

GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO - GDI

DSVIEW – ASPECTOS TÉCNICOS DA PLATAFORMA DE SOFTWARE E HARDWARE PARA INSPEÇÕES COM IMAGENS TERMAIS E RGB COM SUPORTE DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

ANTONIO WENDELL DE OLIVEIRA RODRIGUES(1);REJANE CAVALCANTE SÁ RODRIGUES(1);ELIAS TEODORO DA SILVA JUNIOR(1);LEANDRO VIEIRA MUNIZ ANGELONI(2);EDMILSON JOSÉ DIAS; ISABEL FROTA COSTA(1)
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ(1); CEMIG-D(2)

RESUMO

Nas manutenções de linhas e redes de distribuição é comum o armazenamento de vídeos ou imagens (com metadados) e documentos, que são obtidos durante as inspeções. DSView é uma plataforma que é capaz de sistematizar a programação e execução de inspeções, a base de dados gerados, bem como a identificação e classificação, por inteligência artificial, de anomalias encontradas. DSView é composto de software que executa a gestão das inspeções via RPA capaz de automatizar algumas tarefas, tais como captura de imagens, disparadas por eventos de identificação por visão computacional e alarmes de temperatura em imagens termográficas.

PALAVRAS-CHAVE

Gestão de Ativos, Machine Learning, Detecção e Classificação de Anomalias, Drones em Inspeção

1.0 INTRODUÇÃO

As companhias de transmissão e distribuição de energia elétrica tem como norma fazer inspeções com intuito de identificar locais onde haja necessidade de manutenção preventiva. Estes procedimentos ajudam a diminuir consideravelmente o número de falhas, reduzindo assim os indicadores de continuidade de fornecimento de energia. Helicópteros e, mais recentemente, RPAs (drones) vêm sendo frequentemente utilizados no trabalho de documentação e produção de material de mídia digital para posteriores análises (1).

Entretanto, o grande volume de dados produzidos pelas diversas inspeções cria uma dificuldade recorrente na garantia da rápida localização espacial e temporal de imagens e vídeos produzidos, sejam eles termográficos ou RGB. Além disso, relatórios definidos na inspeção são encaminhados aos setores de manutenção, porém os fluxos de verificação de execução dos trabalhos corretivos não costumam existir por não haver uma sistematização de todo o processo. Não há ainda, mesmo que haja metadados disponíveis, um fácil cruzamento das estruturas dos ativos e das imagens capturadas, o que causa sobretrabalho na geração de ordens de manutenção.

Outro ponto importante a salientar é que anomalias térmicas e cruzetas fendilhadas, por exemplo, são identificadores que se repetem nas classificações de falhas de ativos numa imagem. A busca desses identificadores ou marcadores em um grande número de imagens também demanda tempo e trabalho.

Desta forma, este trabalho apresenta o DSView como uma plataforma de software em nuvem que contempla os diversos fluxos de procedimentos de preparação e execução de inspeções com uso de imagens termais e RGB (2).

A plataforma teve sua modelagem de acordo com requisitos para atendimento ao setor elétrico, que usualmente fazem uso de helicópteros e RPAs em suas inspeções com operadores especialistas na área. O principal objetivo é permitir o armazenamento de imagens, a identificação de anomalias com auxílio de um *backend* de inteligência artificial com *deep learning* e manter um histórico evolutivo dos ativos em relação às inspeções e manutenções corretivas. O resultado é uma ferramenta disponível para toda a companhia com diferentes níveis de acesso e que permite acompanhar e anotar, com uso de detecções e classificações inteligentes, imagens de ativos ao longo do tempo.

2.0 DESENVOLVIMENTO

2.1 Análise e Modelagem de Dados

Análise de requisitos e modelagem de dados se deu através da elaboração de um modelo de entidade-relacionamento (ER), conforme pode ser visto parcialmente na Figura 1. Mais de 30 entidades e seus respectivos atributos e relacionamentos foram definidos e compreendem os seguintes núcleos de dados:

- Missões de Inspeção
- Auditoria
- Galerias de Imagens
- Companhias e Pessoas
- Acesso e Segurança
- Informações Meteorológicas
- Equipamentos
- Registros e Autorizações
- Anotações e Severidades
- Scripts do Módulo Embarcado
- Comunicação Externa e Alertas
- Relatórios
- Integrações Externas

