

## **Estudo de Técnicas para Processamento de Imagens Aplicadas ao Monitoramento da Invasão de Vegetação sob a Rede Elétrica com Risco Potencial de Conflitos**

*Anderson Diogo Spacek (anderson.spacek@satc.edu.br) – Faculdade SATC*  
*Marco Aurélio Oliveira Rocha (marco.rocha@satc.edu.br) – Faculdade SATC*

### **RESUMO**

O objetivo geral deste artigo é verificar a viabilidade do uso de processamento digital de imagens como método auxiliar para o monitoramento da vegetação próxima a rede elétrica, uma vez que, o contato com os condutores, pode resultar no desabastecimento de eletricidade. Neste estudo analisou-se três diferentes filtros de detecção de borda presentes na biblioteca OpenCV, onde, através de sua implementação em conjunto com a transformada de Hugh, foi possível realizar a identificação da rede elétrica. Para detecção da vegetação, optou-se pelo agrupamento e delimitação das áreas presentes na imagem, onde os níveis da cor verde apresentaram-se dentro de um intervalo predeterminado. A partir das coordenadas encontradas nos dois processos de detecção, realizou-se o cruzamento destes dados em busca de possíveis pontos onde os valores das coordenadas sejam iguais, evidenciando assim o contato da vegetação com a rede elétrica.

**Palavras-chave:** Rede elétrica, Processamento de imagens, OpenCV, Python

### **ABSTRACT**

The general objective of this article is to verify the feasibility of using digital image processing as an auxiliary method for monitoring vegetation near the power grid, since contact with conductors can result in electricity shortages. In this study we analyzed three different edge detection filters present in the OpenCV library, where, through their implementation in conjunction with the Hugh transform, it was possible to perform the identification of the electrical network. For the detection of vegetation, we opted for grouping and delimiting the areas within the image, where the green color levels were within a predetermined interval. From the coordinates displayed in the two detection processes, performed or crossed with the data in search of possible points where the

coordinate values are equal, evidenced as the contact of the vegetation with an electrical network.

**Keywords:** Electrical network, Image processing, OpenCV, Python

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente a energia elétrica é essencial para o bem-estar e fundamental para o desenvolvimento socioeconômico. Como o avanço tecnológico e a popularização de dispositivos eletrônicos obteve-se também o aumento na demanda por eletricidade, onde, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), haverá um acréscimo de 3,6% ao ano até 2029.

No Brasil o Sistema Interligado Nacional (SIN) é o responsável por garantir os níveis de disponibilidade, qualidade e segurança na transmissão e distribuição de energia elétrica até os consumidores (MEDEIROS, 2018). As redes elétricas, sejam elas de transmissão ou de distribuição encontram-se em diferentes áreas, podendo estarem situadas em localidades rurais ou de vegetação nativa, sob o risco potencial de contato com árvores, por exemplo.

Tendo em vista a complexidade do sistema de malhas que transportam eletricidade bem como sua importância para a sociedade, entende-se que a interrupção do fornecimento de energia pode ser desastroso para algumas áreas, como indústrias e hospitais. Ao longo do tempo, alguns incidentes envolvendo o contato da vegetações com a rede elétrica, resultaram em elevadas perdas e danos financeiros, como as interrupções no fornecimento de eletricidade ocorridas nos EUA em 1996, e 2003 que atingiram aproximadamente 59 milhões de pessoas (AHMAD et al., 2013).

Entendendo-se a importância da continuidade do fornecimento de energia elétrica, diversos métodos para monitoramento das linhas são atualmente empregados, como a inspeção de campo, vigilância aérea por vídeo, uso de imagens aéreas multiespectrais e a utilização de rede de sensores multimídia. Neste aspecto este artigo realiza a análise de uma forma alternativa, utilizando processamento digital

de imagens, para monitoramento e identificação da vegetação próxima às redes elétricas.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A pesquisa bibliográfica realizada, explora os métodos comumente utilizados para monitoramento de vegetação sob linhas de transmissão e distribuição, bem como uma abordagem básica dos meios de inspeção da rede elétrica.

