximos ao aeroporto e a construção de um novo terminal. Isso transformará o empreendimento no maior complexo aeroportuário da América Latina, com capacidade para movimentar 61 milhões de passageiros e 3 milhões de toneladas de mercadorias por ano. O acompanhamento das obras no Ter-

minal de Passageiros, mostrado na Figura 10, foi feito através de imagens de satélite em momentos distintos, de acordo com o tempo estimado para conclusão da obra. Neste exemplo, duas imagens de dois satélites diferentes, em um espaço temporal de 2 anos, revelam o andamento da obra no aeroporto: junho/2010 (satélite Ikonos) e março/2012 (satélite GeoEye).



O exemplo da BR 101 - SC

Os empreendimentos em rodovias estão no eixo Logística e no subeixo Transportes. No Balanço 7, totalizam aproximadamente 406 obras e representam, atualmente, pouco mais de 1% dos empreendimentos totais do PAC. Em alguns casos, as rodovias percorrem grandes extensões do Brasil, e os investimentos se fazem necessários para melhorias no transporte de cargas e pessoas e no aumento da capacidade do fluxo de veículos. Dentre os empreendimentos desta natureza, destaca-se a duplicação da BR-101 no trecho entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Figura 9). A BR-101 corta 25 municípios e 10 sedes municipais dos 2 estados, 7 deles em Santa Catarina (Palhoça, Paulo Lopes, Capivari de Baixo, Tubarão, Araranguá, Sombrio e Santa Rosa do Sul).

A área apresentada na Figura 11 é de grande fluxo de veículos, principalmente para caminhões que

escoam suas cargas para os portos da região: Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo. Com isso a duplicação, ampliação da capacidade e melhoria nas condições de trafegabilidade da rodovia neste trecho se faz necessário.

Na Figura 12 estão apresentadas três intervenções pontuais da obra, passíveis de monitoramento através de imagens orbitais, em estágios diferentes de desenvolvimento. A figura mostra imagens de agosto/2009 (satélite Ikonos 2) e setembro/2010 (satélite WorldView 2) e possibilita a observação do progresso da obra num período de aproximadamente 1 ano.



Figura 11 - BR 101 Trecho SC – Detalhe de alguns trechos da Obra (de cima para baixo): (a) Início do canteiro central e duplicação, (b) Implantação do trevo e (c) Duplicação de Ponte.

Fonte: Imagens dos satélites Ikonos e Worldview.

O exemplo do Complexo do Alemão - RJ

As obras em Habitação tipificam os investimentos referentes a Urbanização de Assentamentos Precários e fazem parte de um grande conjunto de melhorias e investimentos do PAC. Segundo o Balanço 7, são mais de 3000 obras ligadas ao eixo Social/Urbana e subeixo Habitação, representando mais de 10% do total de obras do PAC. Investimentos nessas áreas são extremamente necessários, pois a maioria dos assentamentos concentra um grande adensamento populacional e, em geral, necessitam urgentemente de melhorias básicas para o bem estar da população.

Dentre os empreendimentos dessa categoria, 4 obras

estão previstas no Complexo do Alemão, localizado no Rio de Janeiro (Figura 9). O Complexo do Alemão abrange cerca de 15 favelas, com aproximadamente 80 mil habitantes em 22 mil moradias. O acompanhamento da evolução das obras pode ser feita por meio de imagens orbitais (Figura 12) em 4 momentos distintos: abril/2008 (satélite Quickbird), agosto/2009 (Ikonos 2), junho/2010 (WorldView) e fevereiro/2012 (Ikonos 2). Das áreas apresentadas na Figura 12, 2 referem-se à construção de unidades de realocação habitacional e 1, a construção do complexo do Centro Integrado de Atenção a Saúde (CIAS). O complexo do Alemão conta ainda com vários outros empreendimentos, como melhorias na saúde com a criação de unidades básicas e hospitais, escolas, teleférico, asfaltamento de vias, criação de centros de convivência e cultura, entre outros.

