



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

LABORATÓRIO VIRTUAL: VISUALIZAÇÃO, DISPONIBILIDADE E INTEGRAÇÃO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

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

Mateus Kazuichi Yamamoto (FATEC Jacareí, Bolsista PIBITI/CNPq)

E-mail: yamamotokazuichi@gmail.com

Egidio Arai (OBT/DSR/INPE, Orientador)

E-mail: egidio@dsr.inpe.br

COLABORADORES

Dr. Yosio Edemir Shimabukuro (OBT/DSR/INPE)

Dr. Arley Ferreira de Souza (FATEC)

Julho de 2017



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

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

**LABORATÓRIO VIRTUAL: VISUALIZAÇÃO, DISPONIBILIDADE E
INTEGRAÇÃO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Relatório elaborado por:

Mateus Kazuichi Yamamoto – Bolsista PIBITI/INPE – CNPq
FATEC Jacareí/ Jacareí-SP
Graduando no Curso de Tecnologia em Geoprocessamento
E-mail: yamamotokazuichi@gmail.com

Egidio Arai – Orientador
Observação da Terra (OBT)
Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR)
E-mail: egidio@dsr.inpe.br



AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Dr. Egidio Arai pela oportunidade, atenção e apoio prestados em todas as etapas do projeto e dificuldades encontradas, proporcionando um amadurecimento profissional e pessoal.

Ao corpo docente da FATEC Jacareí, em especial ao Prof. Dr. Arley Ferreira de Souza pelo auxílio no projeto e nas dificuldades encontradas e o pelo suporte dado ao longo do projeto.

Aos colegas do Laboratório TREES (Tropical Ecosystems and Environmental Laboratory) pelo apoio no projeto e aos colegas, ao professor Dr. Yosio Edemir Shimabukuro da Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR) e a professora Dr. Liana Oighenstein Anderson pesquisadora do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN).

Ao CNPq pela concessão da bolsa de PIBITI, onde houve a oportunidade de participar no projeto.

A Deus e minha família pelo apoio durante todo o tempo. E a todos que participaram diretamente e indiretamente nessa jornada.



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVO DO TRABALHO.....	10
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
3.1 MODIS.....	11
3.2 <i>Series View</i>	15
3.3 Índice de Vegetação - EVI-2	16
3.4 Precipitação Acumulada - TRMM.....	16
3.5 Temperatura da Superfície Terrestre - LST.....	16
4. MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS.....	17
4.1 Dados de índice de vegetação	17
4.2 Dados de precipitação acumulada.....	19
4.3 Dados de temperatura da superfície terrestre.....	21
5. ANÁLISES E RESULTADOS.....	23
6. CONCLUSÕES	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24



LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Satélite TERRA EOS, fonte: SATELLITE METEOROLOGY FOR GRADE 7 - 12.....	12
Figura 2: Satélite AQUA EOS, fonte: SATELLITE METEOROLOGY FOR GRADE 7- 12.....	12
Figura 3: Sensor MODIS EOS AM1, fonte: The University of Montana - Numerical Terradynamic Simulation Group.....	13
Figura 4: Plataforma Series View, fonte: <i>Series View</i>	15
Figura 5: <i>Tiles</i> contendo América do Sul, fonte: Egidio Arai.....	18
Figura 6: Série temporal de índice de vegetação EVI2 com filtro, fonte: <i>Series View</i>	19
Figura 7: Série temporal de índice de vegetação EVI2 sem filtro, fonte: <i>Series View</i>	19
Figura 8: Série temporal com índice de vegetação EVI2 com e sem filtro, fonte: <i>Series View</i>	19
Figura 9: Dados de precipitação acumulada mensalmente, fonte: <i>Series View</i>	20
Figura 10: Dados de precipitação acumulada com dados de índice de vegetação, fonte: <i>Series View</i>	20
Figura 11: América do Sul em uma matriz 6x8, fonte: Egidio Arai.....	22
Figura 12: Curvas de Temperaturas, fonte: <i>Series View</i>	23
Figura 13: Curvas de temperaturas diurnas e noturnas do AQUA e TERRA, fonte: <i>Series View</i>	23



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações Técnicas do Sensor MODIS, fonte: Anderson et al. (2003).....	13
Tabela 2 – Especificações das Bandas 1 a 19 do Sensor MODIS, fonte Anderson et al. (2003).....	14
Tabela 3 – Especificações das Bandas 20 a 36 do Sensor MODIS, fonte Anderson et al. (2003).....	14



LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AIRS – *Atmospheric Infrared Sounder*

