



## **GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL**

### **FERRAMENTA DE ESCOLHA DE PONTOS ÓTIMOS PARA POSICIONAMENTO DE CÂMERAS PARA OBSERVAÇÃO DE ELEMENTOS ESTRATÉGICOS DOS CIRCUITOS DAS SUBESTAÇÕES DE TRANSMISSÃO**

**LOURIVAL LIPPMANN JUNIOR(1);MARCOS SCREMIN(2);BRUNO MARCHESI(1);VICTOR BARPP GOMES(1);BOGDAN TOMOYUKI NASSU(3);AMANDA CANESTRARO DE ALMEIDA(1);YURI ARNOLD GRUBER(1);RAFAEL WAGNER LACTEC(1);COPEL GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A.(2);UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ(3)**

#### **RESUMO**

Uma das tendências na atualidade é a instalação de câmeras em subestações. Contudo, o ambiente de uma subestação apresenta desafios para o posicionamento das câmeras. Neste trabalho, foram utilizados scanners a laser criando uma nuvem de pontos 3D. Posteriormente, replica-se a subestação em ambiente virtual com modelagem 3D e técnicas de iluminação e sombreamento, criando imagens muito próximas ao ambiente real. Com esta técnica é possível definir um posicionamento ótimo de câmeras para monitorar a maior parte da área de interesse com o menor número de equipamentos, com vistas à redução dos custos e melhoria qualitativa nos enquadramentos das imagens.

**PALAVRAS-CHAVE:** monitoramento de subestações, posicionamento de câmeras, modelagem 3D, nuvem de pontos

#### **1.0 - INTRODUÇÃO**

Instalar câmeras em subestações é uma ação frequentemente tomada por concessionárias do setor elétrico. Como, em muitos casos, não há uma equipe permanente alocada em cada subestação, faz-se necessário instalar um sistema de monitoramento para fins de vigilância e segurança patrimonial. Além disso, as imagens permitem o monitoramento remoto dos equipamentos da subestação, com o objetivo de prevenir e identificar possíveis problemas.

Contudo, escolher os pontos para a instalação de câmeras em subestações não é uma tarefa trivial. A área frequentemente é vasta, requerendo o uso de câmeras PTZ com larga faixa de zoom óptico. Ademais, devido à quantidade e à disposição de equipamentos e estruturas, frequentemente ocorre oclusão, ou seja, um elemento oculta outros que estão atrás, de forma que é necessário instalar várias câmeras em pontos diferentes para contemplar o monitoramento de toda a área de interesse da subestação. Há, também, uma restrição nos pontos de instalação: em geral, prioriza-se a instalação das câmeras em estruturas já existentes na subestação, como torres ou pórticos.

Uma pessoa, ao escolher o posicionamento de uma câmera a partir do solo, não consegue ter a noção exata do que a câmera será capaz de monitorar. Isso pode resultar em problemas de enquadramento que só serão identificados após a instalação do equipamento, resultando na necessidade de correção no posicionamento da câmera. Os ajustes na instalação, além do custo financeiro do serviço em si, exigem procedimentos de autorização e contratação, representando um risco de cronograma.

Tendo esses requisitos em vista, é de grande interesse da concessionária definir um posicionamento ótimo de câmeras para monitorar a maior parte da área de interesse com o menor número de equipamentos, com vistas não só à redução dos custos de comissionamento, mas também à melhoria qualitativa dos enquadramentos para captura de imagens, visando, por exemplo, a otimização do nível de acerto de um sistema especialista.

Para enfrentar esse desafio, este trabalho propõe uma técnica baseada em modelos 3D virtuais para planejamento dos pontos de instalação de câmeras, possibilitando o posicionamento virtual, não invasivo, de câmeras em qualquer ponto das estruturas da subestação, viabilizando a análise visual da imagem assim obtida. Dessa forma, é possível controlar parâmetros da câmera na cena virtual, incluindo a posição e a altura de instalação, a direção da lente, a

distância focal, as dimensões do sensor e a resolução da imagem, a fim de verificar quais áreas ou elementos da subestação podem ser monitorados a partir de cada posicionamento de câmera. Para elaborar o modelo 3D, são utilizados scanners a laser para mapear a subestação dentro de uma nuvem de pontos (pixels alocados no espaço com informação XYZ e RGB). Posteriormente, realiza-se a modelagem 3D da subestação com base na nuvem de pontos, obtendo-se uma réplica virtual que permite gerar imagens muito semelhantes ao ambiente real. Dessa forma, o modelo 3D virtual torna possível o posicionamento arbitrário de câmeras a fim de encontrar os melhores pontos para instalação.

