



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

### **RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO (PIBIT/INPE/CNPq)**

Douglas Nazareth Rivera (FATEC Jacareí, Bolsista PIBITI/CNPq)  
E-mail: [dnrivera.bach@gmail.com](mailto:dnrivera.bach@gmail.com)

Egidio Arai (OBT/DSR/INPE, Orientador)  
E-mail: [egidio@dsr.inpe.br](mailto:egidio@dsr.inpe.br)

Arley Ferreira de Souza (FATEC, Orientador)  
E-mail: [arley.souza@fatec.sp.gov.br](mailto:arley.souza@fatec.sp.gov.br)

#### **COLABORADORES**

Dr. Yosio Edemir Shimabukuro (OBT/DSR/INPE)  
Dra. Liana O. Anderson (CEMADEN)

Julho de 2017



## SUMÁRIO

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES.....	2
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	3
RESUMO.....	4
INTRODUÇÃO.....	5
OBJETIVOS DO TRABALHO.....	5
MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS.....	6
ANÁLISES E RESULTADOS.....	12
CONCLUSÕES.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

**Figura 1.** Imagem de um produto MOD04\_L2, um Granule, para o dia 59 (28/02/2000), às 15h05min.

**Figura 2.** Imagem de mosaico de produtos MOD04\_L2 para o dia 59 (28/02/2000). As linhas de limites políticos estão acionadas apenas como uma camada para identificação e observação nessa imagem.

**Figura 3.** Imagem do produto ESACCI do estado de Mato Grosso, do mês de junho, de 2005. Em azul é feita a classificação dos pixels considerados não queimáveis (como corpos d'água) e em vermelho os pixels com detecção de áreas queimadas.

**Figura 4.** Imagem do produto MOD14A1 para o estado do Mato Grosso, do dia 207 de 2005 (27/07/2005). Em azul os pixels correspondentes à água; em verde corresponde à terra; e vermelho, corresponde à detecção de fogo. As linhas de limites políticos, do estado de Mato Grosso, em vermelho, estão acionadas apenas como uma camada para identificação e observação nessa imagem.

**Figura 5.** Imagens respectivamente dos produtos ESACCI, MOD14A2 e MOD04L2, para a data de 27/07/2005.

**Figura 6.** Imagens do produto MOD04L2. Dados de AOD, respectivamente para os dias 26, 27 e 28 de julho de 2005. Dados de AOD: roxo – de 0 a 1,0; azul – de 1,01 a 2,0; verde – de 2,01 a 3,0; amarelo – de 3,01 a 4,0; vermelho – de 4,01 a 5,0.



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AOD - *Aerosol Optical Depth*

EOS - *Earth Observing System*

ESACCI - *European Space Agency - Climate Change Initiative*

ESSE - *Earth Science Enterprise*

EVI2 - *Enhanced Vegetation Index 2*

FTP - *File Transfer Protocol*

HDF - *Hierarchical Data Format*

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LAADS DAAC - *Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System Distributed Active Archive Center*