AMSR-E – *Advanced Microwave Scanning Radiometer*

AMSU-A – *Advanced Microwave Sounding Unit*

ASTER – *Advanced Space Thermal Emission and Reflection Radiometer*

CERES – *Clouds and the Earth Radiant Energy System*

EOS – *Earth Observation System*

ESE – *Earth Science Enterprises*

EUA – *Estados Unidos da América*

EVI-2 – *Enhanced Vegetation Index 2)*

GPM – *Global Precipitation Measurement*

HDF – *Hierarchical Data Format*

HSB – *Humidity Sounder for Brazil*

IDL – *Interactive Data Language*

INPE – *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*

LAF – *Laboratório de Agricultura e Florestas*

LST – *Land Surface Temperature*

MISR – *Multi-angle Imaging Spectro-Radiometer*

MOPITT – *Measurements of Pollution in the Troposphere*

MODIS – *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*

MRT – *Modis Reprojection Tool*

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

NIR – *Near Infrared*

TRMM – *Tropical Rainfall Measuring Mission*



RESUMO

Este trabalho, tem como objetivo o projeto de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação que atualizará e adicionará dados temporais que são disponibilizados no site <https://www.dsr.inpe.br/laf/series> do INPE, que fornece uma gama de dados de observação da Terra, através do processamento de dados de sensoriamento remoto. Essa plataforma disponibiliza informações que subsidiam a interpretação das dinâmicas do uso e cobertura da terra para qualquer localização da América do Sul a partir do ano de 2000. Como resultado é esperado a manutenção e atualização dos dados já existentes (índice de vegetação e precipitação acumulada) para que os usuários do Laboratório Virtual do LAF sejam melhor atendidos. Está sendo também adicionado na base de dados informações de temperatura da superfície terrestre que foram requisitadas por vários usuários do Laboratório, decorrente da relação com o índice de vegetação e precipitação acumulada. Para proporcionar esse novo produto, é necessário ter um histórico temporal que sigam os mesmos padrões do índice de vegetação e precipitação. O sensor MODIS além de disponibilizar o produto de índice de vegetação, também possui outros produtos, e o produto de temperatura da superfície que contém temperatura da madrugada, manhã, tarde e noite, será processada de forma a compatibilizar com a base de dados do Laboratório. Desta maneira foi realizado download do produto MODIS (MOD13Q1) e TRMM, para o processamento e filtragem dos índices de vegetação e precipitação acumulada dos anos faltantes e também o download do produto MODIS (MOD11A2 e MYD11A2) para compor as séries temporais de temperatura. Os dados necessários para atualização dos índices de vegetação e precipitação acumulada, tiveram o processamento e a filtragem de acordo com os padrões já estabelecidos com os dados disponíveis no site. Já os dados de temperatura contêm uma resolução temporal e espacial diferenciadas do produto de índice de vegetação, desta maneira foi desenvolvido algoritmos e procedimento para processamento e padronização compatível com os dados de índice de vegetação existentes. Para padronização da resolução temporal, foi adotado que os dados de temperatura sofreriam uma aglutinação de duas datas, realizando assim uma média aritmética entre as informações, obtendo assim uma nova imagem. Após a padronização foi realizada a compilação toda série temporal de temperatura sendo gerados quatro produtos de temperaturas, obtendo medições diurnas e noturnas da América do Sul a partir do ano de 2000 que serão disponibilizadas no Laboratório juntamente com atualização dos dados já disponíveis no mesmo.



ABSTRACT

This work has the objective of the Initiation in Technological Development and Innovation project, which will update and add temporal data that are available on the INPE website <https://www.dsr.inpe.br/laf/series>, which provides a range of data of the Earth, through the processing of remote sensing data. This platform provides information that supports the interpretation of the dynamics of land use and land cover for any location in South America from the year 2000. As a result, it is expected to maintain and update existing data (vegetation index and accumulated precipitation) for users of the LAF Virtual Laboratory has better information. It is also being added in the data base, information about the surface temperature that were requested by several users of the Laboratory, due to the relationship with the vegetation index and accumulated rainfall. To provide this new product, it is necessary to have a same temporal series that follow the same patterns of vegetation index and precipitation. The MODIS sensor, in addition to providing the vegetation index product, also has other products, and the surface temperature product containing morning, afternoon and evening temperatures that will be processed to be compatible with the Laboratory database. The MODIS product (MOD13Q1) and TRMM were downloaded for processing and filtering vegetation index and also the MODIS product download (MOD11A2 and MYD11A2) to compose the time series of temperature. The data needed to update the vegetation index and accumulated precipitation were processed and filtered according to the standards established with the data available on the site. On the other hand, the temperature data contains a temporal and spatial resolution differentiated from the vegetation index product. To standardize the temporal resolution, it was adopted that the temperature data would agglutinate two dates, thus performing an arithmetic mean between the information, thus obtaining a new image. After the standardization, the entire time series of temperature was compiled and four temperature products were generated, obtaining daytime and nighttime measurements of South America from the year 2000, which will be made available in the Laboratory together with an update of the data already available in it.

1. INTRODUÇÃO

Ao decorrer das últimas décadas, estudiosos vem reconstituindo sinais de mudanças climáticas na Terra, através de estudos geológicos, climáticos, dados históricos sobre o clima e de satélite. Sabe-se que o clima tem mudado ao decorrer da história. Mudanças na inclinação do eixo da Terra, correntes oceânicas e atividades vulcânicas que influenciaram mudanças no clima e modo de vida no planeta. Atualmente, cientistas acumularam evidências de que atividades humanas industriais e agropecuárias estão acelerando mudanças no clima, causando a expansão de áreas desertificadas, o aumento no nível dos oceanos, diminuição da camada de ozônio, chuvas ácidas e perda da biodiversidade. (ANDERSON et al 2003)

O projeto Laboratório Virtual propõe-se em fornecer uma série de dados de observação da Terra, através de processamentos de dados de sensoriamento remoto e disponibilizando-os à sociedade. Estes dados estão acoplados ao Google Maps, de tal forma a estimular pesquisas. A plataforma disponibiliza informações que auxiliam a interpretação das dinâmicas do uso e cobertura do solo, para qualquer localidade da América do Sul a partir do ano de 2000. (<https://www.dsr.inpe.br/laf/series/>).

O projeto segue subsidiando mais de dois mil usuários, e para que o este número venha a aumentar, é necessário manutenção e atualização dos dados já existentes (índice de vegetação e precipitação acumulada). Atendendo pedidos dos usuários a implementação de novos produtos na plataforma é interessante, complementando assim os dados já existentes.

