

1. Trabalho de Conclusão de Curso

1ª Etapa - Pré-Projeto

SIDEL: Interface de controle de drone para inspeção de torres de distribuição de energia elétrica

Integrantes do Grupo:

Guilherme Luis Frandina
Ana Júlia Ramalho de Castro

Orientador(a): Álvaro Rogério Cantieri

Co-orientador(a): Gabriel Vinicius Canzi Candido

Pinhais
2024

1.Introdução

O sistema de geração e distribuição de energia elétrica no Brasil tem como principal base de geração a energia hidroelétrica, que requer o aproveitamento de recursos hídricos em áreas onde elas estão disponíveis geograficamente, tornando a rede muito extensa (EPE, 2023). Somado com a grande extensão do território brasileiro, essa infraestrutura se torna muito mais abrangente, tornando a transmissão e distribuição desse recurso em um grande desafio, exigindo formas de controle e de supervisão periódicas para que acidentes não ocorram (SkyFire, 2023) .

A COPEL (Companhia Paranaense de Energia), por exemplo, é a empresa responsável pelo fornecimento de energia elétrica para o estado do Paraná, possuindo mais de 200 mil quilômetros de linhas de distribuição (COPEL, 2021). Com partes dessas linhas sendo feitas através de redes aéreas, compostas por torres com cabos aéreos com revestimento isolante que passam por diversos pontos do estado.

Segundo o guia de inspeção de vants da IEEE (IEEE, 2020), na forma manual de controle de drone são necessários dois técnicos, tornando o processo de análise mais simples e seguro do que o procedimento tradicional (que era feito por meio de helicópteros próximo às torres) (AEN, 2021), visto que evita situações de risco.

Porém, nesse método de operação fica sob responsabilidade do piloto desviar de obstáculos e evitar colisões com a aeronave, além de, ter que realizar a direção do drone até o ponto de inspeção. Como consequência disso, a tarefa de inspecionar se torna difícil, mesmo com drones que apresentam sistemas de segurança - como sensores e algoritmos auxiliares - que ainda necessitam de um alto grau de habilidade do controlador, podendo levar a acidentes com a aeronave e a estrutura da torre.

Por isso, esse projeto tem como objetivo a criação de uma interface amigável para a operação do VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) que será desenvolvida por outro projeto que está sendo realizado em conjunto no Laboratório de Robótica e Computação Aplicada do IFPR Pinhais (LaRCA).

1.1.Objetivos

1.1.1.Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de uma interface de operação e controle inteligente para um drone multi-sensorial, com foco na inspeção de torres de distribuição de energia elétrica.

1.1.2.Objetivos específicos

- Estudar e desenvolver uma interface para um sistema de inspeção que atenda as necessidades e as formas de operação do profissional
- Implementar um sistema de telecontrole para situações de emergência
- Implementar um sistema de monitoramento em tempo real por meio de câmeras embarcadas no drone incluindo uma câmera comum e uma câmera térmica.