LAF - Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura e Floresta

Lat - Latitude

Lon - Longitude

LST - *Land Surface Temperature*

MODIS – *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*

NIR - *Near Infrared*

## RESUMO

O presente trabalho, com bolsa iniciada em dezembro de 2018, refere-se à continuidade do projeto que fornece informações de observação da terra, por meio do processamento de dados de sensoriamento remoto e disponibilização acoplada ao Google Maps, pela plataforma *Series View* (<https://www.dsr.inpe.br/laf/series/>). A plataforma apresenta dados para qualquer localização da América do Sul a partir do ano 2000, aos usuários do Laboratório Virtual do LAF (Laboratório de Agricultura e Floresta). Os dados fornecidos são: índice de vegetação (Enhanced Vegetation Index 2 - EVI-2) e temperatura (Land Surface Temperature - LST). Os dados de EVI2 são originados pelo sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), do satélite TERRA e os de LST são também do satélite AQUA do Earth Observing System (EOS) da National Aeronautics and Space Administration (NASA)'s Earth Science Enterprise (ESE). Já os dados de TRMM são atualizados pelos dados do Global Precipitation Measurement (GPM). Para realizar a disponibilização dos dados é necessário fazer downloads dos produtos, aplicar o processamento necessário para cada produto, filtrar e mosaicar, até a obtenção da série temporal de toda a área requerida. Como resultado está sendo realizada a manutenção e atualização dos dados já previamente existentes. Ademais, visando um incremento, estão sendo inseridos dados de aerossóis (Aerosol Optical Depth - AOD). Devido à temática estar sendo iniciada dentro do projeto, uma primeira fase de estudo se fez necessária para a realização das atividades. Com isso, começaram a ser feitos os downloads e o processamento das imagens, com a organização de um banco de dados das imagens obtidas até ao momento. As imagens obtidas começaram a ser processadas (georreferenciadas e mosaicadas por dia) e estão em fase de análise e validação. A disponibilização de todos esses dados pela plataforma *Series View*, com suas séries temporais atualizadas, é uma importante fonte de dados de livre acesso; o que possibilita maior alcance da informação gerada. Tratando-se de dados ambientais podemos reforçar a importância da disponibilização desses dados para análises e estudos ambientais, como o de fatores relacionados com possíveis alterações climáticas. Neste quadro, os dados históricos de LST podem auxiliar diretamente na interpretação dos efeitos de mudanças climáticas. Enquanto que os dados de EVI2 auxiliam nos estudos e monitoramentos da cobertura vegetal e, portanto, na realização de diagnósticos sobre a conservação e a degradação ambiental. Os dados de aerossóis também possuem relevância na análise ambiental. Um recente estudo revelou que pequenas partículas de aerossol, até então desconsideradas na regulação do ciclo hidrológico, podem intensificar o processo de formação de nuvens e nas chuvas da região amazônica. Além, de os dados de aerossol serem de importância no monitoramento de qualidade do ar. Portanto, evidencia-se a necessidade de captação e disponibilização de dados de séries temporais de aerossóis.



## INTRODUÇÃO

O Sensoriamento Remoto consiste em um conjunto de atividades que abrange a detecção, aquisição e análise da radiação eletromagnética emitida ou refletida por objetos terrestres e registradas por sensores remotos (Moraes, 2002). Os métodos de Sensoriamento Remoto possibilitam integrar informações sobre os processos físicos e biológicos nas diferentes escalas de tempo e espaço (Novo et al., 2005).

Dentro desse contexto, foi projetado o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), que proporciona produtos com dados atmosféricos, terrestres e oceânicos. O MODIS está presente nos satélites TERRA (lançado em 18 de dezembro de 1999) e AQUA (lançado em 4 de maio de 2002). Ambos satélites fazem parte do *Earth Observing System* (EOS) da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA)'s *Earth Science Enterprise* (ESE) (Justice et al., 2002).

O “*Series View*” é um ambiente virtual para a visualização de séries temporais para análise de mudanças de uso e cobertura da terra, desenvolvido a partir de séries temporais de produtos MODIS para América do Sul, pelo LAF (Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura e Floresta), do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) (Freitas et al., 2011). Atualmente estão disponíveis dados de índice de vegetação, precipitação acumulada e temperatura da superfície terrestre, para qualquer coordenada geográfica da América do Sul, desde o ano de 2000 (<http://www.dsr.inpe.br/laf/series/>).

## OBJETIVOS DO TRABALHO

Manutenção e atualização dos dados já existentes (índice de vegetação, precipitação acumulada e temperatura superfície terrestre) e futura incorporação de dados atmosféricos, para a construção de uma série temporal de dados de aerossóis.



## MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

### *Aerossol*

Os dados de Aerossol são adquiridos do banco de dados da NASA disponíveis na plataforma online LAADS DAAC (*Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System Distributed Active Archive Center*) - <<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>>. Para aquisição das imagens é necessário realizar o pedido em cinco etapas.

- 1º selecionar o produto requerido: para isso deve-se selecionar o sensor (no caso “MODIS TERRA”, ou “MODIS AQUA”) e o dado de interesse (dentro do grupo “Atmosphere”, no item “Aerosol”, selecionar “MOD04\_L2” para o TERRA e “MYD04\_L2” para o AQUA). Ambos os dados possuem resolução temporal diária e resolução espacial de 10km;

- 2º selecionar o intervalo de tempo desejável: utilizado como padrão o intervalo de três meses;

- 3º selecionar o local de interesse: para seleção da América do Sul é selecionada a opção de entrar com as coordenadas (Lon, Lat, Long, Lat) “-82,13,-34,-56”;

- 4º seleção dos arquivos: a plataforma permite a disponibilização de no máximo 2000 imagens, por este motivo é limitado o intervalo de tempo de três meses, pois nesse intervalo se obtém uma quantidade inferior ao limite;

