



Grupo de Estudo de Desempenho Ambiental de Sistemas Elétricos-GMA

Validação computacional no tratamento de dados da nuvem de pontos obtidos através do sobrevoo de UAV com sensor LiDAR de vegetação em faixas de passagem de linhas de transmissão no Brasil.

**MAURICIO GEORGE MIGUEL JARDINI(1); JOSÉ ANTÔNIO JARDINI(1); FERDINANDO CRISPINO(1);
AUGUSTINHO JOSE MENIN SIMÕES(2); JOSE MAURICIO SCOVINO DE SOUZA(2);
FDTE(1);LT TRIANGULO(2);**

RESUMO

As Transmissoras de Energia participam no SIN com cerca de 4.000 quilômetros de circuitos, muitos com particularidades quanto ao crescimento de vegetação. Para controle nessas faixas, as equipes de manutenção realizam inspeções terrestres e aéreas e o método de identificação é subjetivo, indireto. Em uma inspeção terrestre, ao identificar uma irregularidade, por exemplo, uma vegetação elevada que esteja ameaçando contato com o cabo condutor, a poda ou supressão é realizada de imediato. Em uma inspeção aérea a equipe de supressão é mobilizada para o ponto identificado. Este trabalho trará a investigação do uso de modelagem 3D de um trecho de linha de transmissão de treinamento usando imagens RGB e dados do sensor LiDAR. Ambos os sensores são acoplados em veículo aéreo não tripulado. O objetivo final é a detecção, com elevada precisão, da vegetação ao longo de faixa de passagem que pode causar desligamentos.

PALAVRAS-CHAVE

Modelagem 3D, LiDAR, faixa de passagem, vegetação, linhas de transmissão.

1.0 - INTRODUÇÃO

Com o propósito de acompanhar sistemática e objetivamente o crescimento das vegetações e ainda confirmar as devidas podas e supressões efetuadas, um conjunto de metodologias foram desenvolvidas fazendo uso de imagens e/ou dados provenientes de equipamentos sensores como, por exemplo, da tecnologia LIDAR. Atualmente, tais funções podem ser desempenhadas através de imagens por satélites, inspeções terrestres ou aéreas, muito dispendiosas e, por isso, com periodicidade muito aquém da necessária.

A solução proposta disponibiliza essa inspeção a intervalos menores, com custos compatíveis. Além disso, as imagens com resolução muito superior apresentam perspectivas para outras utilizações. Ressaltam-se as demais medições e inspeções que poderão ser executadas no futuro: inspeção de cabos condutores (imagem de vídeo e infravermelho) de torres e componentes, medição de ruído audível medição de campos eletromagnéticos, medições de ultravioleta, entre outros. Trata-se, portanto de aplicação ampla e medição de várias grandezas diferentes, constituindo-se assim de projeto multidisciplinar envolvendo áreas de: mecatrônica, elétrica, matemática e ambiental do qual poderão se beneficiar todas as empresas do setor elétrico. Portanto, no Brasil há grande malha de transmissão de energia. Muitas das linhas de transmissão estão localizadas distantes dos centros urbanos e em áreas de difícil acesso tornando a inspeção e a manutenção mais cara e complexa - uma grande diversidade de vegetação, das quais destaca-se a amazônica e o cerrado. Outro ponto em destaque é o relevo, que compreendem planaltos, planícies e alagados. Todos são monitorados periodicamente, tendo em vista os compromissos com a Aneel e ONS. Com a validação do projeto e do alcance dos resultados da pesquisa, pode-se afirmar que se reduz drasticamente o deslocamento das viaturas e equipe de campo para acompanhamento de vegetação na faixa de servidão e adjacências, e sobretudo incluindo critérios objetivos para seleção de indivíduos arbóreos para poda e supressão.

Este projeto se mostra relevante por atender as políticas de sustentabilidade ao considerar os aspectos econômicos, sociais e ambientais desses empreendimentos, mantendo o compromisso de mitigar e reduzir os impactos negativos e potencializar os positivos. Então é importante o acompanhamento e aplicação de inovações tecnológicas em termos de equipamentos (sensores, câmeras), sistemas de telecomunicação e embarcações que objetivem a redução dos custos, de impactos ambientais e aumento de confiabilidade.

