



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
PERNAMBUCO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTAO AMBIENTAL**

**MARCOS GREGÓRIO DE LIMA**

**USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NO MONITORAMENTO  
DE CONFLITO DA REDE ELÉTRICA COM A VEGETAÇÃO NO CAMPUS DOIS  
IRMÃOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, RECIFE-  
PERNAMBUCO.**

**Recife, 2025  
MARCOS GREGÓRIO DE LIMA**

**USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NO MONITORAMENTO  
DE CONFLITO DA REDE ELÉTRICA COM A VEGETAÇÃO NO CAMPUS DOIS  
IRMÃOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, RECIFE-  
PERNAMBUCO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Linha de Pesquisa 2:

Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva  
Orientador

Prof. Dr. Marco Antônio de Oliveira Domingues  
Co-Orientador

**Recife, 2025**

L732u

Lima, Marcos Gregório de.

Uso de sistema de informações geográficas no monitoramento de conflito da rede elétrica com a vegetação no campus Dois Irmãos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco. / Marcos Gregório de Lima. – Recife, PE: O autor, 2025.

99 f. ; il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva.

Coorientador Prof. Dr. Marco Antônio de Oliveira Domingues.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2025.

Inclui referências.

1. Arborização Urbana. 2. Energia Elétrica. 3. Geotecnologias. 4. Gestão Ambiental. I. Silva, Hernande Pereira da. (Orientador). II. Domingues, Marco Antônio de Oliveira. (Coorientador). III. Título.

333.78

CDD (22 Ed.)

## MARCOS GREGÓRIO DE LIMA

### USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NO MONITORAMENTO DE CONFLITO DA REDE ELÉTRICA COM A VEGETAÇÃO NO CAMPUS DOIS IRMÃOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, RECIFE-PERNAMBUCO

Dissertação de pesquisa submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da defesa: 10/04/2025

#### BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva  
Orientador – MPGA/IFPE

---

Prof. Dr. Marco Antônio de Oliveira Domingues  
Coorientador – MPGA/IFPE

---

Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva  
Examinador Interno – MPGA/IFPE

---

Prof. Dr. José Severino Bento  
Examinador Interno – MPGA/IFPE

---

Dra. Maria Alice Borges de Lira  
Examinadora externa

Recife, 2025

## APRESENTAÇÃO

O autor possui formação técnica em Agropecuária pelo Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas (CODAI/UFRPE), concluída em 2001. Graduou-se em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) no período de 2005 a 2010. Durante sua graduação, esteve ativamente envolvido em diversas atividades de ensino, pesquisa e extensão, focadas nas áreas Agrícola e Ambiental. Além disso, foi bolsista de Iniciação Científica pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE).

Em 2012, obteve o título de Especialista em Gestão do Agronegócio (MBA) pelo Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias (PECCA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Posteriormente, em 2015, concluiu a especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Maurício de Nassau (UNINASSAU).

Profissionalmente, atuou por dois anos na Secretaria de Meio Ambiente do município de Paulista, em Pernambuco, onde desenvolveu atividades relacionadas à Arborização Urbana, Licenciamento Ambiental e Educação Ambiental, entre outras temáticas ambientais. Desde 2016, trabalha em Concessionária de Energia Elétrica, enfrentando desafios relacionados ao conflito entre a arborização e a rede elétrica do Sistema Elétrico de Potência (SEP).

Com o objetivo de contribuir para a resolução desses conflitos, submeteu uma proposta de pesquisa ao Mestrado Profissional em Gestão Ambiental (MPGA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE). Sua pesquisa visa gerar dados que subsidiem a tomada de decisão por parte das concessionárias de energia, promovendo uma relação mais harmoniosa entre a vegetação e os componentes elétricos, o que, por sua vez, pode resultar em melhorias significativas na qualidade de vida da população.

Aos meus pais, Terezinha de Jesus e Reginaldo Gregório (In memória)

Minha esposa Fabiana Maria

Ao “meu” Pedro Gregório

Dedico esta.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo aos meus pais, que contribuíram com esforço e dedicação para minha educação e formação, sempre me apoiando em todas as minhas decisões. Agradeço também às minhas irmãs e ao meu sobrinho, que sempre torceram por mim. Minha gratidão à minha esposa Fabiana, que tem sido um alicerce nas horas difíceis e uma companheira em nossa jornada. Ao meu filho Pedro, que me ensina todos os dias a difícil, mas valiosa, lição de ser pai.