- 5º selecionar os parâmetros de processamento:

*AOD\_550\_Dark\_Target\_Deep\_Blue\_Combined;*  
*AOD\_550\_Dark\_Target\_Deep\_Blue\_Combined\_Algorithm\_Flag;*  
*AOD\_550\_Dark\_Target\_Deep\_Blue\_Combined\_QA\_Flag*

Inicialmente, após a realização do pedido era enviado um e-mail com o número da “order” gerada, desse modo, era possível fazer o download dos arquivos via FTP (*File Transfer Protocol*). Todavia, com uma atualização da plataforma, os pedidos são disponibilizados através de HTTP usando o GNU wget, como no exemplo:

```
wget -e robots=off -m -np -R .html,.tmp -nH --cut-dirs=3  
https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/archive/orders/501234576/ --header  
"Authorization: Bearer <your appKey>" -P <target dir>
```

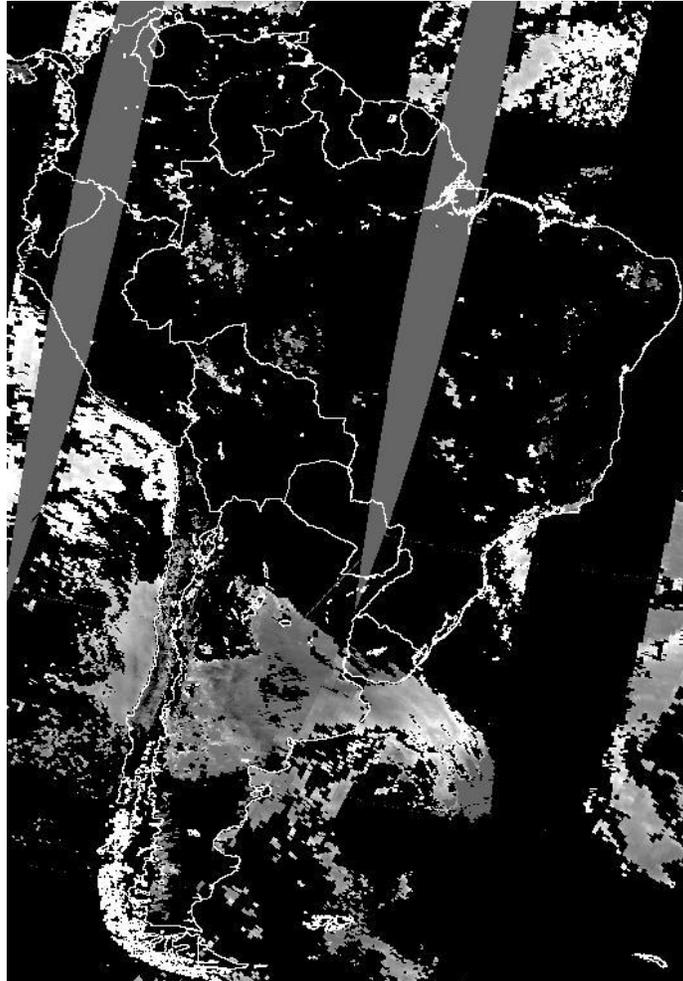
Os arquivos são gerados no formato HDF (*Hierarchical Data Format*). Cada arquivo corresponde a uma “varredura” de cinco minutos do satélite pela América do Sul. Como sensor MODIS possui uma largura de faixa de 2330 km, são gerados arquivos chamados de “*Granules*” (imagens com 2330 km de largura por cinco minutos aquisição) (Figura 1).



**Figura 1.** Imagem de um produto MOD04\_L2, um Granule, para o dia 59 (28/02/2000), às 15h05min.

O processamento dos arquivos é feito no *software* Envi, onde é feita a extração das bandas de interesse do arquivo e o georreferenciamento de um novo arquivo gerado por um programa automatizado na linguagem IDL, pelo scrip “proc\_mXd04\_rec\_hdf.pro”, onde o “X” é substituído por “O” para o satélite TERRA e “Y” para o satélite AQUA.

Com os dados georreferenciado é feita a composição dos mosaicos de dados da América do Sul, pela data de varredura, ou seja, é feita a união dos *Granules* de mesma data, obtendo-se uma única imagem com dados diários (Figura 2). Esse processo de mosaicar as imagens é realizado por um programa automatizado na linguagem IDL, no *software* Envi, pelo script “mosaica\_mXd04.pro”.