Para a adição do novo produto de temperatura, necessita-se um histórico temporal que sigam os padrões já utilizados nos índices de vegetação e precipitação acumulada. O sensor MODIS além de disponibilizar o produto de índice de vegetação, também possui um produto de temperatura da superfície, no qual será integrado na base de dados no Laboratório.

2. OBJETIVO DO TRABALHO

Para que o projeto siga subsidiando os seus mais de dois mil usuários, e que este número seja expandido, é necessário fazer a manutenção e atualização dos dados já existentes (índice de vegetação e precipitação acumulada). Para melhor atender os usuários

do Laboratório Virtual do LAF (Laboratório de Agricultura e Floresta) e é interessante adicionar novos produtos nesta base de dados.

A temperatura é um produto requisitado por vários usuários do Laboratório, isso decorre da sua relação com o índice de vegetação e precipitação, que são produtos já disponibilizados pelo Laboratório. O grande problema de inserir novos produtos, é que eles precisam ter um histórico temporal que sigam os mesmos padrões do índice de vegetação e precipitação.

Com isso a implementação dos dados de temperatura na plataforma possibilitará novos estudos sejam realizados e proporcionando assim os dados requisitados pelos usuários.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. MODIS

Os satélites TERRA e AQUA possuem a bordo o sensor MODIS e pertencem ao programa de pesquisas de observação espacial da superfície terrestre, oceanos, atmosfera e suas interações, inclusas nas observações do *Earth Observing System* (EOS), que são financiadas pelo programa da NASA *Earth Science Enterprises* (ESE).

A principal meta do ESE é determinar como o planeta Terra está mudando e as consequências trazidas ao ser humano, proporcionando um entendimento do funcionamento do planeta e do homem como um sistema único. Os dados obtidos em todo o planeta permitem um monitoramento temporal sobre a superfície terrestre, que são necessárias para o entendimento das mudanças globais. (JUSTICE et al., 2002a).

O satélite TERRA é um projeto de pesquisa multinacional da NASA EOS, que subsidia dados globais do planeta e suas interações, representado na figura 1. Possui cinco sensores a bordo: ASTER, CERES, MISR, MOPITT e MODIS. Foi lançado em 18 de dezembro de 1999 em Vandenberg Air Force Base-CA, EUA, com passagem pela linha do Equador aproximadamente 10h30min da manhã e tendo início de coleta de dados em fevereiro de 2000.

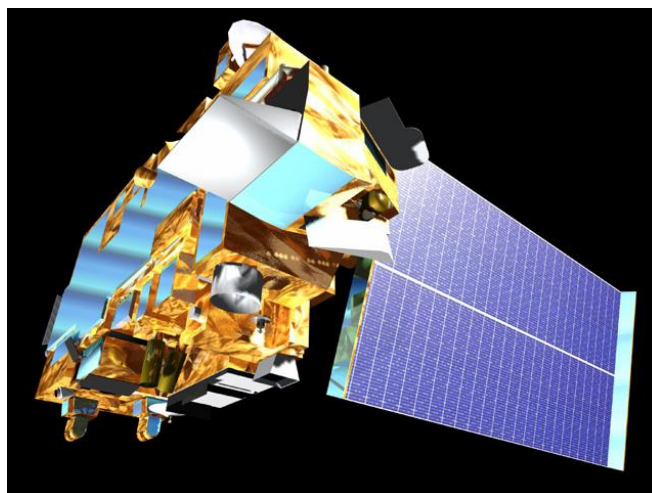


Figura 1: Satélite TERRA EOS
FONTE: SATELLITE METEOROLOGY FOR GRADE 7-12
<https://cimss.ssec.wisc.edu/satmet/modules/9_global_monitor/gm-8.html>

O satélite AQUA também um projeto de pesquisa multinacional da NASA EOS, onde seu objetivo é analisar a precipitação, evaporação e ciclo da água, representado na figura 2. Possui seis sensores a bordo: AIRS, AMSR-E, AMSU-A, CERES, HSB e MODIS. Lançado em 02 de maio de 2002 em Vandenberg Air Force Base-CA, EUA, com passagem pela linha do Equador aproximadamente 13h30min da tarde e tendo início de coleta de dados em julho de 2002.

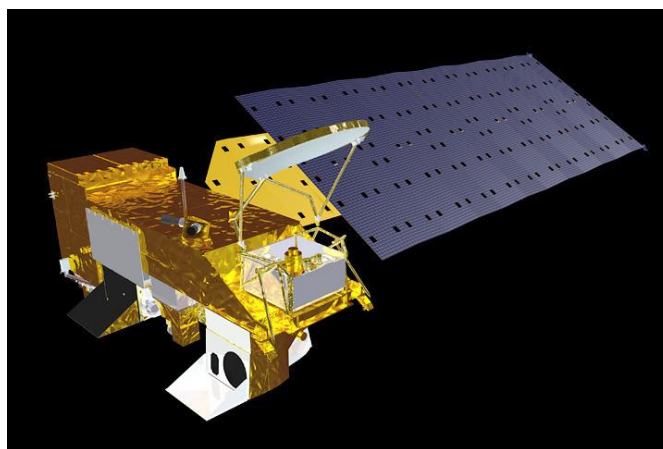


Figura 2: Satélite AQUA EOS
FONTE: SATELLITE METEOROLOGY FOR GRADE 7-12
< https://cimss.ssec.wisc.edu/satmet/modules/9_global_monitor/gm-9.html#tag >

O sensor MODIS foi projetado para satisfazer três áreas de estudos diferentes: atmosfera, oceano e terra, com bandas de resolução espacial e espectral selecionadas para diversas necessidades observacionais e para oferecer uma cobertura global diariamente (Justice, 2002b). Como na figura 3, demonstrando o imageamento do sensor MODIS pelo satélite TERRA.