Agradeço ao meu orientador, professor Hernande Pereira, com quem realizei meu primeiro estágio nos “tempos de CODAI” em 2001, no GEOSERE (Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto). Sua orientação e estímulo, mesmo nas adversidades, sempre me incentivaram a entregar o meu melhor. A todos que fazem parte do GEOSERE da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao que ele representa para a universidade, pelo apoio inestimável aos trabalhos de campo e laboratoriais.

Ao professor Everson Batista, pelos valiosos ensinamentos e pelas gentis caronas ao CODAI.

A todos os professores e funcionários do MPGA, pela educação e apoio ao longo desta jornada. Aos meus colegas de MPGA, pela convivência e pelas trocas de experiências enriquecedoras no mundo ambiental.

Aos meus companheiros de trabalho da Neoenergia, onde, além do trabalho, compartilhamos vivências e enfrentamos juntos os desafios do setor de energia elétrica e ambiental. Ao engenheiro agrônomo Leonardo Rodrigues, o “cidadão”, pelo apoio no levantamento florístico.

Por fim, agradeço a Deus, o provedor de nossas vidas e razão pela qual acreditamos, e a Nossa Senhora da Conceição, de mais um devoto do “morro da Conceição”.

## RESUMO

A relação entre a arborização urbana e a rede de energia elétrica sempre foi motivo de divergências entre ambientalistas e concessionárias de energia. Isso ocorre porque uma das principais causas de interrupção de energia elétrica é o conflito da rede com a vegetação. Para garantir um fornecimento de energia elétrica de qualidade à população e atender aos indicadores coletivos de continuidade, DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora), instituídos pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), as empresas de energia elétrica buscam ferramentas para gerenciar a relação entre árvores e rede sem causar prejuízos ambientais. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para o monitoramento da arborização em conflito com a rede elétrica em Dois Irmãos, Campus da Universidade Federal de Pernambuco (UFRPE), a ser utilizado como parâmetro na execução de serviços do manejo da vegetação pelas concessionárias de energia elétrica. Foram empregados um Sistema de Informações Geográficas (SIG), levantamento aerofotogramétrico através de drones, levantamento florístico da área analisada e tratamento de imagens georreferenciadas por meio de softwares específicos. Os principais resultados obtidos foram a caracterização e o gerenciamento das informações em uma modelagem de aplicativo para a gestão das atividades necessárias para minimizar os efeitos da vegetação na rede elétrica existente. A modelagem de aplicativo desenvolvida será disponibilizada às empresas de energia elétrica, visando otimizar o gerenciamento da rede elétrica.

Palavras-chaves: Energia Elétrica, Indicadores de Qualidade e Arborização

## ABSTRACT

The relationship between urban trees and the power grid has always been a source of disagreement between environmentalists and power companies. This is because one of the main causes of power outages is the conflict between the grid and vegetation. To ensure a quality power supply to the population and meet the collective continuity indicators, DEC (Equivalent Duration of Interruption per Consumer Unit) and FEC (Equivalent Frequency of Interruption per Consumer Unit), established by ANEEL (National Electric Energy Agency), power companies seek tools to manage the relationship between trees and the grid without causing environmental damage. In this context, the objective of this work is to develop a Geographic Information System (GIS) to monitor trees in conflict with the power grid in Dois Irmãos, Campus of the Federal University of Pernambuco (UFRPE), to be used as a parameter in the execution of vegetation management services by power companies. A Geographic Information System (GIS), aerial photogrammetric survey using drones, floristic survey of the analyzed area and processing of georeferenced images using specific software were used. The main results obtained were the characterization and management of information in an application modeling for the management of the activities necessary to minimize the effects of vegetation on the existing electrical grid. The developed application modeling will be made available to electric power companies, aiming to optimize the management of the electrical grid.