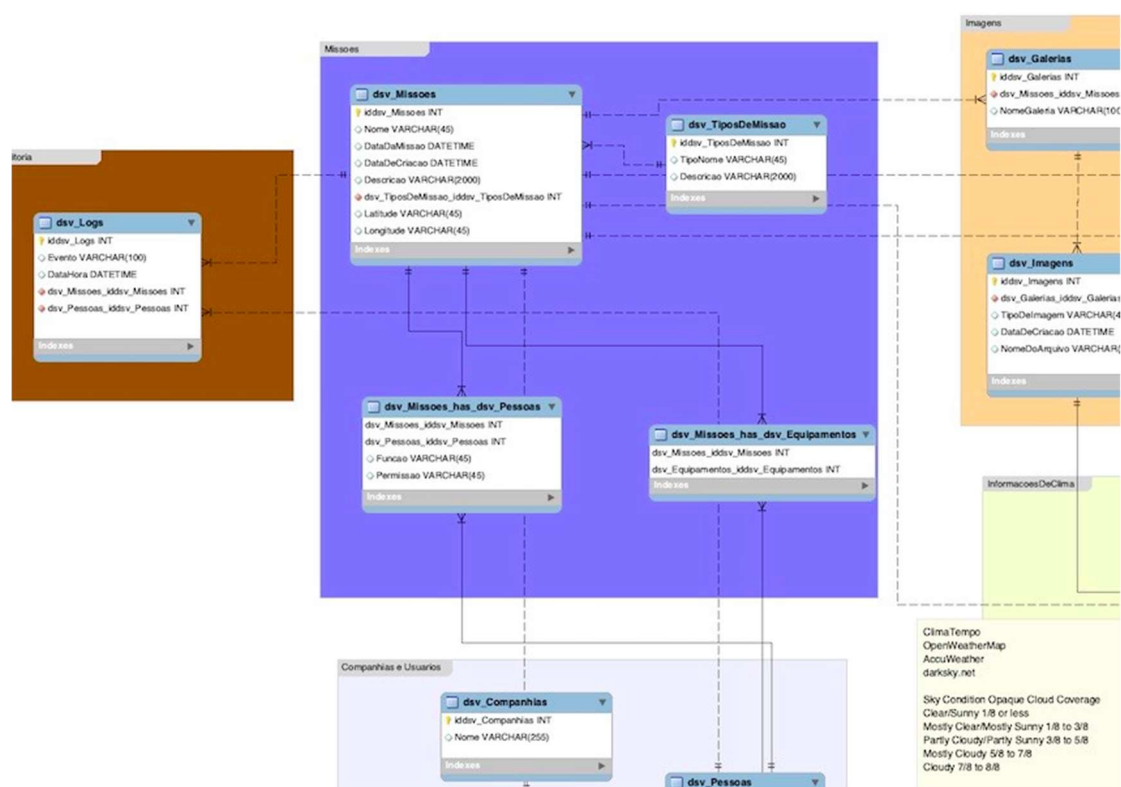


FIGURA 1 – Modelo parcial de entidade-relacionamento – Fonte: imagem própria.

No aspecto do dinamismo da plataforma, os fluxos dos processos foram modelados por cerca de 20 diagramas de atividades. A Figura 2 mostra um desses fluxos para o processo macro de execução de uma missão de inspeção.

