

Identificação de áreas prioritárias para podas em redes de distribuição de energia

Tema: Redes de Distribuição

Autores: João Paulo Delapasse Simioni

Co-Autores: Adriano Panazzolo; Daniela Viegas; Stephen Michel; João Pedro Roos Wilhelm; Josiane Gomes

Empresa: LOP - Podas Inteligentes

Resumo

A presença de vegetação em redes de distribuição de energia é uma das principais causas de desligamentos não programados de energia, podendo aumentar os riscos de incêndios, choques elétricos, além de trazer prejuízos econômicos às concessionárias de distribuição de energia e aos consumidores. Este estudo tem por objetivo desenvolver uma técnica baseada em inteligência artificial (IA) e imagens de satélite de altíssima resolução espacial para realizar mapeamento da altura da vegetação e identificação de áreas prioritárias para poda em redes de distribuição de energia. Os procedimentos metodológicos foram divididos em três etapas: (i) identificação da altura das árvores por meio de dados LiDAR e cruzamento com a rede de distribuição de energia; (ii) desenvolvimento de um aplicativo de campo para recebimento das áreas prioritárias, cadastro das árvores e execução das podas; e, (iii) desenvolvimento de uma plataforma web para acompanhamento da execução das podas e emissão de relatórios automatizados. Conclui-se que o uso de IA em imagens de satélite de altíssima resolução espacial apresentou importantes resultados para identificar as alturas das árvores, obtendo uma precisão vertical de 1,20 metros, evidenciando o alto potencial da IA para a classificação de alvos obtidos com imagens de satélite. Com isso, as ferramentas criadas (identificação de altura da vegetação, aplicativo de campo e plataforma web) possuem fundamental importância na melhoria da eficiência na gestão da vegetação, contribuindo para a redução de desligamentos não programados de energia e dos custos operacionais das concessionárias, para o aumento da segurança da rede elétrica e da garantia da sustentabilidade, pois, foca diretamente em áreas prioritárias para podas, evitando podas desnecessárias, promovendo assim, a convivência harmoniosa entre a infraestrutura elétrica e o meio ambiente.

1. Introdução

A presença de vegetação na rede elétrica é uma das principais causas dos desligamentos não programados de energia (Hartling et al., 2023). Além das interrupções não programadas, a falta de gestão arbórea pode aumentar os riscos de incêndios e choques elétricos, causando prejuízos às concessionárias de energia e aos consumidores.

Apenas no ano de 2022 a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) atendeu aproximadamente 44 mil ocorrências de falta de energia causadas pela queda de árvores ou pelo contato de galhos e folhas

nos cabos elétricos (CEMIG, 2022), tornando-se a principal causa de desligamentos acidentais, no ano de 2022, no estado de Minas Gerais. Em Porto Alegre-RS, um temporal ocorrido em janeiro de 2024 causou a queda demais de duas mil árvores, deixando milhares de moradores sem energia (Gallisa, 2024); e, no município de São Paulo, apenas no temporal ocorrido em outubro de 2024 foram registradas 967 quedas de árvore afetando mais de 3 milhões de unidades consumidoras (Cardoso, 2024).

Novembri (2004) descreve que na América do Norte, a gestão arbórea das cidades é considerada uma das maiores despesas recorrentes associadas à manutenção da rede de distribuição de energia. Diante disto, diversas pesquisas estão sendo desenvolvidas com foco na gestão arbórea, de modo a reduzir interrupções não programadas de energia e reduzir os custos operacionais.

Parent et al. (2019) menciona que as pesquisas envolvendo a gestão arbórea em redes de distribuição de energia possuem, no geral, três focos principais: i) criação de modelos usando variáveis ambientais e sensoriamento remoto para prever locais de maior risco de interferência da vegetação (Ahmad et al., 2013); ii) identificação das características das árvores, com foco no planejamento arbóreo urbano e no vigor vegetativo das espécies existentes e, iii) desenvolvimento de diretrizes e modelos de otimização para agendamento e controle de podas (Dokic e Kezunovic, 2018).

