



Grupo de Estudo de Sistemas de Informação e Telecomunicação para Sistemas Elétricos-GTL

Painel de Operações do COS-CEMIG: Desenvolvimento e Utilização

FRANCISCO ALBERTO DE ANDRADE QUEIROZ(1); ALEXANDER GONÇALVES DA SILVA(2); WIRLLAN DORNELES ROCHA(3); GERALDO MANOEL MOREIRA DA PAIXÃO(4); JORGE MACHADO QUINTANILHA NETO(5); ARTHUR CHAVES DE PAIVA NETO(6); CARLOS JOSÉ DE ANDRADE(5); CEMIG GT(1); CEMIG GT(2); CEMIG GT(3); CEMIG GT(4); Cemig D(5); CEMIG GT(6);

RESUMO

Esse informe apresenta um conjunto de ações e sistemas que resultaram no Painel de Operações utilizado atualmente pelo Centro de Operação do Sistema - CEMIG-GT. Tendo como ponto de partida softwares e sistemas anteriormente disponibilizados para a sala de controle, é descrito o desenvolvimento do sistema base e da ferramenta que permite a reunião de bases de dados georreferenciados importantes para análise e tomada de decisões por técnicos e engenheiros. As funcionalidades implementadas no painel são relacionadas às atividades realizadas pelas equipes de Tempo Real e de suporte à operação. São relatados alguns dos impactos observados, além de ideias para implementações futuras.

PALAVRAS-CHAVE

Geoprocessamento, Bases de dados geoespaciais, Mapeamento, Operação Remota, Transmissão de Energia Elétrica

1.0 - INTRODUÇÃO

A utilização de informações meteorológicas pelos centros de operação do Sistema Elétrico de Potência - SEP tem se intensificado com o passar dos anos. As previsões das condições de tempo obtidas em menor número e com maior antecedência deram lugar a grande quantidade de boletins e informações meteorológicas disponibilizadas com horizontes variados de antecedência e alcance, além de poderem ser acompanhados em tempo real pelos operadores nas salas de controle. Os boletins anteriormente disponibilizados apenas por texto e ilustrações na rede passaram a ser acompanhados também da disponibilização de imagens de radar e de localização de descargas atmosféricas.

Com o passar dos anos, o acesso cada vez maior a tais informações fez com que as atividades da operação pudessem ser relacionadas com os eventos meteorológicos nas regiões abrangidas pelo sistema elétrico. Às previsões de chuvas para as bacias dos reservatórios foram adicionados mapas de descargas atmosféricas. Sendo assim, tanto o desligamento de linhas de transmissão quanto a coordenação de intervenções nas subestações, nas linhas de transmissão, nas usinas e nas redes de telecomunicações passaram a ser mais correlacionadas com as informações sobre descargas atmosféricas fornecidas pelos sistemas de detecção e localização, com o acompanhamento de tempestades e com os mapas de localização dos ativos das empresas do setor elétrico. No entanto, a forma como cada uma dessas informações é disponibilizada afeta a percepção de eventos meteorológicos que interferem no SEP.

2.0 - MOTIVAÇÃO

Para alcançar seus objetivos, a operação dos ativos da Cemig-GT, através do COS, demanda a utilização e análise de informações meteorológicas de suma importância, produzidas em diversos aplicativos, como localizador de descargas atmosféricas, radares meteorológicos, imagens de satélites METEOROLÓGICOS ETC. O COS-CEMIG emprega, há muitos anos, informações meteorológicas na operação de geração e transmissão. Na última década as informações georreferenciadas também passaram a fazer parte dos painéis monitorados pelas equipes da sala de controle de modo a tornar a operação mais segura, realizar ações mais assertivas e reduzir riscos.

Como em outras empresas, com o passar do tempo e o aparecimento de novas tecnologias, houve na Cemig uma demanda pelo desenvolvimento que permitisse a convergência das soluções em um sistema que substituísse os numerosos programas e sistemas dispersos e provenientes de várias iniciativas para atender as necessidades específicas de outras áreas da empresa com informações meteorológicas, mapas e a representação georreferenciada de ativos da Cemig. Alguns desses programas, sistemas e informações EXEMPLIFICADOS NA FIGURA 1 foram desenvolvidos em linguagens diferentes, adotando tecnologias variadas e tendo sido fornecidos por outras empresas, o que tornava difícil a integração entre as soluções.