1.2.Justificativa

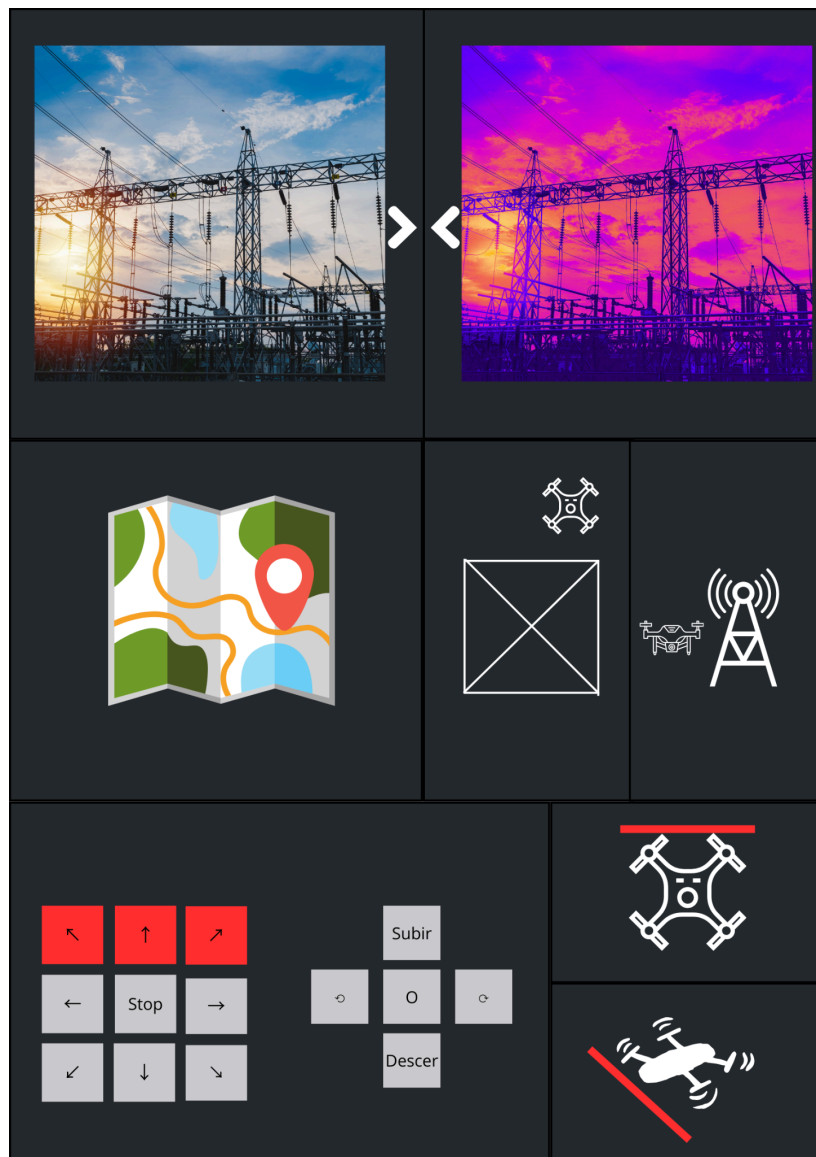
Considerando os desafios e limitações observados no atual panorama das inspeções de torres elétricas citado anteriormente, é evidente a necessidade premente de avanços tecnológicos que otimizem e aprimorem os processos de monitoramento e manutenção nesse setor crucial da infraestrutura elétrica, como apontado por Cantieri em sua tese ao investigar o processo de inspeção de torres de distribuição de energia (Cantieri, 2020, p.87). Como já destacado, o uso de drones para essa finalidade tem sido uma solução eficaz para tornar as inspeções mais rápidas, seguras e precisas, no entanto, mesmo com os benefícios proporcionados pelo uso de drones, ainda persistem desafios que limitam sua eficiência operacional e sua segurança (Abram, 2019).

A dependência de uma equipe composta por duas pessoas - um técnico de inspeção e um piloto - para conduzir as operações de voo e inspeção representa um obstáculo significativo. Além de aumentar os custos operacionais, essa abordagem introduz riscos adicionais, como erros humanos durante o reconhecimento das torres. Adicionalmente, as soluções disponíveis no mercado muitas vezes não são projetadas exclusivamente para a aplicação em torres elétricas, como a COPEL que em 2021 adquiriu mais 100 drones do modelo Mavic Pro 2 (ABRADEE, 2021), que são operados manualmente e adaptados para o uso em inspeções, resultando em uma falta de otimização para os desafios específicos enfrentados nas inspeções de infraestrutura elétrica .

Com base nesses desafios identificados, a colaboração entre o LaRCA/IFPR, a COPEL e a UTFPR propõe o desenvolvimento de uma solução inovadora e específica para o monitoramento de torres elétricas. Tendo como cerne a criação de um sistema inteligente, capaz de realizar todo o trabalho de posicionamento, estabilização e navegação de forma automatizada, sem a necessidade de uma equipe de operadores controlando a aeronave a todo instante. Essa abordagem não apenas reduzirá os custos e os riscos associados às operações de inspeção, mas também aumentará significativamente a eficiência e a precisão do processo.

Para complementar essa solução, propõe-se neste presente projeto o desenvolvimento de uma interface intuitiva e funcional instalada em um totem digital montável na estação base, que será onde o operador irá ficar, tendo acesso a recursos de vídeo e controle para realizar o supervisionamento da operação. Essa interface será projetada para atender às necessidades do operador, permitindo a visualização da câmera comum, câmera térmica e o controle de suas posições, localização em tempo real, sinais de perigo e um sistema de telecontrole para situações emergenciais, como mostrado na figura 1.

