



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



## **VISUALIZAÇÃO DE DADOS ESPAÇO-TEMPORAIS DE OBSERVAÇÃO DA TERRA**

### **RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPq/INPE)**

Roger Victor (FATEC, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: roger-victor@hotmail.com

Gilberto Ribeiro de Queiroz (DPI/OBT/INPE, Orientador)  
E-mail: gribeiro@dpi.inpe.br

#### **COLABORADORES**

Eng. Ricardo Cartaxo (DPI/OBT/INPE)

Julho de 2015

---

Cutter Sobrenome, Prenome(s) Completos do(s) Autor(es).  
Título da publicação / Nome Completo do Autor(es). - São José dos Campos: INPE, ano da publicação.

Grad. (Mestrado ou Doutorado em Nome do Curso) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, ano de defesa.

Orientador: Nome completo do orientador(es).

1. Assunto. 2. Assunto. 3. Assunto. 4. Assunto. 5. Assunto.  
I. Título

CDU

---

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Copyright AAAA do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, reprográfico, de microfilmagem ou outros, sem a permissão escrita do INPE, com exceção de qualquer material fornecido especificamente no propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

Copyright AAAA by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming or otherwise, without written permission from the INPE, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**CONFECCIONADA PELO SPG E INCLUÍDA PELO SID.**



## RESUMO

Os satélites de observação da Terra representam uma das fontes de dados mais importantes sobre o nosso planeta. Diversos estudos de sensoriamento remoto, como modelagem de ecossistemas terrestres, estudos de mudanças climáticas, estimativa de produtividade de culturas agrícolas e classificação do uso da terra, requerem a utilização do grande volume de dados geoespaciais gerados por esses satélites. Assim tem-se a necessidade de ferramentas de visualização de dados espaço-temporais na web, que forneçam de forma eficiente uma boa capacidade analítica, além de bons mecanismos de visualização para análise exploratória por parte dos usuários. Neste contexto, este projeto de Iniciação Científica tem por objetivo desenvolver uma ferramenta computacional para visualização de dados espaço-temporais de observação da Terra para bases massivas de dados geoespaciais, gerenciadas pelo servidor de bancos de dados matricial SciDB. Tal ferramenta, desenvolvida na forma de um serviço web em conformidade com o padrão OGC *Web Map Service* (WMS), irá propiciar aos usuários dos dados armazenados no SciDB uma visualização dinâmica que ajude a compreender a variação espaço-temporal do fenômeno observado. Através da interface WMS, este serviço poderá ser integrado a outras aplicações do INPE, como Aplicação de Validação do Projeto TerraClass Cerrado, Banco de Dados de Queimadas e a aplicação TerraBrasilis. Para validação dos componentes de visualização serão utilizados dados provenientes dos sensores MODIS e da missão SRTM.



# **SPATIO-TEMPORAL DATA VISUALIZATION FOR EARTH OBSERVATION DATA**

## **ABSTRACT**

Earth Observation (EO) satellites are one of the most important sources of data on our planet. Several remote sensing studies, such as terrestrial ecosystems modeling, climate change studies, productivity estimate of agricultural crops and classification of land use, require the use of large volumes of geospatial data generated by these satellites. Thus, there is a need for spatio-temporal data visualization tools on the web capable of providing effective and good analytical support as well as mechanisms for exploratory data analysis by users. In this context, this research project aims to develop a computational tool for viewing space-time EO data for massive geospatial databases. These databases are managed by the array database system SciDB. Our intend is to develop these tool according to the OGC standard Web Map Service (WMS). Through this standard interface, SciDB's users will have mechanisms for dynamic visualization of EO data. It will also help users to understand the spatio-temporal variation of the observed phenomenon. The WMS interface for SciDB will enable us to integrate it to other INPE's applications, such as the TerraClass Cerrado Validation Tool, Fire Monitoring System and the general viewer TerraBrasilis.





## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Pág.

INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
OGC	Open Geospatial Consortium
WMS	Web Map Service
SIG	Sistema de Informações Geográficas



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO LITERATURA .....	3
2.1. Tecnologias para Visualização de Dados Geoespaciais na Web.....	3
2.2. Serviços OGC .....	4
2.3. OGC WMS.....	5
2.4. Bancos de Dados Matriciais .....	6
2.5. Multiresolução para Visualização de Dados Geográficos.....	6
3 Metodologia e Desenvolvimento de Componentes de Visualização .....	9
3.1. Ambiente Computacional .....	9
3.2. Requisitos para Visualização de Dados de Observação da Terra .....	9
3.3. Visualização de Séries Temporais.....	10
3.4. Visualização Dinâmica .....	12
4 Conclusões e Trabalhos Futuros .....	15



## 1 INTRODUÇÃO

A popularização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem contribuído para um melhor uso e análise de dados geográficos dentro de várias disciplinas. Com base em avanços na tecnologia da informação, a dependência da sociedade em tais dados está crescendo. Conjuntos de dados geográficos estão cada vez mais sendo compartilhados, trocados e utilizados para diversos fins, como estudos de sensoriamento remoto, análise de tráfego urbano, sistemas de geoposicionamento, entre outros.

Os satélites de observação da Terra representam uma das fontes de dados mais importantes sobre o nosso planeta. O acervo de dados LANDSAT da USGS possui mais de cinco milhões de imagens da superfície terrestre, coletadas de forma contínua por um período de quase 40 anos, compreendendo um volume de cerca de um petabyte de dados (Camara et al., 2014).

Atualmente, um dos maiores desafios enfrentados pelos centros de dados de observação da Terra é organizar estas verdadeiras montanhas de dados, com volumes cada vez maiores, e prover ferramentas computacionais que ajudem a maximizar o valor e o impacto desses dados nessas diversas aplicações. Para isso, é necessário prover infraestruturas de dados que consigam gerenciar bases massivas de dados, que forneçam de forma eficiente uma boa capacidade analítica, além de bons mecanismos de visualização para análise exploratória por parte dos usuários.

Neste cenário, ferramentas de visualização na web que possibilitem aos usuários desses grandes acervos navegar e interagir com os dados de forma a realizar uma análise exploratória eficiente e satisfatória dos dados é de grande relevância. Um importante recurso na análise desses dados é a visualização através de séries temporais, a fim de proporcionar uma visualização da variação espaço-temporal do fenômeno observado.

Este projeto de iniciação científica tem por objetivo desenvolver uma ferramenta computacional para visualização de dados espaço-temporais de observação da Terra disponíveis no acervo do INPE que estejam armazenados no sistema gerenciador de bancos de dados matricial SciDB.

## 2 REVISÃO LITERATURA

### 2.1. Tecnologias para Visualização de Dados Geoespaciais na Web

Diversos estudos de sensoriamento remoto, como os de estimativa de produtividade de culturas agrícolas (Adami, 2010) e classificação do uso da terra (PRODES, 2014; DETER, 2014), requerem a visualização de dados espaço-temporais. Nestes tipos de estudo, formas de visualização dos dados como gráficos de séries temporais (Figura 1) podem ser úteis numa fase de análise exploratória dos dados.