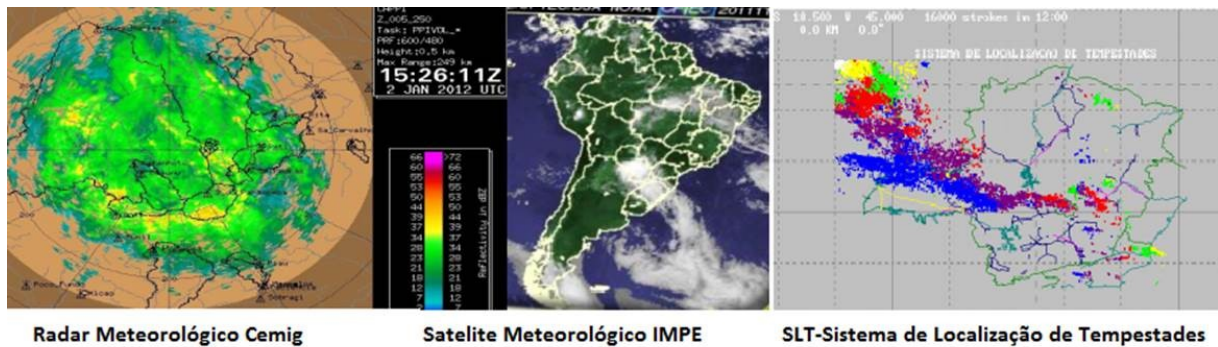


FIGURA 1 – Exemplo dos diferentes sistemas de acompanhamento de eventos meteorológicos utilizados anteriormente pela Cemig

Algumas condições impulsionaram a iniciativa de desenvolvimento de um novo sistema: obsolescência de tecnologias e linguagens, o aparecimento de novas ferramentas abertas para implementação de funcionalidades importantes para mais de uma área, readequação das equipes dedicadas a manter as soluções, novas exigências dos usuários por informações mais adequadas aos seus processos. Sendo assim, a nova solução a ser desenvolvida deveria agregar os dados atmosféricos combinados à representação georreferenciada dos ativos operados pela Cemig (geração, transmissão e distribuição) conforme exemplificado pela Figura 2.

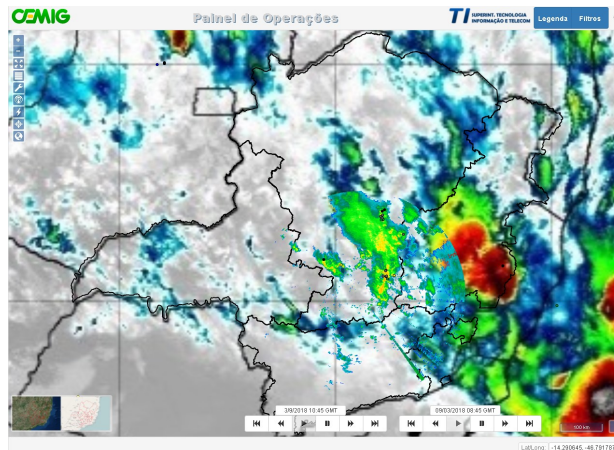


FIGURA 2 – Exemplo de representação das camadas de divisão geopolítica, divisão das gerências de manutenção da transmissão, radares pluviométricos e fotos de satélite em transições ordenadas conforme as capturas de dados na última hora

3.0 - DESENVOLVIMENTO DO GEOPORTAL E DO PAINEL DE OPERAÇÕES

O Geoprocessamento corporativo implantado na Cemig, no final da década de 90 – “O GeoCemig”, nasceu com o objetivo principal de solucionar os principais problemas decorrentes do uso de Geo-Tecnologias na empresa, dentre eles, o grande volume de informações georreferenciadas, e os inúmeros bancos de dados e sistemas gráficos, criados de forma descentralizada em diversas áreas da empresa, para utilização individual dos recursos disponíveis de mapeamento, cartografia e geoprocessamento.

A necessidade de atualização do GeoCemig deu início em 2017 ao processo de implantação da em IDE Cemig (Infraestrutura de Dados Espaciais Cemig), através do P&D 567 (1, 2) resultado na estrutura exemplificada pela Figura 3. O principal objetivo dessa IDE é facilitar a disponibilização e o manuseio de informações georreferenciadas do Sistema Elétrico (usinas, linhas de transmissão e subestações etc.), do Sistema de Telecomunicações, e também informações da base cartográfica estadual como, o contorno do Estado e dos Municípios, a redes, hidrográfica, viária, e ferroviária, imagens de satélite de alta resolução, informações ambientais e climatológicas, dentre outras.

Outra herança importante do P&D 567, existente no Painel de Operações, é o incentivo da utilização de tecnologias livres (de uso aberto e gratuito disponíveis na internet) dentro da empresa, ampliando o conhecimento das equipes de desenvolvimento e trazendo praticidade a custos mais baixos para as áreas de negócio. Assim como os demais GeoPortais desenvolvidos pela TI da Cemig, no Painel de Operações foi utilizada a biblioteca gratuita de funcionalidades geográficas conhecida como API *OpenLayers* (3) além do serviço de mapa *Open Street Maps* (OSM) (4), e o serviço de imagens de satélite de alta resolução disponibilizado gentilmente e gratuitamente por nosso fornecedor ESRI.