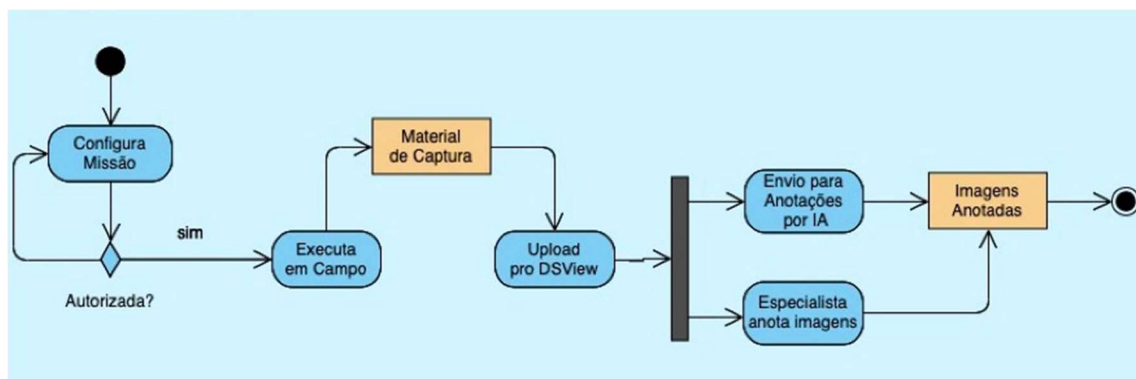


FIGURA 2 - Diagrama de Atividades para Execução de Missão de Inspeção – Fonte: imagem própria

2.2 Aspectos de Implementação

A implementação teve seus aspectos pensados na questão da fácil escalabilidade do volume de dados processados sem causar grande impacto no desempenho. A estrutura de aplicações e banco de dados em nuvem faz uso de servidores independentes e com incrementos graduais de acordo com a demanda (3). O banco de dados é um banco relacional com suporte a dados espaciais de acordo com os padrões de atributos e funções GIS (*Geographic Information System*). Este aspecto é de fundamental importância na agilidade de quando se faz cruzamento de localização de imagens e estruturas de ativos da companhia. A plataforma é suportada, desta forma, pela infraestrutura em nuvem escalável apresentada na Figura 3. Os servidores servem como infraestrutura de serviço elástico que conseguem se adequar a demanda de forma gradativa. Podem ser implementados tanto em nuvens públicas como em nuvens privadas da companhia em sistemas virtualizados ou containerizados (4).

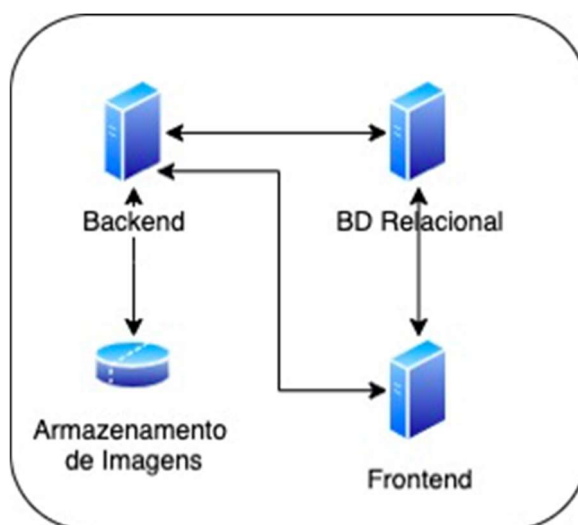


FIGURA 3 – Atores envolvidos na implementação dos serviços do DSView em nuvem – Fonte: imagem própria.

2.3 Procedimentos

Todo o processo se inicia na definição de uma missão de inspeção. Este agendamento é necessário pois é importante que a equipe tenha conhecimento das atividades, identificação de ativos das estruturas inspecionadas, bem como a situação técnica e legal do uso dos equipamentos. A Figura 4 apresenta o ambiente de agendamento de missão em modo edição. Neste momento, a indicação da localização no mapa é utilizada para viabilizar dois requisitos de projeto:

1. identificação da previsão meteorológica para o dia e local especificados;
2. facilitação de busca por missões agendadas de acordo com área especificada.

O tipo da missão permite ainda a identificação da fonte principal do material a ser capturado durante as inspeções. No formulário é possível especificar helicóptero, drones, registro de solo ou outros.

FIGURA 4 – Tela de inserção de dados gerais da missão a ser executada – Fonte: imagem própria.