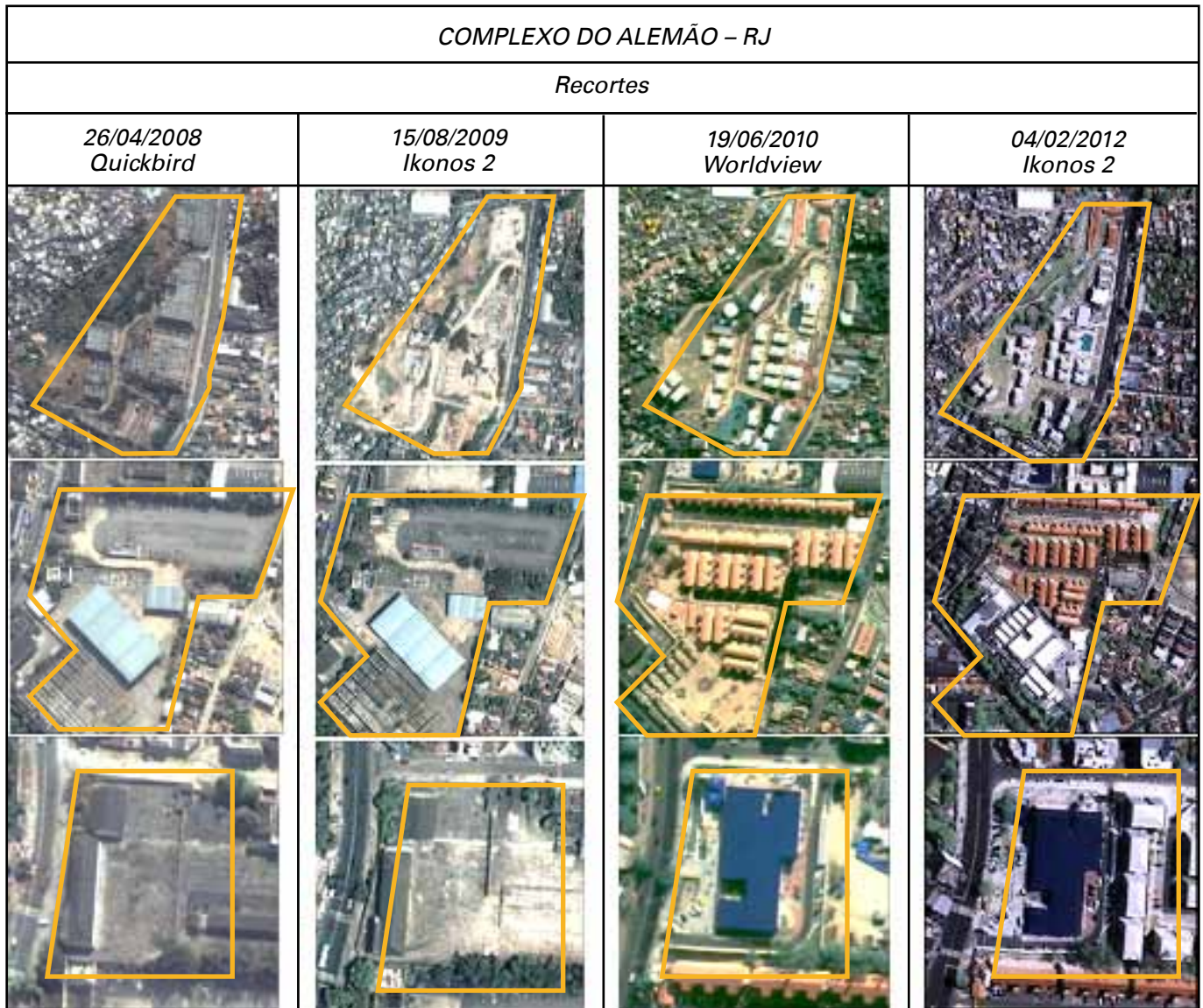


Figura 12 - Complexo do Alemão – Obras (de cima para baixo): i) Implantação da unidade de realocação Joaquim Queiroz no terreno da antiga fábrica de lingerie Poesia, ii) Implantação da unidade de realocação Heliogás - Área da antiga fabrica da coca-cola e iii) Implantação do Centro Integrado de Atenção à Saúde – CIAS.

Fonte: Imagens dos satélites QuickBird, Ikonos 2, e Worldview.

O exemplo da Avenida Perimetral do Porto de Santos - SP

Os empreendimentos em portos estão no eixo Logística e no subeixo Transportes. De acordo com o Balanço 7, compreendem aproximadamente 70 obras. Um exemplo de obra deste tipo são as melhorias no Porto de Santos (Figura 9), em especial a conclusão da Avenida Perimetral, parte de uma série de iniciativas da Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP) para viabilizar a movimentação de 240 milhões de toneladas em 2024¹⁶.