Sistemas de Engenharia e a IDE-CEMIG

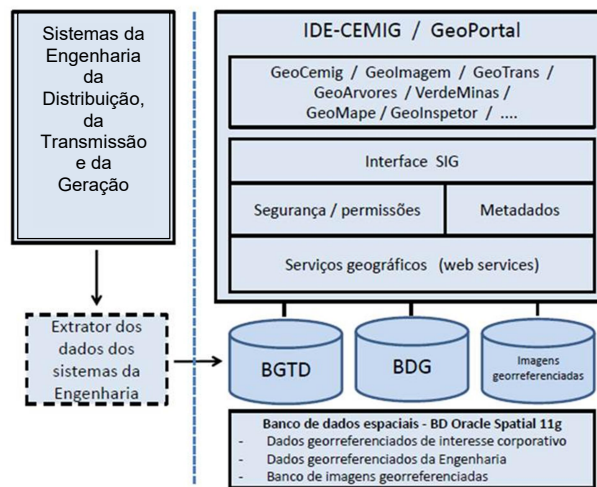


FIGURA 3 – Estrutura de relacionamento entre os sistemas de dados da Engenharia e a IDE-Cemig para os GeoPortais

Um novo GeoPortal Cemig implantado como interface da IDE adota padrões internacionais de distribuição e consumo de informações geográficas (mais conhecido como “Padrão OGC”), utilizando o formato de webservices geográficos do tipo WFS, WMS, WMTS, dentre outros. Essa padronização facilita a colaboração e o compartilhamento desse tipo de informação, contribuindo para a redução da existência de informações duplicadas, com reflexo direto na redução dos custos de aquisição e manutenção. A implantação da base da IDE Cemig tornou mais fácil dar vazão à crescente demanda por informações georreferenciadas na empresa, e ao mesmo tempo, fazer uso integrado das inovações tecnológicas implementadas na operação do sistema elétrico que têm gerado diversas ferramentas computacionais, que muito auxiliam nas tomadas de decisão.

Pensando na otimização do uso das informações meteorológicas as Gerências de Operação de Geração e Transmissão, de Planejamento Energético, e de Soluções de Tecnologia da Informação se uniram para projetar uma forma de integrar em tempo real informações meteorológicas, da operação do sistema elétrico e da distribuição espacial dos ativos de geração e transmissão. Dessa união foi criado o Painel de Operações, um aplicativo em plataforma de GeoPortal construído totalmente com base em tecnologia livre (API *OpenLayers* e tendo como base de orientação o Open Street Map), que permite a exibição em um mesmo mapa de informações de ativos do Sistema Elétrico como Usinas, Subestações e Linhas de Transmissão, juntamente com as ocorrências, em tempo real, de descargas atmosféricas, a formação de tempestades pelo radar meteorológico ou o acompanhamento do comportamento e evolução de um sistema frontal, através de imagens de um satélite meteorológico.

O painel de operações é um dos produtos obtidos da iniciativa de desenvolvimento de uma ferramenta poderosa de representação georreferenciada de dados. Dessa forma podem ser fornecidos a áreas diferentes da empresa acessos controlados a diferentes grupos de dados por meio de visualizações customizadas para cada área. São também resultados do GeoPortal o Painel da Alta Tensão que foi pioneiro e construído para o Centro de Operação da Distribuição, o Painel de Bordo para o serviço de campo da Manutenção da Distribuição, o Painel da Meteorologia, Portal Verde Minas, Portal Geolmagem, dentre outros. O uso da geotecnologia se mostrou uma boa opção para implementar esse processo de integração, aproveitando a possibilidade e exibição das

informações oriundas de diversos sistemas e aplicações computacionais em formato de mapa em uma base integrada. Com foco nessa integração foi idealizado e implementado o GeoPortal Painel de Operações que apresenta em um único mapa informações sobre a localização dos ativos da Transmissão com informações advindas da área Hidrometeorologia da Cemig como radares meteorológicos, descargas atmosféricas e imagens de satélites meteorológicos, dentre outros.

A interface proporciona o acesso rápido e fácil às imagens, aos dados e às suas combinações. Já as ferramentas apresentadas na Figura 2 permitem a exploração dessas representações de tal forma que informações sejam obtidas mesmo que por não especialistas, que por sua vez conseguem extrair ainda mais *insights*. Dessa forma o COS pode utilizar nas salas de controle o painel exemplificado pela Figura 4 sem a necessidade de pessoas dedicadas à observação e interpretação das imagens. E os especialistas podem se dedicar à extração de mais informações para fomentar as múltiplas atividades que demandam análises, previsões e alertas meteorológicos georreferenciados.