Este projeto foi desenvolvido dentro do programa de P&D ANEEL sob o código PD 6491-0455/2017 para a COPEL GeT, intitulado “Sistema para determinação automática do estado e temperatura de chaves seccionadoras em subestações”.

## 2.0 - MODELAGEM 3D

Na literatura, já existem trabalhos que descrevem aplicações de modelagem 3D em subestações. Em [1], comenta-se que, no projeto de subestações, a modelagem 3D, em contraste com desenhos 2D, é capaz de comunicar melhor as intenções do projetista, e também possui benefícios técnicos no projeto do layout de cabeamento e de proteções contra raios. Em [2] e [3], são apresentados exemplos de aplicações de modelamento 3D em subestações como parte do projeto de engenharia.

Para recriar virtualmente o ambiente da subestação, deve-se fazer a modelagem 3D das estruturas e equipamentos com qualidade próxima à dos objetos reais que compõem a cena. Essa tarefa é desempenhada por colaboradores humanos, denominados modeladores, utilizando ferramentas computacionais específicas. Como referência para a modelagem, não basta ter apenas fotografias, plantas-baixas e desenhos técnicos, pois essas representações são bidimensionais e exigem muito tempo para que os colaboradores as interpretem e reproduzam os elementos em 3D. Para solucionar esse problema, adicionalmente às referências bidimensionais, utiliza-se também uma referência tridimensional chamada de nuvem de pontos.

Nuvens de pontos são agrupamentos de pontos no espaço obtidos em um levantamento com um scanner LIDAR, um equipamento estacionário que emite milhões de feixes laser por segundo para todas as direções, identificando o feixe refletido e marcando um ponto XYZ no espaço cartesiano. O equipamento também captura uma fotografia de 360° do ambiente e utiliza a direção dos feixes para determinar a cor RGB de cada ponto. O alcance do equipamento chega à ordem de 1000 metros, tornando-o adequado para ambientes como subestações. A FIGURA 1 mostra uma das capturas realizadas neste projeto em uma subestação. Nota-se que, como o feixe laser não atravessa superfícies opacas, as regiões que estão atrás de outros objetos não são capturadas. Por isso, é necessário realizar várias tomadas, mudando o scanner de posição.



FIGURA 1 - Nuvem de pontos capturada em uma única tomada do scanner na subestação

Após as diversas tomadas, faz-se um processamento para combinar as nuvens de pontos e recortar apenas a região de interesse. Como neste trabalho foi utilizado um sistema de GPS RTK acoplado ao scanner, cada tomada foi georreferenciada, permitindo maior agilidade nesse processo. Uma vista da nuvem de pontos resultante está ilustrada na FIGURA 2.



FIGURA 2 - Nuvem de pontos completa, após agregar todas as tomadas do scanner

Com isso, iniciou-se o processo de modelagem dos equipamentos que compõem o cenário. Para isso, isolou-se a nuvem de pontos de cada equipamento, a fim de realizar a sua modelagem individual. Alguns equipamentos têm instâncias idênticas na mesma subestação, podendo ser modelados apenas uma vez e replicados conforme a necessidade. Na modelagem, deve-se tomar o cuidado de preservar a escala real dos equipamentos no software de modelagem, de forma que um metro na cena virtual seja equivalente a um metro no mundo real, já que isso é necessário para que os estudos de posicionamento de câmera a serem realizados sejam válidos. A FIGURA 3 exemplifica esse processo.

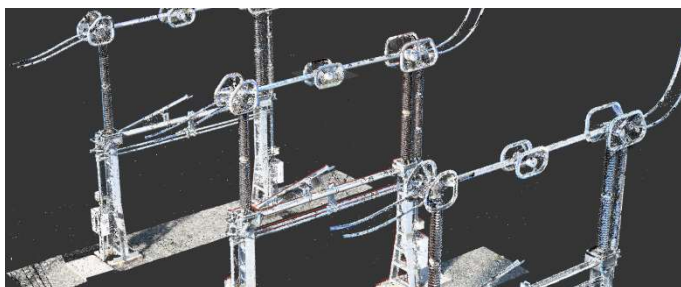


FIGURA 3 - Nuvem de pontos de chaves seccionadoras e o modelo 3D construído

Existem iniciativas para realizar a reconstrução automática dos objetos a partir da nuvem de pontos [4][5] (e outras que utilizam apenas fotografias, evitando a necessidade do levantamento a laser [6]), mas todas possuem um grau de imprecisão que não seria aceitável devido ao nível de detalhamento e fidelidade necessários para as demandas do projeto de P&D em que este trabalho está situado. Por isso, procedeu-se com a técnica tradicional de modelagem manual dos equipamentos.