Ao todo, o Porto de Santos conta com 12 obras com recursos provenientes do PAC. Os investimentos na perimetral abrangem um percurso de apro-

ximadamente 5,5 quilômetros e deve resolver uma

série de conflitos rodoferroviários, permitindo, por exemplo, o transporte por caminhões e por trens sem interrupções. A obra atenderá os terminais de açúcar e os retro portuários de contêineres, melhorando a logística terrestre do complexo. A Figura 13 apresenta uma visão geral e comparativa da Avenida Perimetral entre os anos de 2008 (antes de iniciar as obras) e 2010 (obras em estado bastante avançado).

Em detalhes (Figura 14), três momentos distintos da evolução das obras: maio/2008 (satélite Quickbird), novembro/2009 (satélite Quickbird) e agosto/2010 (satélite WorldView), com a duplicação em vários trechos da avenida e implantação de trevos e alças elevadas de acesso ao porto.

¹⁶ <http://www.pac.gov.br/transportes/portos>

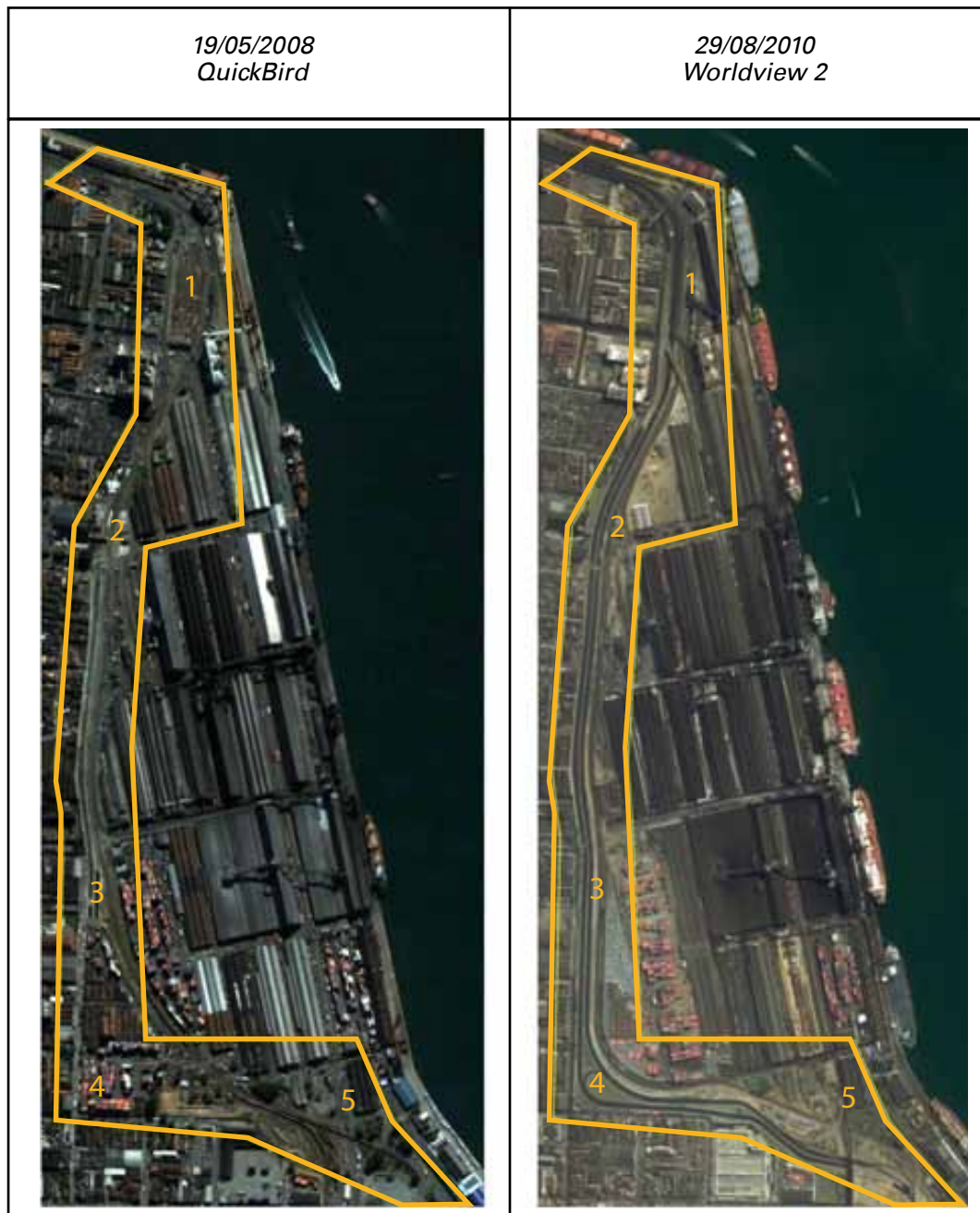


Figura 13 - Evolução das obras da Avenida Perimetral do Porto de Santos – SP.

Fonte: Imagens dos satélites QuickBird e Worldview.

AVENIDA PERIMETRAL DO PORTO DE SANTOS - SP				
Trechos	Fase, etapas de operações, segmentos de obra	Recortes		
		19/05/2008 QuickBird	18/11/2009 QuickBird	29/08/2010 Worldview 2
1	Implantação de alças elevadas em "Y" no setor norte			
2	Duplicação da avenida sobre o canal do Macuco			