**Keywords:** Electric Energy, Quality Indicators and Afforestation

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Valores investidos em Distribuição de Energia Elétrica.	27
Figura 2 -	Ilustração dos caminhos percorridos pela energia elétrica.	28
Figura 3 -	Valores de DEC em todas as Concessionárias do Brasil	30
Figura 4 -	Valores de DEC em todas as Concessionárias do Brasil	31
Figura 5 -	Estrutura Interna de elaboração do SIG	38
Figura 6 -	Fluxograma de trabalho proposto	40
Figura 7 -	Delimitação da UCN Dois Irmãos	42
Figura 8 -	Campus Dois Irmãos, inserido na UCN Dois Irmãos.	42
Figura 9 -	Campus Dois Irmãos. UFRPE	43
Figura 10 -	Ficha Cadastral - Imóvel IPAV-48	46
Imagem 11	Comparativo de área IPAV - 48	47
Imagem 12	Rua Esperança, Campus Dois Irmãos. UFRPE	47
Imagem 13	Levantamento Florístico, rua Esperança. Campus Dois Irmãos	49
Imagem 14	Levantamento Florístico, rua Esperança. Campus Dois Irmãos	49
Imagem 15	Levantamento Florístico, rua Esperança. Campus Dois Irmãos	48
Imagem 16	Levantamento Florístico, rua Esperança. Campus Dois Irmãos	48
Imagem 17	Levantamento Aerofotogramétrico. Vista Superior	52
Imagem 18	Levantamento Aerofotogramétrico. Vista Lateral	53
Imagem 19	Tratamento Carta Ortofoto	53
Imagem 21	Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação	58
Imagem 22	Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Trecho proposto	59
Imagem 23	Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Estruturas (Vão) - Detalhe	60
Imagem 25	Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Vão 1	61
Imagem 26	Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Vão 1	62
Imagem 27	Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Vão 2	63

Imagem 28	Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Vão 3	64
Imagem 29	Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Vão 4	65
Imagem 30	Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Vão 5	66
Imagem 31	Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Vão 6	67
Imagem 32	Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Vão 7	68
Imagem 33	Tela de Carregamento	77
Imagem 34	Tela Inicial	78
Imagem 35	Tela de Menu	79
Imagem 36	Tela do Mapa Interativo	80
Imagem 37	Tela do Calendário	81
Imagem 38	Tela de Cadastro das Estruturas	82
Imagem 39	Tela de Cadastro de Árvores (a)	83
Imagem 40	Tela de Cadastro de Árvores (b)	84
Imagem 41	Tela de Monitoramento de Podas (a)	85
Imagem 42	Tela de Monitoramento de Podas (b)	86
Imagem 43	Tela de Monitoramento de Podas (c)	87
Imagem 44	Tela de Monitoramento de Podas (d)	88
Imagem 45	Tela de Monitoramento de Podas (e)	89
Imagem 46	Tela de Execução de Poda	90

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1      Interrupções Causa Vegetação - Pernambuco

57

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1	Principais Indicadores de Consumo de Eletricidade	26
Tabela 2	Áreas e População das áreas Políticas do Recife	41
Tabela 3	Causas Interrupções de Energia Elétrica	56
Tabela 4	Características Vegetação área de Estudo	71

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ANAC	Agência Nacional de Aviação civil
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
CAVE	Certificado de Autorização de Voo Experimental
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CODAI	Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETADGV	Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais
ET-PCCD	Especificação Técnica dos Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
GEOSERE	Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto
IFPE	Instituto Federal de Pernambuco
MME	Ministério de Minas e Energia
MPGA	Mestrado Profissionalizante em Gestão Ambiental
PDE	Plano Decenal de Expansão da Energia
PECPCD	Padrão de Exatidão Cartográfica de Produtos Cartográficos Digitais
REM	Radiação Eletromagnética
SEB	Sistema Elétrico Brasileiro
SIG	Sistema de Informações Geográficas
UC	Unidade Consumidora
UCN	Unidade de Conservação da Natureza
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UTM	Universal Transversa de Mercator
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	SITUAÇÃO PROBLEMA	16
3.	JUSTIFICATIVA	18
4.	OBJETIVOS	20
4.1	OBJETIVO GERAL	20
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
5.	REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
5.1	ARBORIZAÇÃO URBANA	21
5.1.2	ARBORIZAÇÃO URBANA DO RECIFE	22
5.1.3	CRESCIMENTO ARBÓREO	23
5.1.4	PLANEJAMENTO DA ARBORIZAÇÃO URBANA	23
5.1.5	GESTÃO PÚBLICA NA ARBORIZAÇÃO URBANA	24
5.2	SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO	25
5.2.1	REDE ELÉTRICA	27
5.2.2	INDICADORES DE CONTINUIDADE	29
5.2.3	CONFLITO ENTRE A REDE ELÉTRICA E A ARBORIZAÇÃO	32
5.3	GEOTECNOLOGIAS	33
5.3.1	SENSORIAMENTO REMOTO	34
5.3.2	DRONES	35
5.3.3	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)	36
5.3.4	APLICAÇÕES DO SIG	38
6.	METODOLOGIA	39
6.1	FLUXOGRAMA DE TRABALHO	40
6.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	41
7.	RESULTADOS E DISCURSÕES	47
7.1	LEVANTAMENTO FLORÍSTICO DA ÁREA DE ESTUDO	47
7.2	EQUIPAMENTOS E SOFTWARES	51
7.3	MODELAGEM DO SIG	54
7.4	MODELAGEM APLICATIVO	54
7.5	CAUSA INTERRUPTÃO DE VEGETAÇÃO NA REDE ELÉTRICA EM PERNAMBUCO	55
7.6	MAPAS DE LOCALIZAÇÃO E ESTRUTURAS	57