Na tela apresentada na Figura 4, observam-se ainda opções que permitem a inserção de uma nova programação de missão, gestão de equipamentos e equipes. Toda missão de inspeção já define o usuário que está ativo no sistema como o responsável principal. Entretanto, é possível identificar outros membros que irão compor a equipe e suas funções. Nesta etapa, é possível ainda especificar quais equipamentos serão usados durante a inspeção. Isto permitirá o acompanhamento de disponibilidade, histórico de manutenção dos equipamentos e, principalmente, acompanhar as documentações que regularizam seu registro e autorizações específicas do voo no caso de RPAs. A plataforma permite o *upload* de documentos gerados pelas ferramentas online da ANAC e DECEA (SARPAS, 2020), por exemplo. Este é um dos aspectos inovadores da plataforma DSVIEW e que permite à companhia permanecer assegurada junto aos órgãos reguladores. Outro ponto de inovação é o botão "Scripts Calango". Trata-se de uma interface de programação de alto nível para um sistema embarcado em um RPA que permite executar tarefas automatizadas sob supervisão de um piloto em solo. As automações podem, por exemplo, indicar ao sistema embarcado, dotado de visão computacional, que ao identificar um determinado objeto no seu campo de visão, uma ação de se aproximar ou capturar imagens é executada. A descrição dos detalhes envolvidos no sistema embarcado, também conhecido como Calango, não é objetivo deste trabalho.

Uma vez que a inspeção é executada, o material produzido deverá ser importado para a plataforma. Para isso, há a opção "Galerias" que leva à interface demonstrada parcialmente na Figura 5. No ambiente indicado na Figura 5, há 3 caminhos que levam à visualização das imagens, disposição das capturas sobre o mapa da região inspecionada e estruturas correlacionadas com a base GIS *offline* disponível na integração com a plataforma.

Todas as imagens, sejam elas RGB ou termográficas, são analisadas estruturalmente em seus metadados através de ferramentas internas específicas de extração de atributos tais como: coordenadas GPS, modelo e fabricante do equipamento de captura, resolução e tamanho do arquivo, dentre outras informações registradas em informações EXIF (*Exchangeable image file format*) (EXIF, 2002). Este processo acontece paralelamente no *backend* da

plataforma e já ajusta o correlacionamento de cada imagem e a estrutura mais próxima através de *queries* espaciais específicas. Este correlacionamento é mais um dos itens que contribuem para as estruturas de marcadores que são de fundamental importância durante o processo de busca na base.

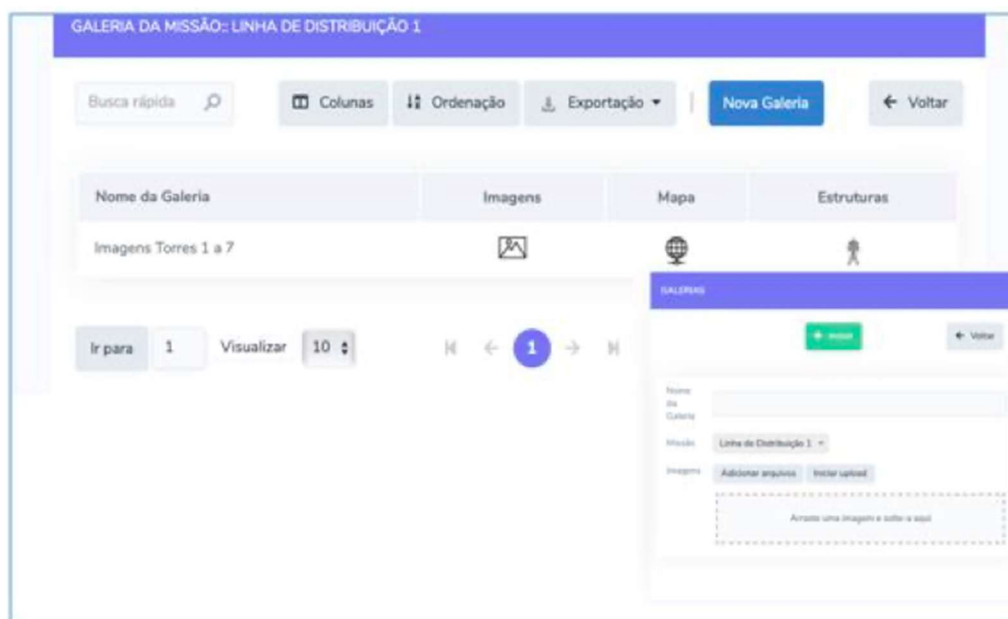


FIGURA 5 – Tela de importação de imagens, visualização, apresentação em mapa e estruturas da LD e RD associadas às imagens – Fonte: imagem própria.

2.4 Marcadores e Deep Learning

Os metadados das imagens trazem informações que são obtidas durante a captura. São informações estáticas tais como a resolução da imagem. Algumas câmeras com uso de sensores externos, tais como GPS, conseguem associar coordenadas geográficas à imagem, característica que é bem explorada pela plataforma DSView. Imagens térmicas, por exemplo, trazem ainda metadados relacionados à máxima e mínima temperatura do assunto da captura.