### **2.1 Monitoramento de vegetação sob rede elétrica**

Os estudos realizados por (AHMAD et al., 2013), identificam o contato da rede elétrica com a vegetação como uma das principais causas de interrupções no fornecimento de energia elétrica. Em seus trabalhos (MEDEIROS, 2018) e (AHMAD et al., 2013) apresentam como métodos amplamente utilizados para acompanhamento da invasão arborea em áreas ocupadas por redes elétricas, os métodos de inspeção de campo, vigilância aérea por vídeo, uso de imagens aéreas multiespectrais e emprego de rede de sensores multimídia integrada. Além destes métodos (MATIKAINEN et al., 2016) destaca outras seis formas de inspeção: Obtenção de imagens de satélite de abertura sintética (*Synthetic Aperture Radar - SAR*); Imagens de sensores ópticos; Imagens térmicas; Varredura laser aérea (*ALS*); Varredura laser terrestre (*Terrestrial Laser Scanner - TLS*), e utilização de imagens capturadas por veículos aéreos não pilotados.

No trabalho proposto por (ZHANG et al., 2016), utiliza-se um modelo de alarme baseado em *laser Scanner* (*LiDAR - Light Detection And Ranging*), onde os resultados obtidos apontaram maior precisão e confiabilidade do sistema comparados aos métodos de inspeção visual.

Entendendo a necessidade da coexistência entre a rede elétrica e a vegetação, de forma segura e sustentável, (OLIVEIRA; PEREIRA, 2014) realiza uma análise estatística de dados de vegetação localizadas sob linhas de distribuição, buscando o aprimoramento dos processos de poda e melhor integração dos dados processados com os sistemas de manutenção das linhas.

### 3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para construção de conhecimento, este trabalho baseou-se em pesquisa realizada a partir de livros, artigos, teses e dissertações. Primeiramente realizou-se a obtenção de imagens da rede elétrica em cenário real, e posteriormente submeteu-se estas imagens aos filtros a serem analisados pelo estudo.

#### 3.1 Obtenção das imagens

Segundo (JÚNIOR et al., 2019) e (LULIO, 2011), parâmetros como ângulação da câmera, distância focal e controle de iluminação, são características que influenciarão diretamente nos resultados do processamento de imagens, devendo serem consideradas possíveis limitações dos elementos de *hardware*, como as especificações do sensor de captura utilizado.

Neste estudo, as imagens foram capturadas com a utilização de um drone de pequeno porte, modelo *Phantom 3*, fabricado pela empresa chinesa DJI. Este drone é equipado com uma câmera de lente FOV (*Field Of View*) de 20 mm (94°), sensor *Panasonic Smart* de 1/2.3 polegadas e 12 megapixels efetivos, gama ISO de 100 a 3200 para vídeo, e 100 a 1600 para foto (DJI, 2017).

Os voos para captura das imagens da rede elétrica foram realizados sob uma rede de distribuição trifásica de 69 kV, utilizando o método oblíquo de captura. Neste método o horizonte é capturado juntamente com a área de interesse. Na Figura 1 pode-se visualizar a imagem capturada.



Figura 1 – Imagem capturada da rede elétrica. Do autor (2020).

### 3.2 Detecção das áreas de interesse

O algoritmo responsável pela detecção da rede elétrica, e verificação de contato ou não com a vegetação foi implementado na linguagem Python, em conjunto com a biblioteca OpenCV.

#### 3.2.1 - Identificação da rede elétrica

Para detecção da rede elétrica, a mesma imagem de referência capturada, foi submetida aos três detectores de bordas alvos do estudo. São eles: Detector de bordas *canny*, *laplaciano* e *sobel*.

O detector de bordas proposto por John F. Canny, também denominado “*detector ótimo de bordas*” realiza a detecção de arestas através da implementação de derivadas de primeira ordem (GANESAN; SAJIV, 2018). Na implementação do detector canny, busca-se obter uma baixa taxa de erros, menor distância possível entre a borda verdadeira e a aresta identificada e por fim a obtenção de um único ponto por borda como resposta.

Segundo (PRINCESS; SILAS; RAJSINGH, 2019), o filtro laplaciano (*Laplacian of Gaussian - LoG*) realiza a detecção das bordas a partir de derivação em segunda ordem, localizando os valores máximos e mínimos nos locais onde o resultado da derivação é igual a zero, aplicando posteriormente ao processo laplaciano um filtro gaussiano para suavização.