3	Duplicação e pavimentação			
4	Implantação do trevo de acesso a alça elevada no setor sul			
5	Implantação de alça elevada no setor sul			

Figura 14 - Avenida Perimetral do Porto de Santos - Detalhe dos trechos da obra

Fonte: Imagens dos satélites QuickBird e Worldview.

O exemplo da Usina Hidrelétrica Anta e Simplício - MG e RJ

Outra área de ação do programa são as obras de geração de energia elétrica. Estes empreendimentos descrevem ações para geração de energia em usinas hidrelétricas, eólicas, termelétrica a biomassa e termonucleares e são categorizados no eixo Energia, subeixo Energia, com cerca de 345 obras no Balanço 7. Nesta categoria, um exemplo de obra já finalizada e em operação é o Complexo Hidrelétrico de Simplício (Figura 9), que interliga as usinas de Anta e Simplício, entre os Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, no Rio Paraíba do Sul. A construção do Complexo Hidrelétrico de Simplício

interliga as duas usinas por meio de uma sequência de canais, túneis e diques. Através de condutos forçados escavados na rocha, as águas serão conduzidas para movimentar as turbinas na casa de força de Simplício, com uma queda superior a 100 m de altura.

A Figura 15 apresenta três momentos distintos do progresso em pontos específicos da obra: fevereiro/2009 (satélite EROS), dezembro/2009 (satélite Ikonos) e setembro/2010 (Quickbird), com a implantação de canais, túneis e diques.