No entanto, há dados que são aplicados após análise do conteúdo da imagem. A detecção de um objeto e sua classificação é uma tarefa muitas vezes delegada a um especialista. Para as imagens térmicas, este processo é suportado pelas ferramentas de software que classificam automaticamente o mapa de calor em uma imagem através de cores. Neste caso, o especialista só necessita reconhecer o objeto com comportamento anômalo e compará-lo com um objeto de referência. Fruto também do projeto que este trabalho está contemplado, foi desenvolvido uma solução em *backend* com alto poder computacional e uma rede neural (*deep learning*) treinada para execução de diversas tarefas, dentre elas, pode se citar, como exemplo, a identificação de isoladores numa imagem. O processamento é feito em *backend* e as imagens são anotadas como pode ser observado na Figura 6. É um processo automático feito em *background* e que não impacta a usabilidade da interface da aplicação.

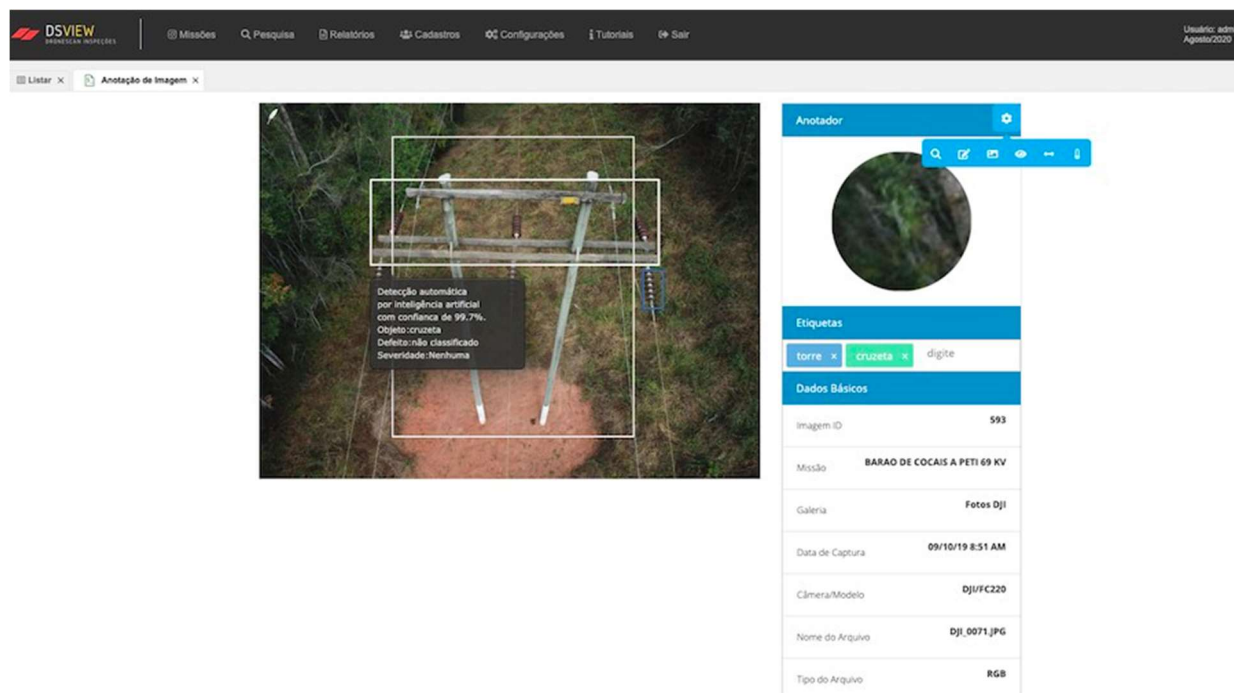


FIGURA 6 – Tela de anotação e interação com o DSVIEW IA – API – Fonte: imagem própria.