Para a tarefa de posicionamento de câmeras, a simples modelagem das formas dos equipamentos é suficiente. Entretanto, caso haja a intenção de usar o modelo 3D para outras finalidades, como para projetos relacionados a realidade virtual [7][8], é necessário refinar a modelagem por meio da adição de texturas e materiais, que descrevem a cor dos objetos e a forma com que interagem com a luz. Isso foi necessário no contexto deste projeto de P&D, pois havia demanda para a geração de imagens renderizadas realistas, com o objetivo de gerar dados para treinamento de inteligência artificial.

Após a modelagem dos equipamentos, fez-se a montagem do cenário virtual da subestação. Com base na nuvem de pontos completa, os equipamentos modelados foram posicionados precisamente em seus devidos locais. A FIGURA 4 mostra o modelo 3D final.



FIGURA 4 - Modelo 3D virtual da subestação

### 3.0 - SELEÇÃO DE PONTOS

O modelo 3D possibilita posicionar uma câmera virtual no ambiente e verificar como seria a imagem capturada. Entretanto, para que essa análise dos enquadramentos das imagens seja válida, a câmera virtual precisa ser configurada de forma a reproduzir, com a maior fidelidade possível, o funcionamento da câmera real que se deseja instalar. Para isso, é necessário conhecer as especificações técnicas do produto, que são geralmente fornecidas pelo fabricante da câmera. As características mais importantes para realizar o ajuste da câmera virtual são:

- Resolução: largura e altura da imagem capturada, em pixels.
- Ângulo de visão (ou campo de visão): extensão angular da cena que é capturada por uma câmera, em graus. Câmeras com funcionalidade de zoom óptico permitem variar o ângulo de visão entre um limite máximo e mínimo. Quanto menor o ângulo de visão, maiores aparecem os objetos.
- Distância focal: distância entre o sensor e o centro óptico da lente da câmera, em milímetros. O ângulo de visão e a distância focal estão matematicamente relacionados – em certas ocasiões, a ficha técnica de uma câmera apresenta valores de distância focal ao invés de ângulo de visão. Quanto maior a distância focal, menor o ângulo de visão.
- Tamanho do sensor: dimensões do sensor da câmera, responsável por efetivamente detectar os raios de luz e construir a imagem. Idealmente, o tamanho do sensor deveria ser informado pelo fabricante em milímetros (largura e altura), o que ocorre em alguns modelos de câmera. Entretanto, é mais comum encontrar essa informação em um formato legado (por exemplo: 1/1.8”), que não é padronizado e não representa com exatidão as dimensões do sensor. Há tabelas que mapeiam esse formato para as dimensões em milímetros mais usuais, mas para melhores resultados, deve-se solicitar ao fabricante a informação precisa.
- Limites de “pan/tilt”: importante apenas para câmeras do tipo PTZ, pois determina a capacidade de rotação da câmera, em graus.

No caso deste projeto, o modelo de câmera utilizado possui resolução de 1920 x 1080 pixels, ângulo de visão horizontal variável entre 58,4° e 2,1° (zoom óptico), sensor do tipo 1/1.8” com dimensões 7,11 x 5,33 mm, ângulo “pan” ilimitado (360°) e “tilt” limitado em 20° acima da linha de horizonte e ilimitado para baixo. Essas informações foram inseridas como parâmetros da câmera no software de modelagem 3D utilizado (Blender).

Após o ajuste das características técnicas, o processo de seleção dos pontos para instalação de câmeras foi iniciado. Neste projeto, considerou-se importante aproveitar estruturas já existentes no ambiente da subestação, como postes, torres, pórticos, treliças, entre outras, a fim de agilizar a instalação e reduzir custos. Assim, em um primeiro momento, usou-se o modelo 3D para fazer uma escolha rápida e empírica de estruturas candidatas, com base na localização e disposição dos objetos de interesse na subestação (no caso deste projeto, chaves seccionadoras). Foram identificadas quatro torres metálicas com condições aparentemente favoráveis para o monitoramento, as quais são mostradas na FIGURA 5.