O operador sobel realiza a detecção das arestas através da implementação de derivadas de primeira ordem e da utilização de duas máscaras de convolução 3x3 ( $G_x$ ,  $G_y$ ) para realização do cálculo de gradiente ao longo dos eixos vertical e horizontal (GANESAN; SAJIV, 2018).

O algoritmo proposto aplica os três filtros na imagem de referência, sendo que, após a detecção das arestas presentes na imagem, aplica-se a transformada probabilística de Hough (TPH). O fluxograma geral da implementação dos detectores é apresentado na Figura 2.

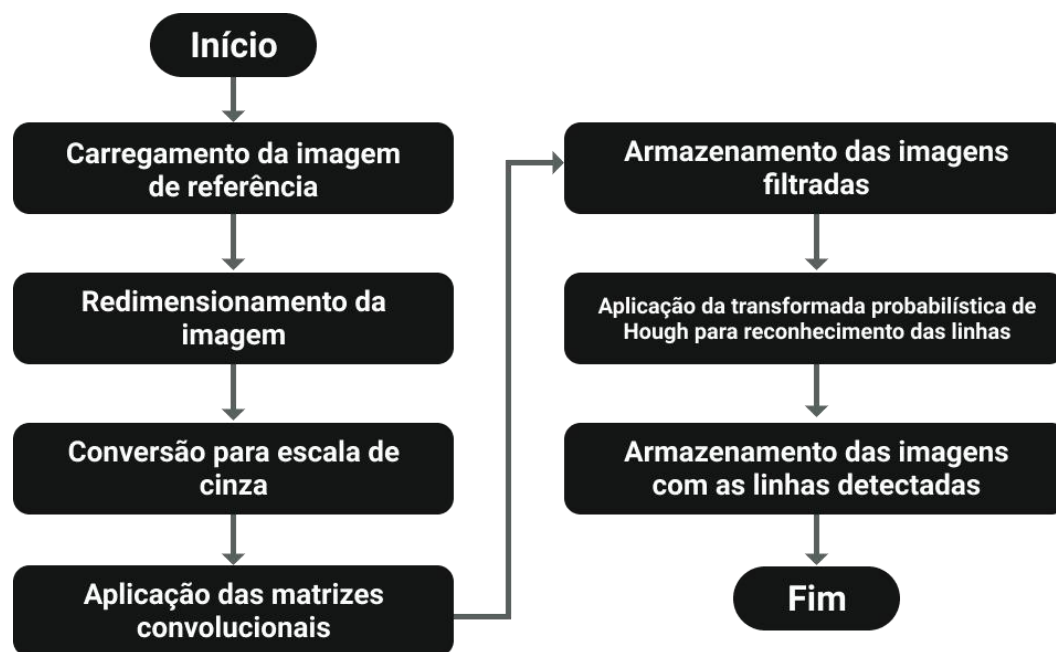


Figura 2 – Fluxograma geral da implementação dos detectores. Do autor (2020).

A TPH possui como principal objetivo a localização de objetos dentro de uma imagem, utilizando para isso, pixels randomicamente escolhidos de acordo com uma função de densidade de probabilidade uniforme (JÚNIOR, 2016).



### 3.2.2 - Identificação da vegetação

Para a detecção da vegetação, optou-se pela identificação dos níveis de cor verde presentes na imagem capturada. Nesta abordagem, é aplicado inicialmente na imagem de referência um desfoque gaussiano, buscando a minimização de ruídos, posteriormente identifica-se as regiões onde os valores dos pixels encontram-se dentro dos limites estabelecidos. Por fim, realiza-se um tratamento morfológico nos limites das vegetações encontradas, buscando a união de plantas semelhantes em uma mesma marcação.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos com a aplicação do algoritmo de detecção de bordas e da transformada de Hough podem ser visualizadas na Figura 3. Já a Figura 4 apresenta a realização da detecção da vegetação.

