

WTSS-QGIS: UMA EXTENSÃO PARA RECUPERAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DE SÉRIES TEMPORAIS DE IMAGENS DE SATÉLITE NO AMBIENTE QGIS

Abner Ernâni dos Anjos¹, Fabiana Zioti¹, Raphael Willian da Costa¹
Gilberto Ribeiro de Queiroz¹, Karine Reis Ferreira¹ e David Fernando Cho²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Av. dos Astronautas 1758 – 12227-010, São José dos Campos – SP, Brasil; {abner.anjos, fabiana.zioti, raphael.costa, gilberto.queiroz, karine.ferreira}@inpe.br;

²Ibama - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, SCEN Trecho 2 – Edifício Sede – L4 Norte – 0818-900 – Brasília DF; david.cho@ibama.gov.br

RESUMO

Este artigo descreve o desenvolvimento de um *plugin* para a recuperação de séries temporais de imagens de sensoriamento remoto no ambiente QGIS. O *plugin* faz o uso do *Web Time Series Service* (WTSS), produzido pelo projeto *Brazil Data Cube*, que permite a representação simples e eficaz para dados de séries temporais. O principal objetivo deste *plugin* é facilitar e otimizar a acessibilidade do serviço WTSS, oferecendo aos usuários uma interface gráfica conectada diretamente ao ambiente QGIS. Dessa forma, reduz o esforço em comandos, rotinas e *scripts* em recuperação e formatação de um conjunto massivo de séries temporais, permitindo análises extensas sobre uma área de estudo, sem requisitar ao usuários conhecimentos técnicos específicos de programação.

Palavras-chave – Dados de Observação da Terra, Geotecnologias, Geoserviços, Cubos de Dados, Análise Temporal de Dados.

ABSTRACT

This article describes the development of a plugin for retrieving time series from remote sensing images in the QGIS environment. The plugin makes use of the Web Time Series Service (WTSS), produced by the Brazil Data Cube project, which enables simple and effective representation for time series data. The main objective of this plugin is to facilitate and optimize the accessibility of the WTSS service by offering users a graphical interface connected directly to the QGIS environment. In this way, it reduces the effort involved in commands, routines and scripts in retrieving and formatting a massive set of time series, allowing extensive analysis of a study area, without requiring users to have specific technical programming knowledge.

Key words – Earth Observation Data, Geotechnologies, Geoservices, Data Cubes, Temporal Data Analysis.

1. INTRODUÇÃO

Satélites de sensoriamento remoto geram imagens de uma mesma área com uma taxa de revisita frequente, ao ponto que novos instrumentos estão sendo desenvolvidos para captar mais bandas espectrais de forma eficaz. Os satélite modernos geram, diariamente, grandes volumes de dados abertos de

imagens consistentes no espaço e ao longo do tempo. As sequências de imagens resultantes possibilitam a análise temporal para estudar e mapear as interações humanas e as mudanças da superfície terrestre de forma mais precisa [1].

Contudo a quantidade e disponibilidade de dados de observação da Terra consigo novos desafios relacionados à administração de informação, envolvendo o armazenamento e processamento. Assim, há uma necessidade de novas soluções tecnológicas que facilitem a distribuição dos dados para aproveitá-los ao máximo [2].

Alguns países organizam projetos para lidar e dar suporte ao acesso a estes grandes volumes de dados de observação da Terra. Como por exemplo: a Austrália com o *Digital Earth in Australia* [3], a Suíça com o *Swiss Data Cube* [4] e o Brasil com o *Brazil Data Cube* [1]. A metodologia usada por esses projetos baseia-se na organização das imagens de satélite em cubos de dados multidimensionais em formato *Analysis-Ready Data* (ARD), ou dados prontos para a análise.