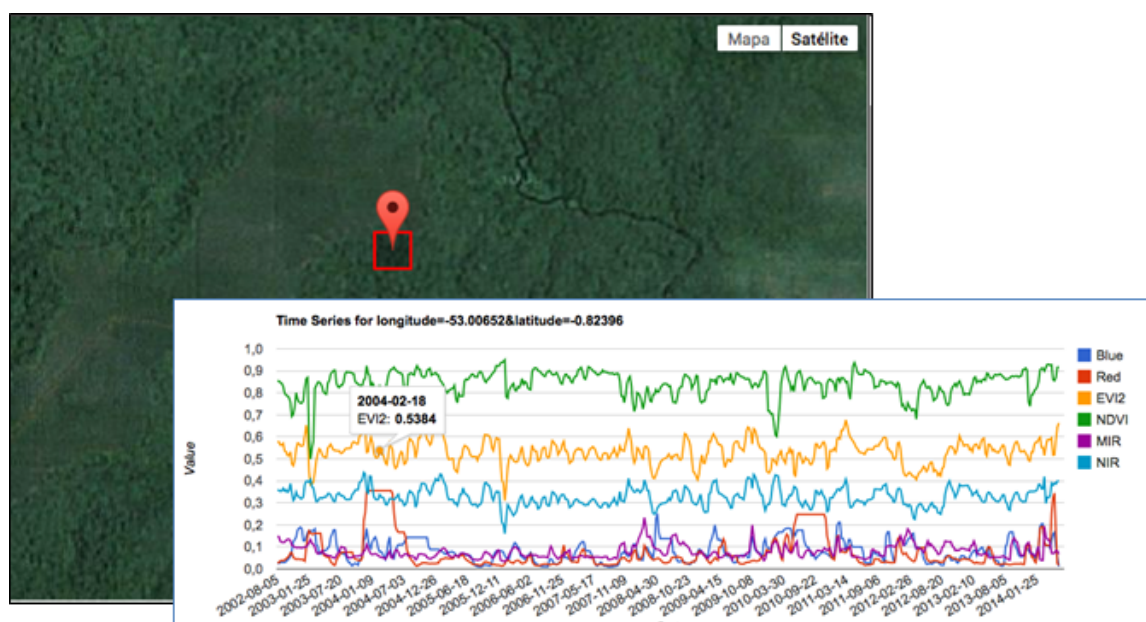


Figura 1 - Exemplo de visualização da série-temporal de um pixel do produto MOD13Q1.

Atualmente existem inúmeras bibliotecas baseadas em software livre para criação de componentes gráficos de visualização de dados na web. Tecnologias como WebGL<sup>1</sup>, Three.js<sup>2</sup>, Cesium<sup>3</sup>, OpenWebGlobe<sup>4</sup>, WebGL

<sup>1</sup> <http://www.khronos.org/webgl>

<sup>2</sup> <http://threejs.org>

Earth JavaScript API<sup>5</sup>, D3<sup>6</sup>, Cubism.js<sup>7</sup> e Google Chart<sup>8</sup> têm facilitado a criação de novas aplicações de visualização de dados espaciais. Um estudo comparativo dessas diversas tecnologias é apresentado em Rescha et al. (2014). Este estudo estabelece critérios relevantes para escolha das ferramentas com base nos problemas de visualização de dados oceanográficos.

## 2.2. Serviços OGC

O *Open Geospatial Consortium* é um consórcio com mais de 513 companhias, agências governamentais e universidades, criado para promover o desenvolvimento de tecnologias que facilitem a interoperabilidade entre sistemas envolvendo informação espacial e localização. Os produtos do trabalho do OGC são apresentados sob a forma de especificações de interfaces e padrões de intercâmbio de dados.

Padrões são a base para o sucesso da internet, tornando interoperáveis milhares de aplicações e tecnologias. A não interoperabilidade impede o compartilhamento de dados e recursos computacionais, causando um maior custo no desenvolvimento de tecnologia de informação geográfica. Assim um padrão descreve requisitos e recomendações que foram acordadas em consenso por um fórum, como a *International Organization for Standardization* (ISO), o *World Wide Web Consortium* (W3C) ou o *Open Geospatial Consortium* (OGC), permitindo que dados e processos fluam e interajam com o mínimo de barreiras possíveis. O OGC tem desempenhado um importante papel em tornar o acesso à informação espacial aberto.

---

<sup>3</sup> <http://cesiumjs.org>

<sup>4</sup> <http://www.openwebglobe.org>

<sup>5</sup> <http://www.webglearth.org>

<sup>6</sup> <http://d3js.org>

<sup>7</sup> <http://square.github.io/cubism>

<sup>8</sup> <http://developers.google.com/chart>



A definição de serviço dispõe uma variedade de aplicações com diferentes níveis de funcionalidade para acesso e uso de informação geográfica. Enquanto serviços especializados têm-se há uma área específica, atendendo produtos proprietários, a normalização de interfaces para serviços permite a interoperabilidade entre produtos de diversas áreas. Desenvolvedores de software e sistemas de informações geográficas podem se utilizar desses padrões para fornecer serviços e aplicações, cujas informações poderão ser utilizadas por toda a comunidade de geoinformática.

### **2.3. OGC WMS**

O padrão OGC *Web Map Service* é um exemplo de interoperabilidade alcançada através de padrões abertos. Sua grande importância se dá pelo fato de mapas serem uma potente ferramenta de interface com o usuário no transporte de informação espacial de uma forma compacta, útil e significativa. O padrão *Web Map Service* começou como discussão no Programa de Especificação OGC que se tornou a primeira iniciativa do Programa de Interoperabilidade OGC, o *Web Mapping Testbed*, em 1998. O padrão de interface WMS que foi desenvolvido no *WMS Testbed* foi adotado como uma especificação de implementação OpenGIS em 2000 (WMS versão 1.0).