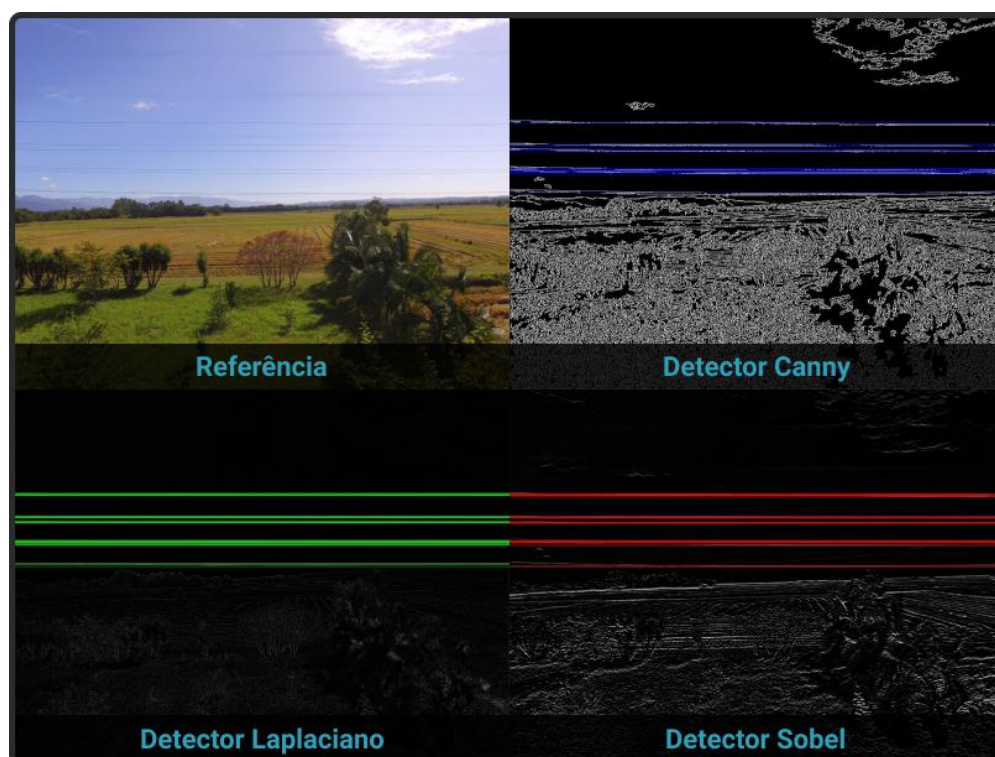


Figura 3 – Resultados obtidos após a aplicação do algoritmo proposto. Do autor (2020).