2.0 - METODOLOGIA

alguns foram os caminhos percorridos. Pode-se descrevê-los, sucintamente, em função das etapas do cronograma de execução do projeto. O projeto inicia com o levantamento e análise do estado da arte sob o aspecto de monitoramento e inspeção de faixa de passagem de linha de transmissão utilizando robôs e drones. Essa primeira parte do projeto indicou a decisão técnica na opção escolhida de tipo de embarcação: drones ou veículo aéreo não tripulado (VANT). O projeto seguiu com estudos técnicos sobre qual(ais) equipamento(s) sensor(es) deveriam ser adquiridos para que o projeto atingisse seu objetivo e para tal, reuniões e visitas técnicas à fornecedores de VANTs, e até dirigíveis foram feitas bem como contato e reuniões com fornecedores de sensores (LiDAR, RGB, e outros). Essa etapa foi concluída com o apontamento de qual tipo de drone e equipamento LiDAR, e quais os acessórios necessários que deveriam ser adquiridos. A próxima etapa foi concluída com a especificação técnica de todos os equipamentos e a compra em si de cada um deles – vale ressaltar e constatar a dificuldade em importar e desembaraçar os equipamentos nos órgãos legais brasileiros onde toma-se muito tempo, desgaste e custo. Entre essas etapas, tecnicamente se optou pela linha de transmissão piloto, aprofundou-se em conceituações sobre veículos aéreos não tripulados, sobre legislação nacional vigente e internacional, sobre as Normas – com a produção de notas técnicas. Adquirido o equipamento e em mãos, ensaios foram realizados em laboratório e no campo na sede da Concessionária em Uberlândia. Iniciou-se o desenvolvimento do aplicativo computacional para a identificação automática de possível intercorrência quanto à vegetação de risco na faixa de passagem e para tal alguns tipos de linguagem de programação foram testadas, dados de nuvens de pontos coletadas em missões de sobrevo, não só sobre a sede, como principalmente sobre a linha de transmissão piloto foram utilizadas – há relatório técnico específico que descreve toda a técnica. A etapa seguinte é composta pela inovação do projeto: novas missões foram programadas à campo e para tal toda a metodologia de preparo dos equipamentos (inclui o drone, sensores RGB e LiDAR, GPS, notebook de campo, material de isolamento de área em campo, outros), metodologia de autorizações e comunicações de serviço junto aos órgãos competentes como a ANAC, instruções sobre condições climáticas das datas das missões, preparação e ajustes digitais nos sensores, metodologia de programação das missões (definição de trecho a ser percorrido, velocidade do sobrevo, rota a ser seguida, intensidade do feixe laser LiDAR), a metodologia de passo à passo em campo, metodologia de pré-processamento dos dados coletados, metodologia do pós-processamento, a metodologia de aplicação no software desenvolvido e coleta do resultado e aplicação no Google Earth e então, por último, o disparo de equipe a campo para as devidas providências. Ao longo do desenvolvimento do projeto, todo material técnico produzido ou mesmo adquirido em bases na internet foram organizados numa base de conhecimento para que todos pudessem ter acesso às informações de forma organizada e assim, passando a compartilhar de novos conhecimentos. Por último e com base nos resultados de campo, foi realizada a análise dos resultados e concluído o projeto.

3.0 - O PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

Sucintamente, descreve-se a seguir o procedimento de coleta de dados LiDAR embarcado em Drone modelo M600 da DJI. Descreve-se, portanto, o passo a passo, de todo o processo que envolve desde a parte administrativa inicial de formulação do voo e atendimento aos procedimentos internos na Concessionária, passando pela a atividade em campo de coleta de dados e terminando com o tratamento de dados em escritório. Vale ressaltar que todos os procedimentos a seguir visam a inspeção da faixa de passagem com relação à vegetação nela contida e no seu entorno que possivelmente causa riscos de desligamentos. Para outras áreas de levantamento de dados LiDAR é necessário que o procedimento seja feito de forma a atender as expectativas e objetivos. Um exemplo seria o levantamento de dados laser de uma subestação onde o plano de voo deve ser adequado para tal, principalmente no quesito altitude. Na Figura 1 é apresentado o fluxograma a ser seguido pela Concessionária de energia quando do levantamento em campo utilizando o sensor laser LiDAR. À cada quadro no fluxograma há a identificação numérica da atividade e para cada um desses, um texto explicativo é listado a seguir.

A. Escolha da linha de transmissão.

Está diretamente relacionada com a decisão técnica de qual linha de transmissão precisa se realizar a inspeção.

B. Primeira parte de atividade administrativa.

Está diretamente relacionado com as atividades que não só podem como devem ser realizadas no escritório. Precede a ida em campo para a tomada de dados LiDAR. Envolve:

- A certificação de que há contrato ativo de seguro contra danos e terceiros;
- A solicitação e recebimento de autorização de voo ao DECEA/ SARPAS;
- Determinação de datas;

- Checagem de clima;
- Na linha de transmissão, identificar o local, como ir e onde ficar;
- Identificar os membros da equipe que irão;
- E expedir Ordem de Serviço (OS);
- Check list de material a ser levado a campo.