FIGURA 1: Protótipo da interface vertical



Fonte: Os autores (2024)

Dessa forma, ao abordar as lacunas identificadas no panorama atual das inspeções de torres elétricas, este projeto visa não apenas superar os desafios existentes, mas também promover avanços significativos na eficiência, segurança e precisão das operações de monitoramento e manutenção nesse setor vital da infraestrutura elétrica.

2. Trabalhos correlatos

Nesta seção, encontram-se trabalhos com áreas de pesquisas semelhantes, foram escolhidos 3 trabalhos de diferentes instituições relacionados a inspeção de estruturas utilizando drones.

2.1. Resumo dos trabalhos

2.1.1. SISTEMA DE INSPEÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO VEÍCULOS AÉREOS NÃO-TRIPULADOS

O artigo do ITA/CTA em São José dos Campos, SP, discute a implementação de um inovador sistema de inspeção para linhas de energia elétrica, propondo a substituição de helicópteros tripulados por drones (Veículos Aéreos Não-Tripulados - VANTs). Essa abordagem visa aumentar a segurança das operações ao evitar a exposição de pessoas a situações perigosas próximas às linhas de transmissão. Por meio de um controle remoto portátil, os operadores têm a capacidade de pilotar os drones, capturar imagens e vídeos, e monitorar a localização em tempo real. O sistema é composto por softwares especializados, conexões para transmissão de vídeo e dados, e equipamentos adequados para facilitar a execução das inspeções. A utilização de drones nesse contexto não apenas preserva a integridade das vidas humanas, mas também aprimora a eficiência e segurança das atividades de inspeção das linhas de energia elétrica. (Rangel et al., 2009)

2.1.2. ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS POR MEIO DE INSPEÇÃO COM VANT

O artigo discute como é importante usar drones para inspecionar fachadas de edifícios e identificar problemas estruturais. Destaca-se a dificuldade de acessar áreas de difícil alcance em edifícios altos, o que pode acelerar a deterioração das fachadas. O estudo analisa métodos de inspeção em edifícios no litoral catarinense, concentrando-se na durabilidade das estruturas e nos métodos de inspeção usados. Propõe e testa um método de inspeção utilizando drones, que mostrou ser eficaz na identificação de problemas por meio de fotografias de alta resolução. (Tondelo et al., 2019)

2.1.3. Estudo da Aplicação de Drones para Inspeção de Linhas de Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica

O artigo examina como os drones podem ser uma ferramenta valiosa para inspecionar linhas de energia elétrica. Ele destaca os benefícios significativos, como maior segurança, eficiência e precisão nas avaliações das linhas. Empresas do setor elétrico têm adotado essa tecnologia em projetos de inspeção, mostrando sua viabilidade. Aspectos cruciais, como qualidade das imagens, condições climáticas e habilidade do piloto, são considerados fundamentais para o sucesso das operações. Em resumo, o estudo revela o potencial dos drones para aprimorar as inspeções de infraestruturas elétricas, proporcionando impactos positivos no setor elétrico. (Morais, 2020)

2.2. Distinção entre os trabalhos

Uma análise de projetos correlatos revelou que o principal diferencial deste sistema reside em sua autonomia. Ao contrário de outros sistemas que exigem intervenção humana constante para controlar o drone, este opera de forma inteligente, realizando o posicionamento, estabilização e navegação de maneira automatizada.

O sistema oferece a capacidade de programar planos de inspeção específicos para diferentes tipos de torres, otimizando a captura de imagens. Essa programação é feita por meio de um sistema simulado, onde o operador define o posicionamento ideal do drone para garantir uma visualização precisa. Estes pontos e rotas são armazenados e utilizados durante a inspeção real, assegurando um processo eficiente e seguro.

3. Materiais e métodos

Nesta seção serão apresentados os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento do projeto SIDEL.