Diante deste cenário, o desenvolvimento de programas inovadores na gestão arbórea tem se mostrado uma solução eficaz para minimizar os impactos da vegetação na rede elétrica, como por exemplo, os programas “Arborização Mais Segura” (RGE, 2023) e “Florestas Urbanas” (COPEL, 2015). Além disto, o uso do sensoriamento remoto e mais recentemente o *Light Detection and Ranging* (LiDAR) tem apresentado alto potencial de identificação de áreas prioritárias para podas, classificando áreas com maior presença de vegetação e, especificamente no caso do LiDAR, identificando alturas da vegetação através da geração de nuvem de pontos. O sensoriamento remoto tem sido aplicado com sucesso em importantes empresas como a CEMIG, através da "Plataforma Imagey" (CEMIG, 2022) e Energisa Sergipe, com a ferramenta *Vegetation Recognition Action* (VERA) (ENERGISA, 2021). A tecnologia LiDAR, apesar de ser recente, está sendo aplicada com sucesso para a identificação de áreas prioritárias para podas (Hartlink et al., 2021). Entretanto, o LiDAR, em comparação ao sensoriamento remoto, apresenta algumas limitações, como por exemplo, o alto custo dos equipamentos, a alta demanda de processamento da nuvens de pontos, a necessidade de um veículo em campo (no caso do LiDAR terrestre) ou de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) no caso do LiDAR aéreo, entre outros. Essas tecnologias permitem um planejamento mais eficiente das podas e da manutenção preventiva, reduzindo a necessidade de intervenções emergenciais, diminuindo os custos operacionais das concessionárias de energia. No entanto, apesar da importância dos sistemas de gestão de podas mencionados anteriormente, não há uma tecnologia de baixo custo que faça a integração da identificação das alturas das árvores usando sensoriamento remoto, com o aplicativo de campo e com a interface web.

Neste contexto, esse trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo de IA usando imagens de satélite de altíssima resolução espacial para mapear a altura da vegetação em contato com a rede de energia, identificando com precisão as áreas prioritárias para a poda e realizando o gerenciamento inteligente das podas através de um aplicativo de campo. Além disto, o presente trabalho prevê o desenvolvimento de uma plataforma web para acompanhamento das podas, emissão das ordens de serviço e de relatórios de poda, bem como, emissão de alertas temporais automatizados sobre a necessidade de realização de novas podas, variando de acordo com o vigor vegetativo das espécies cadastradas.

2. Desenvolvimento

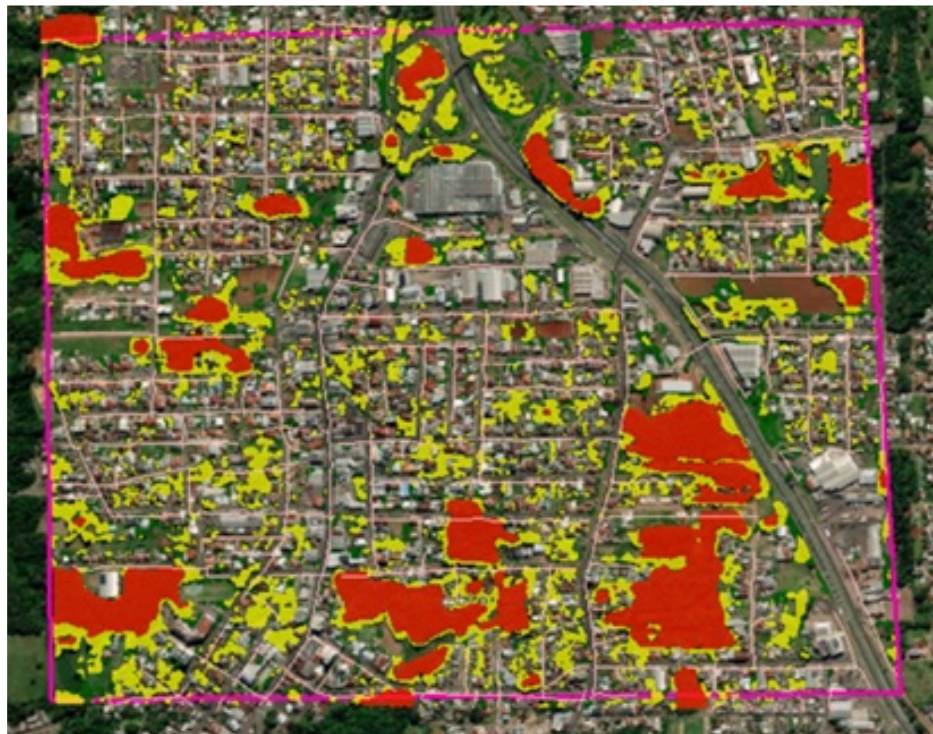
O presente trabalho foi dividido em três etapas, são elas:

i) Identificação de alturas das árvores usando inteligência artificial e imagens de satélite
Para a identificação das árvores e determinação de suas respectivas alturas, foi realizado um treinamento utilizando um extenso conjunto de dados, que incluiu mais de 30 mil alturas de árvores obtidas a partir de tecnologia. A nuvem de pontos LiDAR utilizada nesse estudo foi adquirida por meio do programa GeoSampa, da Prefeitura de São Paulo, permitindo uma análise detalhada da vegetação urbana. A partir do treinamento desses dados, alcançou-se uma precisão vertical de aproximadamente 1,2 metros na estimativa das alturas das árvores.

Após realizar o treinamento do modelo de IA, utilizou-se uma imagem de satélite da área urbana de Porto Alegre-RS para realizar a validação (Figura 1). Após realizar a classificação das árvores e suas respectivas alturas, cruzaram-se os dados de presença de vegetação aos vetores das linhas de distribuição elétrica, possibilitando a avaliação do potencial risco de interferência da vegetação na rede. Para facilitar essa análise e priorizar as ações de manejo, as alturas das árvores foram categorizadas em duas classes principais: árvores com até 4 (quatro) metros de altura foram classificadas como prioridade baixa para poda, enquanto aquelas com altura superior a 4 (quatro) metros foram consideradas de prioridade alta, pois apresentam maior potencial de interferência com a infraestrutura elétrica.

A partir da intersecção entre a presença de vegetação e a linhas de distribuição de energia, foi possível identificar os pontos críticos onde a vegetação pode representar risco à segurança e à continuidade do fornecimento de energia. Com base nessa análise, foram gerados os pontos prioritários para a realização de podas. Esses pontos foram posteriormente enviados para um aplicativo de campo, utilizado pelas equipes responsáveis pelas podas.

Figura 1 - Identificação das alturas de árvores usando inteligência artificial



	Altura (m)	Área (ha)	%
	0 a 4 m	10,22	4,44
	4 a 10 m	32,9	14,29
	acima de 10 m	23,46	10,19
	Área de interesse	230,28	-

ii) Realização das podas

A segunda etapa envolveu o desenvolvimento de um aplicativo móvel para o sistema operacional Android, utilizando a linguagem Java (Figura 2). Através do aplicativo a equipe de campo recebe as ordens de serviço, otimizando o gerenciamento das atividades de poda e o cadastramento das árvores. O aplicativo permite a visualização georreferenciada das árvores cadastradas, além de fornecer informações detalhadas sobre a localização, a prioridade de intervenção e o histórico de podas da árvore.

Ao iniciar os trabalhos, a equipe realiza o cadastramento individual de cada árvore, garantindo que todas as intervenções futuras sejam registradas de maneira padronizada e sistemática. Esse cadastro é realizado apenas uma vez e servirá como base de dados para o controle e o planejamento de novas podas, evitando redundâncias e garantindo um histórico contínuo de cada árvore monitorada.