Um *Web Map Service* (WMS) produz mapas de dados referenciados espacialmente de forma dinâmica a partir de informações geográficas. A especificação OGC define um mapa como sendo um retrato de informações geográficas, um arquivo de imagem digital adequado para visualização na tela do computador. Neste sentido, o mapa é uma representação visual dos dados geográficos e não os dados de fato. Os mapas produzidos são representações geradas em formatos de imagem, como PNG, GIF e JPEG, ou em formatos vetoriais, como o SVG (OGC, 2006).

A especificação OGC WMS define três operações: (1) *GetCapabilities*: obtém os metadados do servidor, com as camadas de informação disponíveis para visualização; (2) *GetMap*: realiza a renderização de mapas a partir dos dados

contidos no SciDB; e (3) GetFeatureInfo: obtém informações sobre um elemento particular de uma ou mais camadas de informação.

#### **2.4. Bancos de Dados Matriciais**

O SciDB é uma plataforma aberta para gerenciamento e análise de dados científicos armazenados como matrizes multidimensionais (Stonebraker et al., 2011). Este sistema divide uma grande matriz em pedaços denominados *chunks* que são distribuídos entre diferentes instâncias de um *cluster* de bancos de dados. Cada instância do *cluster* controla um armazenamento local próprio, numa arquitetura denominada *shared-nothing*. Uma das instâncias é designada coordenadora, sendo responsável por mediar toda a comunicação entre o *cluster* e as aplicações clientes e também por orquestrar a execução das consultas. As demais instâncias do cluster, denominadas trabalhadoras, apenas participam do processamento da consulta, que pode ser realizada com base em duas linguagens: *Array Query Language* (AQL) ou *Array Functional Language* (AFL).

#### **2.5. Multiresolução para Visualização de Dados Geográficos**

Uma estratégia comumente empregada pelos SIGs para acelerar a visualização de dados é a criação de pirâmides de multi-resolução ou overviews (Figura 2). Esta técnica é descrita em detalhes em Vinhas et al. (2005).

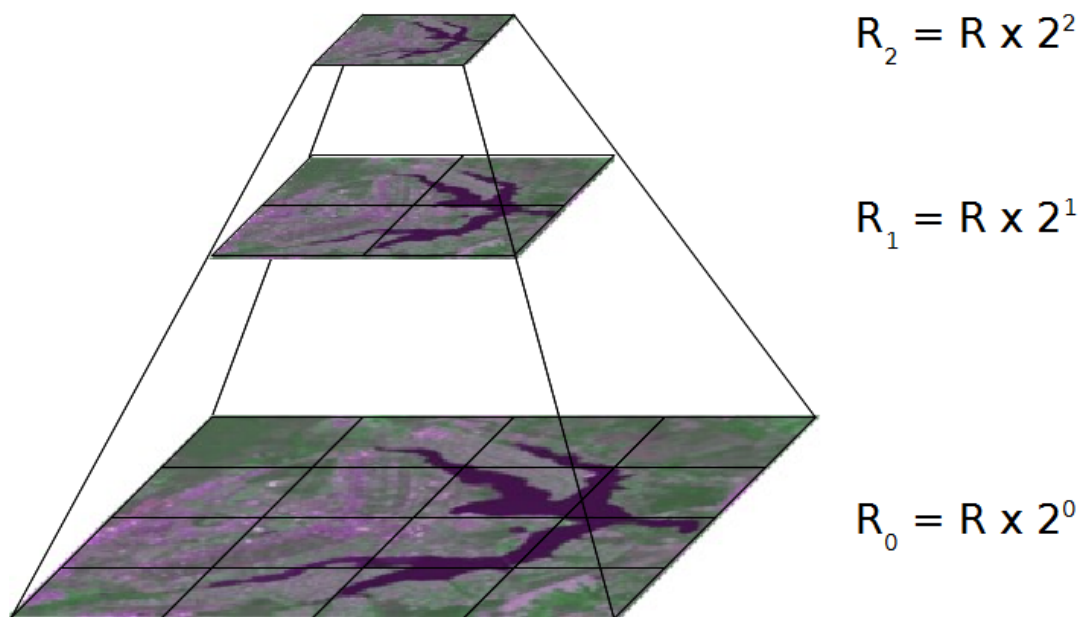


Figura 2 - Pirâmide multiresolução.

Para os dados armazenados no sistema SciDB, na forma de matrizes multidimensionais, é importante considerar o desenvolvimento deste suporte para acelerar as visualizações espaço-temporais. Sem este suporte, não é possível aos usuários de serviços de visualização, como WMS, navegar de forma eficiente e interativa sobre grandes volumes de dados.