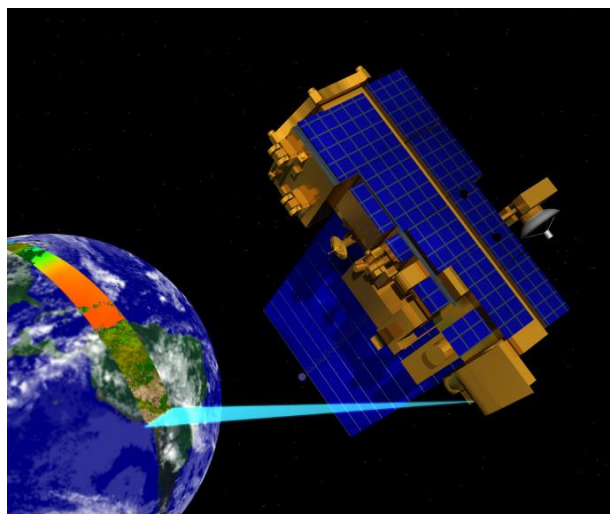


Figura 3: Sensor MODIS EOS AM1

FONTE: The University of Montana - Numerical Terradynamic Simulation Group
 <<http://www.ntsg.umt.edu/project/modis>>

Especificações técnicas sobre o sensor encontra-se na tabela 1.

Órbita	Heliossíncrona, polar, 705 km; 10:30 a.m. descendente; 1:30 p.m ascendente
Alcance Espectral	0.4-14.4 μm
Cobertura Espectral	+/- 55°, 2330 km em fileira (“scans” contínuos em nadir no Equador)
Resolução Espacial	250 m (2 bandas), 500 m(5 bandas), 1000 m (29 bandas) em nadir
Precisão Radiométrica	5% absoluto, < 3 μm ; 1% absoluto > 3 μm ; 2% de reflectância
Cobertura de repetição	Diária, a norte da latitude 30° e a cada dois dias, para latitudes inferiores a 30°
Quantização	12 bits
Taxa de Dados	6.2 Mbps (média), 10.8 Mbps (dia), 2.5 Mbps(noite)



Força	162.5 W (média para uma órbita), 168.5 W (pico)
--------------	---

TABELA 1 – Especificações Técnicas do Sensor MODIS.
 FONTE: Anderson et al. (2003).

As 36 bandas espectrais estão localizadas nas tabelas 2 e 3, segundo Anderson *et al.* 2003.

<i>Uso primário</i>	<i>Banda</i>	<i>Largura de Banda(nm)</i>	<i>Resolução Espacial</i>	<i>SNR *</i>
Superfície terrestre/nuvem	1	620-670	250	128
	2	841-875	250	201
Propriedades da superfície/nuvem	3	459-479	500	243
	4	545-565	500	228
	5	1230-1250	500	74
	6	1628-1652	500	275
	7	2105-2155	500	110
Cor dos Oceanos/Fitoplâncton/Bioquímica	8	405-420	1000	880
	9	438-448	1000	838
	10	483-493	1000	802
	11	526-536	1000	754
	12	546-556	1000	750
	13	662-672	1000	910
	14	673-683	1000	1087
	15	743-753	1000	586
Vapor d'água Atmosférico	16	862-877	1000	516
	17	890-920	1000	167
	18	931-941	1000	57
	19	915-965	1000	250

TABELA 2 – Especificações das Bandas 1 a 19 do Sensor MODIS.

SNR: “Signal-noise ratio”

FONTE: Anderson et al. (2003)

<i>Uso primário</i>	<i>Banda</i>	<i>Largura de Banda(nm)</i>	<i>Resolução Espacial</i>	<i>NEDT' *</i>
Temperatura nuves/superfície	20	3660-3840	1000	0,05
	21	3929-3989	1000	2
	22	3929-3989	1000	0,07
	23	4020-4080	1000	0,07
Temperatura Atmosférica	24	4433-4498	1000	0,25
	25	4482-4549	1000	0,25
Cirrus	26	1360-1390	1000	150
Vapor d' água	27	6535-6895	1000	0,25
	28	7175-7475	1000	0,25
	29	8400-8700	1000	0,5

Ozônio	30	9580-9880	1000	0,25
Temperatura nuvens/superfície	31	10780-11280	1000	0,05
	32	11770-12270	1000	0,05
Altitude Topo da nuvem	33	13185-13485	1000	0,25
	34	13485-13785	1000	0,25
	35	13785-14085	1000	0,25
	36	14085-14385	1000	0,35

TABELA 3 – Especificações das Bandas 20 a 36 do Sensor MODIS.
 NEDT¹ - “Noise-equivalent temperature difference”

FONTE: Anderson et al. (2003)

3.2. Series View

O LAF contém a plataforma *Series View* que disponibiliza uma ferramenta de visualização das séries temporais de imagens de sensoriamento remoto. Esta ferramenta foi desenvolvida dentro do conceito de um Laboratório Virtual de Sensoriamento Remoto (Freitas *et al.*, 2011) para dar suporte a estudos e análises de mudança de uso e cobertura da terra.