As informações inseridas no cadastro são flexíveis e podem ser personalizadas conforme as exigências do cliente ou da entidade responsável pela gestão da vegetação urbana. Entre os dados recomendados para registro, incluem-se a espécie da árvore (quando possível identificar), altura estimada, localização georreferenciada, distância em relação à rede elétrica, status da poda (realizada, pendente ou programada) e qualquer observação relevante sobre o estado da vegetação, como a presença de galhos secos, ocos ou outros fatores que possam comprometer a segurança da rede.

Para garantir a transparência e a eficiência do processo, recomenda-se a captura de imagens da árvore antes e depois da realização da poda. Essas fotografias desempenham um papel fundamental na comprovação da execução do serviço, permitindo auditorias, avaliações técnicas e a geração de relatórios detalhados. Além disso, o nome das espécies será usado para realizar a avaliação do crescimento da vegetação ao longo do tempo e na identificação de padrões de desenvolvimento das espécies em áreas urbanas.

Após a finalização da poda, a equipe atualiza o status da árvore no sistema, garantindo que o registro reflita a situação atualizada da vegetação. Essa abordagem estruturada e tecnológica proporciona maior eficiência na gestão das podas, reduzindo custos operacionais, aprimorando a tomada de decisões e garantindo a segurança da rede elétrica e da população.

Figura 2 - Aplicativo de campo usado para cadastro de árvores e execução de podas

Cadastro de Árvore

16:15

←

Cliente
Select... ▼

Tipo de Árvore
Selecione um tipo de árvore ▼

[Cadastrar Novo Tipo](#)

Altura (m)
Altura

Diametro (m)
Diametro

Saúde da Árvore
Select... ▼

Observações sobre o aspecto da árvore:
Aspecto da Árvore: Folhagem, tronco e galhos saudáveis? Há pragas, fungos ou danos visíveis?