No próximo capítulo será apresentado o projeto de componentes de software para visualização de dados armazenado no SciDB utilizando a técnica de pirâmides de multi-resolução.



### 3 Metodologia e Desenvolvimento de Componentes de Visualização

#### 3.1. Ambiente Computacional

O ambiente computacional do projeto consiste basicamente das seguintes ferramentas:

- **Linux:** distribuição Ubuntu 12.04.
- **SciDB:** os dados dos sensores MODIS (Terra e Aqua) estão atualmente sendo organizados de forma experimental na forma de um banco de dados matricial gerenciado pelo SciDB. Trata-se de um ambiente para realização de processamentos distribuídos/paralelos em um ambiente com alta escalabilidade.
- **Framework Python Django:** framework web de alto nível escrito na linguagem Python que utiliza o padrão MVC (*model–view–controller*).
- **API Python do SciDB:** API de comunicação entre o código cliente escrito na linguagem Python e o SGBD SciDB.
- **Google Charts:** API para criação de gráficos interativos na web.

#### 3.2. Requisitos para Visualização de Dados de Observação da Terra

Para entender melhor as demandas de visualização de dados de Observação da Terra, foi construído um questionário para entrevista de pesquisadores da área de sensoriamento remoto. A Tabela 1 mostra as questões elaboradas para auxiliar neste entendimento.

Tabela 1 – Questionário Entrevista

1. Quais os problemas/área de pesquisa que você está envolvido?
2. Quais são as fontes de dados que você costuma usar - sites/portais onde você busca os dados que usa em suas pesquisas?

3. Em quais formatos essas imagens se encontram?  
 ( ) HDF ( ) TIFF ( ) GeoTIFF ( ) NetCDF ( ) GRIB  
 ( ) Outro:
4. Existe algum obstáculo/dificuldade com estas ferramentas?
5. Quais são as formas de visualização que você mais utiliza (gráficos, mapas dinâmicos, tabelas)?
6. Quais os softwares que você utiliza para organizar e visualizar seus dados?
- O que você gostaria de ver nessas ferramentas que dão acesso aos dados que você utiliza?
  - alguma forma de análise exploratória (extração de estatísticas por regiões, por pixel);
  - visualização dinâmica de mapas (visualização temporal);
  - gráficos de series temporais.

Até o momento, foi realizado apenas um estudo dos dados utilizados pelo sistema TerraMA<sup>2</sup>, mostrados na Figura 3 abaixo:

Variable	Type	Projection	Unit	Path	Mask	Format
Precipitation Eta 5km	Prevision	LatLong	mm/h	Eta05km/sismaden/prec	Prec05km%A%M%d%h.bin	GraDS
Relative humidity Eta 5km	Prevision	LatLong	%	Eta05km/sismaden/umrl	Umrl05km%A%M%d%h.bin	GraDS
Precipitation Eta 10km	Prevision	LatLong	mm/h	Eta10km/sismaden/prec	Prec10km%A%M%d%h.bin	GraDS
Relative humidity Eta 10km	Prevision	LatLong	%	Eta10km/sismaden/umrl	Umrl10km%A%M%d%h.bin	GraDS
Precipitation Eta 15km	Prevision	LatLong	mm/3h	Eta15km/sismaden/prec	Prec15km%A%M%d%h.bin	GraDS
Relative humidity Eta 15km	Prevision	LatLong	%	Eta15km/sismaden/umrl	Umrl15km%A%M%d%h.bin	GraDS
Wind direction 10 meters Eta 15 km	Prevision	LatLong	degrees	Eta15km/sismaden/Dir_10m	Dir_10m15km%A%M%d%h.bin	GraDS
Wind Magnitude 10 meters Eta 15km	Prevision	LatLong	m/s	Eta15km/sismaden/Mag_10m	Mag_10m15km%A%M%d%h.bin	GraDS
Precipitation Brams 5km	Prevision	LatLong	mm/h	BRAMS05km/TerraMA2/Prec	Prec_BRAMS05km_%A%M%d%h.gra	GraDS
Relative humidity 2 meters Brams 5km	Prevision	LatLong	%	BRAMS05km/TerraMA2/ur2m	ur2m_BRAMS05km_%A%M%d%h.gra	GraDS
Wind direction 10 meters Brams 5 km	Prevision	LatLong	degrees	BRAMS05km/TerraMA2/Dir10m	Dir10m_BRAMS05km_%A%M%d%h.gra	GraDS
Temperature at 2 meters Brams 5km	Prevision	LatLong	celcius degrees	BRAMS05km/TerraMA2/t2m	t2m_BRAMS05km_%A%M%d%h.gra	GraDS
Soil Moisture 1 cm Brams 5km	Prevision	LatLong	m/s	BRAMS05km/TerraMA2/sm1cm	sm1cm_BRAMS05km_%A%M%d%h.gra	GraDS