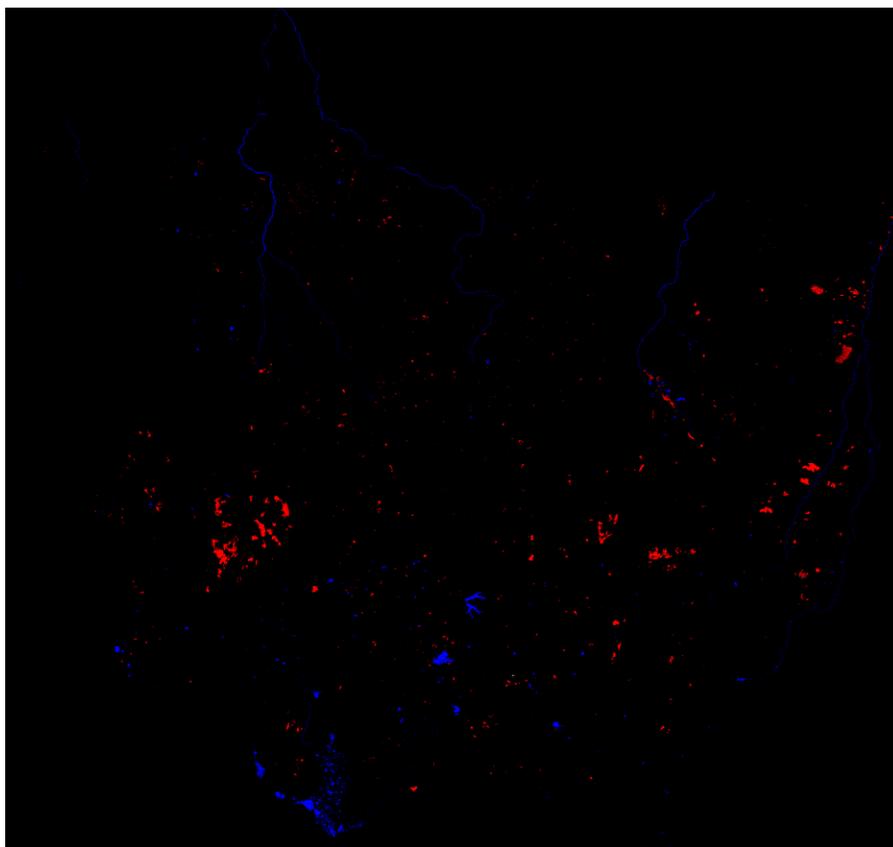


**Figura 2.** Imagem de mosaico de produtos MOD04\_L2 para o dia 59 (28/02/2000). As linhas de limites políticos estão acionadas apenas como uma camada para identificação e observação nessa imagem.

Foi realizado treinamento para realizar ambos os processos manualmente. Todavia, para otimização dos processos é feita a automatização.

