

SISTEMA DE VIGILÂNCIA DE INCÊNDIOS E DE FOCOS DE CALOR (VFOGO): PLATAFORMA PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL SOB LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA

Gabriel Henrique de Almeida Pereira, Giovani Fronza, Clóvis Cechim Júnior, Flávio Deppe, Eduardo Alvim Leite

Sistema Meteorológico do Paraná - SIMEPAR
Centro Politécnico da UFPR - Curitiba - Paraná – Brasil, Caixa Postal 19100 - CEP 81531-980
{gabriel; gfronza; cloviscechim}.simepar@gmail.com; {deppe; alvim}@simepar.br

RESUMO

Incêndios florestais representam uma grande preocupação mundial, causando perdas imensuráveis. O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de uma plataforma web para análise e monitoramento ambiental, em especial de incêndios sob linhas de transmissão de energia, permitindo o planejamento, gestão e tomada de decisões quanto as melhores estratégias para o combate e prevenção de incêndios, assim como minimizar interrupções no fornecimento de energia elétrica. A plataforma web denominada Sistema de Vigilância de Incêndios e Focos de Calor (VFogo) contém dados de Sensoriamento Remoto provenientes de imagens de satélites (Sentinel 2, Landsat 8, TERRA, AQUA, NPP diurno e noturno e GOES 16), informações de focos de calor, análises de condições meteorológicas, probabilidade de ocorrência de incêndios e perturbações nas linhas de transmissão de energia e planos de informações temáticos. Atualmente, o VFogo tem sido extensamente utilizado por concessionárias do setor elétrico brasileiro, em especial, pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Palavras-chave — *Monitoramento Ambiental, plataforma web, análise de condições meteorológicas, análise da probabilidade de ocorrência de incêndios, análise temporal.*

ABSTRACT

Forest fires represent a major global concern and causes immense losses. The objective of this work was to establish a web platform for environmental monitoring, especially for wildfires under power transmission lines, aiming to help planning and decision making for firefight and its prevention. The web platform developed is called Fire and Heat Alarm Monitoring System (VFogo) and contains remote sensing data from satellite images (Sentinel 2, Landsat 8, TERRA, AQUA, day and nighttime NPP and GOES 16), heat source information, meteorological data, probability of occurrence of incidents and disturbances in power transmission lines and other base data. Currently, VFogo is widely used by companies in the Brazilian

electricity sector, in particular, by the National Electric System Operator (ONS).

Key words — *Environmental monitoring, web platform, meteorological analysis, probability of occurrence of fires analysis, temporal analysis.*

1. INTRODUÇÃO

Incêndios são fenômenos ambientais que preocupam o setor elétrico brasileiro. Os incêndios podem causar impactos diretos nas linhas de transmissão, torres e transformadores, causando perturbações transitórias ou de maior duração na transmissão de energia elétrica devido, principalmente, às altas temperaturas e ao calor excessivo. Isto pode gerar danos aos terminais, isoladores, cabos e estruturas, bem como a presença de fumaça e de material particulado pode ionizar o ar no entorno dos circuitos.

As queimadas e presença de fogo sob as Linhas de Transmissão (LTs) de energia constituem uma das principais causas ambientais de desligamentos, ao lado de descargas atmosféricas, ventos e chuvas intensas, vegetação e quedas de torre, conforme dados levantados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). A recorrência de queimadas apresenta grande diversidade entre as regiões e LTs específicas, sendo maior nas regiões Norte e Centro Oeste. Por exemplo, de 2004 a 2013, a LT Serra da Mesa – Tucuruí apresenta registros apontando as queimadas como responsáveis por 17% das causas de desligamentos. Este percentual pode ser ainda maior, dado que 40% das causas de desligamento para esta LT específica foram apontadas como causa indeterminada.

A rapidez e eficiência na detecção e monitoramento dos incêndios florestais são fundamentais para a viabilização do controle do fogo, redução dos custos nas operações de combate, atenuação dos danos e dimensionamento dos efeitos produzidos pelo fogo sobre o ambiente [1]. Dentre algumas ferramentas que podem auxiliar no monitoramento de queimadas, a utilização de tecnologias de Sensoriamento Remoto tem especial importância.