Figura 3 – Dados Utilizados no contexto do projeto TerraMA<sup>2</sup>

### 3.3. Visualização de Séries Temporais

Para visualização das séries temporais na forma de gráficos na web, foi projetada duas APIs JavaScript. A primeira, mostrada na Figura 4 possibilita extrair a série temporal de uma dada localização no espaço.

```

function wtss(host) {
    this.version = "0.1.0";
    this.host = host;
}

wtss.prototype.list_coverages = function(f) {
    ...
};

wtss.prototype.describe_coverage = function(coverage_name, f) {
    ...
};

wtss.prototype.time_series = function(options, f) {
    ...
};

```

Figura 4 – API JavaScript para Clientes do Serviço WTSS

A segunda API, mostrada na Figura 5, possibilita a apresentação dos valores da série temporal na forma de um gráfico. Esta API foi projetada como um componente gráfico baseada na API Google Chart.

```

function tschart(div_chart) {
    this.version = "0.1.0";
    this.div_chart = div_chart;
}

tschart.prototype.draw = function(ts, cm) {
    ...
};

```

Figura 5 – API JavaScript do Componente de Gráficos para Séries Temporais

Esta API encontra-se em uso de forma experimental no aplicativo MODIS Times Series Viewer, desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens e disponível no endereço: <http://www.dpi.inpe.br/mtsviewer>.

A implementação completa dessas duas APIs encontra-se disponível na forma de código livre no github<sup>9</sup>.

### **3.4. Visualização Dinâmica**

Uma das formas de visualização mais interessantes para os usuários das séries temporais de imagens de sensoriamento remoto consiste na visualização de mapas dinâmicos do conjunto de imagens do acervo de dados. Existem vários portais na web que fornecem visualizações em escalas pré-definidas, como no portal de dados do sensor MODIS<sup>10</sup>.

No entanto, uma exploração interativa com o acervo torna-se muito mais eficiente para o usuário, que pode navegar e definir a escala adequada para observação de uma dado fenômeno. Por isso, encontra-se em desenvolvimento um servidor de mapas compatível com a especificação WMS 1.3.0 para o SciDB.

Este servidor WMS terá capacidade de responder consultas de visualização considerando os aspectos temporais dos dados de observação da Terra armazenados no SciDB. Para criação deste servidor, foi necessário projetar e desenvolver um esquema de multi-resolução sobre o SciDB, apresentado a seguir.

#### **Esquema Multiresolução**

Diferentemente dos esquemas multi-resolução encontrados nos tradicionais SIG, que levam a consideração apenas a componente espacial, um esquema multi-resolução para matrizes multidimensionais armazenadas no SciDB, como mostrado na Figura 6, necessita considerar o aspecto temporal.

---

<sup>9</sup> <https://github.com/gqueiroz/wtss>

<sup>10</sup> <https://youtu.be/FO6ztYUAvhY>



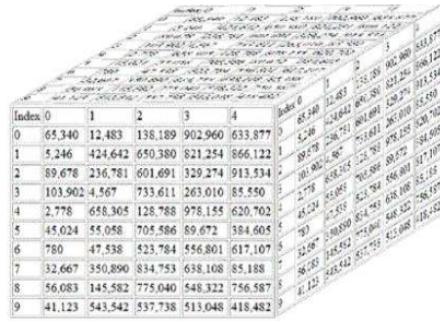


Figura 6 – Matriz 3D representando uma série temporal de imagens  
 Fonte: Adaptado de PARADIGM4 (2015)