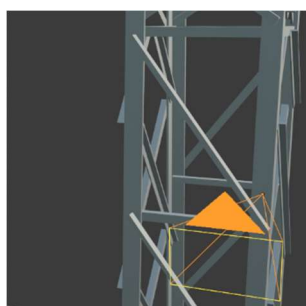


FIGURA 5 - Vista superior da subestação no modelo 3D, com destaque às estruturas selecionadas

Em seguida, para cada estrutura escolhida dessa forma, fez-se uma análise completa de posicionamento de câmera. Essa análise consistiu em uma verificação qualitativa dos enquadramentos de câmera, variando-se a localização da câmera virtual no modelo 3D:

- Variou-se o ponto de fixação da câmera. No caso das torres escolhidas, o melhor aproveitamento panorâmico da câmera PTZ é obtido ao fixá-la em um dos perfis metálicos verticais nos cantos da estrutura; portanto, posicionou-se a câmera virtual em cada um dos perfis verticais da torre voltados para a área de interesse, a fim de identificar qual deles apresentaria melhor qualidade nos enquadramentos de imagem.
- Variou-se a altura de instalação. A altura é o principal parâmetro para a instalação, pois determina a visão que a câmera terá das áreas ou objetos de interesse. Como cada local da subestação tem suas particularidades com respeito à disposição de equipamentos e estruturas, é necessário encontrar a altura ótima para minimizar as oclusões, ou seja, ocultação de regiões ou objetos que ficam atrás de outros objetos.
- Variou-se a rotação da câmera. Para câmeras do tipo PTZ, isso permite verificar toda a extensão do ambiente que será coberta pela câmera por meio do recurso “pan/tilt” (lembrando dos limites de rotação especificados na ficha técnica da câmera), bem como planejar “presets”. Para câmeras fixas (como câmeras do tipo “bullet”), a variação da rotação é útil para determinar a angulação ideal para a instalação.
- Variou-se o zoom da câmera. Para câmeras que possuem zoom óptico, isso permite ter uma noção prática da distância que pode ser monitorada pela câmera no ambiente da subestação (lembrando do limite de ângulo de visão ou distância focal especificados na ficha técnica da câmera).

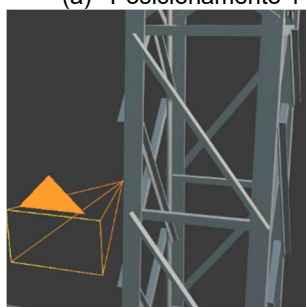
Para cada configuração explorada, observou-se a imagem gerada pela câmera virtual, que é correspondente ao que seria efetivamente capturado por uma câmera instalada naquela posição na subestação real. Um exemplo está contido na FIGURA 6, que mostra dois posicionamentos de câmera com a mesma altura, mas trocando-se o perfil metálico vertical no qual a câmera foi fixada. Nota-se que, nas imagens capturadas, as chaves seccionadoras estão parcialmente ocultas na FIGURA 6b, e com a troca do perfil de fixação, passam a ficar plenamente visíveis na FIGURA 6d.



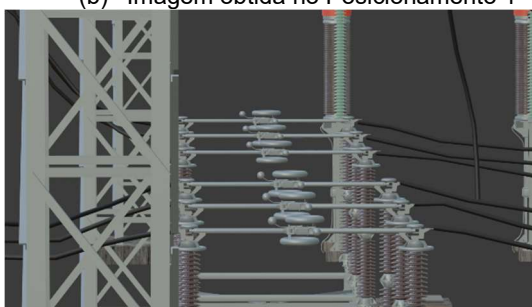
(a) Posicionamento 1



(b) Imagem obtida no Posicionamento 1



(c) Posicionamento 2



(d) Imagem obtida no Posicionamento 2



FIGURA 6 - Exemplo da influência da escolha do ponto de fixação da câmera no enquadramento resultante

Outro exemplo está ilustrado na FIGURA 7. Intuitivamente, pensa-se que, quanto mais alto o posicionamento da câmera, maior a área que ela será capaz de monitorar. Na maior parte dos casos, isso é verdade; porém, neste projeto, observou-se que há casos excepcionais em que elevar a câmera acaba prejudicando o enquadramento resultante para alguns objetos de interesse devido à presença de cabos, pórticos e outros elementos que bloqueiam a vista. Nota-se na FIGURA 7b que o posicionamento elevado fez com que um cabo ficasse em frente às chaves seccionadoras, o que não ocorre em uma altura menor (FIGURA 7d).