A utilização de imagens de satélites permite realizar o monitoramento de grandes extensões territoriais, em especial das regiões onde estão as LTs, acompanhar

mudanças no uso e cobertura do solo, monitoramento das faixas de servidão, relevo e vegetação do entorno.

Trabalhos indicam que diferentes sensores orbitais podem ser utilizados para mapeamento, detecção e monitoramento de incêndios [2, 3]. Imagens de diferentes satélites e sensores podem ser utilizadas para o monitoramento de incêndios, como, por exemplo, os satélites GOES; NOAA; TERRA e AQUA (sensor MODIS); S-NPP (sensor VIIRS); bem como imagens de média resolução espacial dos satélites Landsat e Sentinel 2 [4, 5, 6, 7].

O objetivo deste trabalho é apresentar a plataforma web denominado VFogo - Sistema de vigilância de incêndios e de focos de calor. Esta plataforma foi desenvolvida para análise e monitoramento ambiental, em especial de incêndios sob linhas de transmissão de energia, permitindo o planejamento, a gestão e a tomada de decisões quanto as melhores alternativas ao combate e prevenção de incêndios.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo abrange o estado do Tocantins, nordeste do estado do Pará, oeste do Maranhão e norte de Goiás (Figura 1). Esta área encontra-se na zona de transição geográfica entre o cerrado e a floresta amazônica, apresentando historicamente diversas ocorrências de incêndios. Também, as linhas de transmissão desta região são consideradas críticas em função de perturbações e quedas na transmissão de energia devido aos incêndios.

As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do sistema VFogo envolvem apenas softwares livre, tais como Sistema operacional Linux, servidor de mapas Geoserver, banco de dados PostgreSQL+PostGIS e *frontend* OpenLayers, utilizando linguagens de programação e bibliotecas JavaScript, JQuery, HTML5, CSS3.

Com o uso do framework Bootstrap foi desenvolvida uma interface amigável e responsiva, a qual se adapta facilmente para qualquer dispositivo de navegação para web, tal como desktop, notebook, tablet ou smartphone. A Figura 1 apresenta exemplo de visualização da interface principal do sistema VFogo em ambiente desktop.

O sistema VFogo possui uma plataforma web multi layer para auxiliar a análise e monitoramento de incêndios. Os seguintes layers estáticos e dinâmicos incluem: (i) Subestações (EPE, 2017-2018), (ii) Linhas de Transmissão (EPE, 2017-2018), (iii) Buffers das Linhas de Transmissão, (iv) Focos de Calor, (v) Probabilidade por setor (vi) Probabilidade espacial, (vii) Índice de Propagação de Incêndio (IPI), (viii) Limites estaduais (IBGE, 2018), (ix) Densidade de desligamentos, (x) Altimetria ASTER 30 metros, (xi) Máscara NPP noturno, (xii) Índice de calor GOES, (xiii) Imagens de satélites de alta e média resolução espacial (NPP, GOES, TERRA, AQUA, Sentinel 2, Landsat, BingMaps), (xiv) Open street map.

Imagens dos diferentes satélites e sensores, os focos de calor, bem como as probabilidades de ocorrência de

incêndios, que se caracterizam como dados dinâmicos, são atualizados continuamente por meio de rotinas automatizadas, a partir da disponibilização dos mesmos. Sendo assim, as imagens de satélite associadas aos focos de calor gerados pelo INPE e pela NASA, permitem a identificação e a distribuição espacial dos incêndios florestais e queimadas em tempo quase real (*Near Real Time – NRT*), possibilitando o gerenciamento e monitoramento contínuo das extensões territoriais, das LTs, faixas de servidão e áreas adjacentes. Adicionalmente, estes dados são também disponibilizados na plataforma sempre de 2 (dois) dias anteriores. Assim, os usuários, tomadores de decisão, podem sempre contar com o histórico de dias anteriores.

A partir das imagens de alta e média resolução espacial é possível distinguir o uso e cobertura do solo e obter uma atual perspectiva da situação da vegetação. Para isto são apresentadas no sistema imagens do satélite Landsat de 2011 de resolução espacial de 30m e Sentinel 2 de resolução espacial de 10m (Figura 2a), atualizadas com periodicidade inferior a 3 meses, além da base BingMaps, de altíssima resolução espacial, chegando a centímetros, porém sem controle da data em que foram adquiridas.