### *Queimadas e Focos de Incêndio*

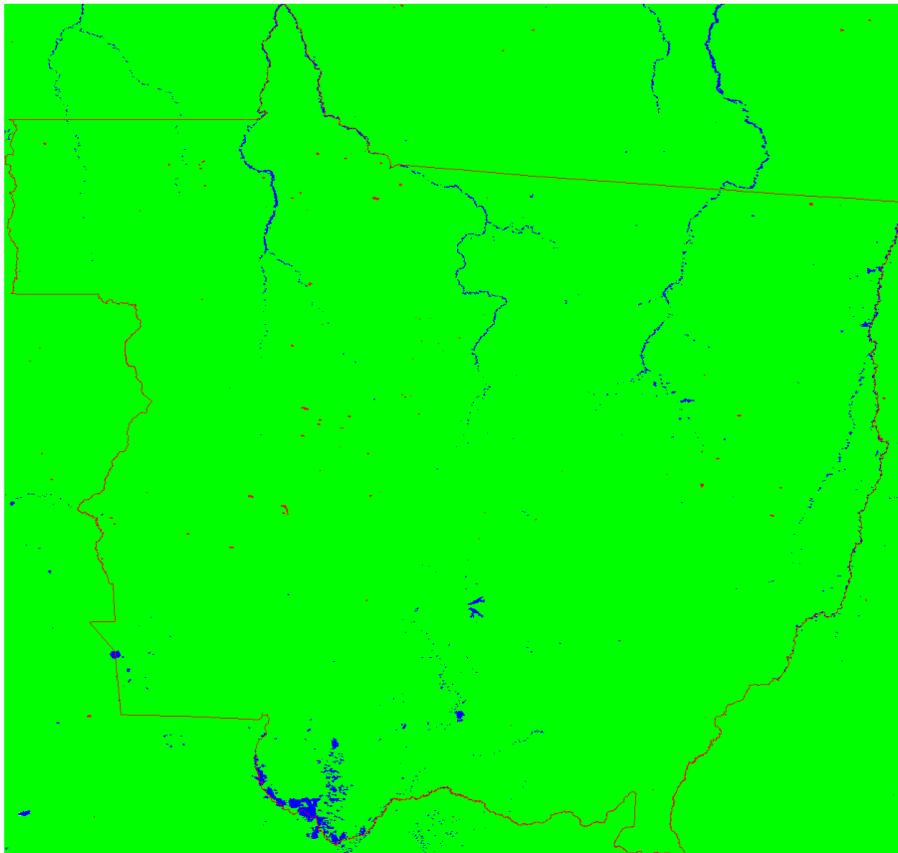
Os dados de queimada são obtidos pelo produto disponibilizado pela ESACCI (European Space Agency - Climate Change Initiative), um produto do sensor MODIS, com resolução espacial de 250 m. Este produto indica a ocorrência de áreas queimadas, por meio de informação do primeiro dia da detecção, em dias julianos (Figura 3).



**Figura 3.** Imagem do produto ESACCI do estado de Mato Grosso, do mês de junho, de 2005. Em azul é feita a classificação dos pixels considerados não queimáveis (como corpos d'água) e em vermelho os pixels com detecção de áreas queimadas.

Já, os dados de foco de incêndio são analisados pelo produto MOD14A1 (satélite Terra), do sensor MODIS, que classificam os pixels, indicando em quais há presença de fogo. O produto dispõe de informações diárias, disponibilizadas no formato de arquivos HDF com informações de oito dias, área imageada de 1200 km x 1200 km e resolução

espacial de 1 km. Após realizar o download das imagens da área de interesse, as mesmas são mosaicas e salvas em arquivos diários em formato Geotiff (Figura 4).



**Figura 4.** Imagem do produto MOD14A1 para o estado do Mato Grosso, do dia 207 de 2005 (27/07/2005). Em azul os pixels correspondentes à água; em verde corresponde à terra; e vermelho, corresponde à detecção de fogo. As linhas de limites políticos, do estado de Mato Grosso, em vermelho, estão acionadas apenas como uma camada para identificação e observação nessa imagem.

#### *Índice de vegetação*

O índice de vegetação utilizado no projeto, o EVI2 (*Enhanced Vegetation Index 2*), é calculado usando a reflectância de superfície das bandas do *Red* e *NIR* (*near infrared*) e disponível pelo produto do MOD13Q1, do sensor MODIS.

O processamento deste produto é feito em duas partes, para a região da América do Sul. Para isso, é feita a divisão da região em duas partes, Norte e Sul. Isso é feito devido à complexidade e para a otimização do processamento.



Primeiro, são selecionados os *Granules* da região e data de interesse. Após, é feita o mosaico desses granules e extraídas as bandas necessárias para o processamento do dado de EVI2. O processamento é feito automatizado pelo scrip de nome “geratif\_X”, onde o “X” é onde é feita a indicação da porção sul, com “S”, ou norte, com “N”.

As imagens resultantes, são disponibilizadas para filtragem, devido a ruídos ocasionados por nuvens ou falhas radiométricas, e disponibilização da série temporal.

### *Temperatura*

Os dados de temperatura são obtidos na forma de LST (*Land Surface Temperature*) pelo sensor MODIS, nos produtos MOD11A2 (satélite TERRA) e MYD11A2 (satélite AQUA).

Ambos os produtos apresentam informações com um intervalo de oito dias, em dois períodos por dia. O satélite TERRA possui passagem pela linha do Equador em torno das 10h30min e das 20h30min, em órbita descendente. Já o satélite AQUA apresenta passagem pela linha do Equador por volta das 13h30min e das 01h30min, em órbita ascendente.