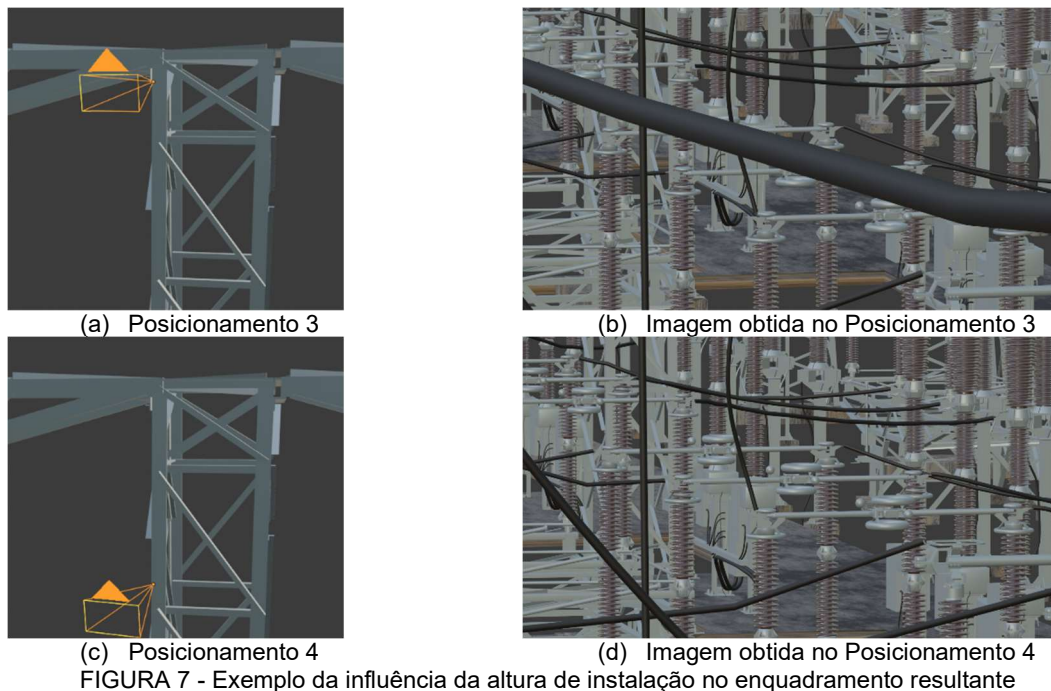


FIGURA 7 - Exemplo da influência da altura de instalação no enquadramento resultante

Por meio da análise qualitativa das imagens no ambiente virtual, variando-se a altura, o ponto de fixação e a rotação, foram determinadas as posições para instalação de seis câmeras nos quatro pontos inicialmente escolhidos. Alocou-se uma câmera para cada um dos pontos nos extremos da subestação, enquanto que para os pontos localizados na área interna da subestação foram alocadas duas câmeras para cada, instaladas em lados opostos da estrutura, conforme ilustrado na FIGURA 8. Para possibilitar pequenas variações no momento da instalação real, determinou-se uma faixa de altura ótima para a instalação de cada câmera, conforme descrito na TABELA 1.

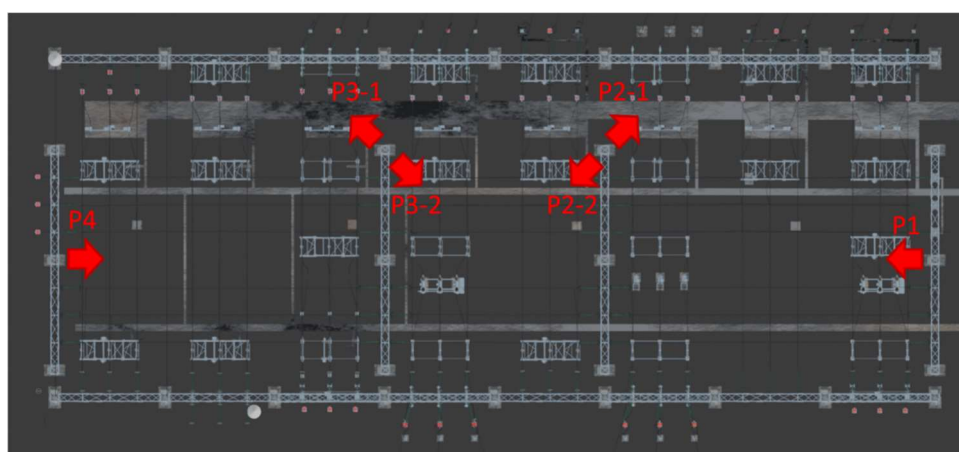


FIGURA 8 - Câmeras previstas para instalação, planejadas usando a ferramenta proposta