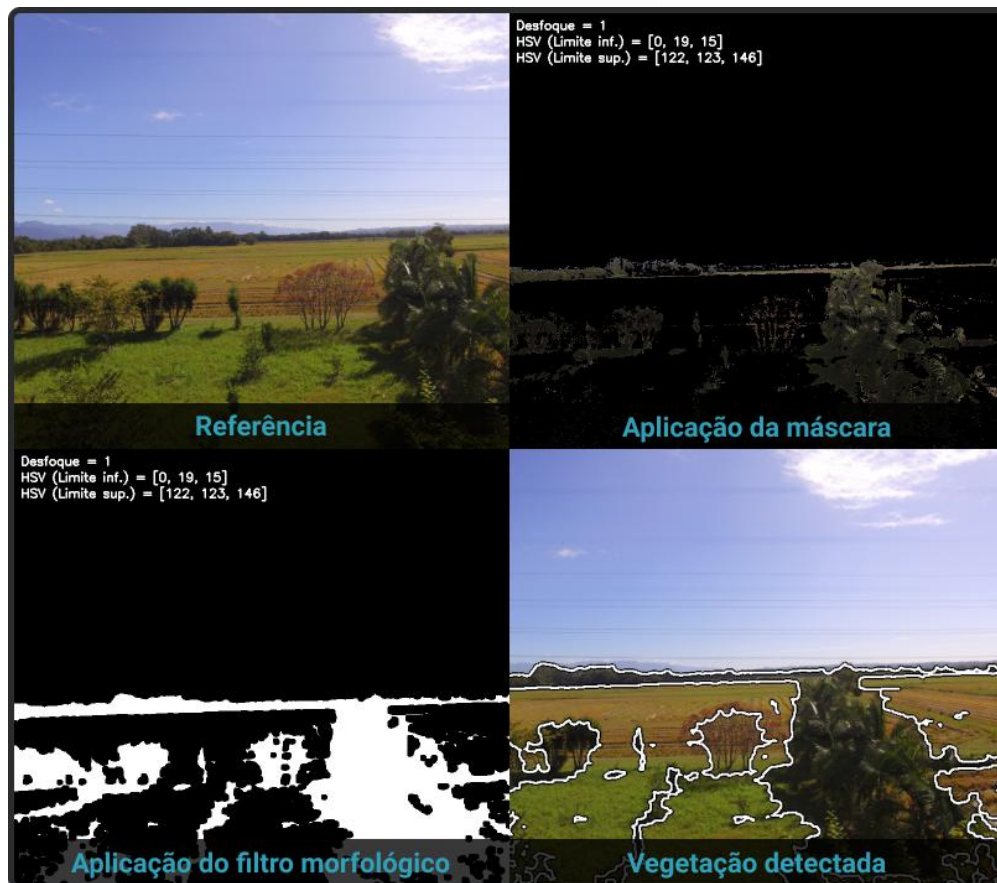


Figura 4 – Detecção da vegetação a partir do algoritmo proposto. Do autor (2020).

Após a realização da detecção dos condutores e da vegetação, o algoritmo verifica a existência de cruzamentos entre as coordenadas  $x$ ,  $y$  das linhas de distribuição encontradas, com as áreas marcadas com a presença da vegetação. O resultado pode ser verificado na Figura 5.





Figura 5 – Linhas de distribuição e vegetação detectadas na imagem. Do autor (2020).

## 5. CONCLUSÕES

Os três detectores de bordas analisados combinados a transformada probabilística de Hough, apresentaram-se eficazes na identificação da rede elétrica. Para a detecção da vegetação, o algoritmo sugerido mostrou-se eficiente, contudo observou-se a importância do valor de angulação da câmera no momento da captura da imagem, uma vez que esse parâmetro interfere diretamente no processo de identificação de contato da vegetação com a rede elétrica, isso por quê, dependendo deste valor, vegetações com maior profundidade dentro da imagem podem ser sobrepostas pela rede, sendo assim identificadas como estando em contato com a rede elétrica.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, J. et al. Vegetation encroachment monitoring for transmission lines right-of-ways : A survey. **Electric Power Systems Research**, v. 95, p. 339–352, 2013.

DJI. **PHANTOM 3 Standard: User Manual**. 2017.

GANESAN, P.; SAJIV, G. A comprehensive study of edge detection for image processing applications. **Proceedings of 2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems, ICIECS 2017**, v. 2018- Janua, p. 1–6, 2018.

JÚNIOR, F. A. DE O. **Identificação E Classificação De Sinalização Horizontal Em Autovias**. [s.l.] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, 2016.

JÚNIOR, J. P. et al. Influence of Image Acquisition Parameters with Drone Aid for Point Cloud Generation of Civil Works. **2º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção**, p. 8, 2019.

LULIO, L. C. **Técnicas de visão computacional aplicadas ao reconhecimento de cenas naturais e locomoção autônoma em robôs agrícolas móveis**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2011.

MATIKAINEN, L. et al. Remote sensing methods for power line corridor surveys. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 119, p. 10–31, 2016.

MEDEIROS, T. O. DE. **Sistema de Monitoramento da Invasão de Vegetação em Linhas de Transmissão Usando Redes de Sensores Sem Fio**. João Pessoa, PB: Universidade Federal da Paraíba - UFPB, 2018.

OLIVEIRA, A. F. DE; PEREIRA, G. D. A. Uso Da Classificação Da Vegetação No Manejo Integrado Entre the Use of Vegetation Classification To the Trees and Network. **SBAU - Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, p. 168–183, 2014.

PRINCESS, P. J. B.; SILAS, S.; RAJSINGH, E. B. Performance Analysis of Edge Detection Algorithms for Object Detection in Accident Images. **2019 Global Conference for Advancement in Technology, GCAT 2019**, p. 4–8, 2019.

ZHANG, W. et al. The Research on Early-warning Methods of Tree Barriers of Transmission Lines based on LiDAR Data. **2016 4th International Conference on Applied Robotics for the Power Industry (CARPI)**, p. 1–4, 2016.