Os dados são obtidos mediante de um *script*, que faz o download de arquivos imagens no formato HDF. Com isso são obtidas imagens dos “*Tiles*” de intervalo de oito dias, onde cada *Tile* representa 10° x 10° da superfície terrestre na projeção cartográfica Sinusoidal. Essas imagens são mosaicadas por dia e período, com isso, cada dia passa a ter apenas duas imagens (chamadas de “*Day*” e “*Night*”), convertidas para o formato Geotiff.

Por último, as imagens de oito dias são processadas para imagens de 16 dias. Para isso é feita a média dos dados de duas imagens seguidas de oito dias, gerando assim, uma única de 16 dias.

Ambos os processos de geração de imagens únicas por período (“*Day*” e “*Night*”) de intervalo de 8 e 16 dias são feitas de modo automatizadas por algoritmos desenvolvidos pelos pesquisadores do LAF.

## ANÁLISES E RESULTADOS

### *Aerossol*

O termo aerossol se refere às partículas suspensas na atmosfera com dimensões de até 100 $\mu$ m, incluindo desde poeiras, cinzas, nevoeiros e “*spray*”, entre outros. Os aerossóis participam de vários fenômenos naturais e podem ter origem natural ou das atividades antropogênicas, sendo essa a principal fonte de aerossóis poluentes atmosféricos (Alves, 2005). Estima-se a presença de aerossóis por meio de AOD (*Aerosol Optical Depth*) (Holben et al., 1998). AOD é a medida de aerossóis distribuídos dentro de uma coluna de ar da superfície da Terra até o topo da atmosfera.

Para a construção da série temporal do dado de aerossóis foi realizado uma fundamentação teórica para o conhecimento dos dados e suas funcionalidades, para só então dar início ao banco de dados, com o download dos dados.

Foram feitos pedidos e aquisições de dados dos anos 2000 a 2010 e dos anos de 2016 e 2017 para o satélite TERRA. Para estas imagens, foi realizado o processo de georreferenciamento e mosaico dos anos de 2000, 2005 e 2010. Já para os dados de Aerossol do satélite AQUA, foram feitos pedidos e aquisição de dados dos anos 2002 a 2010 e do ano de 2016. Assim como as imagens do outro satélite, estão sendo georreferenciadas as imagens dos anos de 2005 e 2010.

Durante o processo de georreferenciamento foi detectado um erro de dados espaciais em algumas imagens, o que levou a necessidade de uma modificação no programa de georreferenciamento desenvolvido. Isso atrasou o trabalho, pois algumas imagens que já haviam sido georreferenciadas tiveram que ser reprocessadas, no programa atualizado. O processo de georreferenciamento mais tempo do que o esperado, levando a demora maior que a estimada no tempo de processamento.

Os anos de 2005, 2010 e 2016 foram priorizados, pois, inicialmente iria-se realizar uma comparação com os dados de aerossol de 1 km de resolução (Lyapustin and Yujie Wang, 2008), para realizar a validação dos dados. Para isso, iria ser realizada a comparação dos dados para o estado do Acre, nos anos de 2005, 2010 e 2016, devido estes terem sido anos de importância em relação à quantidade de queimadas. Estes anos foram sugeridos

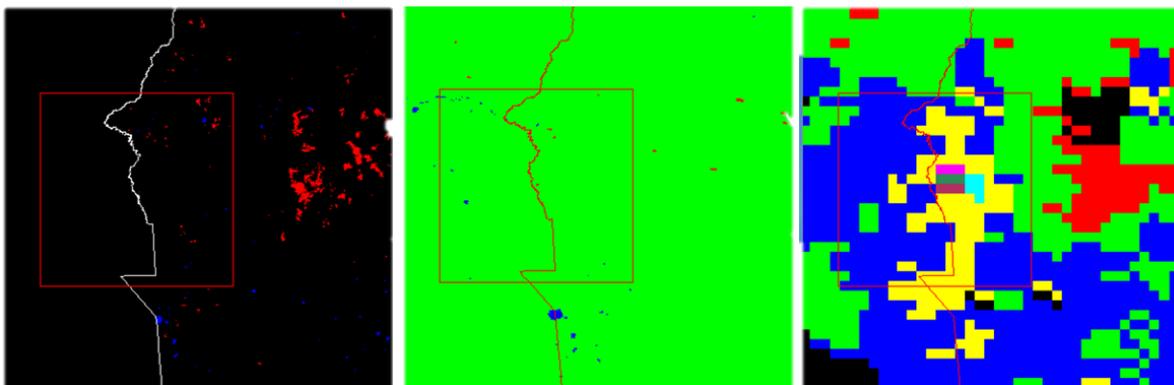
pela Dra. Liana O. Anderson. Todavia, os conforme se iniciou a análise começou a ser observado que os dados de aerossol tinham disparidades.