O *backend* é resultado do treinamento de uma DNN (*Deep Neural Network*). Na Figura 7, é apresentado o processamento de treinamento em um servidor com suporte de GPUs e o framework *Tensorflow* (FLORENCIO et al, 2019). para um *dataset* de isoladores elétricos. O processo de treinamento tem custos de tempo e computacional altos, entretanto, este processo é feito uma única vez ou em grandes intervalos de tempo. O resultado deste treinamento é um modelo parametrizado que pode ser embarcado ou colocado em um servidor menos robusto que faz todo o processo de detecção de objetos e classificação de anomalias.

O objetivo aqui não é substituir o especialista, mas sim auxiliá-lo no processo de identificação de problemas. O operador da plataforma pode, a qualquer momento, modificar o resultado das detecções e classificações automatizadas e corrigir falsos-positivos ou falsos-negativos. Estas alterações têm relevância quando essas próprias reclassificações ajudam a rede neural a melhorar seus parâmetros e, conseqüentemente, suas taxas de acertos. As marcações e anotações associadas às imagens vão para o banco de dados e passam a compor a estruturação de informações vinculadas à missão correspondente. Esta composição traz facilidades na rápida localização de anomalias e preparação de relatório que é entrada para elaboração de ordens de serviços das equipes de manutenção.

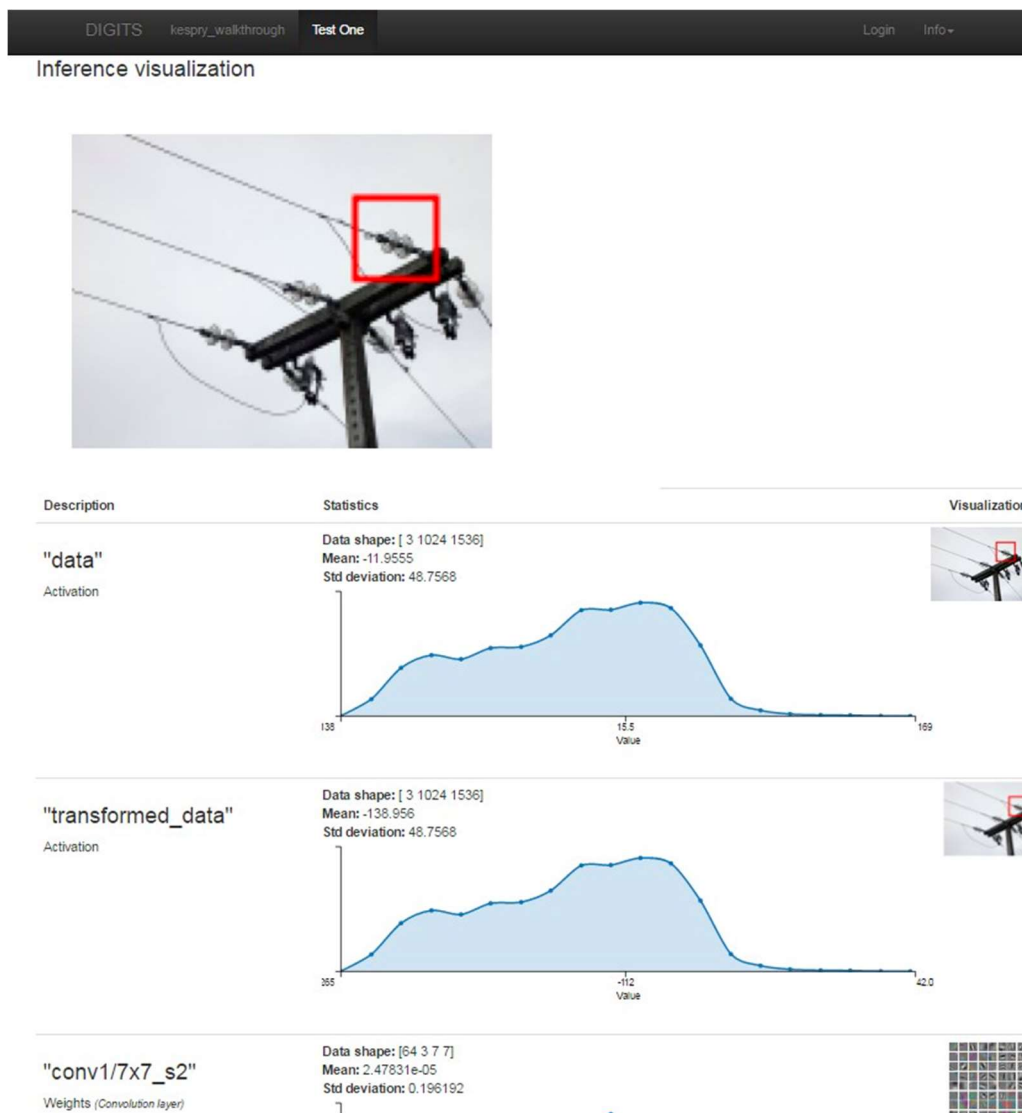


FIGURA 7 - Treinamento da DNN para Reconhecimento de Isoladores– Fonte: imagem própria.