Estão disponíveis as séries temporais EVI2-MODIS e precipitação acumulada mensal do TRMM para quaisquer coordenadas geográficas da América do Sul, a partir do ano de 2000. A séries estão integradas às funcionalidades do globo virtual do Google Maps, como a figura 4 demonstrando a interface da plataforma.



Figura 4: Plataforma Series View.
 FONTE: *Series View*

Nesta plataforma são oferecidas as seguintes funcionalidades:

- O usuário pode carregar os seus próprios arquivos no formato *shapefiles* e criar visualizações (camadas) deste arquivo que serão exibidas no Google Maps;
- O usuário pode criar e salvar os seus próprios polígonos sobre o Google Maps;
- Busca de coordenada geográfica no mapa;
- Armazenar locais favoritos.

3.3. Índice de Vegetação - EVI-2

O índice de vegetação utilizado no projeto é o EVI2 (*Enhanced Vegetation Index 2*), como descrito por Freitas *et al.* 2011, onde destaca as variações da cobertura do solo. É calculado usando a reflectância de superfície das bandas do *Red* e *NIR* (*near infrared*) disponíveis nos produtos do MOD13Q1, seguindo a equação:

$$EVI2 = 2.5 * NIR - Red / (NIR + 2.4 * Red + 1)$$

Onde:

NIR é o valor da reflectância da faixa do infravermelho próximo e Red é o valor da reflectância da faixa do vermelho.

3.4. Precipitação Acumulada - TRMM

O sistema TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) oferece algumas das mais valiosas imagens para acompanhamento, previsão e análise de precipitação. (Passow, 2010.)

Os dados de precipitação acumulada são captados, para o acompanhamento dos níveis pluviométricos da América do Sul, sendo disponibilizado juntamente com o índice de vegetação.

3.5. Temperatura da Superfície Terrestre - LST



Os produtos LST (*Land Surface Temperature*) é um dos processos físicos da superfície da Terra sobre escalas globais combinando todos os resultados de toda a superfície terrestre, atmosfera e fluxos de energia entre a atmosfera e o solo. (Wan *et al.* 2002).

Utilizando dados do sensor MODIS é gerado o produto de temperatura da superfície terrestre, possibilitando o processamento e a implementação dos dados de temperatura para a plataforma, atendendo algumas das solicitações feitas pelos usuários do *Series View*.

4. MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

Inicialmente foi realizado um treinamento de como captar os dados, o armazenamento deles e como realizar o processamento e filtragem para cada item proposto. Com a elaboração de *scripts* para automatização dos processos foi executado o plano de trabalho do projeto.

4.1. Dados de índice de vegetação

Os procedimentos de processamento, organização e disponibilização de dados de índice de vegetação e precipitação já estão consolidados no LAF, onde foi necessário a atualização de dados a partir de 2013. Sendo assim, foi necessário realizar o download do produto MODIS (MOD13Q1), que é dividido em Tiles de $10^{\circ} \times 10^{\circ}$, com resolução espacial de 250m e resolução temporal de 16 dias. Para obter toda a América do Sul são necessários vários *Tiles*, implicando no total de 28 imagens para gerar um mosaico que cobre toda região do projeto, como representado na figura 5.

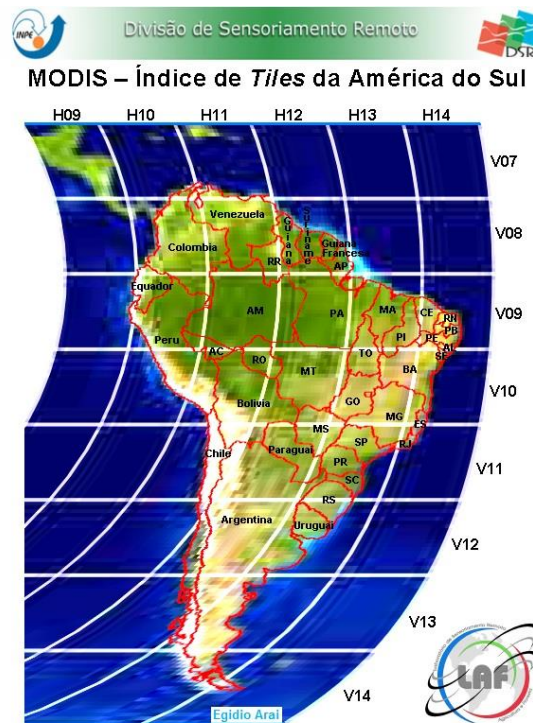


Figura 5: Tiles contendo América do Sul.
FONTE: Egídio Arai.

Cada série temporal possui 23 datas por ano, foram necessárias baixar um grande número imagens para complementar os três anos de dados.

Realizando assim um mosaico compatível com a série existente para cada data, utilizando o produto MOD13Q1 no formato HDF (*Hierarchical Data Format*) que contém várias informações geradas pelo MODIS. Para a produção das imagens foram selecionadas as seguintes bandas: *red, NIR, blue, view Zenith angle, composite day of the year, VI quality*.

As imagens foram geradas através do *software MRT (Modis Reprojection Tool)*, no formato Geotiff de toda extensão da América do Sul, colocando na projeção geográfica com o datum WGS84 e definindo o tamanho do *pixel* como = 0.002245 graus. Foi aplicado um método automatizado para geração dessas imagens através de um *shell script*.

As novas imagens de EVI2 geradas passaram por uma filtragem devido a ruídos ocasionados por nuvens ou falhas radiométricas, onde resultou em duas séries temporais

uma sem a filtragem e uma com a filtragem (Freitas et al., 2011). Exemplificando nas figuras 6 e 7.