Com uma revisão dos produtos, percebeu-se que os produtos de 10 km acabam dispensando dados dentro sua abrangência espacial, pois seu algoritmo de obtenção excluí grande parte dos pixels, dentro dos 10 km (Levy et al., 2013). Isso de certa forma impossibilita a comparação, da forma que estava sendo realizada, manualmente, por observação e comparação entre pixels, uma vez que, dados contidos no produto de 1 km são perdidos no produto de 10 km.

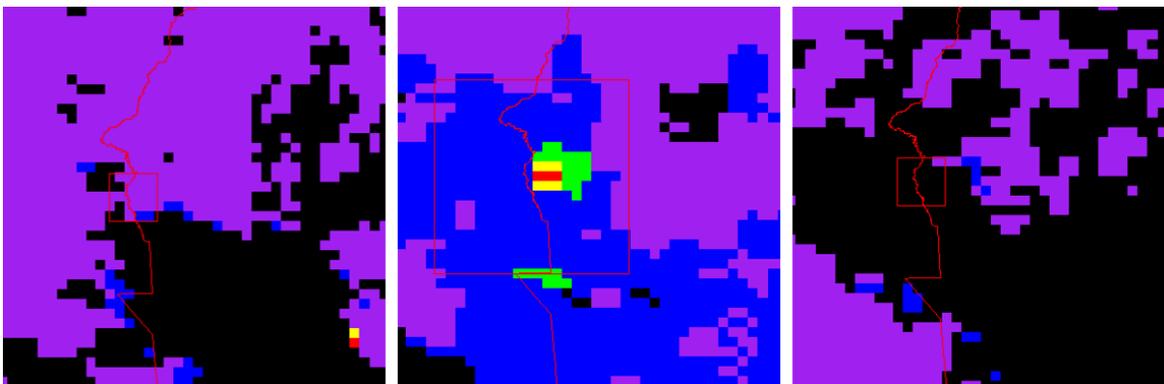
Portanto, outra forma de avaliação dos dados passou a ser realizada. Para tanto, foram utilizados os dados de produtos de queimada e foco de incêndio, para avaliação do impacto dos mesmos, na quantidade de AOD observada.

Foi então iniciado um processo de compresso de verificação e comparação dos dados de três diferentes produtos (AOD, queimada e focos de incêndio) para a região do estado de Mato Grosso.

Nesse processo, inicialmente usou-se o dado de queimada para identificar áreas e períodos onde ocorreram focos de incêndio. Então, é utilizado o dado de foco de incêndio para identificação de datas com ocorrência de fogo, nas áreas observadas. Então, nas mesmas áreas é feita a análise dos dados de AOD de forma temporal (antes, durante e após o fogo) (Figuras 5 e 6).



**Figura 5.** Imagens respectivamente dos produtos ESACCI, MOD14A2 e MOD04L2, para a data de 27/07/2005.



**Figura 6.** Imagens do produto MOD04L2. Dados de AOD, respectivamente para os dias 26, 27 e 28 de julho de 2005. Dados de AOD: roxo – de 0 a 1,0; azul – de 1,01 a 2,0; verde – de 2,01 a 3,0; amarelo – de 3,01 a 4,0; vermelho – de 4,01 a 5,0.

Os dados de aerossol ainda estão sendo analisados manualmente, para que se obtenha uma metodologia descrita para a comparação com os dados de focos de incêndio.

### *Temperatura*

Em relação aos dados de Temperatura foi feita atualização, à medida que os produtos são disponibilizados, até o mês de maio de 2018. Foram feitos os downloads dos dados TERRA (MOD11A2) e o processamento em dados dia e noite de 8 dias e de 16 dias, do dia 29/08/2017 até o dia 02/06/2018. O mesmo foi feito para os dados AQUA (MYD11A2).

### *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 dos dados. Sendo assim, foi realizado o processamento dos dados disponibilizados internamente do produto MODIS (MOD13Q1), até a data de 22 de março de 2018.



## CONCLUSÕES

A disponibilização de dados pela plataforma “*Series View*”, com suas séries temporais atualizadas, é uma importante fonte de dados de livre acesso; o que possibilita maior alcance da informação gerada (Freitas et al., 2011).