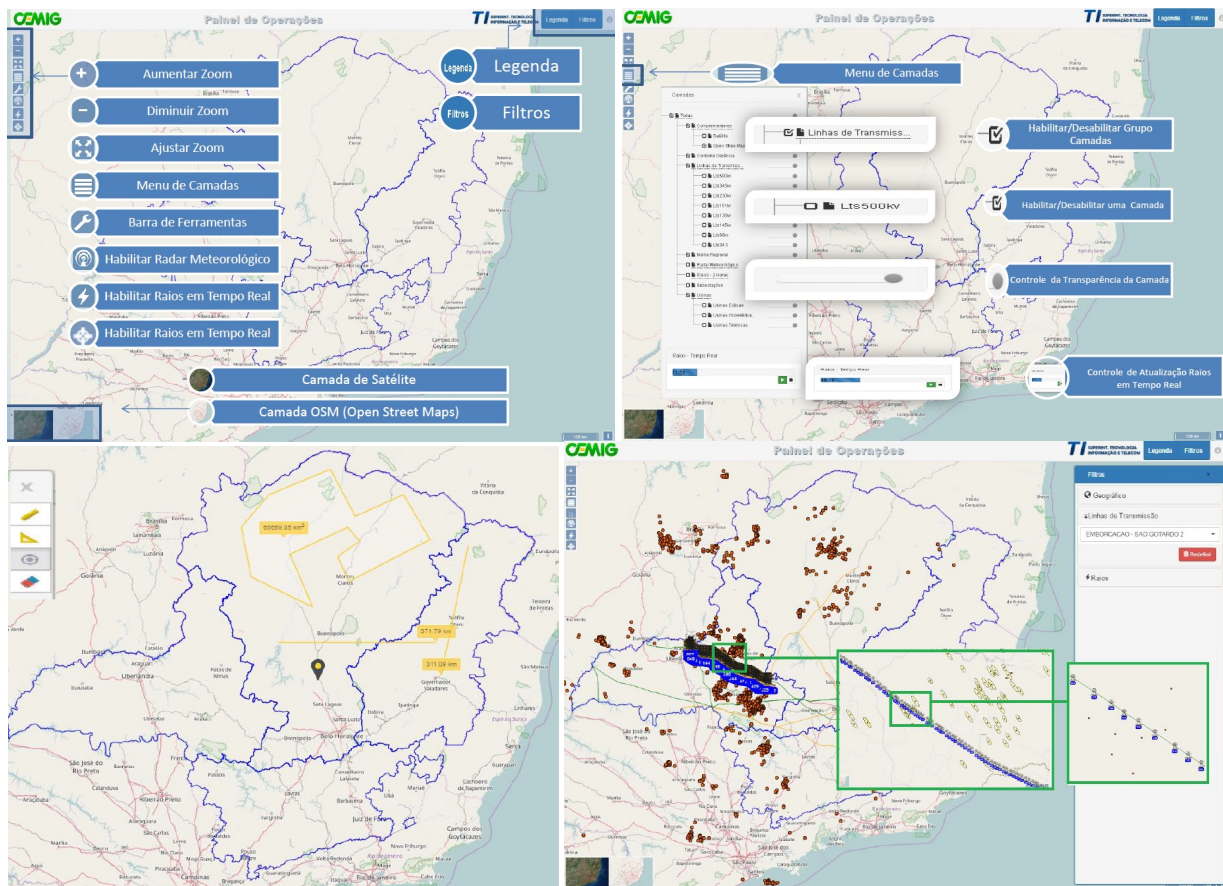


FIGURA 4 – Detalhamento das funcionalidades implementadas na versão inicial do Painel de Operações (5): controles de zoom, habilitação e níveis de transparências de camadas, trocas entre camadas base (fotos ou mapa), medição de distâncias e de áreas, traçados de linhas de transmissão com a representação georreferenciada das torres. Algumas das funcionalidades são compartilhadas com outros painéis utilizados pela Cemig.

Outras informações relacionadas ao sistema elétrico podem e têm sido agregadas ao Painel de Operações desde a sua primeira versão, tal como apresentado na Figura 5. Além do aumento do número de radares, o sistema tem agregado mais funcionalidades que auxiliam os técnicos de supervisão e controle na operação cada vez mais segura e assertiva das instalações conectadas ao Sistema Interligado Nacional. Outro ponto a ser destacado é que o sistema pode ser facilmente adaptado, gerando solução customizada para outros centros de operação e áreas de negócio da empresa e para uso por outras empresas do grupo Cemig que possuam ativos em Minas Gerais e/ou em outros estados do Brasil. Podem ser destacadas as seguintes funcionalidades:

- Representação georreferenciada de:
 - Divisões de territórios por questões variadas (política, administrativa, geográficas);
 - Descargas atmosféricas;
 - Queimadas;
 - Traçados de linhas de transmissão e de distribuição;
 - Subestações;
 - Usinas;
 - Reservatórios;

- Fotos de torres de transmissão;
- Fotos obtidas por satélites (meteorológicas, de relevo e de vegetação, de construções...);
- Radares pluviométricos;
- Medição de distâncias;
- Identificação dos elementos representados;
- Estabelecimento de pontos de referência;
- Transparência variável de camadas diferentes de informações;
- Ordenação das camadas;
- Gravação e exportação em imagem das informações representadas num determinado instante;
- Representação de escalas e símbolos diferentes de acordo com cada tipo de informação representada;
- Representação de informações obtidas em bancos históricos;
- Utilização do sistema em plataforma web acessível pelos navegadores mais recentes e já utilizados pelos usuários;
- Colocação de marcador geográfico;
- Medição de área.