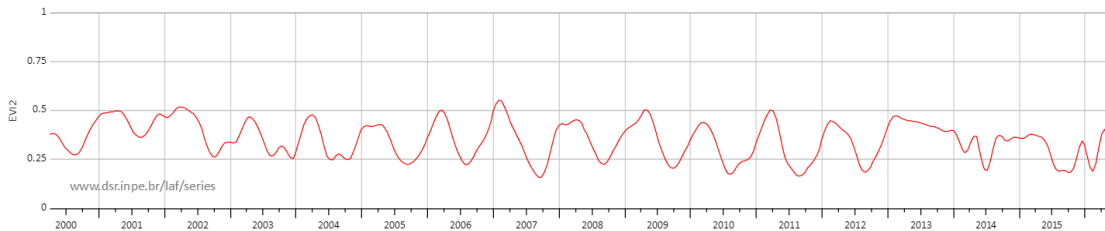


Figura 6: Série temporal de índice de vegetação EVI2 com filtro.
Fonte: *Series View* < <http://www.dsr.inpe.br/laf/series/mapa.php>>



Figura 7: Série temporal de índice de vegetação EVI2 sem filtro.
FONTE: *Series View* < <http://www.dsr.inpe.br/laf/series/mapa.php>>

Há a possibilidade da integração das duas informações no mesmo gráfico, como função do próprio site, como a figura 8.

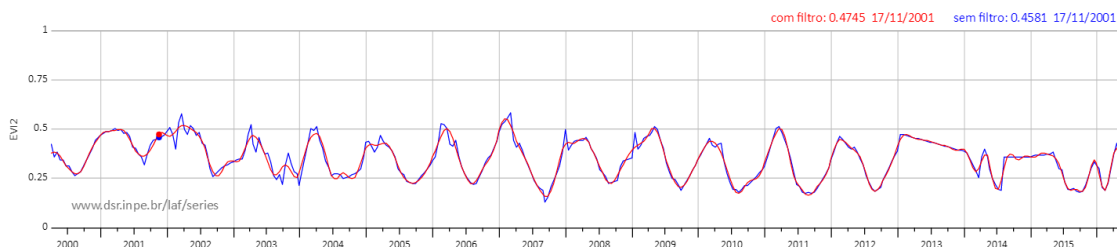


Figura 8: Série temporal com índice de vegetação EVI2 com e sem filtro.
FONTE: *Series View* < <http://www.dsr.inpe.br/laf/series/mapa.php>>

4.2. Dados de precipitação acumulada

O produto TRMM de precipitação mensal 3B43 com resolução espacial de 0,25x0,25 graus são incluídos no laboratório virtual juntamente com os dados de índice de

vegetação, podendo assim termos uma análise e acompanhamento dos índices de precipitação ocorridas no mesmo local de estudo.

Assim como as informações de EVI2, os dados de precipitação foram atualizados até abril de 2016 e será atualizado novamente, vale ressaltar que o produto TRMM utilizado (3B43) foram descontinuados devido a falha de um dos sensores, sendo atualizado com dados do *Global Precipitation Measurement*(GPM).

O Sistema TRMM consegue captar informações de grandes extensões de terra do planeta de polo à polo (Passow M. J. 2010). Como o projeto trabalha com dados de precipitação somente da América do Sul, foi realizado um recorte, com os mesmos padrões das imagens de índices de vegetação.

Obtendo assim a cobertura necessária de pixel a pixel, juntamente com os dados de índice de vegetação. Como pode ser visto no site o índice de precipitação demonstradas em barras na figura 9.

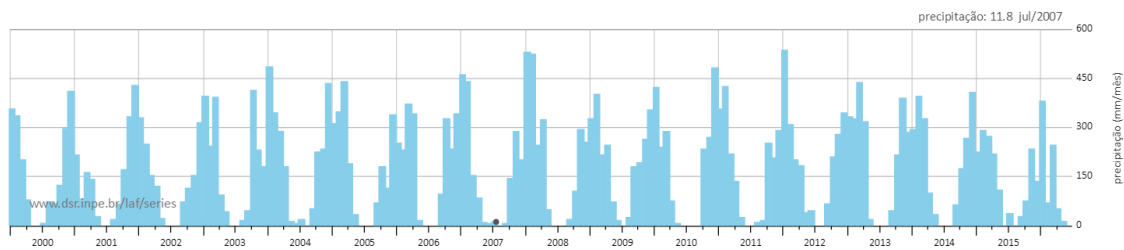


Figura 9: Dados de precipitação acumulada mensalmente.
FONTE: *Series View* < <http://www.dsr.inpe.br/laf/series/mapa.php>>

Utilizando os dados já disponíveis do laboratório virtual é possível fazer uma analogia entre índice de vegetação e o índice de precipitação, onde podemos verificar que quando houve mais chuvas, o índice de vegetação possui um maior valor do que em períodos de estiagem, como notado na curva de EVI-2, acompanhada pelos dados de precipitação na figura 10.

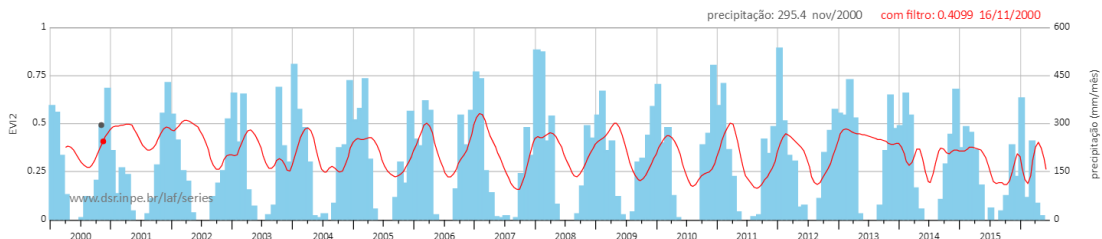


Figura 10: Dados de precipitação acumulada com dados de índice de vegetação.