TABELA 1 - Faixa de altura ideal para a instalação de cada câmera

Câmera	P1	P2-1	P2-2	P3-1	P3-2	P4
Altura máx.	9,5 m	10,9 m	9,6 m	Qualquer	10,4 m	9,3 m

Altura mín.	9,0 m	10,6 m	9,3 m	10,6 m	10,0 m	9,2 m
-------------	-------	--------	-------	--------	--------	-------

Nota-se que, com esse método, é possível não só otimizar a altura e o posicionamento das câmeras nas estruturas, mas também determinar quais objetos de interesse são e não são efetivamente cobertos por cada câmera. Neste projeto, os elementos de interesse foram chaves seccionadoras, mas o método proposto poderia ser aplicado para o monitoramento de qualquer outro equipamento da subestação, bem como para o monitoramento de áreas de circulação de pessoas.

#### 4.0 - INSTALAÇÃO E VALIDAÇÃO

Após o planejamento do posicionamento das câmeras (localização, altura e ponto de fixação na estrutura), fez-se uma instalação inicial de uma única câmera para validar o método adotado. A câmera escolhida foi a câmera PTZ indicada pelo código "P1" na FIGURA 8.

Com a câmera instalada, foi possível fazer a captura de imagens reais para comparação com os enquadramentos planejados no modelo 3D. A FIGURA 9 mostra a comparação de um enquadramento de imagem capturado com zoom óptico mínimo: para a imagem virtual, configurou-se o ângulo de visão com o valor máximo informado pelo fabricante ( $58,4^\circ$ ), enquanto para a imagem real, simplesmente configurou-se o preset da câmera com zoom mínimo. Da mesma forma, testou-se também o zoom óptico máximo (com ângulo de visão de  $2,1^\circ$ ), ilustrado na FIGURA 10, cujo enquadramento foca em um contato de uma chave seccionadora. Ainda, a FIGURA 11 contém a comparação da imagem virtual e real para um enquadramento contendo um conjunto trifásico de chaves seccionadoras, representando um preset real do sistema de monitoramento.

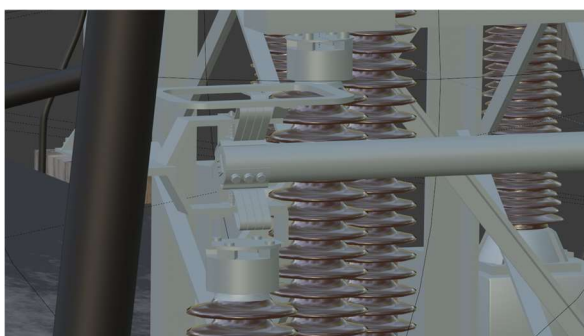


(a) Virtual

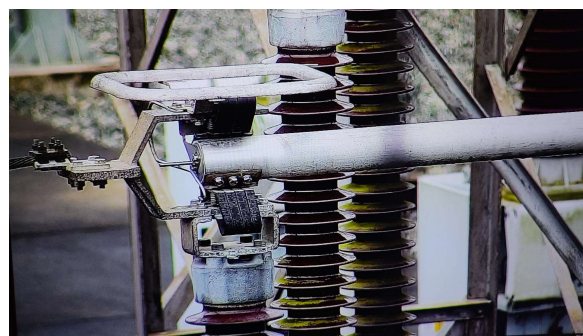


(b) Real

FIGURA 9 - Comparação da imagem virtual e real para um enquadramento com zoom mínimo



(a) Virtual



(b) Real

FIGURA 10 - Comparação da imagem virtual e real para um enquadramento com zoom máximo



FIGURA 11 - Comparação da imagem virtual e real para um preset do sistema de monitoramento

Nas comparações mostradas, pode-se perceber que a disposição dos elementos da subestação nos enquadramentos é muito semelhante entre as duas imagens. Isso mostra que os parâmetros da câmera virtual (configurados na cena virtual conforme a ficha técnica do produto) estão corretos com relação ao que se observa nas imagens reais (fotografias) capturadas pela câmera instalada. Ainda, a cena virtual, construída com base na nuvem de pontos, está corretamente alinhada com o ambiente real da subestação, tanto no posicionamento quanto na escala dos objetos.