	14
7.7 CARACTERÍSTICAS DA VEGETAÇÃO DA ÁREA PROPOSTA	70
7.8 PROPOSIÇÃO DE MODELAGEM DE APLICATIVO	73
7.9 FIGURAS PROPOSTAS ArboSIG	76
8. CONCLUSÕES E	91
9. RECOMENDAÇÕES	92
9. REFERÊNCIAS	94

## 1 INTRODUÇÃO

A arborização urbana é uma necessidade cada vez mais valorizada nos dias atuais, devido ao crescente interesse da população por atitudes ambientalmente corretas que agreguem valor verde ao cotidiano. A arborização urbana abrange toda a vegetação arbórea e arbustiva existente na cidade. Intervenções como plantio e manutenção devem ser idealmente planejadas e assistidas pelo poder público, com objetivos definidos e fundamentados técnica e cientificamente (Recife, 2017).

Segundo Leão (2009), a energia elétrica proporciona aos seus consumidores praticidade, conforto e comodidade, e à sociedade, trabalho, produtividade e desenvolvimento. A constante e evidente modernização das cidades torna a população cada vez mais dependente do fornecimento de energia e, conseqüentemente, mais suscetível às falhas do sistema elétrico, o que leva a exigências por maior qualidade dos serviços prestados e do produto final.

A integração entre a rede elétrica e as árvores é comumente caracterizada de forma conflituosa, devido à necessidade constante de intervenções na vegetação em relação aos circuitos elétricos para evitar danos ao sistema. Esses conflitos se manifestam basicamente de duas formas:

- Efeito sobre a rede elétrica: Quando a vegetação toca os condutores, provocando a interrupção do fornecimento de energia.
- Efeito sobre o indivíduo arbóreo: Quando as podas efetuadas para evitar o toque da vegetação na rede provocam lesões, danos estéticos, desequilíbrio da copa e propiciam a atividade de agentes fitossanitários.

Por isso, é necessário obter elementos qualitativos na tomada de decisão por parte das concessionárias de energia elétrica, para subsidiar ações programadas e com maior grau de assertividade de poda, visando diminuir os impactos sociais gerados pela atividade de manejo da vegetação e as adequações às condicionantes impostas pelos órgãos ambientais.

Esses elementos serão adquiridos através da convergência de informações obtidas da composição de imagens por aerolevanteamento, obtenção de imagens, estudo florístico do trecho da vegetação em conflito com a rede elétrica e dados pluviométricos da região. Isso resultará na composição de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), que será de fundamental importância na gestão do planejamento das concessionárias de energia elétrica.

## 2 SITUAÇÃO PROBLEMA

O conflito da arborização com os equipamentos elétricos traz inúmeros transtornos operacionais às concessionárias de energia elétrica e, conseqüentemente, prejudica o fornecimento desta energia para a população. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é o órgão responsável pela regulação e fiscalização das atividades de produção, transmissão, distribuição e comercialização das empresas concessionárias de energia elétrica.

As concessionárias de energia são responsáveis por fornecer energia elétrica para uma área geográfica determinada na concessão estabelecida pela ANEEL, além de garantir qualidade e segurança na distribuição desta energia. A ANEEL, entre outros parâmetros que visam medir a qualidade desta distribuição de energia, utiliza o Indicador de Continuidade, tendo como seus principais instrumentos de avaliação o DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e o FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora).