O projeto BDC é um projeto que está em desenvolvimento no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Esse projeto desenvolve ferramentas e soluções computacionais para lidar com o processamento, armazenamento, visualização e análise de grandes volumes de dados que são utilizados em outros projetos do INPE e instituições parceiras. Como por exemplo: o serviço *Spatial Temporal Asset Catalog* (STAC) para catalogação, busca e visualização das imagens de satélite; o serviço *Web Time Series Service* (WTSS) para extração de séries temporais; e a plataforma *Data Cube Explorer*¹ que oferece uma interface web para a descoberta e visualização dos produtos de imagens produzidos pelo projeto.

Contudo para realizar análises temporais mais extensas sobre uma área, ainda é requisitado ao usuário conhecimentos técnicos de programação, sendo necessário criar comandos e rotinas para a recuperação de um conjunto massivo de séries temporais. Além da necessidade de formatar os dados de forma legível para as ferramentas escolhidas para o decorrer do estudo. Este trabalho descreve o desenvolvimento de uma extensão de *software* (com o acrônimo em inglês “*plugin*”) para o sistema de informação geográfica QGIS. O objetivo deste *plugin* é disponibilizar uma interface gráfica para acessar e recuperar os dados de séries temporais do projeto BDC, através do serviço WTSS, com métodos para configuração e aplicação de filtros para a visualização de gráficos e imagens de satélite relacionadas.

¹<https://data.inpe.br/bdc/explorer>

2. SÉRIES TEMPORAIS DE IMAGENS DE SATÉLITE

Conforme ilustrado pela Figura 1, cubo de dados de observação da Terra refere-se a um conjunto de imagens de sensoriamento remoto alinhadas espacialmente no tempo, facilitando a disseminação e análise desses dados [4]. Séries temporais provenientes de cubo de dados são sequências de valores observados de uma coordenada geográfica ao longo de um período de tempo. Assim, os valores numéricos da sequência representam a energia refletida pela superfície e captada pelo sensor do satélite [5].

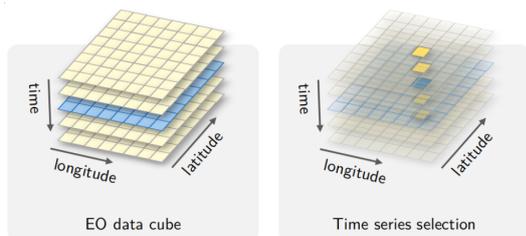


Figura 1: Conceito de séries temporais de cubos de dados.

Como as imagens de sensoriamento remoto estão organizadas em matrizes, para extrair a série temporal de uma dada localização é necessário converter as coordenadas geográficas de longitude e latitude para encontrar o *pixel* correspondente da imagem. A coordenada da localização alvo é convertida em coluna e linha (x, y) usando os metadados salvos da imagem geo-referenciada. Logo que o *pixel* alvo é encontrado é possível extrair a série temporal de uma ou mais bandas contidas na imagem [5]. O serviço WTSS facilita este processo, tornando-o transparente para o usuário a organização e acesso aos dados, sendo possível recuperar as séries temporais das imagens de um sensor dada uma coordenada espacial e um período de tempo selecionado.

2.1. Serviço *web* para extração de séries temporais de imagens de satélite

O WTSS disponibiliza operações para a recuperação de séries temporais com uma *Application Programming Interface* (API), preenchendo a lacuna entre a base de grandes volumes de dados e a aplicação de séries temporais [6]. As três principais operações são: *list_coverages*, *describe_coverage* e *time_series*. Onde é necessário apenas fazer a requisição com base em um satélite desejado, uma coordenada espacial e um período de tempo para recuperar os metadados das imagens e a série temporal de um ponto selecionado em formato *JSON* [6].

A Figura 2 demonstra um exemplo de série temporal recuperada usando o serviço WTSS para o cubo de dados do satélite *Sentinel-2* com imagens do sensor *MSI*. Este cubo tem 10 metros de resolução espacial e usa a composição temporal de 16 dias. O gráfico apresenta o índice *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) em uma coordenada exemplo no Cerrado brasileiro (longitude -46.74 e latitude -12.47) no período de 2020 à 2024.