Também é possível notar que os enquadramentos nas fotografias estão levemente rotacionados em comparação com as imagens virtuais. Isso é explicado por uma pequena imprecisão na instalação da câmera real (não está “no prumo”), e não interfere expressivamente no resultado. Caso fosse desejado, esse efeito também poderia ser simulado na cena virtual. Assim, confirma-se o potencial de planejamento do posicionamento de câmeras utilizando uma cena virtual 3D.

## 5.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o uso de ferramentas de modelagem 3D para o planejamento da instalação de câmeras em subestações. Primeiramente, fez-se o escaneamento da área da subestação usando laser terrestre. A nuvem de pontos obtida foi usada como base para a modelagem 3D dos objetos e estruturas, obtendo, assim, uma subestação virtual. Com isso, foram colocadas câmeras na cena virtual com parâmetros idênticos aos da câmera real que se desejava instalar, possibilitando observar os enquadramentos de imagem que seriam obtidos. Assim, escolheu-se, para cada câmera, um posicionamento e faixa de altura ideais para a instalação.

Para validar o uso da ferramenta, realizou-se a instalação de câmeras nas subestações SE Bateias e SE Campo Comprido, pertencentes à COPEL GeT, utilizando o método apresentado neste trabalho. Verificou-se qualitativamente que, de fato, as imagens capturadas pelas câmeras reais ficaram muito próximas àquilo que tinha sido planejado usando o modelo 3D, evidenciando a eficácia deste método para o fim proposto.

No contexto do projeto de P&D em que este trabalho está inserido, a grande vantagem da virtualização é poder gerar imagens renderizadas de chaves seccionadoras no estado aberto (já que dificilmente são abertas na subestação real), permitindo obter dados suficientes para o aprendizado de máquina (inteligência artificial) a fim de fazer o reconhecimento automático do estado de chaves em subestações.

Usar um modelo 3D para planejar a instalação de câmeras permite saber como ficarão as imagens capturadas antes do momento da instalação real, evitando a necessidade de ajustes e correções para reposicionamento. Além disso, a construção de um modelo 3D, apesar de ser uma tarefa longa e complexa, traz ainda mais benefícios do que simplesmente possibilitar o planejamento de câmeras: o modelo pode ser usado por equipes de engenharia de subestações para planejamento de modificações e/ou expansões; ou para a criação de um “gêmeo digital” (digital twin); podem-se desenvolver aplicações de realidade virtual para treinamento de eletricitistas; podem-se gerar imagens sintéticas (renderizadas) para treinamento de inteligência artificial; entre outras possibilidades.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) GAO, Y. Application of 3D Digital Technology in the substation design. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. [s.l.]
- (2) QUINTANA, J., MENDOZA, E. 3D Virtual Models Applied in Power Substation Projects. 2009 15th International Conference on Intelligent System Applications to Power Systems. Brasil.



- (3) WEN, J., CHAOQI, X., WEI, Z., XINXIN, X., HONGTAO, J. The application of 3D design technology in the design of 220kV substation in Miluo Western. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. [s.l.]
- (4) WU, Q., YANG, H., WEI, M., REMIL, O., WANG, B., WANG, J. Automatic 3D reconstruction of electrical substation scene from LiDAR point cloud. ISPRS Journal of Photogrammetry And Remote Sensing. [s.l.]
- (5) SUN, L., SUO, X., LIU, Y., ZHANG, M., HAN, L. 3D Modeling of Transformer Substation Based on Mapping and 2D Images. Mathematical Problems In Engineering. [s.l.]
- (6) SIMÕES, F., ALMEIDA, M., PINHEIRO, M., ANJOS, R., SANTOS, A., ROBERTO, R., TEICHRIEB, V., SUETSUGO, C., PELINSON, A. Challenges in 3D Reconstruction from Images for Difficult Large-Scale Objects: a study on the modeling of electrical substations. 2012 14th Symposium on Virtual and Augmented Reality. Brasil.
- (7) WANG, W., LI, G. Virtual reality in the substation training simulator. The 2010 14th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design. China.
- (8) FANQI, M., YUNQI, K. An improved virtual reality engine for substation simulation. 2010 2nd International Conference on Future Computer and Communication. China.