Localização

Mapa Minha Localização

Latitude: -29.91767085163485 Longitude: -51.1906748637557

Upload Fotos

Pressione a foto para definir como principal

Cancelar Salvar

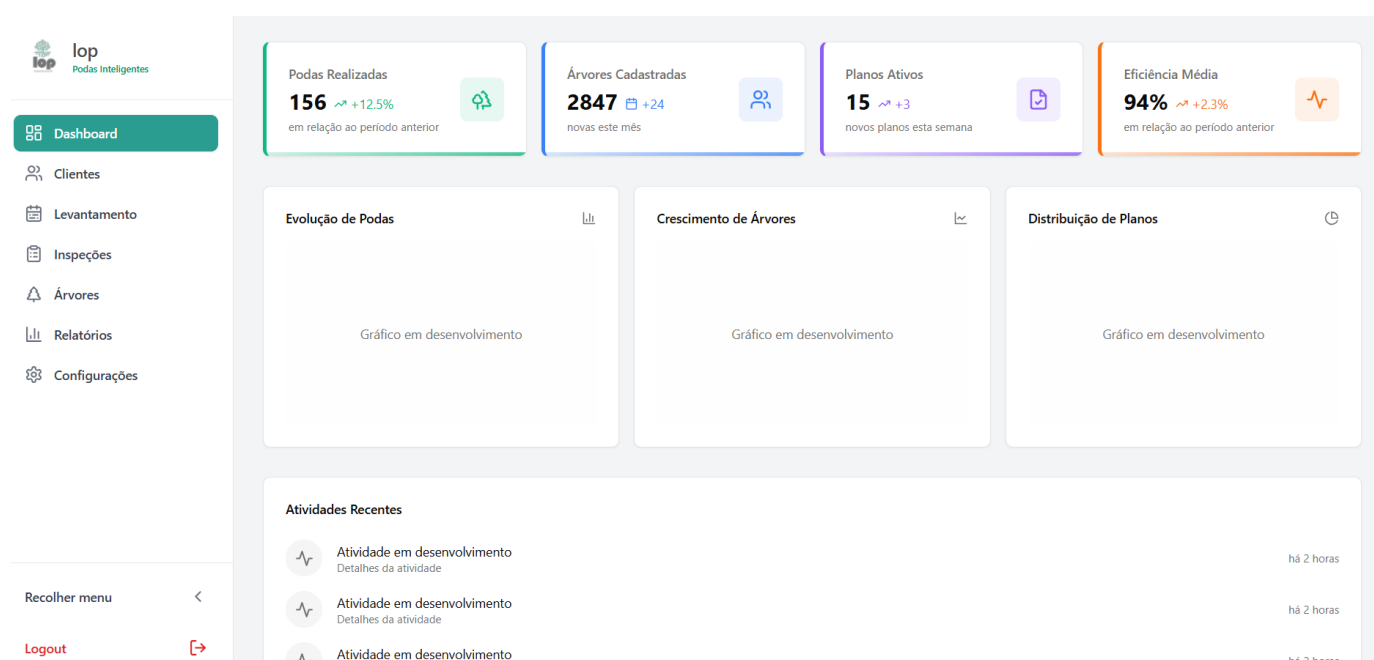
iii) Acompanhamento em escritório

A equipe da concessionária de energia pode acompanhar em tempo real, a partir do escritório, a execução das atividades de campo por meio de um sistema online integrado (Figura 3). Esse sistema centralizado permite o monitoramento contínuo das operações, oferecendo maior controle sobre o planejamento e a execução das podas. A interface do sistema proporciona uma visão detalhada das árvores cadastradas, incluindo informações sobre sua localização, status das podas e registros fotográficos, garantindo maior transparência e rastreabilidade no processo.

Além do monitoramento em tempo real, o sistema possibilita a geração de relatórios automatizados, otimizando a análise e a comunicação de dados para diferentes finalidades. Esses relatórios podem ser personalizados para atender a diversas demandas, como medições precisas de vegetação, relatórios de conformidade ambiental exigidos por órgãos reguladores e documentos alinhados a práticas ESG (Environmental, Social and Governance), fundamentais para a sustentabilidade e governança corporativa.

O sistema online também desempenha um papel estratégico na gestão preventiva da arborização urbana, emitindo alertas automáticos baseados no crescimento vegetativo das árvores. A partir da análise contínua dos dados históricos e das informações cadastradas, o sistema pode prever a necessidade de novas intervenções, gerando automaticamente ordens de serviço para a realização de podas antes que a vegetação represente riscos à infraestrutura elétrica ou à segurança pública. Esse modelo de gestão inteligente transforma significativamente o gerenciamento das podas, permitindo a transição de um sistema reativo para um sistema proativo e baseado em dados.

Figura 3 - Interface web para gestão inteligente de podas, emissão de ordem de serviço e emissão de relatórios



3. Conclusão

A utilização da IA aplicada a imagens de satélite de altíssima resolução espacial representa um avanço significativo na gestão da vegetação próxima às redes de distribuição de energia, trazendo mais precisão, eficiência e sustentabilidade para o processo de gestão arbórea urbana. A utilização da IA permite um mapeamento detalhado das alturas das árvores, identificando áreas críticas e priorizando pontos de maior risco para a infraestrutura elétrica. Essa abordagem inovadora possibilita uma análise preditiva da vegetação, reduzindo a necessidade de inspeções manuais e otimizando o planejamento das podas.

Com a integração entre o aplicativo de campo e a interface web, o processo de poda torna-se mais ágil e eficiente, garantindo um monitoramento contínuo e uma gestão dinâmica das intervenções. O aplicativo permite que as equipes de campo recebam ordens de serviço em tempo real, registrem dados diretamente no sistema e capturem imagens antes e depois das podas, assegurando transparência e rastreabilidade das operações. Já a plataforma web possibilita que as concessionárias acompanhem os trabalhos em tempo real, gerenciem históricos de podas e gerem relatórios automatizados para diferentes finalidades, como auditorias, conformidade ambiental e planejamento estratégico.