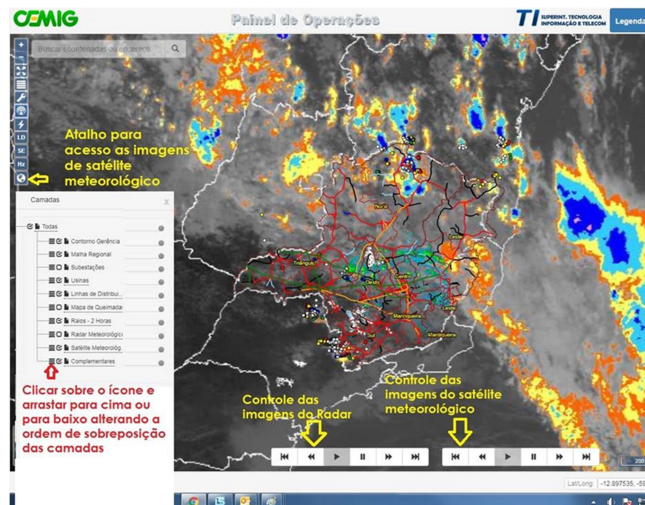


FIGURA 5 – Exemplo de utilização de funcionalidades na tela do GeoPortal PAINEL de Operações ativando as camadas com informações de diversas fontes de informação: descargas atmosféricas, radares meteorológicos, divisão das bacias hidrográficas, satélite meteorológico e traçados de linhas de transmissão para Minas Gerais

O uso de informações meteorológicas na operação do sistema elétrico é um bom exemplo dessa inovação tecnológica no acompanhamento de eventos climáticos que podem interferir sobremaneira no planejamento e execução da operação diária do Sistema Elétrico. Já se encontra incorporado ao dia a dia do operador o monitoramento do desenvolvimento de sistemas frontais, ocorrência de descargas atmosféricas, além das previsões meteorológicas. Se por um lado a separação dos serviços fornecidos por sistemas diferentes permite independência dos softwares e funcionalidades específicas, a utilização do PAINEL de Operações tem indicado que a reunião de todos os dados georreferenciados em um único sistema com acesso controlado apresenta mais vantagens para usuários e desenvolvedores/mantenedores. A Tabela 1 apresenta de forma comparativa alguns pontos importantes para o Centro de Operação.

Tabela 1 – Comparação entre cenários de disponibilização de informações para a operação

	Sistemas Separados (Sisraios/SLT (6) e radar meteorológico)	PAINEL de Operações
Utilização de software proprietário para implementar as funcionalidades de apresentar as informações	Sim	Não
Depende da compatibilidade com navegadores de internet	Não/Sim	Sim
Pode ser utilizado em plataformas móveis	Não	Sim
A indisponibilidade de uma das fontes ou de um dos softwares não afeta a disponibilidade dos demais	Sim	Sim
Algumas indisponibilidades do software/sistema base afetam a publicação de todas as informações e funcionalidades	Não	Sim
As funcionalidades do software de cada uma das informações não são compartilhadas ou disponibilizadas para os demais softwares	Não	Sim
A implementação de novas ferramentas e funcionalidades, além da manutenção, pode ser feita com o sistema operação além de poder	Não	Sim

ser disponibilizada para os usuários rapidamente		
Permite o controle de acesso às informações conforme o perfil do usuário previamente cadastrado	Não	Sim

4.0 - UTILIZAÇÃO DO PAINEL NA OPERAÇÃO

Atualmente, o acompanhamento do avanço de chuva, de descargas e de queimadas permite a adoção de ações a partir de tomadas de decisão mais bem fundamentadas. As intervenções podem ser adiadas, adiantadas ou interrompidas caso sejam identificadas condições que afetem a segurança para as equipes e/ou os equipamentos e sistemas envolvidos. Num dia chuvoso para uma localidade, uma intervenção pode ser interrompida, adiada dentro do período programado ou nem mesmo iniciada dadas as informações disponíveis no Painel de Operações. Certamente isso repercute na segurança para as equipes e para o SEP, além de reduzir os custos e o cancelamento tardio ou errado de intervenções programadas. As reprogramações de atividades pelo Tempo Real também são melhor embasadas.

Com certa antecedência é possível tomar ações com base nos eventos observados nos diferentes mapas disponíveis. Além disso, os eventos que levam a desligamentos podem ser mais facilmente relacionados com fatores atmosféricos, podendo ser tomadas ações mais assertivas para o restabelecimento de equipamentos e de redes com o acionamento de equipes nas regiões e nas localidades mais adequadas. Um desligamento por descarga atmosférica ou por queimada pode ser correlacionado com os resultados do sistema analisador de faltas para indicar a possibilidade de religamentos com menores números de tentativas. Por sua vez, a indicação de grande quantidade de chuva em regiões onde há subestações pode indicar acionamentos de equipes envolvidas em desligamentos e que deverão passar por inspeção e melhor acompanhamento.