FONTE: *Series View* < <http://www.dsr.inpe.br/laf/series/mapa.php>>

4.3. Dados de temperatura da superfície terrestre

A implementação de novos produtos no projeto está sendo realizadas através de variáveis distintas das já utilizadas, onde foram necessárias novas técnicas para produção dos novos produtos.

O produto de temperatura da superfície do sensor MODIS possuem falhas em ambos satélites TERRA e AQUA. Há a necessidade de construir uma série contínua e consistente, como a do índice de vegetação e precipitação já disponíveis no laboratório virtual.

O sensor MODIS contém as temperaturas coletadas nos períodos diurno e noturno em ambos satélites, dessa maneira foram baixados os produtos de temperatura de superfície do MOD11A2 (TERRA) e MYD11A2 (AQUA), obtendo uma quantidade maior de imagens no formato HDF, pois as composições dos produtos MOD11A2 e MYD11A2 são de 8 dias e a resolução espacial é de 1 km, sendo que o produto de índice de vegetação é uma composição de 16 dias.

Foi utilizado o *software MRT* para processar os produtos de temperatura sendo definidos os parâmetros como as bandas corretas, compatibilizando a área e projeção já existente, com alterações no tamanho de pixel igual a 0.00898 graus que equivale a aproximadamente 1km. As bandas utilizadas para produção de imagens de temperatura foram: *LST_Day* e *LST_Night* (Wan *et al.*, 1997).

Com isso foram geradas as séries temporais de imagens no formato *Geotiff* com resolução temporal de 8 dias, mas para compatibilizar com o padrão da série temporal do índice de vegetação, que é de 16 dias, foi elaborado um *script* na linguagem IDL (*Interactive Data Language*) para a junção de duas imagens de 8 dias para tornar assim um mosaico de 16 dias.

Os dados de sensoriamento remoto frequentemente são afetados por nuvens e ruídos do sensor que interferem na capacidade de caracterizar a cobertura da superfície e sua dinâmica, para construir uma contínua e consistente série temporal é necessário filtrar os dados. (FREITAS *et al.* 2011)

Levando em consideração das falhas já encontradas nas imagens de 8 dias, foram realizados critérios para desconsiderar valores de 0, onde houvesse dados de temperatura no mesmo *pixel*, sendo assim foi feita uma equação de média simples para determinar a temperatura do *pixel* já desconsiderando as falhas.

Desta maneira foi gerada novas imagens com a resolução temporal de 16 dias, compatibilizando com o produto de índice de vegetação já disponibilizados no site. Para isso todas as imagens foram empilhadas e divididas de acordo com a figura 11.

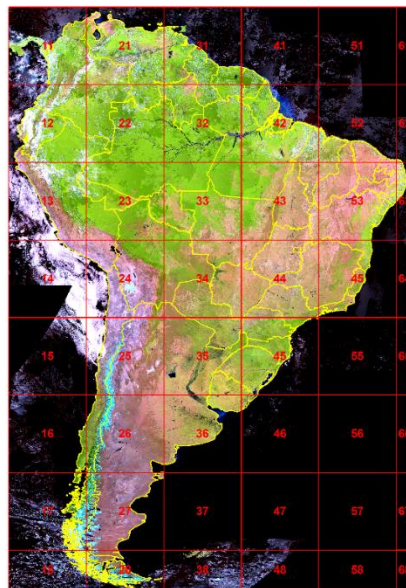


Figura 11: América do Sul em uma matriz 6x8.
FONTE: Egidio Arai.

A América do Sul foi dividida em uma matriz 6 colunas e 8 linhas, tendo cada quadrante 1024x1024 pixels, menos as extremidades por não haverem pixels o suficiente e múltiplos de 1024.

Para analisar os dados originais dos produtos MOD11A2 e MYD11A2 que são fornecidos em graus Kelvin, foi necessário utilizar um fator de conversão para transformar os valores em graus Celsius:

$$TC = (VP*0,02) - 273,15$$

Onde:

0,02 é o fator fornecido na descrição do produto,

TC é o valor do pixel em graus Celsius e

VP é o valor original do pixel em graus Kelvin.

As curvas de temperaturas no *Series View* serão representadas graficamente como o exemplo na figura 12 abaixo, onde serão disponibilizadas as curvas diurnas e noturnas do sensor MODIS das plataformas Terra e Aqua.

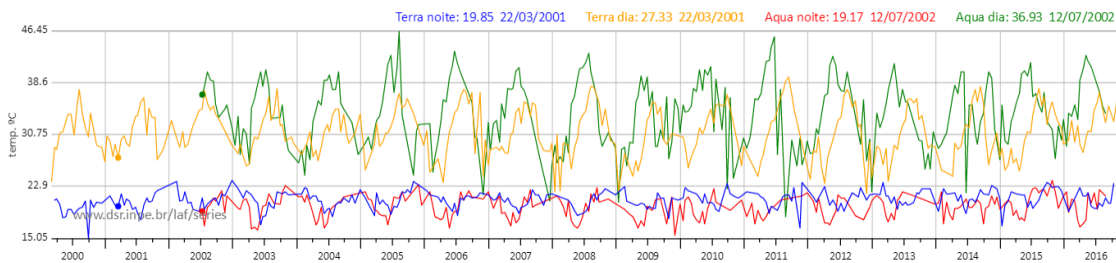


Figura 12: Curvas de Temperaturas.