Além dos ganhos operacionais, a ferramenta também reduz os prejuízos econômicos atrelados aos desligamentos não programados de energia, causados pelo contato das árvores com a rede elétrica. Outro diferencial é a contribuição para a sustentabilidade, pois ao focar em áreas prioritárias para podas, evita-se podas desnecessárias promovendo a convivência harmoniosa entre a infraestrutura elétrica e o meio ambiente.

4. Referências bibliográficas

AHMAD, J.; MALIK, L.; XIA, N. Ashikin. Vegetation Encroachment monitoring for transmission lines right-of-ways: a survey **Electr. Power Syst. Res.**, 95, 2013, pp. 339-352. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2012.07.015>

CARDOSO, Wilian. SP teve quase mil quedas de árvores e 3 milhões de imóveis sem luz. **Metrópoles**. Brasília, 16 out. 2024. Disponível em: <https://www.metropoles.com/sao-paulo/sp-teve-quase-mil-quedas-de-arvores-e-3-milhoes-de-imoveis-sem-luz>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2025.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. **Queda de árvores é a principal causa de desligamentos acidentais em Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/noticia/acidentes-com-arvores-na-rede-eletrica/>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2025.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. **Tecnologia ajuda Cemig a realizar mais de 300 mil podas preventivas de árvores em todo estado**. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/noticia/tecnologia-ajuda-cemig-a-realizar-podas-preventivas/>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2025.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA – COPEL. **Florestas urbanas**. Disponível em: <https://copelsustentabilidade.com/ambiental/biodiversidade/flora/florestas-urbanas/>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2025.

DOKIC, T; KEZUNOVIC, M. Predictive Risk Management for Dynamic Tree Trimming Scheduling for Distribution Networks. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 10, n. 5, pp. 4776-4785, 2019, doi: 10.1109/TSG.2018.2868457.

DUMAREVSKAYA, L.; PARENT, J. R. Electric grid resilience: The effects of conductor coverings, enhanced tree trimming, and line characteristics on tree-related power outages. **Electric Power Systems Research**, v. 221, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2023.109454>.

ENERGISA. **Energisa é a empresa de capital nacional mais inovadora do setor elétrico**. Disponível em: <https://www.grupoenergisa.com.br/noticias/energia-40/energisa-e-empresa-de-capital-nacional-mais-inovadora-do-setor-eletrico>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2025.

GALLISA, C. Mais de 2 mil árvores caíram em Porto Alegre durante temporal, diz prefeitura. **Portal G1-RS**. Porto Alegre-RS, 23 de jan. de 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/01/23/mais-de-2-mil-arvores-cairam-em-porto-alegre-durante-temporal-diz-prefeitura.ghtml>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2025.

HARTLING, S.; SAGAN, V.; MAIMAITIJIANG, M. DANNEVIK, W.; PASKEN, R. Estimating tree-related power outages for regional utility network using airborne LiDAR data and spatial statistics. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 100, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102330>.
KOGA, F. H. P. **Gestão da qualidade aplicada no processo de poda de árvores em uma distribuidora de energia**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente/CCET) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

NOVEMBRI, R. **Utility Vegetation Management Final Report**. CN Utility Consulting, LLC, 2004. Disponível em: <https://www.ferc.gov/industries/electric/indus-act/reliability/blackout/uvm-final-report.pdf>. 08 de fevereiro de 2025.

PARENT, J.; THOMAS, H.; MEYER, C.; VOLIN, R. FAHEY, WITHARANA, C. An analysis of enhanced tree trimming effectiveness on reducing power outages. **Journal of Environmental Management**, v. 241, 2019, pp. 397-406. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.027>