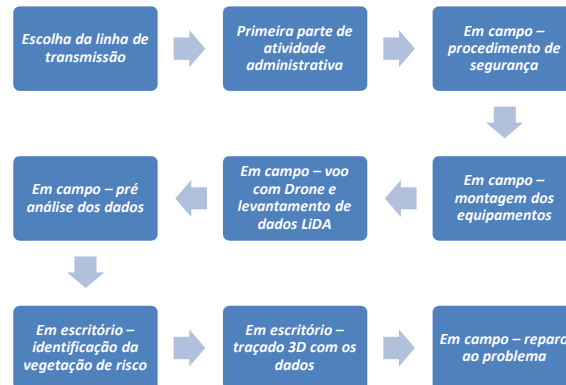


FIGURA 1 – Fluxograma de atividades para o levantamento de dados laser em LTs.

C. Em campo – procedimento de segurança.

Está diretamente relacionado com as atividades em campo e que diz respeito à segurança em si. Envolve:

- A conferência uso de material de EPI;
- Ressaltar as metas daquele serviço proposto;
- Elencar o responsável pelas atividades;
- Ressaltar os riscos inerentes àquela atividade e local;
- Respeitar e aplicar as regras de segurança quando operando Drones.

D. Em campo – montagem dos equipamentos.

Está diretamente relacionado com as atividades em campo e que diz respeito à montagem de todo o aparato em si. Envolve:

- A conferência do material (binóculos, lona, câmera fotográfica e maletas com os equipamentos);
- Certificar-se que o local está preparado para a instalação dos equipamentos;
- Fazer uso de todo o material adquirido e que é apropriado para tal serviço;
- Certificar-se que há 3 pessoas para realizar o levantamento: 1 atuando como piloto, 1 como observador apenas e 1 como operador do computador.

E. Em campo – voo com Drone e levantamento de dados LiDAR.

Está diretamente relacionado com as atividades em campo e que diz respeito ao procedimento de coleta de dados. Envolve, nessa ordem:

- Montar a estação de referência e ligá-lo de imediato;
- Anotar a altura da estação de referência;
- Montar o Drone modelo Phantom 4 Pro;
- Montar o Drone modelo M600 sem o sensor LiDAR;
- Monta-se o notebook no tripé adquirido e ajustam-se os softwares com os dados da estação de referência;
- Anota-se hora de início das atividades (é necessário aguardar 2 horas para estabilização);
- Com o Phantom 4 Pro, realiza-se decolagem, voo lateral e para frente e trás, para certificar que a aeronave está em perfeitas condições – neste instante é utilizado o aplicativo, no IPAD, DJI GO;
- Uma vez testado o Phantom quanto suas operações básicas, realiza-se, também com ele, o voo contido no plano de voo – aquele realizado e configurado em escritório anteriormente;
- Passa-se para o modo Litchi – aplicativo computacional para os ajustes finais caso seja detectada alguma alteração necessária quando voando com o Phantom 4 Pro;
- Se feito ajustes, o voo com o Phantom 4 Pro deve ser novamente realizado para certificar que o plano de voo está correto e os dados serão coletados de forma correta;
- Faz-se então a decolagem e pequenas manobras com o drone modelo M600 para certificar-se que este está em condições perfeitas;
- Instala-se então a antena RTK no tripé próximo ao local de pouso e decolagem e o liga;
- Instala-se a câmera na proa do Drone modelo M600, onde 1 toque o liga e se segurado o botão, a câmera fica no modo de gravação;
- Instala-se, no topo do Drone M600, as antenas que comunicarão com a antena RTK e nesse instante não esquecer de conectar o cabo do GPS ao equipamento LiDAR;
- Ligar o DJI GO e calibrar a bússola quanto à localização;
- Ligar então o controle remoto e em seguida o Drone M600;