Com relação aos dados dinâmicos de monitoramento apresentados no sistema VFogo, são também apresentadas as imagens de satélites capazes de imageamento da área de estudo diariamente (satélites AQUA, NPP e TERRA). As imagens destes satélites são apresentadas no sistema tanto processadas pelo SIMEPAR como pela NASA. Estas imagens apresentam-se como uma fonte de informação importante no monitoramento diário de incêndios, uma vez que o satélite TERRA apresenta passagem sobre a área de interesse no período da manhã, e o satélite AQUA e NPP no período da tarde (Figura 2b).

Outro satélite importante no monitoramento dos incêndios é o GOES 16, cujas imagens são atualizadas no sistema VFogo a cada 15 minutos. Devido a alta resolução temporal destas imagens é possível realizar o monitoramento de incêndios em tempo quase real. É possível identificar quando o mesmo iniciou, sua evolução, propagação e extinção aproximada. Para este satélite são apresentadas duas imagens resultantes a cada 15 minutos, uma colorida em que é possível distinguir o incêndio, e outra que representa um índice de calor, onde áreas de maior temperatura são realçadas (Figura 2c).

É apresentada também no VFogo a camada referente ao IPI (Índice de Propagação de Incêndios), gerado a partir de informações de estações meteorológicas espalhadas ao longo da área de estudo, índice de vegetação dinâmico obtido pelo sensor MODIS e informações como material combustível, declividade, orientação das vertentes, densidade demográfica e proximidade de cursos d'água e estradas. Com isso, tem-se uma estimativa da possibilidade do incêndio se propagar ou permanecer ativo, em maior ou menor grau.

A partir do desenvolvimento de modelos probabilísticos bayesianos e processamento em tempo quase real dos focos

de calor são geradas as probabilidades de ocorrência de incêndio espacial e por trecho de LT monitorada. A probabilidade espacial se dá em função do número de ocorrência de focos de calor identificados sobre determinada área em uma janela temporal de 24h. Com isso, quanto mais focos são identificados, ou mesmo tendo sido identificado por diversos satélites, maior será a probabilidade deste evento realmente ser um incêndio. Ainda, considerando-se a janela temporal dinâmica de 24h, quanto mais recentes forem as detecções de focos de calor, maior será o impacto destes na probabilidade espacial (Figura 2d).

Considerando a construção de um buffer sobre cada trecho de LT, quanto mais pontos de alta probabilidade espacial são identificados ao longo do trecho, maior será a probabilidade de existência de incêndio atuando sobre aquele trecho. Quanto maior for a probabilidade espacial maior a chance de realmente se tratar da detecção de um incêndio e maiores as chances de perturbação na linha de transmissão monitorada. Ou ainda, quanto mais pontos de alta probabilidade espacial são identificados ao longo do trecho, maior também será a probabilidade daquele trecho estar sendo perturbado, podendo também levar a um desligamento.

E, por fim, de maneira a identificar os trechos mais críticos com relação a desligamentos da transmissão de energia, é apresentada a camada de “densidade de desligamentos”. Para geração desta camada, foi realizado um estudo de desligamentos de transmissão de energia devido a incêndios de 2010 a 2017 e estes foram espacializados em trechos de 1km das LTs. Assim, é possível identificar trechos que apresentam maior densidade de desligamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A plataforma VFogo possibilita as operações tradicionais de navegação de mapas para web, como escala, zoom, pan, visualização de coordenadas e consultas. O menu que apresenta os planos de informações traz funcionalidades de habilitar e desabilitar os mesmos, bem como modificar a intensidade de brilho, facilitando assim a visualização de sobreposição entre eles. Também apresenta a fonte e o ano de aquisição e geração dos dados para referência temporal (Figura 1).