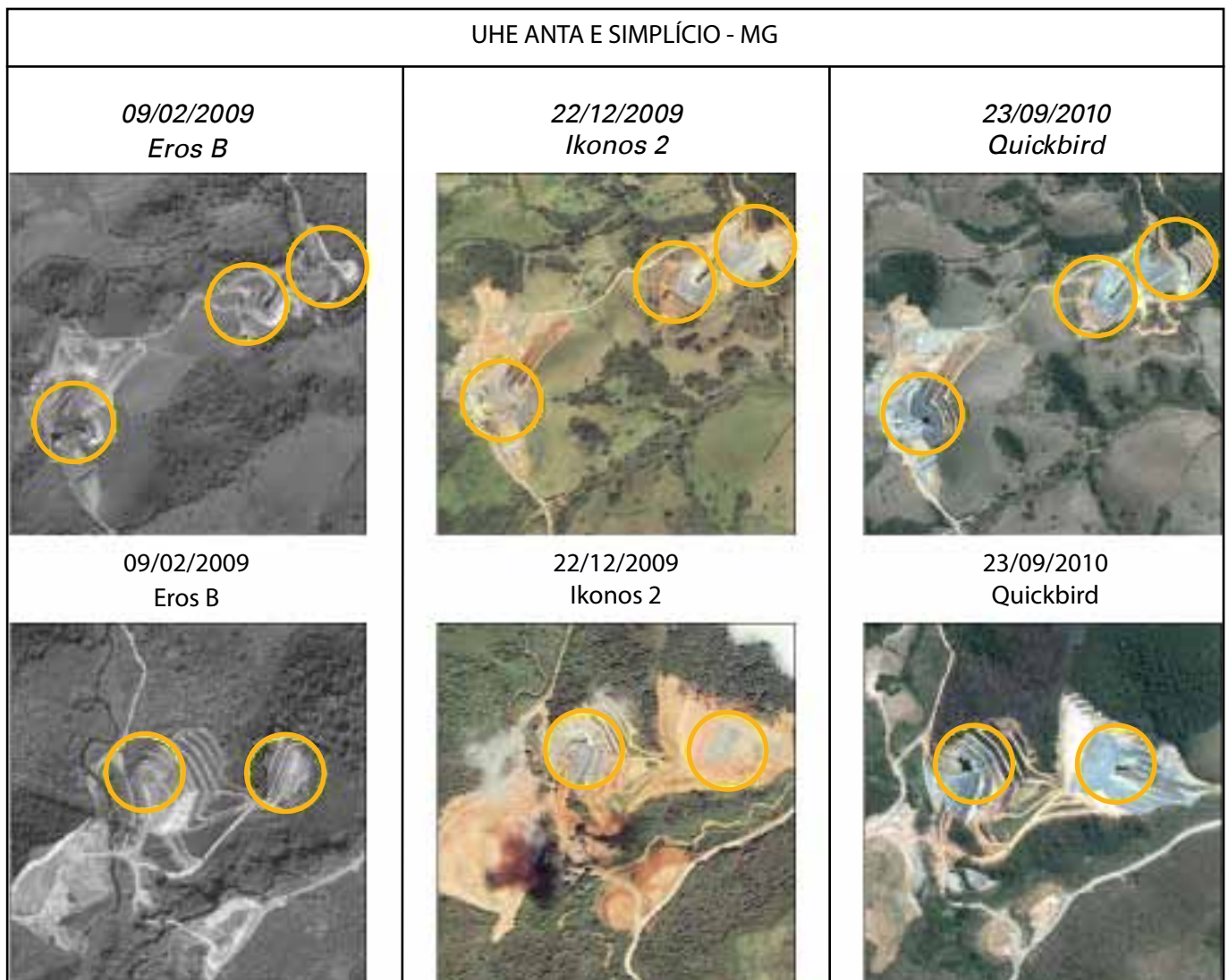


Figura 15 - Usina Hidrelétrica de Anta e Simplício – Obras (de cima para baixo): i) Implantação do canal 4, túnel 2A e diques Louriçal 1 e 2 e; ii) Implantação do túnel A5.

Fonte: Imagens dos satélites Eros, Ikonos 2 e QuickBird.

Conclusões e Extensões

Este trabalho atende uma demanda recorrente no gerenciamento de informações geográficas sobre como obter a correlação de dados espaciais de diferentes naturezas - vetoriais e matriciais - e sua a integração com atributos e metadados.

O sistema GeoPAC foi desenvolvido por uma equipe da Embrapa para atender uma demanda específica: o acompanhamento espacial dos empreendimentos do PAC, formulada na origem pelo Comitê Gestor do PAC da Casa Civil e da Presidência da República. Hoje o acompanhamento é feito para o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão por meio de imagens de satélite utilizadas como subsídios em análises de contexto.

Hoje, o sistema GeoPAC, é capaz de gerenciar dados temporais sobre obras e empreendimentos de acordo com a evolução dos balanços do PAC, disponibilizados pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. O sistema também é operacional para criar relacionamentos espaciais entre os dados de forma dinâmica, mantendo a integridade destes relacionamentos a cada atualização.

Tecnologicamente, a solução apresentada também é uma demonstração concreta de como as ferramentas de softwares livres atualmente disponíveis permitem a elaboração de aplicações completas e com um robusto arcabouço de funcionalidades.

O sistema GeoPAC teve, ao longo de seu histórico, ajustes de implementação com o intuito de se manter tecnologicamente atual e de fácil manutenção. Essa atualização será constante no decorrer do projeto. Testado por múltiplos usuários e com um volume de dados crescente, o sistema apresentou um desempenho satisfatório na execução de consultas e geração de relatórios.

Dentre as extensões previstas para o sistema GeoPAC, está a incorporação de novas funcionalidades com o intuito de contemplar outros processo não cobertos atualmente pelo sistema, como a recorrente necessidade de interfaces customizadas para dispositivos móveis, atualmente em estudo pela equipe envolvida no projeto.