Uma das principais causas de interrupção de energia elétrica e, conseqüentemente, aumento destes indicadores é o conflito da rede com a vegetação. Como ação preventiva, as concessionárias realizam ações de manejo vegetal em áreas arborizadas urbanas e rurais, que possam apresentar risco iminente ou potencial à rede elétrica. Este procedimento é adotado por concessionárias de energia elétrica em todo o país e no mundo. A atuação dos órgãos ambientais quanto ao manejo empregado na vegetação próxima à rede exige uma atividade menos danosa aos indivíduos arbóreos.

A redução dos indicadores de continuidade é um grande desafio, haja vista a pouca informação técnica obtida no diagnóstico ambiental de inspeção de redes elétricas, acarretando maior número de intervenções e, muitas vezes, um mal planejamento da gestão de poda, conseqüentemente aumentando os indicadores de continuidade.

Um dos maiores entraves da arborização de acompanhamento viário é a convivência entre as redes de distribuição de energia elétrica e as árvores plantadas sob essa fiação. Usualmente, as árvores são abordadas como elementos que prejudicam a perfeita distribuição de energia elétrica. As companhias distribuidoras de energia elétrica sempre atuaram de maneira a propor manejos de podas que iam de encontro aos interesses das próprias empresas.

Manuais de poda de árvores foram publicados nos últimos anos em diversas cidades do Brasil como forma de tentar direcionar os procedimentos de manejo de árvores sob fiação. Os

enfoques que comumente são sugeridos referem-se ao plantio de espécies de pequeno porte ou até mesmo arbustos direcionados através de podas de condução para formação de copa compacta e tronco único, resultando num processo que os técnicos do setor acabaram denominando “arbustização” (Rosseti, 2010).

### 3 JUSTIFICATIVA

As concessionárias de energia elétrica utilizam a inspeção preventiva na rede elétrica como ferramenta de gestão para decidir sobre intervenções na vegetação, geralmente através de podas. No entanto, essa inspeção é frequentemente realizada de forma visual, sem avaliação com recursos tecnológicos e sem a interação de outros fatores, como pluviosidade e índice de crescimento arbóreo.

A assertividade no diagnóstico ambiental diante de tantas variáveis é o principal desafio que as concessionárias de energia elétrica enfrentam. Isso se deve à grande quantidade de intervenções necessárias para manter o funcionamento da rede elétrica, à dificuldade de acesso na inspeção preventiva, à ilegibilidade da numeração de barramentos, à burocracia para autorização de serviços em áreas de interesse ambiental, entre outros fatores.

Cada vez mais, os órgãos ambientais estão atuantes em relação ao manejo de poda empregado na vegetação em conflito com a rede, elaborando uma série de condicionantes técnicas para as concessionárias de energia, que devem apresentar melhorias na qualidade de execução da poda. Essas condicionantes visam minimizar os impactos negativos sobre as árvores, garantindo que as intervenções sejam realizadas de maneira sustentável e menos danosa ao meio ambiente.

Com o aumento significativo da população em zonas cada vez mais urbanizadas, a necessidade do fornecimento de uma energia elétrica de qualidade, segura e que respeite todos os parâmetros ambientais é requisitada pelos órgãos reguladores, como Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), às concessionárias de energia elétrica. A demanda por energia elétrica cresce exponencialmente, e a infraestrutura deve acompanhar esse crescimento, garantindo que o fornecimento seja contínuo e eficiente.

Por isso, o diagnóstico ambiental através de recursos que integrem informações, como o SIG (Sistema de Informações Geográficas), traz recursos essenciais para a tomada de decisão na gestão da realização da poda. O SIG permite a análise integrada de diversos dados, como imagens aéreas, estudos florísticos e dados pluviométricos, proporcionando uma visão mais completa e precisa das áreas de conflito entre vegetação e rede elétrica.

Essa abordagem resulta na diminuição dos indicadores de continuidade (DEC e FEC), além de proporcionar maior qualidade ao indivíduo arbóreo, acarretando uma melhor qualidade de serviço prestado na distribuição de energia e beneficiando a arborização urbana

para a população. A utilização de tecnologias avançadas e a integração de dados ambientais permitem que as concessionárias realizem intervenções mais assertivas, reduzindo a necessidade de podas frequentes e preservando a saúde das árvores.