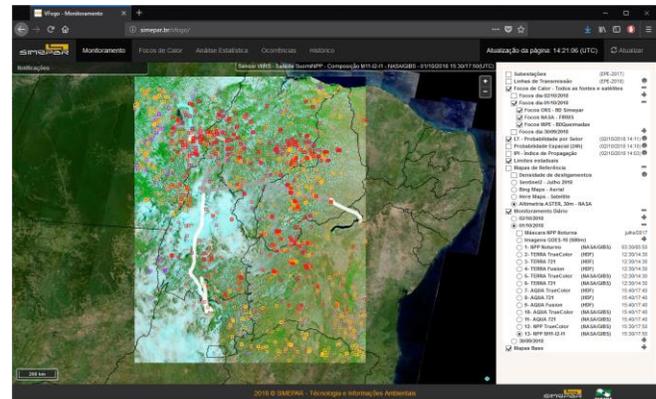


Figura 1 – Área de estudo e interface do Sistema VFogo.

Para a avaliação da qualidade dos dados de focos de calor provenientes das fontes INPE e de outras fontes diversas de acordo com os diferentes operadores dos satélites, foram criados indicadores específicos de qualidade e desenvolvida rotina operacional de acompanhamento. Desta forma é possível avaliar comparativamente aspectos de tempos de entrega, disponibilidade dos dados e relações com incêndios observados por diferentes fontes.

A partir da análise dos dados de densidade de desligamentos, foi identificada uma tendência de que estes pontos de maior densidade de desligamentos normalmente se encontram próximos ou sobre áreas de vegetação mais densa, ou de relevo mais acentuado, onde a catenária da linha pode se aproximar mais da vegetação ou do incêndio propriamente (Figura 2e).

Outra ferramenta incorporada ao sistema VFogo se refere a notificações das atualizações que ocorrem. Por exemplo, atualização de imagens e aumento ou diminuição dos índices de probabilidade de incêndio dos trechos das LTs.

Assim, a partir da utilização do sistema VFogo e sua plataforma web, o usuário e tomador de decisão pode identificar a ocorrência de um incêndio por meio da visualização de imagens diárias (AQUA, NPP e TERRA), ou noturnas (NPP), ou de 15 minutos de intervalo (GOES 16), identificar o uso e cobertura do solo (pelas imagens atuais do Sentinel 2, ou de altíssima resolução do BingMaps), visualizar informações do relevo (ASTER), analisar o cenário de propagação de incêndios (IPI), identificar focos de calor do INPE ou NASA, consultar as probabilidades de incêndio (espacial ou por trecho), identificar se o trecho da LT em questão trata-se de um ponto crítico com grande densidade de desligamentos por incêndios historicamente, e assim, determinar o nível de perturbação e alerta que determinado incêndio pode causar em trecho específico da linha de transmissão de energia.