3.1 Materiais

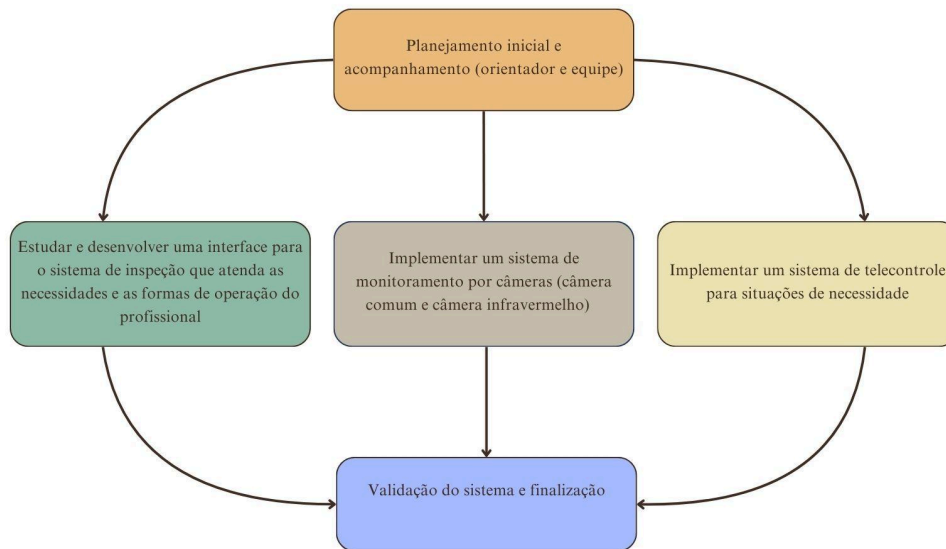
A tabela abaixo contém os materiais que serão utilizados para a criação do projeto, juntamente com suas descrições.

Ferramentas	Versão	Localização	Descrição
Visual Studio Code	1.87.2	https://code.visualstudio.com/	Editor de código-fonte
Canva	-	https://www.canva.com/pt_br/	Prototipação das telas e edição de artes para a interface
Python	3.10.12	https://www.python.org/	Linguagem de programação
Qt	5	https://www.qt.io/qt-for-python	Biblioteca utilizada para criação de interfaces.
PyQt	5		Framework para criação de interfaces que faz parte da biblioteca Qt.
Ubuntu	22.2 LTS	https://ubuntu.com/	Sistema operacional
ROS	-	https://www.ros.org	É uma coleção de frameworks de software para desenvolvimento de robôs, será o responsável por integrar o controle efetivo do drone (será desenvolvido pela equipe no projeto do LaRCA)

3.2 Método

A figura abaixo contém o método que será utilizado para a execução do projeto.

Figura 2: Método



Fonte: Os autores (2024)

Neste método, o orientador e os integrantes do projeto, em conjunto, definiram as atividades a serem executadas através de uma segmentação de tarefas. Esta abordagem visa garantir uma distribuição eficaz das responsabilidades, permitindo uma gestão mais precisa e focada em cada componente do projeto. O plano prevê a divisão do projeto em três objetivos, que correspondem aos objetivos específicos estabelecidos. Cada um desses objetivos será abordado através de microprojetos, nos quais os integrantes se dedicaram de maneira concentrada e especializada.

Para garantir um progresso contínuo e alinhado, estão programadas reuniões semanais com o orientador e co-orientador. Durante esses encontros, serão apresentados os avanços alcançados em relação aos objetivos estabelecidos, bem como as dificuldades e necessidades identificadas durante a execução de cada microprojeto. Essa troca de informações será fundamental para ajustes, resolução de problemas e otimização dos processos, visando sempre o resultado do projeto como um todo.

4. Cronograma

Cronograma e divisão das tarefas entre os membros da equipe a serem realizadas até a entrega final do trabalho.

Atividades	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Definição de design da interface	X	X								
Entrega do Pré-Projeto					X					
Defesa Pré-Projeto					X					
Estudar e desenvolver uma interface para o sistema de inspeção que atenda as necessidades e as formas de operação do profissional			X	X	X					
Testes de campo								X	X	
Implementação da visualização/monitoramento do drone por imagens recebidas das câmeras			X	X	X	X	X			
Finalização do primeiro protótipo da interface de controle			X	X						
Apresentação SCiTec									X	
Escrita do artigo final						X	X	X	X	
Entrega do artigo final									X	
Defesa do TCC										X

Fonte: Os autores (2024)

5. Resultados esperados

Ao final do projeto, espera-se um sistema de controle intuitivo e eficiente, capaz de atender às demandas de inspeção de torres elétricas. A interface desenvolvida deverá permitir a visualização em tempo real das imagens capturadas pelas câmeras embarcadas, possibilitando a identificação de possíveis anomalias nas torres. Além disso, o sistema de telecontrole garantirá a segurança da operação, permitindo que o operador assuma o controle manual do drone em situações críticas. A integração entre a interface e a navegação automatizada do drone proporcionará um sistema completo e robusto para a realização de inspeções de forma segura e eficiente.