Tratando-se de dados ambientais podemos reforçar a importância da disponibilização desses dados para análises e estudos de fatores relacionados com possíveis alterações climáticas. Estudos apontam que a atmosfera e o oceano têm aquecido, as quantidades de neve e gelo diminuíram e o nível do mar aumentou (IPCC, 2014). O tido como Aquecimento Global refere-se ao gradual aumento da temperatura da superfície, observada ou projetada, como consequência das atividades antropogênicas (IPCC, 2014). Neste quadro, aos dados históricos de LST podem auxiliar diretamente na compreensão e análise de fatores relacionados às mudanças climáticas.

Os dados de aerossóis também possuem grande importância na análise ambiental. Um recente estudo revelou que pequenas partículas de aerossol, até então desconsideradas na regulação do ciclo hidrológico, podem intensificar o processo de formação de nuvens e nas chuvas da região amazônica (Fan et al, 2018). Além de serem importantes nos estudos climáticos, eles são importantes indicadores de poluição (Alves, 2005). Portanto, evidencia-se a necessidade de captação e disponibilização de dados de séries temporais de aerossóis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, C. Aerossóis atmosféricos: perspectiva histórica, fontes, processos químicos de formação e composição orgânica. **Quím. Nova**, São Paulo, v.28, n.5, p.859-870, 2005.

FAN, J; ROSENFELD, D; ZHANG<sup>1</sup>, Y.; GIANGRANDE, S. E.; LI, Z.; MACHADO, L. A. T.; MARTIN, S. T.; YANG Y.; WANG, J.; ARTAXO, P; BARBOSA, H. M. J.; BRAGA, R. C.; COMSTOCK, J. M.; FENG, Z.; GAO, W.; GOMES, H.; MEI, F.; PÖHLKER, C.; PÖHLKER, M. L.; PÖSCHL, U.; SOUZA, R. A. F. Substantial convection and precipitation enhancements by ultrafine aerosol particles. **Science**, v.359 (6374), p.411-418, 2018.

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**, v.2 (1), p.57-68, 2011.

HOLBEN, B. N.; ECK, T. F.; SLUTSKER, I.; TANRÉ, D.; BUIS, J. P.; SETZER, A.; VERMOTE, E.; REAGAN, J. A.; KAUFMAN, Y. J.; NAKAJIMA, T.; LAVENU, F.; JANKOWIAK, I.; SMIRNOV, A. AERONET-A Federated Instrument Network and Data Archive for Aerosol Characterization. **Remote Sensing of Environment.**, v.66, p.1-16, 1998.

JUSTICE, C. O.; TOWNHEND, 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 (1-2), p.3-15, 2002.

LEVY, R. C.; MATTOO, S.; MUNCHAK, L. A.; REMER, L. A.; SAYER, A. M.; PATADIA, F.; HSU, N. C. The Collection 6 MODIS aerosol products over land and ocean. **Atmos. Meas. Tech.**, 6, 2989-3034, 2013.

Lyapustin, A.; Wang, Y. **MAIAC: MULTI-ANGLE IMPLEMENTATION OF ATMOSPHERIC CORRECTION FOR MODIS ALGORITHM THEORETICAL BASIS DOCUMENT (ver. 1.0)**. Goddard Earth Science and Technology Center UMBC,



and NASA GSFC, 2008, 77p. Disponível em: < <https://modis-land.gsfc.nasa.gov/MAIAC.html>>

NOVO, E. M. L. de; FERREIRA, L. G.; BARBOSA, C.; CARVALHO, C.; SANO, E. E.; SHIMABUKURO, Y.; HUETE, A.; POTTER, C.; ROBERTS, Dar A.; HESS, L. L.; MELACK, J. J.; YOSHIOKA, H.; KLOOSTER, S.; KUMAR, V.; MYNENI, R.; RATANA, P.; DIDAN, K.; MIURA, T. Técnicas avançadas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo de mudanças climáticas e ao funcionamento dos ecossistemas amazônicos. **Acta Amazonica**, v.35 (2), p. 259 – 272, 2005.

MORAES, E. C. **Capítulo 1: Fundamentos De Sensoriamento Remoto**. DSR/INPE. São José dos Campos: INPE, 2002. 22p. (INPE-8984-PUD/62). Disponível em: < [http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1\\_ECMoraes.pdf](http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_ECMoraes.pdf) >.