Além do serviço *web*, também há pacotes clientes em linguagem *Python* e *R* que consomem esta API. Com os pacotes é possível extrair séries temporais de forma eficiente



Figura 2: Exemplo de série temporal.

com poucas linhas de código, pois fornece uma semântica de mais alto nível e mais próxima do domínio de aplicação.

2.2. Análise de séries temporais de imagens de satélite

A abordagem comumente usada para a detecção de mudanças em sensoriamento remoto é comparar duas imagens classificadas do mesmo local em datas consecutivas e derivar uma matriz de transição. Segundo [7] esta abordagem tradicional é caracterizada como “*space-first, time-later*”, onde a prioridade é a avaliação espacial e depois a análise temporal, sendo a alternativa “*time-first, space-later*”, onde a prioridade é a análise temporal.

Nesta abordagem “*time-first, space later*” todos os valores espectrais observados da série temporal são entradas no treinamento em métodos de aprendizado de máquina e posteriormente para a classificação. Séries temporais permitem uma visão mais ampla, capturando mudanças graduais à abruptas mais precisamente do que a abordagem tradicional. A autocorrelação temporal dos dados é mais forte do que a espacial, sendo um *pixel* mais relacionado aos seus vizinhos temporais do que aos seus vizinhos espaciais [7].

Contudo, para análises extensas sobre uma área, é requisitado ao usuário conhecimentos técnicos de programação, sendo necessário criar comandos e rotinas para a recuperação de um conjunto massivo de séries temporais. Além da necessidade de formatar os dados de forma legível dentro o conjuntos de ferramentas escolhidas para o decorrer do estudo.

Dentre as ferramentas mais usadas para aplicar esta metodologia, estão o *QGIS*, *Jupyter Lab* e *Rstudio*, respectivamente possuem interpretadores de linguagens de programação *Python* e *R*. Neste contexto, existem bibliotecas como o “*sits*” em *R* [5] e o “*WTSS.py*” em *Python* do projeto BDC [6]. No entanto, ainda há um custo associado ao trabalho de criação de *scripts*.

3. QGIS

O QGIS é um sistema de informação geográfica de *software* livre criado em 2002 produto de um projeto dirigido por voluntários que aceita contribuições de usuários como: desenvolvimento de ferramentas, extensões, relatórios, correções de problemas, documentação e suporte. Dispondo de ferramentas para a visualização e análise de dados geográficos como a edição de imagens *raster*, recorte e desenho de geometrias [8].

Diferente do GEE e *Sentinel Hub* com versões limitadas, o QGIS é um gratuito de código aberto. Por isso, o QGIS fomenta o desenvolvimento de extensões de *plugins*. Permitindo que usuários comuns construam programas autorais para a solução de problemas específicos, utilizando as funções pré-programadas do QGIS [9].

Os *plugins* são viabilizados pelo suporte do QGIS à linguagem de programação *Python*, eles podem ser gerados de forma manual ou usando a ferramenta própria do QGIS, o *Plugin Build Tool* que gera um código fonte base para *plugins*. Por ter uma pequena curva de aprendizagem e ser multi-paradigma, a linguagem *Python* é muito usada para a ciência de dados. Como por exemplo, o *plugin QCircularStats* que auxilia de forma abrangente, compreensível e visual realizar análises estatísticas circulares sobre os dados extraídos de imagens de sensoriamento remoto [10].

4. WTSS QGIS PLUGIN

O *plugin* WTSS possui sua base em *Python* com a biblioteca *Python QT*, e sua interface gráfica com o *software QT Designer* [9]. A Figura 3 apresenta a visão geral do *plugin*, com a metodologia baseada nas operações do serviço WTSS. São três conjuntos de ferramentas separadas em seções: a primeira para visualizar os servidores de WTSS ativos e a lista de produtos de cada um, a segunda para recuperar as séries temporais, e a última para configurar a composição da geração de *rasters* virtuais.