A geração dos níveis da pirâmide de multiresolução demandam a criação de matrizes auxiliares, formados pela interpolação dos valores das células no nível mais fino. Para esta finalidade, está sendo desenvolvida uma ferramenta denominada OverviewBuilder<sup>11</sup>, capaz de criar os níveis intermediários, levando em consideração a dimensão temporal da matriz original. Esta ferramenta pode ser utilizada em linha de comando, como no exemplo da Figura 7, onde são criados três novas matrizes com fator de degradação de resolução conforme especificado pelo parâmetro “-f”.

```
$ overview_builder -g mod09q1 -f 8x8,16x16,64x64 -h localhost -p 6543
```

Figura 7 – Gerando três níveis da pirâmide para uma matriz denominada MOD09Q1

### Servidor WMS em Python

A visualização dinâmica dos dados encontra-se em desenvolvimento de acordo com a arquitetura mostrada na Figura 8. Atualmente, o serviço WMS é capaz de atender apenas a requisição *GetCapabilities* (Figura 9), que lista as matrizes espaço-temporais armazenadas no SciDB que podem ser visualizadas.

<sup>11</sup> Disponível em: <https://github.com/e-sensing/overview-builder>

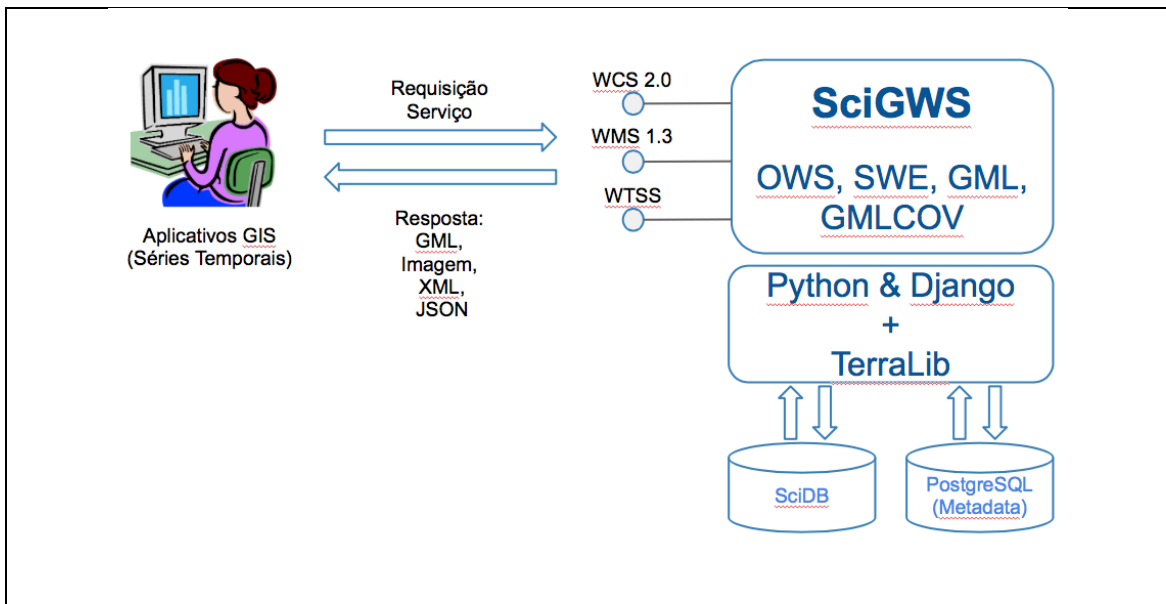


Figura 8 – Arquitetura do Serviço de Visualização Dinâmica sobre SciDB

Captura de tela de um navegador Mozilla Firefox mostrando a resposta XML da operação GetCapabilities do serviço WMS sobre SciDB. O endereço da URL é `http://127.0.0.1:8000/ows/?SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities`. O conteúdo XML exibido é o seguinte:

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" style="display:none" />
<WMS_Capabilities version="1.3.0" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/wms">
  <Service>
    <Name>SciWMS</Name>
    <Title>Web Map Service</Title>
    <Abstract>a web time series sensing on top of scidb</Abstract>
    <KeywordList></KeywordList>
    <ContactInformation></ContactInformation>
    <Fees></Fees>
    <AccessConstraints></AccessConstraints>
    <LayerLimit></LayerLimit>
    <MaxWidth></MaxWidth>
    <MaxHeight></MaxHeight>
  </Service>
  <Capability>
    <Request>
      <GetCapabilities>
        <Format>text/xml</Format>
        <DCPType>
          <HTTP>
            <Get>
              <OnlineResource xlink:href="http://hostname" xlink-type="simple"/>
            </Get>
            <Post>
              <OnlineResource xlink:href="http://hostname" xlink-type="simple"/>
            </Post>
          </HTTP>
        </DCPType>
      </GetCapabilities>
    </Request>
    <GetMap>
      <Format>image/gif</Format>
      <Format>image/png</Format>
      <Format>image/jpeg</Format>
      <DCPType>
        <HTTP>
          <Get>
            <OnlineResource xlink:href="http://hostname" xlink-type="simple"/>
          </Get>
          <Post>
            <OnlineResource xlink:href="http://hostname" xlink-type="simple"/>
          </Post>
        </HTTP>
      </DCPType>
    </GetMap>
    <GetFeatureInfo>
      <Format>text/xml</Format>
      <DCPType>
        <HTTP>
          <Get>
            <OnlineResource xlink:href="http://hostname" xlink-type="simple"/>
          </Get>
          <Post>
            <OnlineResource xlink:href="http://hostname" xlink-type="simple"/>
          </Post>
        </HTTP>
      </DCPType>
    </GetFeatureInfo>
  </Capability>
</WMS_Capabilities>

```

Figura 9 – Resposta da Operação GetCapabilities do Serviço WMS sobre SciDB

#### **4 Conclusões e Trabalhos Futuros**

Uma ferramenta para visualização das séries temporais na forma de gráficos é muito útil em diversas aplicações, como integrado ao aplicativo MODIS Times Series Viewer. As diversas bibliotecas disponíveis para a linguagem JavaScript facilitam o desenvolvimento deste tipo de componente, como feito na implementação da API Cliente do Serviço WTSS.

A visualização de mapas dinâmicos com dados provenientes de um banco dados matricial como SciDB representa um certo desafio de engenharia de sistemas. Em continuidade a este projeto de iniciação científica, estão programadas atividades para finalização do serviço de visualização, além disso pretende-se:

- Refinar o esquema multi-resolução para as matrizes armazenadas no SciDB, para garantir melhor performance na operação de desenho (ferramenta OverviewBuilder);
- Finalizar das operações GetMap e GetFeatureInfo do servidor WMS;
- Criar um componente web do lado cliente para apresentação da visualização espaço-temporal dos dados MODIS e SRTM, em conformidade com o padrão WMS;
- Elaborar um artigo a ser submetido ao simpósio GEOINFO.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, M. Estimativa da data de plantio da soja por meio de séries temporais de imagens MODIS. 2010. 161 p. Doutorado em Sensoriamento Remoto - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3897URE>>. Acesso em: 23 junho 2014.

CAMARA, G.; EGENHOFER, M.; FERREIRA, K.; ANDRADE, P. R.; QUEIROZ, G.; SANCHEZ, A.; JONES, J.; VINHAS, L. Fields as a Generic Data Type for Big Spatial Data. GIScience, 2014.

CÂMARA, G.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R.; FERREIRA, K. R.; MONTEIRO, A. M.; CARVALHO, M.; CASANOVA, M. TerraLib: An open-source GIS library for large-scale environmental and socio-economic applications. In: HALL, B.; LEAHY, M (Eds). Open Source Approaches in Spatial Data Handling: Advances in Geographic Information Science. Springer, 2010. p. 247-270.

FOX, P.; HENDLER, J. Changing the equation on scientific data visualization. Science, v. 331, n. 6018, pp. 705-708, 2011.

OGC. Web Map Service. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org>>. Acesso em: 17 abril 2012.

PARADIGM4. Manual do SciDB. Disponível em: <<http://scidb.org>>. Acesso em: 15 julho 2015.

Projeto PRODES - Monitoramento ds Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes>>. Acesso: agosto de 2014.

RESCHA, B.; WOHLFAHRTE, R.; WOSNIOK, C. Web-based 4D visualization of marine geo-data using WebGL. Cartography and Geographic Information Science, v. 41, n. 3, pp. 235–247, 2014.

Sistema DETER - Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real.  
Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/deter>>. Acesso: agosto de 2014.

STONEBRAKER, M.; BROWN, P.; POLIAKOV, A.; RAMAN, S. The architecture of SciDB. In Proceedings of the 23rd international conference on Scientific and statistical database management (SSDBM'11), Judith Bayard Cushing, James French, and Shawn Bowers (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011, 1-16.

VINHAS, L.; SOUZA, R. C. M.; CAMARA, G. Image Data Handling in Spatial Databases. Geoinfo 2003.