2.5 Imagens e Estruturas

Uma das maiores preocupações durante o desenvolvimento da solução era a obrigatória necessidade de integração com sistemas legados da companhia. Experiências anteriores revelam que o processo de integração é sempre difícil de ser finalizado devido a agentes externos ao desenvolvimento. Entretanto, a plataforma DSView faz uso de uma base de estruturas cujas alterações acontecem em largos intervalos de tempo. Desta forma, as estruturas de ativos inseridas no banco é uma cópia reduzida daquelas encontradas nos sistemas legados, tais como as ferramentas GIS da empresa. A atualização pode ser feita de forma *offline* sempre que mudanças significativas ocorram. A disponibilidade das estruturas dentro da plataforma visa, principalmente, a associação das imagens capturadas a determinados dispositivos. Isto facilita o trabalho das equipes de campo através das identificações formais (com códigos do ERP SAP, por exemplo) dos ativos com riscos de falhas. Além disto, as próprias equipes de inspeção se beneficiam diretamente pois conseguem visualizar o histórico evolutivo das modificações de um determinado ativo, evitando assim, retrabalho em inspeções repetitivas por falta de informação que, com o DSView, são evitadas ou impulsionadas, com alto grau de confiabilidade, através de dados de inspeções já efetuadas em determinada estrutura.

Eventualmente, imagens podem ter duplicidades de associação com estruturas distintas. Isto acontece devido à proximidade de estruturas em linhas paralelas. Para resolver isso, o DSView permite a parametrização das associações por níveis distintos de pontos mais próximos. Por comportar dados espaciais, a base de dados fornece subsídios que permitem a rápida localização de pontos georreferenciados das estruturas no entorno e que mais correspondem ao real assunto registrado na imagem.

3.0 CONCLUSÕES

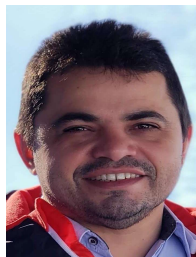
Este trabalho técnico apresentou o DSView como uma plataforma em nuvem para gestão de inspeção de ativos. Suas funcionalidades foram descritas e algumas de suas telas apresentadas. Como ferramenta que abrange desde a preparação da missão de inspeção, controle dos equipamentos usados tais como RPAs, e, principalmente a gestão de imagens termais e RGB, a solução preenche uma lacuna que mitiga bastante o retrabalho de equipes de inspeção. Além de otimizar os esforços de equipes de inspeção preventiva e manutenção corretiva, inovações são atreladas às funcionalidades visando a identificação de anomalias de forma automática e com aprendizado realimentado pelas próprias intervenções dos especialistas em análise de falhas dos ativos. Desta forma, o DSView contribui diretamente com a automação dos procedimentos de inspeção que compreendem, entre outros aspectos, as questões de órgãos regulatórios e avaliação da vida útil dos equipamentos usados durante as execuções das inspeções. Efetivamente, com o uso da plataforma DSView, indicadores de continuidade terão impacto positivo através da viabilização de manutenções corretivas com assertividade. Como perspectiva, espera-se que a plataforma possa viabilizar a organização de um grande *dataset* de imagens termográficas e RGB de ativos que vai contribuir diretamente nas melhorias dos algoritmos de *deep learning* que são continuamente desenvolvidos com o intuito de se especializar cada vez mais na identificação de anomalias em componentes de estruturas das redes e linhas de distribuição de energia.

O trabalho aqui descrito é parte de um projeto maior, desenvolvido no programa de pesquisa e desenvolvimento (P&D ANEEL), e compreende os diversos procedimentos relacionados a uma missão de inspeção, captura de imagens, sistemas embarcados em RPA e anotações por *deep learning*.