Tanto o SIDEL quanto o projeto que está sendo realizado no LaRCA estão diretamente interligados, uma vez que este projeto tem como responsabilidade o desenvolvimento da interface de operação e controle inteligente para o drone que está sendo desenvolvido no Laboratório de Robótica e Computação Aplicada. Dessa forma, ao finalizar um projeto, o outro também será concluído, por conta disso, os resultados esperados vão além dos citados nos objetivos específicos, se tornando mais abrangente e tendo um impacto social que busca:

- Maior segurança durante a operação de drones durante a inspeção por meio da automatização do controle.
- Diminuir o risco de acidentes e por consequência diminuir os custos operacionais
- Agilizar o processo de inspeção e dessa forma aumentando a produtividade da operação.

6. Referências

ABRAM, M. et al. **PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE INSPEÇÃO DE TORRES DE TELECOMUNICAÇÕES POR AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (RPA)**. 2019. Relatório técnico (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. Disponível em: <http://www.repositorio.ifba.edu.br/jspui/bitstream/123456789/243/1/TCC%20-%20Prospec%C3%A7%C3%A3oTecnol%C3%B3gica%20-%20RPA%20em%20Inspe%C3%A7%C3%A3o%20-%20MAURO%20BASTOS%20ABRAM.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2024.

ABRADEE Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Copel amplia uso de drones para inspeção de redes de energia**. 2021. Brasília. Disponível em: <https://abradee.org.br/copel-amplia-uso-de-drones-para-inspecao-de-redes-de-energia>. Acesso em: 24 jul. 2024.

AEN, Agência Estadual de notícias, Paraná. **Com uso de drones na inspeção das redes, Copel evita desperdício e reforça segurança do processo**. 2021. Paraná. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Com-uso-de-drones-na-inspecao-das-redes-Copel-evita-desperdicio-e-reforca-seguranca-do>. Acesso em: 24 jul. 2024.

CANTIERI, A. R. **Método colaborativo para posicionamento de precisão usando VANT e VTNT para a inspeção detalhada de torres de distribuição de energia elétrica**. 2020. Tese (Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial). Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25104>. Acesso em: 24 jul. 2024.

COPEL, Companhia Paranaense de Energia. **Perfil Corporativo**. Paraná. Disponível em: <https://ri.copel.com/a-copel/perfil-corporativo/>. Acesso em: 24 jul. 2024.

EPE, Empresa de pesquisa energética. **MATRIZ ENERGÉTICA**. 2023. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 24 jul. 2024.

IEEE, **guide for unmanned aerial vehicle-based patrol inspection system for transmission lines**. Piscataway, NJ, USA. 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9271964>.. Acesso em: 24 jul. 2024.

MORAIS, L. **ESTUDO DA APLICAÇÃO DE DRONES PARA INSPEÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**. 2020. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal Rural do Semiárido, UFRSA, Campus Mossoró. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/84ce104c-19e0-472c-9dd7-79058c25de07/content>. Acesso em: 15 de março 2024.

RANGEL, R. et al. **SISTEMA DE INSPEÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO VEÍCULOS AÉREOS NÃO-TRIPULADOS**. 2009. S. José dos Campos SP. Disponível em <https://www.cta-dlr2009.ita.br/Proceedings/PDF/59018.pdf> . Acesso em: 20 de março 2024.

SKYFIRE. **Como a falta de manutenção na rede elétrica leva ao aumento de incêndios?**. 2023. Ribeirão Preto São Paulo. Disponível em: <https://blog.skyfire.com.br/como-a-falta-de-manutencao-na-rede-eletrica-leva-ao-aumento-de-incendios/>. Acesso em: 24 jul. 2024.

TONDELO, P. et al. **Análise das manifestações patológicas em fachadas por meio de inspeção com VANT**. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 10, p. e019009, 2019. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652817/19195> Acesso em: 16 março. 2024.