- Uma vez calibrado, posiciona-se o Drone num local que talvez seja mais adequado quanto a decolagem e pouso; retira-se as capas das hélices e coloca a câmera em modo de gravação;
- Novamente aciona-se o aplicativo Litchi para checagem do plano de voo e carregamento no Drone M600;
- Uma vez verificado o plano de voo, desliga-se o Drone e substitui-se o jogo de 6 baterias para que a missão seja realizada com carga de energia total;
- Acopla-se então o sensor LiDAR na parte de baixo do Drone M600 com a lente para a parte traseira da aeronave;
- Conecta-se o cabo de alimentação ao LiDAR;
- Conecta-se a antena ao LiDAR;
- No computador faz-se a conexão à antena que está instalada na lateral do veículo que serve para receber os dados em tempo real do equipamento LiDAR;
- Liga-se então o controle e em seguida o Drone M600;
- Espera-se 5 minutos para que a posição geográfica estática seja calibrada;
- Tiram-se a capa protetora da lente do LiDAR e da câmera;
- Uma vez esperado os 5 minutos, faz-se então o voo de coleta de dados começando com a decolagem;
- Em altitude adequada, sugere-se 40m ao nível do solo, voando, realiza-se duas vezes a figura "8" e posiciona-se a aeronave no ponto de partida;
- Nesse instante o operado, no computador, ativa o sensor LiDAR para que esse comece desde já a coletar dados;
- O piloto então chaveia o botão no controle remoto para a posição "F" e dispara-se o voo no Litchi;
- A aeronave realiza então todo o trajeto coletando os dados e ao final, fica parado na posição final conforme plano de voo;
- Nesse instante o piloto pede ao operador do computador que desative o sensor LiDAR para que não continue coletando dados – dados esses que seriam inúteis,
- O piloto volta o botão no controle remoto à posição "P" e retoma o controle da aeronave;
- Realiza-se então novamente outras duas figuras "8" e faz a aterrissagem;
- Em solo, aguarda-se outros 5 minutos para atualizar a referência;
- O operador do computador salva os dados coletados e na tela de informação, ele deve adicionar informações úteis àquela missão: hora, dia, quem realizou, local, linha de transmissão, número da torre, e outros mais que achar conveniente;
- Desliga-se então o computador;
- Desliga-se o Drone;
- Desliga-se o controle;
- E desmontam-se os equipamentos guardando-os todos em suas caixas específicas de transporte.

F. Em campo – pré análise dos dados.

Está diretamente relacionado com as atividades em campo e que diz respeito à análise dos dados brutos em si. Envolve:

- A conferência, através de uma análise visual e na tela do computador em campo, do trecho percorrido e da imagem 3 D geral em tempo real.

G. Em escritório – identificação da vegetação de risco.

Está diretamente relacionado com as atividades em escritório e que diz respeito à análise dos dados coletados em si. Envolve:

- Com o arquivo de dados coletados, aplica-se ao dispositivo computacional desenvolvido para que se consiga identificar a(s) vegetação(ões) de risco.

H. Em escritório – traçado 3D com os dados.

Está diretamente relacionado com as atividades em escritório e que diz respeito à análise dos dados com a identificação da vegetação de risco. Envolve:

- Com o arquivo de dados onde há possível interferência de vegetação, pode-se aplicá-la ao software que faz a imagem 3D. Nesse instante o usuário pode se certificar do problema.

I. Em campo – reparo ao problema.

Está diretamente relacionado com as atividades em campo e que diz respeito à correção do problema identificado. Envolve:

- O pessoal de manutenção vai a campo e ao local anotado (coordenadas) para realizar a poda da vegetação de risco.

Mais especificamente ao item 7 descrito anteriormente, o software foi desenvolvido na linguagem Python , processa a nuvem de pontos tridimensional obtida por um sistema LiDAR para encontrar automaticamente potenciais pontos de intercorrência entre linhas de transmissão de alta tensão e a vegetação ou, outros elementos "estranhos" à linha. O processamento do programa gera, como resultado, arquivos no formato ".KML" georreferenciados que podem ser visualizados rapidamente através da ferramenta computacional gratuita Google Earth e arquivos no formato ".LAS" com a classificação da nuvem de pontos e a distância mais próxima entre os pontos da linha de transmissão à vegetação que podem ser analisados através de ferramentas como CloudCompare.

Este programa desenvolvido para a análise da nuvem de pontos tem como objetivo identificar pontos de potenciais intercorrências entre uma linha de transmissão e a vegetação ou, objetos estranhos à mesma, de acordo com as norma NBR 5422/1985 (Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica) e os critérios próprios definidos pela CeleoRedes. Essas normas definem não apenas as distâncias seguras com relação à linha para o serviço de manutenção da vegetação, como também leva em consideração a projeção dessa vegetação na direção da linha de transmissão no caso de queda, poda ou derrubada. Para tal o software processa a nuvem de pontos em cinco etapas fundamentais:

1. Carregar a nuvem de pontos do arquivo LAS e dividir os dados em arquivos menores para o processamento em paralelo.
2. Identificar e classificar os pontos pertencentes ao solo ou vegetação rasteira.
3. Identificar os pontos pertencentes à linha de transmissão ou ao suporte da linha, como as torres e isoladores.
4. Identificar e agrupar os pontos da vegetação circundante que oferecem risco potencial de intercorrência.
5. Salvar o resultado como arquivos de nuvens de pontos classificados, bem como arquivos KML georreferenciados indicando as regiões com risco potencial de intercorrência.