4.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) FALORCA, Jorge G. F. & LANZINHA, João C. G. “A utilização de drones como ferramenta tecnológica emergente para a inspeção técnica da envolvente de edifícios - revisão e ensaio de campo. In proceedings: Congresso Construção 2018 – Reabilitar e construir de forma sustentável, Livro de Atas pp 1016-1026, Livro de Resumos pág. 162, FEUP, Porto 21,22,23 nov 2018. p. 7,8.
- (2) STOJCISCS, Daniel & LOVAS, Istvan & DOMOZI, Zsolt & ANDRAS, Molnar. (2018). High Resolution 3D Thermal Imaging Using FLIR DUO R Sensor. 000311-000316. 10.1109/INES.2018.8523914.
- (3) FOSTER, I. & Yong, Z. & Raicu, I.; LU, S. Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared. Department of Computer Science, University of Chicago. 2008.
- (4) MERKEL, D. Docker: Lightweight Linux Containers for Consistent Development and Deployment. Linux Journal., 2014.

DADOS BIOGRÁFICOS



Doutor pela Univ. de Lille/França trabalhando com Comp. de Alto Desempenho usando GPUs. Possui pós-doutorado em Gestão da Inovação pelo Lambton College, Canadá. Trabalhou como pesquisador em tempo integral no INRIA e parcialmente na Universidade de Hertfordshire, UK. Mestre em Computação com dissertação na área de ensino de redes de computadores. Possui graduação em Engenharia Elétrica e Informática pela UFC. É professor titular do IFCE nos cursos de telemática, eng. da computação e de telecomunicações. Tem experiência na área de Ciências da Computação, com ênfase em Hardware, atuando principalmente nos temas: engenharia de software, HPC e segurança de redes.

(2) EDMILSON
Formação Acadêmica 1986-1988 – CEFET MG : Curso Técnico de Eletromecânica 1990-1995 – Pontifícia Universidade Católica - MG : Curso de Engenharia Elétrica (Sistema Elétrico de Potência) 2000-2001 – CEFET-MG : Pós-graduação - Licenciatura Plena nas disciplinas: Física e Eletrotécnica 2011-2012 – Pontifícia Universidade Católica - MG : Pós-graduação – Gestão de Projetos de Engenharia 2017-2018 – Pontifícia Universidade Católica - MG : Pós-graduação – Geração Distribuída com Energias Renováveis Experiência Profissional Empresa: Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG Período: De 03/04/1989 até a presente data

(3) SÁ RODRIGUES
Graduação em Mecatrônica Industrial pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE (2009), mestrado em Engenharia de Teleinformática pela Universidade Federal do Ceará- UFC (2012) e doutorado em Engenharia Elétrica na UFC (2021). É professora no Departamento da Indústria, do IFCE, Campus Fortaleza. Coordena o Laboratório de Inovação Tecnológica - LIT, laboratório do IFCE em pesquisa e desenvolvimento nas áreas de telecomunicações, informática, automação e controle. Tem experiência em execução de projetos P&D na área de robótica e automação.

(4) SILVA JUNIOR
Possui doutorado em Ciências da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina e graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará. Atualmente é professor Titular do Instituto Federal do Ceará IFCE, onde tem atuado no ensino de graduação e pós-graduação e em projetos de pesquisa e desenvolvimento em parceria com instituições públicas e privadas. Tem experiência nas áreas de Ciência da Computação e Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Embarcados, atuando principalmente nos seguintes temas: redes de sensores sem fio, internet das coisas e aprendizagem de máquina.

(5) FROTA COSTA
Atualmente é pesquisadora na área de sistemas embarcados e visão computacional do Instituto Federal do Ceará no Laboratório de Inovação Tecnológica (LIT). Experiência em programação nas seguintes linguagens: C# e Python.

(6) MUNIZ ANGELONI
Possui Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de Uberaba - Uniube (2012) e pós-graduação Lato Sensu: MBA em Engenharia e Inovação pelo Centro Universitário Estácio (2017). Atualmente atua como Engenheiro de Planejamento de Ativos em Operação da Distribuição - CEMIG Distribuidora. Tem experiência em Engenharia Elétrica, com ênfase na Geração, Transmissão e Distribuição de energia Elétrica.