A exibição das informações em um único mapa tal como representado na Figura 2 facilita muito a análise da influência de condições meteorológicas no Sistema Elétrico, impactando positivamente na tomada de medidas preditivas ou mitigatórias de ocorrências de faltas no sistema, contribuindo para aumentar ainda mais o nível de acerto das ações tomadas na operação em tempo real. Por força da legislação vigente normatizada nos Procedimentos de Rede (7), é premente a necessidade de redução do tempo de indisponibilidade de equipamentos do sistema de transmissão que demanda cada vez mais a utilização de informações agregadas para que se tenha a máxima agilidade nas ações de restabelecimento e de gerenciamento de intervenções. A representação ajustável dos dados em camadas como ilustrado na Figura 5 e na Figura 6 permite o seu correlacionamento visual gerando informações e conhecimento para a tomada de decisões e a comunicação às áreas envolvidas na operação, incluindo o Operador Nacional do Sistema. Não menos importante, o acompanhamento da geração permite antecipar ações que permitem o melhor uso dos recursos hídricos e reduzem os riscos da operação para barragens, pessoas, meio ambiente.

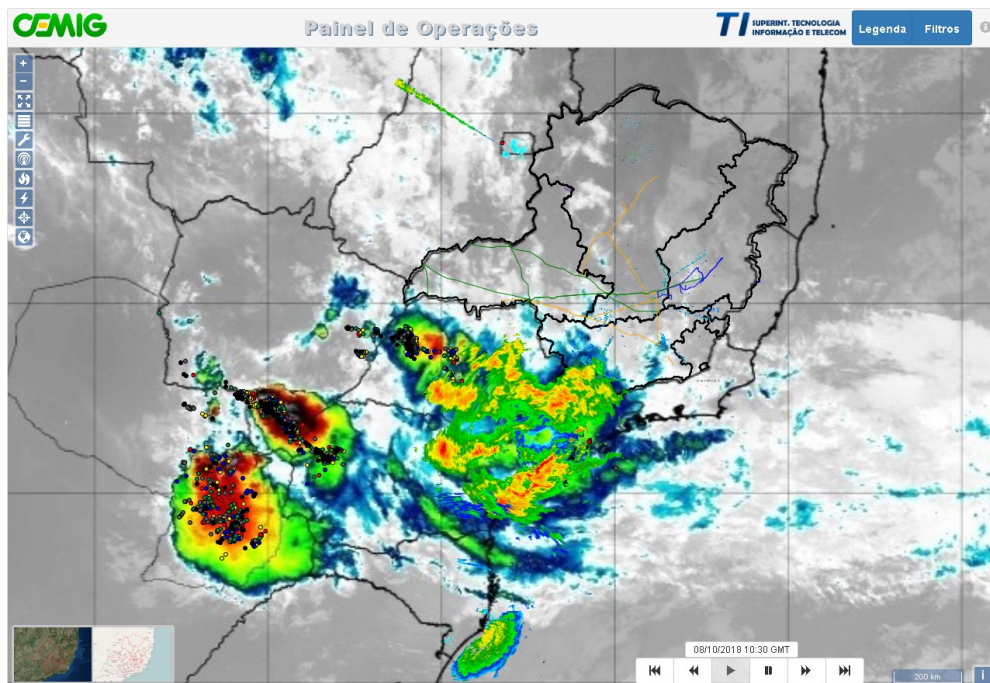


FIGURA 6 – Exemplo de utilização ativando as camadas de descargas atmosféricas, radares meteorológicos, fotos de satélite, divisão das gerências de transmissão e traçados de linhas de transmissão

Além da observação da evolução temporal das informações pelo Tempo Real utilizando os recursos exemplificados na Figura 7, a apuração dos desligamentos de linhas de transmissão (Pós-Operação) já faz uso do acesso ao

histórico de informações da operação e do Painel de Operações. É possível retornar ao período de ocorrência das descargas e dos focos de queimadas para confirmar ou descartar as causas que causaram desligamentos de equipamentos e linhas.