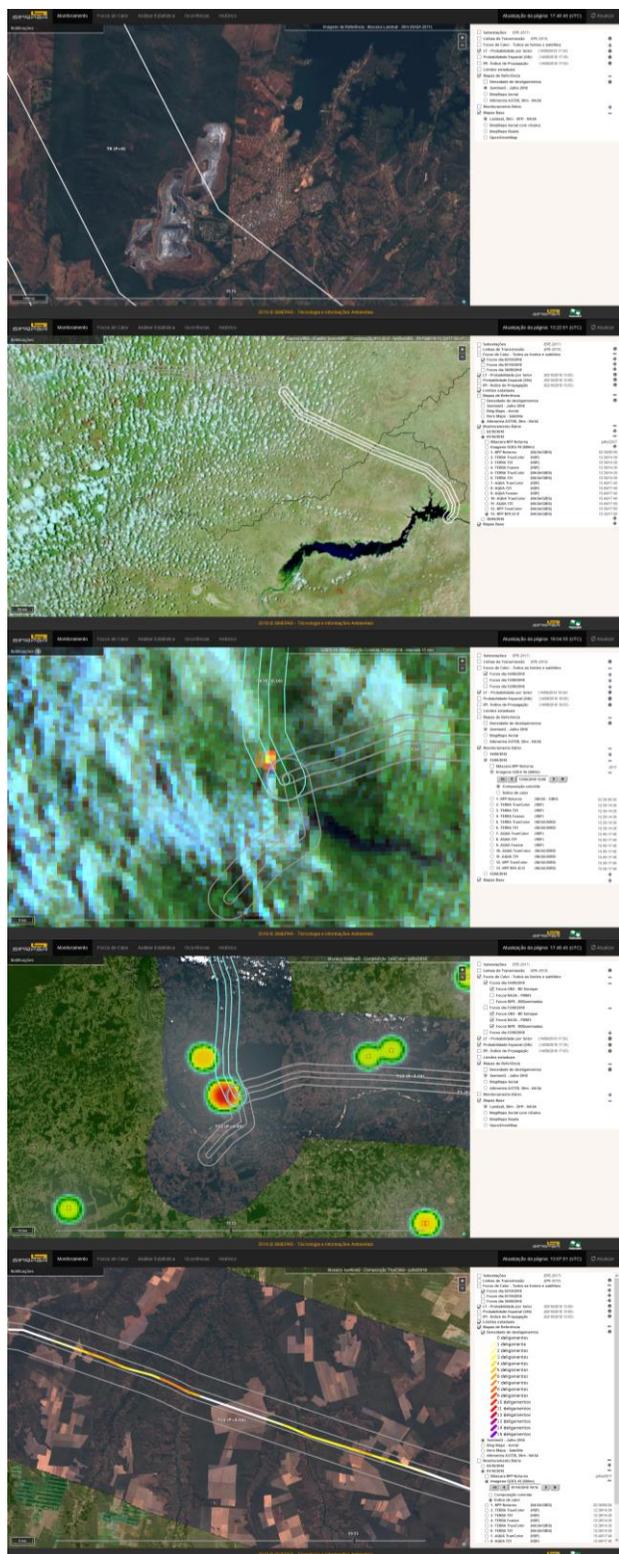


Figura 2 – Algumas camadas e produtos para o monitoramento de incêndios e análise de vulnerabilidade de linhas de transmissão de energia apresentados no VFogo. (a) Imagem Sentinel 2; (b) Imagem NPP; (c) Imagem GOES 16; (d) Probabilidade Espacial; (e) Análise de densidade de desligamentos.

5. CONCLUSÕES

O sistema VFogo permite o cruzamento de informações e dados estáticos e dinâmicos, associado a um banco relacional de focos de calor de diferentes fontes como NASA e INPE.

Se refere a uma plataforma web e sistema de tomada de decisão para o monitoramento e atualização contínuo que permite também análise estatística do desempenho diário de disponibilidade das imagens de satélites e focos de calor em função do tempo.

A ferramenta permite uma maior rapidez e facilidade na identificação dos incêndios e sua comprovação a partir do uso dos focos de calor gerados por meio de algoritmos de detecção, em grandes extensões territoriais.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Batista, A. C. Detecção de incêndios florestais por satélite. *Floresta*, 2005.
- [2] Giglio, L.; Desloitures, J.; Justice, C. O.; Kaufman, Y. An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS. *Remote Sensing Environment*. v.87, p.273-282, 2003. [doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00184-6](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00184-6)
- [3] Li, X.; Song, W; Lian, L.; Wei, X. Forest fire smoke detection using back-propagation neural network based on MODIS data. *Remote Sensing*. v.7, p.447-4498, 2015. doi.org/10.3390/rs70404473
- [4] Wooster, M. J.; Roberts, G.; Perry, G. L. W. Retrieval of biomass combustion rates and total from fire radiative power observations: FRP derivation and calibration relationships between biomass consumption and fire radiative energy release. *Geophysical Research*. v.110, p.1-24, 2005. doi.org/10.1029/2005JD006318
- [5] Coen, J. L.; Schroeder. Use of spatially refined satellite remote sensing fire detection data to initialize and evaluate coupled weather-wildfire growth model simulations. *Geophysical Research Letters*, v.40, p.5536-5541, 2013. doi.org/10.1002/2013GL057868
- [6] Csiszar, I.; Schroeder, W.; Giglio, L.; Ellicott, E.; Vadrevu, K. P.; Justice, C. O.; Wind, B. Active fires from the Suomi NPP visible infrared imager radiometer suite: Product status and first evaluation results. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. v.119, p. 803-816, 2013. doi.org/10.1002/2013JD020453
- [7] Pereira, G. H. A.; Lohmann M.; Deppe, F. Monitoramento de incêndios utilizando imagens Landsat 8: Um estudo de caso para o estado do Tocantins. *Anais...XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*. Santos. INPE, p. 2700-2707, 2017.