Na etapa 1, quanto à preparação dos dados LiDAR, ocorre a preparação dos dados do arquivo de entrada, que consiste na divisão da nuvem de pontos em arquivos menores para o processamento paralelo. O arquivo é dividido ao longo do eixo mais longo em “N” segmentos com comprimento mínimo de 50 (cinquenta) metros, onde “N” é menor ou igual ao número de CPUs do computador. A etapa seguinte 2, de detecção dos pontos de solo e da altura de cada ponto, refere à remoção dos pontos de solo e determinação da altura relativa ao solo dos demais pontos. Na etapa 3, de identificação dos pontos pertencentes à linha de transmissão, é a etapa mais crítica de todo o processamento da nuvem de pontos, e mais suscetível a erros. Trata-se da etapa mais complexa do processamento da nuvem de pontos - corresponde à função do algoritmo, que além de encontrar os pontos da linha, classifica os demais pontos em vegetação ou torres de suporte da linha. Na etapa 4 há a remoção dos pontos inválidos – eliminação de todos os pontos que não interessam à análise.

Faz-se então uso de um classificador baseado em análise de discriminante quadrático para separar os pontos da nuvem em três grupos: os cabos que fazem parte da linha de transmissão, as estruturas de suporte da linha de transmissão e a vegetação. O classificador empregado é baseado no CANUPO (CARactérisation de NUages de POints - CANUPO) e, considera atributos geométricos da distribuição de pontos em pequenas porções dentro da nuvem de pontos que está sendo analisada. A ideia fundamental por trás do classificador é que a distribuição espacial esperada dos pontos em pequenos conjuntos da nuvem de pontos muda significativamente dependendo do tipo de objeto ao qual pertence. Desse modo, conjuntos de pontos pertencentes à linha de transmissão provavelmente possuem aparência alongada em uma direção, enquanto que em regiões de vegetação espera-se que os pontos se distribuem ao longo de todo o espaço.

A classificação correta dos pontos pertencentes à linha de transmissão é um fator crítico para o sucesso do sistema automático de identificação. Uma vez que o resultado da metodologia de classificação apresentada pode conter erros, é necessário realizar um pós-processamento para evitar falsos positivos e falsos negativos com relação à classificação como cabos da linha de transmissão. O primeiro passo para esse pós-processamento é eliminar os falsos positivos, encontrando grupos de pontos conectados formados apenas por pontos classificados como cabos da linha de transmissão e para tal, uma função na programação foi criada. Os demais passos seguintes envolvem a detecção de retas por Transformada de Hough dentro dos grupos identificados, e a identificação e agrupamento dos pontos exógenos à linha que oferecem risco potencial de intercorrência. Uma vez que os pontos do arquivo de entrada estão classificados como pertencentes ao solo, à vegetação, à linha de transmissão, ou às torres de suporte, pode-se identificar as partes da vegetação que oferecem risco de intercorrência com a linha de transmissão.

O critério de classificação de risco utilizado se baseia na norma NBR 5422/1985 (Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica), segundo a interpretação do documento interno da Proponente, e implementa tal função na programação. A Figura 2 ilustra quais medidas de comprimento e distâncias devem ser executadas enquanto a Tabela 1 indica quais são os limites de segurança dessas medidas. As medidas representadas na Figura 2 são: Dm: distância mínima entre a vegetação e a linha de transmissão no caso de tombamento de árvores em direção à linha; Dv: vão entre a linha e a vegetação sob a linha; D: distância entre a base da vegetação e a linha de transmissão no plano do solo; H: altura da linha com relação à base da vegetação; A: altura do ponto da vegetação com relação à sua base; e Amax: altura máxima da vegetação.

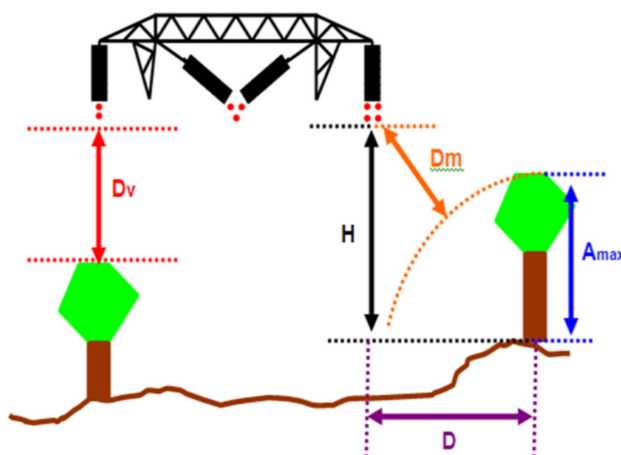


FIGURA 2 – Representação das medidas envolvidas no cálculo do nível de risco de intercorrência entre a vegetação e a linha de transmissão.