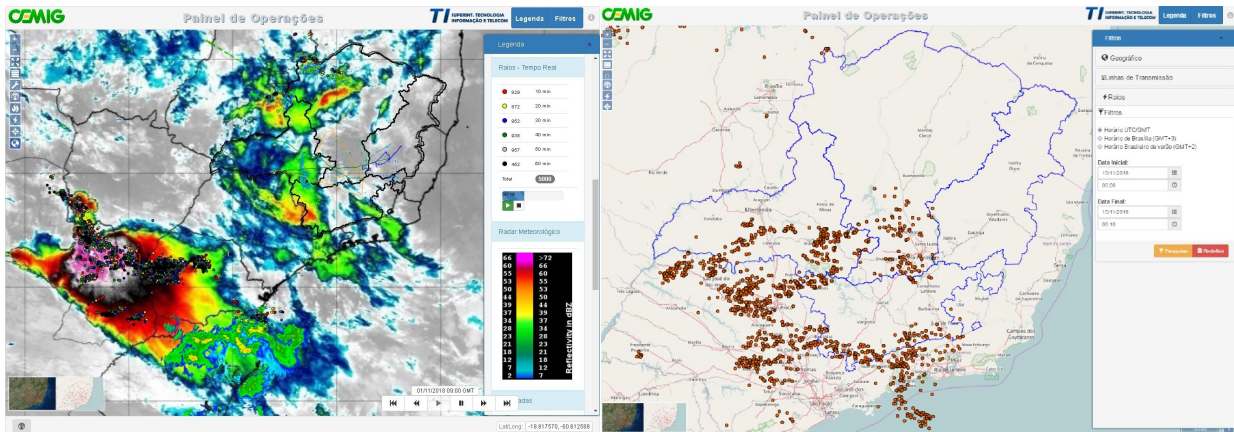


FIGURA 7 – Exemplo de utilização com a legenda de cores e de alguns símbolos utilizados para descargas atmosféricas em uma hora (esquerda) e por histórico (direita), além da sequência temporal de imagens nas transições ativando as camadas de descargas atmosféricas, radares meteorológicos, fotos de satélite, divisão das gerências de transmissão e traçados de linhas de transmissão. Comparação entre utilização em Tempo Real (esquerda) e Pós-Operação (direita).

4.1 Trabalhos futuros

Os próximos passos do Painel de Operações apontam para a implementação das informações hidrometeorológicas em tempo real, hoje disponibilizadas no PI System, e a localização das faltas nas LT indicadas na oscilógrafa do Sistema de Análise de Perturbações (SAPNET) (8). Esse processo se dará de forma totalmente automática e agendada através de fluxos de atividades criados pelo *Feature Manipulation Engine* (FME), uma ferramenta de *Extract - Transform - Load* (ETL) geográfico adquirida pela Cemig para esse propósito. A atual arquitetura baseada em webservices geográficos aliada a esta potente ferramenta de ETL se firmarão como os pilares para o sucesso da utilização dos GeoPortais já disponíveis na Cemig ou que ainda serão implementados.

Tanto para o setor de Programação de Intervenções (Pré-Operação), quanto para os responsáveis pela solicitação de intervenções, a disponibilização das informações meteorológicas em tempo real e previstas com a antecedência solicitada pelo ONS para a programação de atividades ajudaria muito na escolha das atividades, dos períodos de atividades e na mobilização de equipes. Seriam evitados custos de atividades reprogramadas e/ou canceladas. Para a Análise da Operação (Pós-Operação), a disponibilização dos históricos de todos os eventos meteorológicos auxiliaria nas apurações de desligamentos e de ações tomadas pelo Tempo Real.

Seguem algumas sugestões coletadas para estudo de integração às camadas do Painel de Operações:

- Malhas das bacias do Sistema de Telemetria e Monitoramento Hidrometeorológico - STH (6, 9)
- Apontamento georreferenciado das intervenções diárias relevantes do Sistema de Gerenciamento de Desligamentos - SGD (10)
- Localização de descargas atmosféricas em LT
- Trecho aproximado e diagnóstico para faltas em LT obtidas pelo SAPNET
- Malha de telecomunicações estações repetidoras e das instalações em subestações e usinas operadas pelo COS-CEMIG
- Usinas e subestações do Sistema Interligado Nacional (Cemig e outros agentes)
- Localização de usinas hidroelétricas: separação PCH e GCH
- Representação de usinas de outras fontes e capacidades inseridas no SEP (térmicas, biomassa, fotovoltaicas e eólicas)
- Reservatórios em Minas Gerais
- Rede hidrográfica MG - IGAM
- Municípios MG
- Gerências Regionais de Manutenção da Transmissão
- Melhorar o posicionamento de camadas para deixar a superposição mais precisa
- Número/montante de carga de clientes potencialmente afetados por um desligamento na malha (bolhas de clientes por terminal de linha de consumidor)
- Mapas de temperaturas nas regiões do estado e do Brasil
- Representação de ativos de outras empresas operados pelo COS-CEMIG
- Funcionalidade que permita a cada usuário guardar em seu perfil pontos e representações de seu interesse para realizar as suas atividades

- Mapas criados a partir das informações de inspeções de linhas de transmissão e que identificaram a presença de pássaros em estruturas, além de registrarem a instalação de dispositivos de segurança para evitar a reincidência de tal presença.