## DADOS BIOGRÁFICOS



Engenheiro Eletrônico pelo ITA, Mestre em Automação Industrial pela UTFPR, técnico em Eletrônica pelo CEFET-PR. Experiência de 35 anos na área de P&D para o setor elétrico, ex-professor de engenharia na UTFPR e PUC-PR. É pesquisador no LACTEC, atuando em projetos de P&D para o setor elétrico nos temas: conectividade para Smart grid e Smart city, fontes alternativas de energia, energy harvesting, sistemas de armazenamento e visão computacional.

### (2) MARCOS SCREMIN

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Positivo (2004). Atualmente é engenheiro de manutenção de subestações - Copel Geração e Transmissão. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em equipamentos industriais e de subestações de Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica. Curso de Aperfeiçoamento em Manutenção de Sistemas Elétricos pela UNIFEI / FUPAI - Universidade Federal de Itajubá / Fundação de Pesquisa e Assessoria à Indústria (2009).

### (3) BRUNO MARCHESI

Atualmente é pesquisador do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC. Vem atuando nos seguintes projetos: sistemas e equipamentos de medições para a qualidade da energia elétrica; sistema para posicionamento, localização e reconhecimento automatizado e inteligente de estados de chaves seccionadoras em subestações de energia elétrica; sistema computacional de despacho otimizado e automático de serviços utilizando monitoramento on-line baseado em rede inovadora de comunicação híbrida com meios alternativos; investigação de métodos de menor custo para prospecção e avaliação do potencial solar brasileiro; sistema de detecção de faltas em elementos de rede de distribuição elétrica, através de algoritmos de visão computacional.

### (4) VICTOR BARPP GOMES

Graduado em Engenharia de Computação pela UTFPR (2020) e Técnico em Informática pelo IFSC (2015). Atualmente cursa o Mestrado Profissional no Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PPGCA) na UTFPR, com área de concentração em Visão Computacional e Reconhecimento de Padrões em Imagens. Atua nas áreas de inteligência artificial, ciência de dados, redes neurais, sistemas embarcados, microcontroladores, sistemas operacionais de tempo real, redes de computadores, comunicações sem fio e internet das coisas.

### (5) BOGDAN TOMOYUKI NASSU

Professor Associado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, com atuação nas áreas de inteligência artificial e visão computacional aplicadas em cenários práticos. Possui graduação (2003) e mestrado (2005) em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Paraná (UFPR); e doutorado em Estudos Avançados Interdisciplinares pela Universidade de Tokyo (2008). Atuou em projetos de P&D nos Institutos LACTEC entre 2001 e 2005; e foi pesquisador do instituto de pesquisa do grupo Japan Railways (JR), entre 2008 e 2011. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PPGCA) da UTFPR.

### (6) AMANDA CANESTRARO DE ALMEIDA

Possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica e Telecomunicações pela Universidade Federal do Paraná (2013) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Paraná (2015) na área de visão computacional. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Circuitos Eletrônicos, programação de microcontroladores e processamento de imagens. Atualmente é pesquisadora no Lactec, atuando principalmente em projetos de pesquisa e desenvolvimento, tendo como principal atividade o desenvolvimento de firmware e de software e atuando em projetos com foco em IoT, qualidade de energia, geração distribuída e mobilidade elétrica.

### (7) RAFAEL WAGNER

Rafael Wagner é Engenheiro de Computação pela PUCPR, com Especialização em Engenharia de Produção pela PUCPR, e Técnico em Eletrônica pelo CEFET-PR. Trabalha há mais de vinte anos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. Foi Pesquisador do LACTEC entre os anos de 2002 e 2021, na área de Eletrônica. Atualmente é sócio-administrador e prestador de serviços com empresa de projetos em Eletrônica Embarcada.

### (8) YURI ARNOLD GRUBER

Formado em engenharia civil pela Universidade Federal do Paraná em 2008, atua há mais de 10 anos com modelagem 3D, edição de imagens e programação. Possui experiência no desenvolvimento de programas em realidade virtual para o setor elétrico e operação de laser scanners móveis e fixos para produção de modelos virtuais de alta fidelidade. Também trabalhou com renders arquitetônicos, criação de modelos digitais com o uso de

fotogrametria e software CAD, além de compôr o time de desenvolvimento do programa de gestão de dados da qualidade do ar do Paraná, atuando tanto no front end quanto no back end deste.