Tabela 1: Níveis de risco de intercorrência entre a vegetação e a linha de transmissão de acordo com as distâncias entre elas.

TENSÃO (kV)	VALORES USUAIS Dv e Dm (Metros)			
	ALTÍSSIMO RISCO	ALTO RISCO	MÉDIO RISCO	BAIXO RISCO
138	Menor que 1,5	1,5 a 3,2	3,2 a 4,5	Maior que 4,5
230	Menor que 2,0	2,0 a 3,8	3,8 a 5,0	Maior que 5,0
500	Menor que 6,0	6,0 a 8,0	8,0 a 10,0	Maior que 10,0

4.0 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após calcular o nível de risco de cada ponto da vegetação, as áreas classificadas com o mesmo nível são segregadas e divididas em grupos compactos. Desse modo, os pontos de vegetação classificados como risco 0 (altíssimo risco), 1 (alto risco) e 2 (médio risco) são agrupados por proximidade, e o resultado é salvo em arquivo do tipo KML georreferenciado. Para cada nível de risco é gerado um arquivo KML. Os limites de cada grupo são encontrados por um algoritmo de cálculo da envoltória convexa, que gera uma malha de pontos. As malhas encontradas correspondem às estruturas que são persistidas nos arquivos KML, e são usadas para indicar a localização e as dimensões das áreas de risco de intercorrência. A título de exemplo, apresentação e análise dos resultados obtidos campo e validados, na Figura 3 a seguir é apresentada a visualização da nuvem de pontos do arquivo, antes do processamento pelo programa de inspeção de linhas de transmissão, no programa CloudCompare, onde as cores representam o sistema RGB obtido da fusão com as imagens da câmera do sistema LiDAR e em preto são pontos da nuvem onde não existiram imagens da câmera.

Na Figura 4 a seguir é apresentada a visualização no CloudCompare do mesmo arquivo de dados após o processamento pelo programa de inspeção automática de linhas de transmissão, onde os pontos foram classificados em: Solo, Vegetação e Linha de transmissão com as cores azul, verde e vermelho respectivamente.

Na Figura 5 é apresentado o arquivo de nuvem de pontos processado pelo programa de inspeção de linhas de transmissão, onde os pontos são classificados pela menor distância até a linha de transmissão.

Nas Figuras 6, 7 e 8 a seguir são apresentadas as visualizações dos arquivos de saída KML para o nível de risco 1, 2 e 3 respectivamente.