A primeira seção aborda as operações de *list_coverages* e *describe_coverage* do WTSS, que permitem ao usuário ter uma visão geral dos servidores de séries temporais ativos e das respectivas listas de cubos de imagens disponíveis. O servidor definido por padrão é a instância oficial do BDC para o WTSS em <https://data.inpe.br/bdc/wtss>. Contudo, o usuário pode adicionar outros servidores, caso seja necessário. Com o servidor configurado, a lista de cubos de dados torna-se acessível. A partir dessa lista, o *plugin* fornece informações importantes como a extensão geográfica e a forma como cada cubo de dados foi produzido.

A segunda seção descreve a operação de *time_series*, que permite o usuário recuperar séries temporais selecionando atributos como a coordenada, o período e o cubo com suas bandas e índices espectrais relacionados. O usuário pode inserir manualmente uma coordenada ou selecionar a partir de uma camada de interesse ativa no *canvas* do QGIS. As coordenadas usadas pelas ferramentas do projeto BDC seguem o sistema de coordenadas ‘EPSG: 4326’ que utiliza o *datum* WGS 84 (*World Geodetic System* 1984). Estas coordenadas são armazenadas em um histórico, caso o usuário deseje verificar novamente uma seleção anterior.

Para a geração do gráfico há opções como a normalização e interpolação dos dados. Após esta seleção de atributos, com o botão de ‘*Get Time Series*’, o *plugin* faz a requisição ao WTSS e exibe o gráfico com a série temporal. Nesta tela, também há opções para exportar as séries temporais em formato *JSON* e *CSV*, além de exportar um exemplo de código em *Python* para reproduzir essa requisição e obter o mesmo gráfico com os atributos selecionados em outra ferramenta com interpretador *Python* como o *Jupyter Lab*.

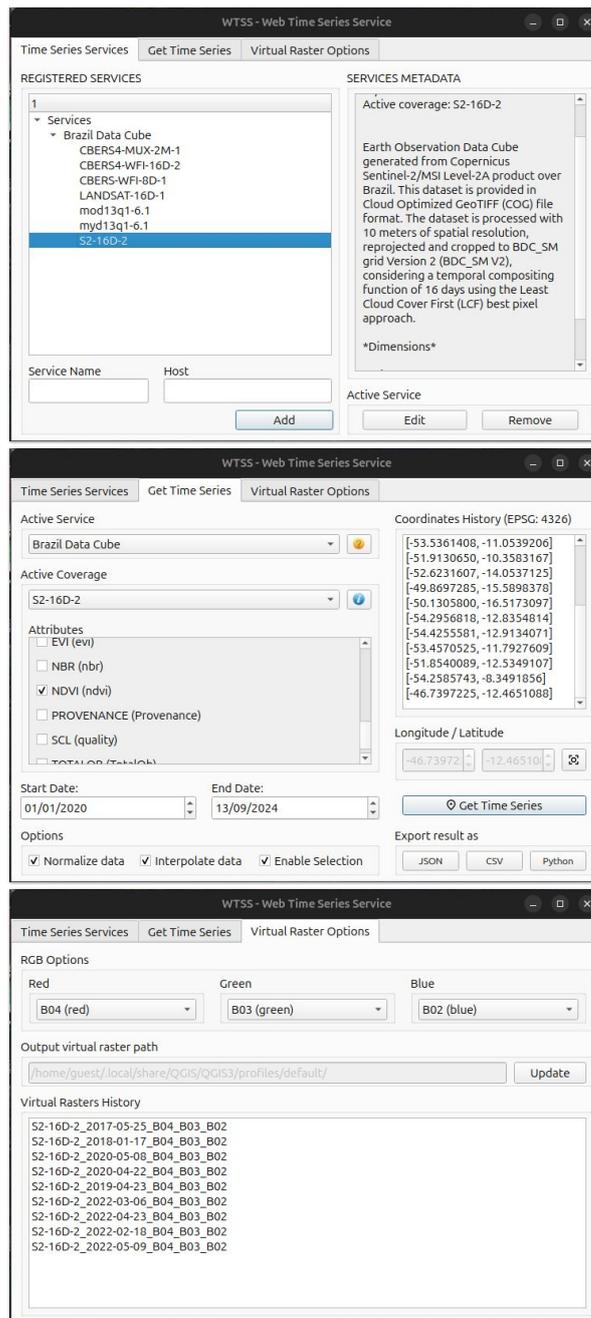


Figura 3: Visão Geral do WTSS QGIS plugin.