FONTE: *Series View* <https://www.dsr.inpe.br/laf/series/mapa_20022017.php>

Podendo também serem analisadas as curvas de temperatura separadamente como a figura 13, separando assim as temperaturas diurnas e noturnas captadas:

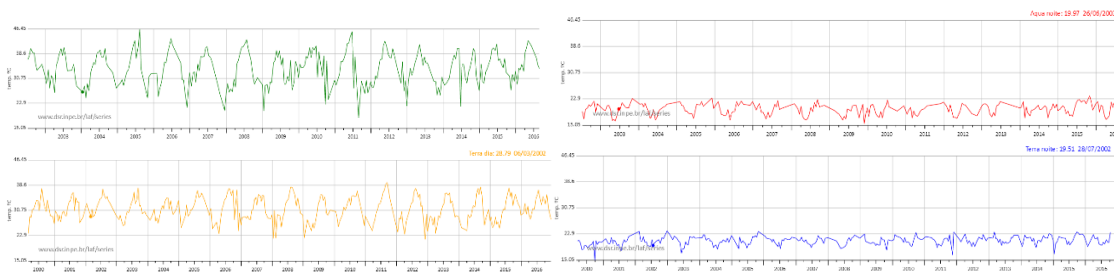


Figura 13: Curvas de temperaturas diurnas e noturnas do AQUA e TERRA.

FONTE: *Series View* <https://www.dsr.inpe.br/laf/series/mapa_20022017.php>

5. ANÁLISES E RESULTADOS

Foram atualizados os dados de índice de vegetação EVI2 e precipitação acumulada até junho de 2016, sendo necessário uma nova atualização que ocorrerá até o final desta bolsa.

Os dados de índice de vegetação e precipitação foram realizados conforme os métodos consolidados na plataforma, desta maneira foram somente atualizados com os padrões já propostos por Freitas, *et al* 2011.

Já os dados de temperatura foram criados as séries temporais, tendo que realizar a composição de um banco de dados para armazenamento, novos métodos para o processamento do produto.

A elaboração da série temporal de temperatura, gerou dois artigos, um com o título de **“Avaliação da série temporal de dados de temperatura da superfície derivadas do sensor MODIS”**, submetido e aprovado pelo comitê científico do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto e contemplado como melhor trabalho apresentado na sessão painéis. E o outro submetido e aceito para a revista REGRASP – Revista para Graduandos / IFSP – *Campus* São Paulo, com o título **“Variação da tendência da temperatura da superfície terrestre em uma série temporal do sensor MODIS”**. Que será publicada no mês de agosto no volume 2, número 4.

6. CONCLUSÕES

A plataforma *Series View* com suas séries temporais atualizadas e a implementação de novos produtos, proporcionará novas consultas a plataforma e a elaboração de novos estudos a partir dos novos dados.

E com a contemplação do prêmio de melhor trabalho apresentado no XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, demonstra que há um interesse pela comunidade científica nos dados temporais de temperatura.

Além de que a implementação de novos dados são uma possibilidade palpável para o futuro da plataforma. Há o receio de que os sensores venham a finalizar as suas atividades, devido seu tempo de vida útil e etc, mas enquanto eles estiverem em funcionamento a atualização e continuidade das séries podem ser realizadas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, L.O.; LATORRE, M.L.; SHIMABUKURO, Y.E.; ARA, E.; JUNIOR, O.A.C.; SENSOR MODIS: UMA ABORDAGEM GERAL. INPE São José dos Campos 2003
- FREITAS, R. M.; ARAI, E.; ADAMI, M.; SOUZA, A. F.; SATO, F. Y.; SHIMABUKURO, Y. E.; ROSA, R. R.; ANDERSON, L. O.; RUDORFF, B. F. T. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. *Journal of Computational Interdisciplinary Sciences* (2011) 2(1):57-68. doi: 10.6062/jcis.2011.02.01.0032. <http://www.epacis.net/jcis>
- JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J.R.G.; VERMOTE, E.F., MASUOKA, E., WOLFE, R.E., SALEOUS, N., ROY, D.P., MORISETTE, J.T. An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sensing of Environment*, v. 83, n.1-2, Nov. p 3 –15, 2002a.



JUSTICE, C.O.; GIGLIO, B.; KORONTZI, S.; OWENS, J.; MORISETTE, J.T.; ROY, D.P.; DESCLOITRES, J.; ALLEAUME, S.; PETITCOLIN, F.; KAUFMAN, Y. The MODIS fire products. *Remote Sensing of Environment*, v. 83, n. 1-2:p. 244-26, 2002b.

PASSOW, M. J. 2010. TRMM — Tropical rainfall measuring mission: Bringing remote sensing of precipitation into your classroom. TRMM: Trazendo o sensoriamento remoto de precipitação para sua sala de aula. *Terræ Didática*, 6(1):03- 08

WAN, Z.; ZHANG, Y; ZHANG, Q;LI, Z.L.; Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data. *Remote Sensing of Environment* 83 (2002) 163 – 180. http://www.utsa.edu/lrsg/Teaching/EES5093/RSE_wan_MODIS-LST-2002.pdf

WAN, Z.; LI, Z. A physics-based algorithm for retrieving land-surface emissivity and temperature from EOS/MODIS data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 35, n. 4, p. 980-996, 1997.