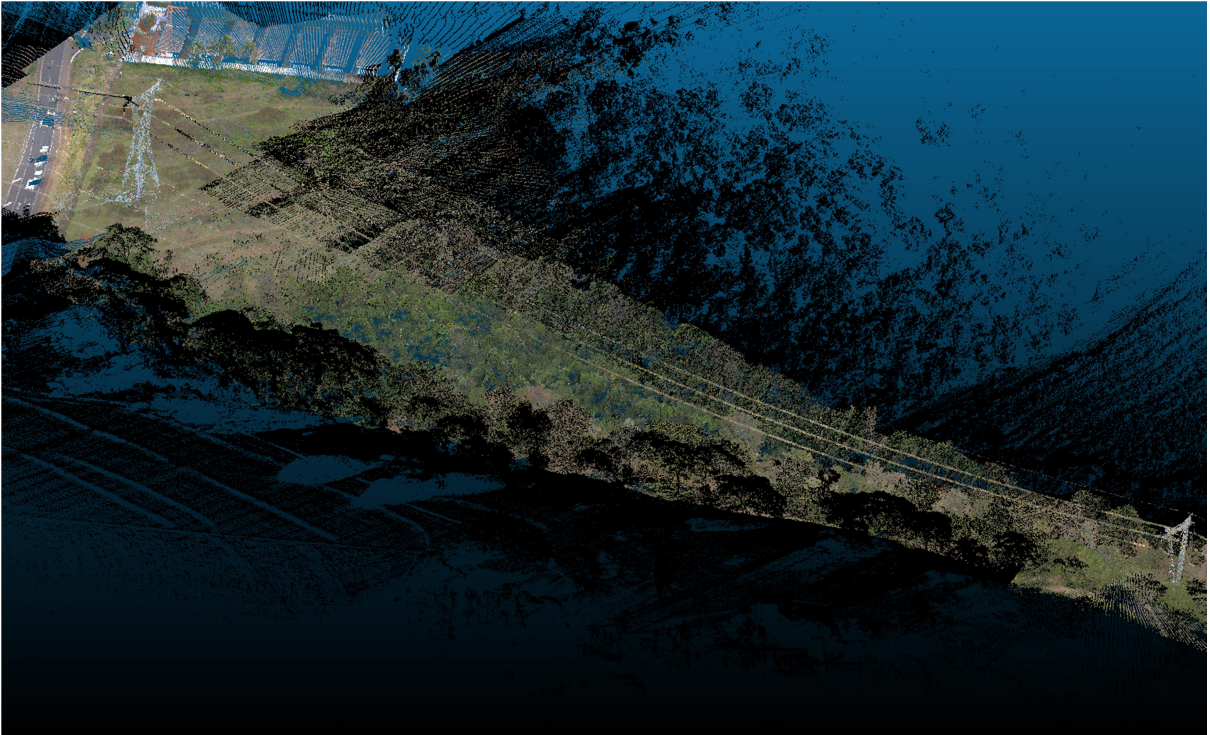


FIGURA 3 – Análise do arquivo - Nuvem de pontos não classificados - RGB.

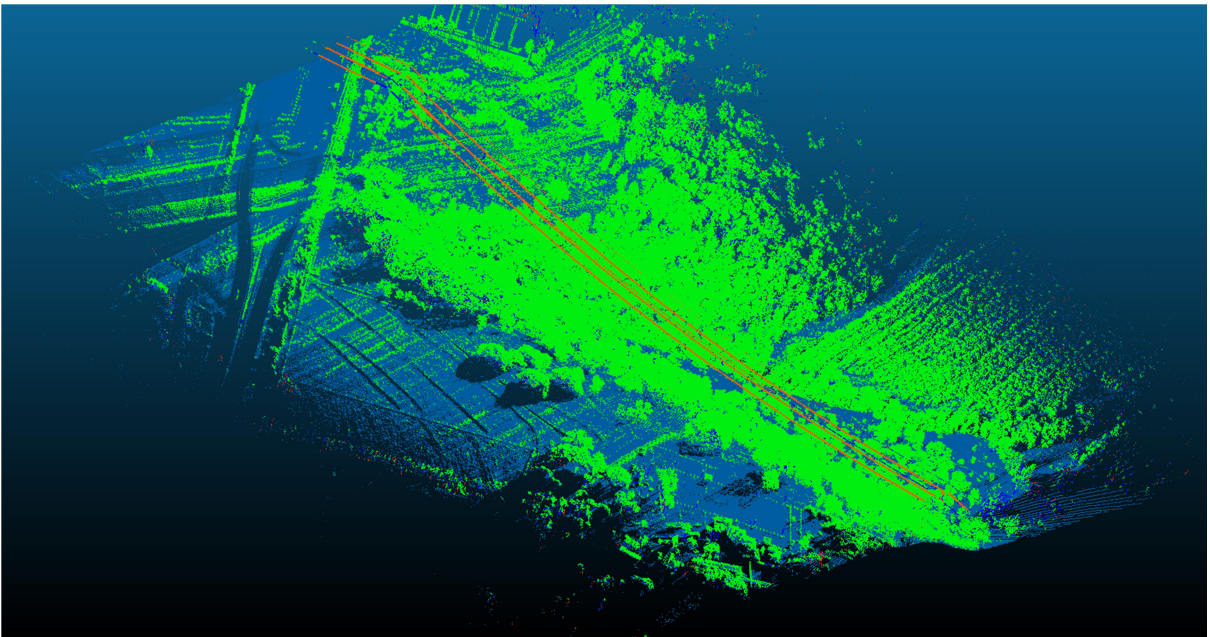


FIGURA 4 – Análise do arquivo - Nuvem de Pontos Classificados em Solo, Vegetação e Linha de transmissão.