O usuário pode interagir com o gráfico da série temporal recuperada para adicionar a imagem correspondente àquele valor diretamente à lista de camadas no QGIS. Isto é feito através de um método, que utiliza a data e o cubo selecionado para buscar a imagem no catálogo de imagens STAC do projeto BDC. Se a imagem for encontrada, um *raster* virtual é gerado e adicionado à lista de camadas. Por isso, a terceira aba do *plugin* refere-se a configuração para a geração desses *rasters*, onde pode-se definir a composição RGB da imagem e a localização do arquivo. Esta tela também possui um histórico dos *rasters* virtuais gerados durante a sessão.

5. APLICAÇÕES DO WTSS QGIS PLUGIN

A Figura 4 possui um exemplo de projeto usando o WTSS QGIS Plugin. Onde é realizada uma pesquisa, a partir de

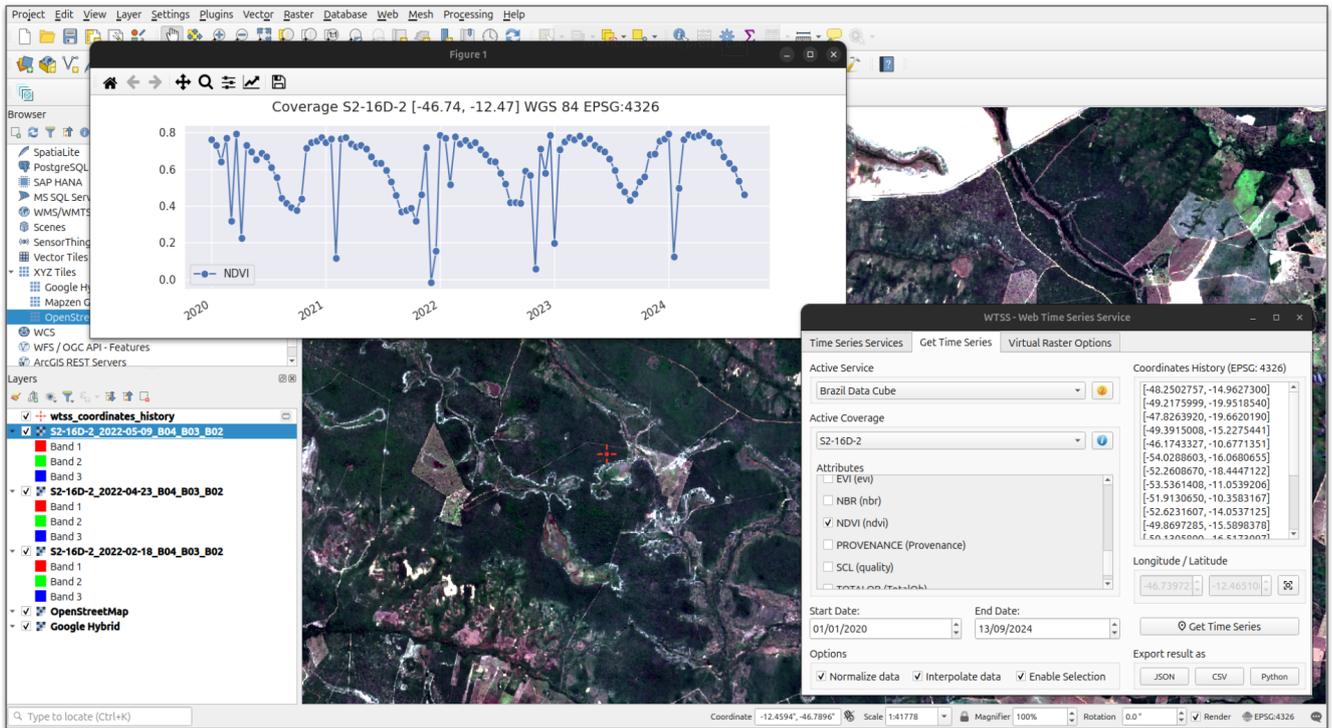


Figura 4: Exemplo de recuperação de série temporal com o WTSS QGIS plugin.