5.0 - CONCLUSÕES

Por todos os argumentos e características apresentados, pretendeu-se demonstrar o desenvolvimento e os resultados obtidos na criação, na manutenção e na utilização do sistema do qual se deriva o Painel de Operações, utilizado pelo COS-CEMIG. Dentre outros pontos apresentados, casos de uso das informações foram exemplificados demonstrando as relações entre os processos da operação do sistema elétrico de potência, as funcionalidades do painel e o conhecimento gerado. Embora a indisponibilidade do Painel não interrompa as ações do Centro de Operação, a falta das informações disponibilizadas por essa importante ferramenta repercute em tomadas de decisão que trazem consigo algum atraso seja na resolução de ocorrências, seja na antecipação de procedimentos. Novas ideias de desenvolvimento, implementação e de utilização também foram apresentadas para trabalhos futuros.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CIH e parceiros estão desenvolvendo geoportal para a Cemig. <http://www.hidroinformatica.org/index.php/br/base-de-archivos/espacio-cih/223-centro-internacional-de-hidroinformatica-cih-e-parceiros-estao-desenvolvendo-geoportal-para-a-cemig>
- (2) PTI e UFV desenvolvem geoportal em software livre para Cemig. 2017 <https://www.pti.org.br/pt-br/content/pti-e-ufv-desenvolvem-geoportal-em-software-livre-para-cemig>
- (3) OpenLayers - <https://openlayers.org/> - Código licenciado sob a 2-Clause BSD.
- (4) OpenStreetMap - <https://www.openstreetmap.org> - Fundação OpenStreetMap, ©contribuidores do OpenStreetMap
- (5) Superintendência de Tecnologia da Informação. Painel de Operações - Manual do Usuário (Simplificado). 2017
- (6) Meio Ambiente – Relatório CEMIG. http://www.cemig.com.br/pt-br/relatorio_anual/Documents/relatorio/includes/ie/dados_meioambiente.html
- (7) OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA. Procedimentos de Rede - <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-ons/procedimentos-de-rede/mpo>
- (8) SAPNET – Sistema de Análise de Perturbações da CEMIG. XV SNPTEE Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. <https://www.cqti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2015/12/SAPNET-%E2%80%93-Sistema-de-An%C3%A1lise-de-Perturba%C3%A7%C3%B5es-da-CEMIG.pdf>
- (9) Cemig desenvolve sistema de previsão de vazões dos rios. O Tempo. 03/04/2009. <https://www.otempo.com.br/cidades/cemig-desenvolve-sistema-de-previs%C3%A3o-das-vaz%C3%B5es-dos-rios-1.499152>
- (10) Silva, Alexandre Pinto da. Pré-Operação de Centros de Controle de Transmissão e Geração de Energia Elétrica - Procedimento para validação de manobras de equipamentos de rede elétrica. Dissertação de Mestrado N 694 CPDEE-UFMG. 2011. Brasil. <https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/6M.PDF>

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Francisco Alberto de Andrade Queiroz - Belo Horizonte, MG, 1983. Graduação em Engenharia Elétrica pela

Universidade Federal de Minas Gerais (2007). Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil (2009). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência e Inteligência Computacional. Engenheiro Pleno no Centro de Operação Remota do Sistema da Companhia Energética de Minas Gerais Geração e Transmissão (CEMIG GT).



Alexander Gonçalves da Silva - Graduação em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2004). Pós-graduação em Gerenciamento Ambiental de Bacias Hidrográficas pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2005). Atua como Analista de Sistemas de Geoprocessamento na Cemig. Tem experiência nas áreas de Ciência da Computação e de Planejamento de Operação Hidráulica de Reservatórios. Tem experiência na área de Ciência da Computação.



Wirllan Dorneles Rocha - Graduação em Engenharia Industrial Elétrica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (2005) e pós-graduação e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá (2017). Atualmente é engenheiro Sênior no Centro de Operação Remota do Sistema - Cemig Geração e Transmissão. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Operação de Sistema Elétrico de Potência.



Geraldo Manoel Moreira da Paixão - Graduação em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2004). Pós-graduação em Gerenciamento Ambiental de Bacias Hidrográficas pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2005). Atualmente é técnico de planejamento hidroenergético da CEMIG Geração e Transmissão S.A na Gerência de Planejamento Hidroenergético. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Arquitetura de Sistemas de Computação, atuando principalmente nos seguintes temas: radar meteorológico, Sistema de Localização de Descargas Atmosféricas, Climatologia e Geoprocessamento.

Jorge Machado Quintanilha Neto - Graduação em Sistemas de Informações pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2010). Aperfeiçoamento/Especialização em Sistemas de Informação pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2010).

Arthur Chaves de Paiva Neto - Graduação em Meteorologia pela Universidade Federal da Paraíba (2001) e mestrado em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2003). Atualmente é Meteorologista da Companhia Energética de Minas Gerais - Geração e Transmissão. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Meteorologia Dinâmica, atuando principalmente nos seguintes temas: previsão de tempo e Clima, Hidrometeorologia, Previsão Ensemble, Teleconexões e Climatologia.

Carlos José de Andrade - Graduação em Tecnologia Superior em Processamento de Dados pela Universidade Vale do Rio Doce (1994) e especialização em Engenharia de Software pela Pontifícia Universidade Católica de Minas

Gerais (2003).