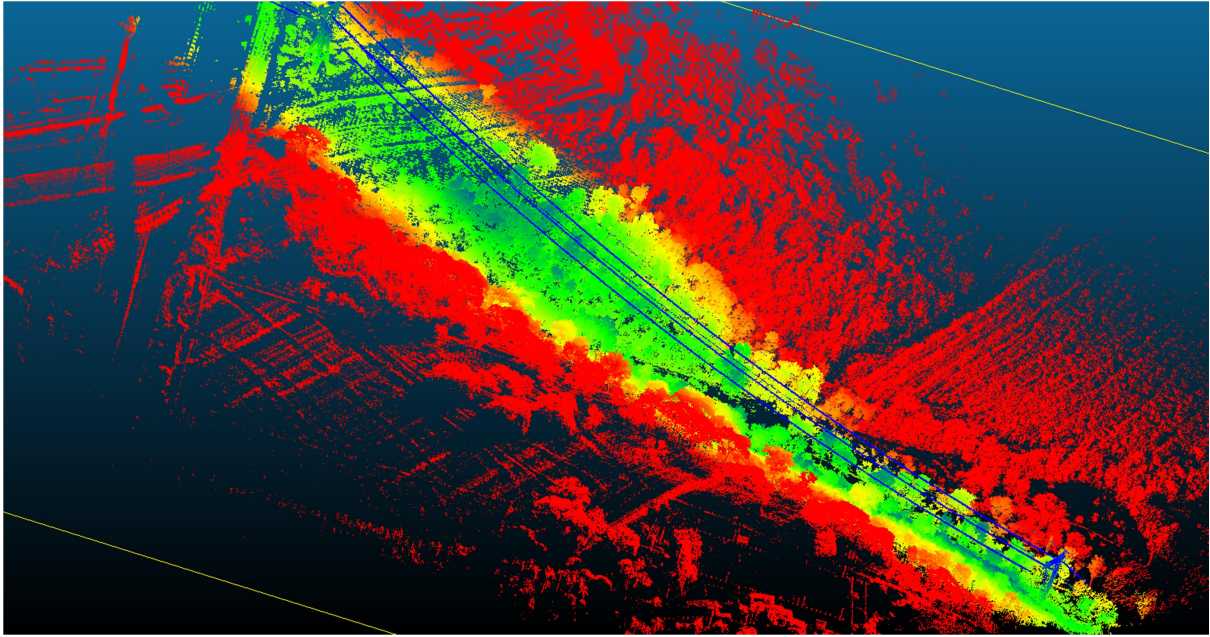


FIGURA 5 – Análise do arquivo - Nuvem de pontos não classificados - RGB.



FIGURA 6 – Arquivo – Visualização no Google Earth – Risco 1.



FIGURA 7 – Arquivo – Visualização no Google Earth – Risco 2.



FIGURA 8 – Arquivo – Visualização no Google Earth – Risco 3.

5.0 - OBSERVAÇÕES E CONCLUSÕES

Pode-se resumir que o produto final é composto de equipamento e metodologia: equipamento esse composto por drone escolhido tecnicamente para a tarefa, equipado de sensores RGB, LiDAR, munido de GPS de alta precisão e controle e todos esses configurados e dispostos em arquitetura funcional para realizar a metodologia também envolvida de: preparação de voo e missão (envolve comunicado de autorização de voo junto a ANAC), preparação de equipamento e sensores embarcados, obtenção em campo de dados com os sensores (envolvendo calibrações, e métodos), trabalho em escritório para primeiramente tratar os dados obtidos em aplicativo computacional e em seguida aplicá-lo em aplicativo computacional totalmente desenvolvido para o fim específico do projeto.

Pode-se dizer que, a tecnologia LiDAR, para a aplicação específica desse projeto ainda oferece desafios. Para o Brasil, o custo do equipamento LiDAR (de alta precisão) ainda é elevado e sua importação demanda mais atividades administrativas do que um outro equipamento qualquer.

6.0 - AGRADECIMENTO

O trabalho foi fomentado pela empresa CELEOREDES (CeleoRedes Brasil SA) e o programa de P&D ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fonseca, J.S. Temperatura de alvos terrestres a partir do imageamento termal aerotransportado. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, INPE, 1994.
- [2] EPPERLY, R. A.; HEBERTEIN, G. E.; EADS, L. G. A tool for reliability and safety: predict and prevent equipment failures with thermography. IEEE IAS 44th Annual Petroleum and Chemical Industry Conference, Sept. 1997, p. 59-68.
- [3] FLIR SYSTEMS, Technical Data FLIR A300, Part number 48201-1001, pp. 1-30, 2013.
- [4] ISHINO, R. Detection of a Faulty Power Distribution Apparatus by Using Thermal Images, Image (Rochester, N.Y.), n. c, p. 1.332-1.337, 2002.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Escola de Engenharia Mauá (1995), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1999) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2003), pós-graduação em Administração Industrial pela Fundação Vanzolini (2001) e o título de Senior Member do IEEE (2007). Atualmente trabalha em projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em parceria com Fundações e a Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em automação de sistemas de geração, transmissão e distribuição da energia elétrica atuando principalmente nos temas: metodologia de cadastro de equipamentos de sistema, sistema de informação geográfica, sensoriamento remoto, LiDAR aplicações, gestão da manutenção em subestações e linhas de transmissão e banco de dados, sensoriamento de barragens de usinas, pesquisa em planta solar, redes inteligentes além de ser responsável pela parte administrativa do grupo de pesquisa ao qual contribui. É membro do CIGRE e IEEE.