uma coordenada selecionada ($-46.74, -12.47$) no Cerrado brasileiro, mais precisamente no sul do estado de Tocantins. Foi selecionado o índice espectral *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) do satélite *Copernicus Sentinel-2/MSI Level-2A* para os anos de 2020 à 2024. Foram selecionadas três datas de exemplo usando a pesquisa de imagens no STAC pela interação com o gráfico (18/02/2022, 23/04/2022 e 09/05/2022). A visualização foi definida usando a composição para os canais RGB em *TrueColor*.

Esta visualização de imagens de satélite por meio de interações com o gráfico de séries temporais, permite monitorar mudanças na superfície terrestre com mais precisão, graças à consistência dos cubos de dados no espaço e no tempo. Permitindo o acompanhamento de tendências sazonais e de longo prazo, além de identificar eventos como incêndios florestais, inundações e secas.

6. CONCLUSÕES

As funcionalidades de geoserviços como o WTSS são limitadas ao acesso de dados de observação da Terra, no caso da extração de séries temporais, a manipulação e aplicação de filtros fica a cargo dos conhecimentos do usuário. Logo, ferramentas que facilitam não apenas o acesso, mas também a recuperação, visualização e o processamento desses dados estão se tornando cada vez mais necessárias.

O *plugin* fornece uma semântica de mais alto nível e mais próxima do domínio de aplicação. Este *plugin* foi testado com um grupo de especialistas pertencentes ao INPE e instituições parceiras. Atualmente, encontrando-se disponível para *download* em <https://github.com/brazil-data-cube/wtss-qgis/releases>. Por ser um projeto em desenvolvimento é aconselhável que os usuários reportem os problemas e enviem sugestões.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Ferreira, Karine R. et al. Earth observation data cubes for brazil: Requirements, methodology and products. *Remote Sensing*, 12(24), 2020.
- [2] Vitor C. F. Gomes, Gilberto R. Queiroz, and Karine R. Ferreira. An overview of platforms for Big Earth Observation data management and analysis. *Remote Sensing*, 12(8), 2020.
- [3] Gavin, David et al. Digital earth Australia – from Satellite data to better decisions. In *IGARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, pages 8633–8635, 2018.
- [4] Giuliani, Gregory et al. Building an earth observations data cube: lessons learned from the swiss data cube (sdc) on generating analysis ready data (ard). *Big Earth Data*, 1(1-2):100–117, 2017.
- [5] Simoes, Rolf et al. Satellite image time series analysis for big earth observation data. *Remote Sensing*, 13(13):2428, 2021.
- [6] Queiroz, Gilberto R. et al. WTSS: um serviço web para extração de séries temporais de imagens de sensoriamento remoto. In *Anais...*, São José dos Campos: INPE, 2015. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015.
- [7] Camara, Gilberto et al. Big earth observation data analytics: matching requirements to system architectures. In *Proceedings...*, pages 1–6, ACM, 2016. ACM SIGSPATIAL INTERNATIONAL WORKSHOP ON ANALYTICS FOR BIG GEOSPATIAL DATA.
- [8] Flenincken, Jeffry M. et al. Quantum GIS (QGIS): an introduction to a free alternative to more costly GIS platforms. *School of Forest Resources and Conservation*, 2020(2), 2020.
- [9] QGIS ASSOCIATION. *PyQGIS developer cookbook*. QGIS ASSOCIATION, 2020.
- [10] Cuartero, Aurora et al. QCircularStats: a QGIS-plugin for evaluation bidimensional data by circular statistics. *IEEE Access*, pages 1–1, 2023.