Referências

ALONSO, G.; CASATI, F.; KUNO, H.; MACHIRAJU, V. **Web Services: Concepts, Architectures and Applications**. Berlin, DE: Springer, 2004. 354 p.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e

Gestão. **PAC: Programa de Aceleração do Crescimento do Governo Federal**. Disponível em: < <http://www.pac.gov.br> >. Acesso em: 07 out. 2013.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Plano de ação para implantação da INDE**. Rio de Janeiro: MPOG/CNC, 2010. Disponível em: <<http://www.concar.gov.br/arquivo/PlanoDeAcaoINDE.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2013.

BRASIL. Decreto-lei nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo Federal, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, Seção 1, p. 57, 28 de nov. 2008.

BRAY, T.; PAOLI, J.; SPERBERG-MCQUEEN, C. M. **Extensible Markup Language (XML) 1.0**. [S.l. : s.n.], 1998. W3C Recommendation.

CARVALHO, C. A.; MIRANDA, E. **Um Sistema de Gestão de Informações Geográficas em WebGIS para o Controle do Monitoramento por Satélite das Obras do PAC**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2009. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 74).

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. ArcGIS Desktop: Release 10.1. Redlands, CA: [s.n.], 2013.

HOLLER, W. A.; D. O. CUSTÓDIO; NIEMANN, R. S.; RÖVERE; S. D.; MIRANDA, E. E; SPADOTTO, C. A. **Uma ferramenta para o cadastro e gestão de metadados de obras de infraestrutura e imagens de satélite do projeto PAC 10**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010a. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Comunicado Técnico, 27).

HOLLER, W. A.; D. O. CUSTÓDIO; NIEMANN, R. S.; RÖVERE; S. D.; MIRANDA, E. E; SPADOTTO, C. A. **Webmapping desenvolvido em tecnologia Flex para análises e monitoramento de obras de infraestrutura**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010b. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Comunicado Técnico, 28).

MICHAELIS, C. D.; AMES, D. P. Web feature service (WFS) and Web map service (WMS). In: SHEKHAR, S.; XIONG, H. (Ed.). **Encyclopedia of GIS**. Berlin, DE: Springer, 2008. p. 1259-1261.

OBE, R. O.; HSU, L. S. **PostGIS in Action**. Stamford: Manning, 2011.

SANTOS, R. F.; LU, C. T. Geography markup language (GML). In: SHEKHAR, S.; XIONG, H. (Ed.). **Encyclopedia of GIS**. Berlin, DE: Springer, 2008. p. 364-368

WARMERDAM, F. The Geospatial Data Abstraction Library. In: HALL, G. B.; LEAHY, M. G. (Ed.). **Open**

Source Approaches in Spatial Data Handling. Berlin: Springer, 2008, v. 2. p. 87–104.

USGS SCIENCE FOR A CHANGING WORLD. NASA: LP DAAC. **Global Data Explorer.** Disponível em: < <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/> >. Acesso em: 13 nov. 2013.

WORSLEY, J. C.; DRAKE, J. D. **Practical PostgreSQL.** A Hardened, Robust, Open Source Database. Sebastopol, CA: O'Reilly, 2002.

Circular Técnica, 01

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Gestão Territorial
Endereço: Av. Soldado Passarinho, 303/Campinas-SP
Fazenda Chapadão
CEP 13070-115
Fone: (19) 3211-6200
E-mail: sac.sgte@embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2013): 200 exemplares



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Comitê de publicações

Presidente: *Mirian Therezinha Souza da Eira*
Secretário-Executivo: *Rosângela Galon Arruda*
Membros: *Alba Chiesse da Silva, Helena Sicoli, Ivan Sérgio Freire de Souza, Eliane Gonçalves Gomes Assunta, Rosana Hoffman Câmara, Chang das Estrelas Wilches, Marita Féres Cardilo, Otávio Valentim Balsadi, Jeane de Oliveira Dantas.*

Expediente

Gerente-Geral: *Claudio A. Spadotto*
Gerente-Adjunto de Administração: *Emerson J. Lourenço*
Normalização Bibliográfica: *Daniela Maciel*
Editoração eletrônica: *Daniela Maciel*