Além disso, a adoção de práticas sustentáveis no manejo da vegetação contribui para a conservação da biodiversidade urbana, melhora a qualidade do ar e proporciona benefícios estéticos e psicológicos para os moradores. A arborização urbana desempenha um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas, na redução da temperatura ambiente e na promoção de um ambiente mais saudável e agradável para a população.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para o monitoramento da arborização em conflito com a rede elétrica em Dois Irmãos, Campus da Universidade Federal de Pernambuco (UFRPE), a ser utilizado como parâmetro na execução de serviços do manejo da vegetação pelas concessionárias de energia elétrica.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Imagear por meio aéreo através de VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) as áreas de conflito da vegetação em relação à rede elétrica no Campus da UFRPE.
- Obter estudos de flora mais precisos junto aos órgãos ambientais regulatórios, quanto às solicitações de intervenções em Áreas de Preservação Ambiental.
- Visualizar por meio aéreo, através de VANTs, as áreas sem acessibilidade à vegetação existente ou em áreas de difícil acesso.
- Gerar um SIG (Sistema de Informações Geográficas) com subsídios para o setor de planejamento de execução das concessionárias de energia, com avaliação do crescimento arbóreo e índice de pluviosidade em função da localização da rede elétrica.
- Propor ações mitigadoras para reduzir os impactos provocados pelo conflito entre arborização e rede elétrica.
- Reduzir os indicadores DEC e FEC das concessionárias de energia elétrica, em relação à causa árvore na rede, através da gestão de informações estabelecidas pela criação de aplicativo.
- Propor um aplicativo com informações sobre a gestão do manejo da vegetação em conflito com a rede elétrica.

## 5 REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 5.1 ARBORIZAÇÃO URBANA

De modo geral, as cidades brasileiras não fazem planejamento da arborização em vias públicas acarretando diversos conflitos com sistemas essenciais para a população, tais como sistema de águas fluviais, esgotos, elétricos e rodoviários. Por isto um planejamento eficaz para melhor arborização e implantação de redes de energia elétrica se fazem necessários para redução de interferências entre a arborização e a rede elétrica.

Santos (1997) definiu arborização urbana com o significado de plantar árvores na rua, com objetivos definidos e fundamentados no planejamento, cujas características do local, das mudas, do plantio e os aspectos paisagísticos devem ser considerados.

O conhecimento específico das espécies florestais (uso, adaptabilidade, crescimento, porte) e do ambiente a ser implantado são a base para o planejamento da arborização urbana, com intuito de aproveitar melhor as características de cada indivíduo, reduzir os custos de manutenção e minimizar possíveis conflitos entre as árvores e os elementos urbanos. Ao se manejar uma árvore, é importante lembrar que elas estão conectadas com diversos seres vivos, com interdependência (CEMIG, 2011).

A arborização das vias urbanas de uma cidade é considerada um dos mais importantes elementos que elevam a qualidade de vida da população. Além de ser responsável pela melhoria ambiental e paisagística dos imóveis, valorizando-os economicamente, a vegetação é capaz de absorver ruídos, amenizar a sensação térmica, constituir filtro para a purificação do ar, entre outros (Oliveira, 2016).

Entretanto, a maioria das cidades cresceu de forma desordenada, sem nenhum planejamento urbanístico. Portanto, torna-se necessário o planejamento da arborização urbana nas cidades com base não só em seus valores estéticos, mas nos serviços ecossistêmicos que ela desempenha para a melhoria da qualidade de vida (Duarte, *et al.*, 2018). Um plantio mal planejado causa vários problemas, tais como o conflito arbóreo com redes elétricas, impedimento de visualização de sinais e placas, conflito com os postes de iluminação, rachaduras em calçadas causada pela exposição de raízes, entupimento de bueiros e calhas, obstáculos para a circulação de veículos nas vias e dificuldade para a passagem de pedestres (Silva *et al.*, 2018).

Em muitos países, como é o caso do Brasil, que tem aproximadamente 80% de sua população vivendo nas cidades, o processo de urbanização resultou, pelo menos nos últimos quarenta anos, em cidades segregadas e fragmentadas do ponto de vista social e territorial. A pressão da expansão urbana sobre áreas protegidas ou em áreas de risco (áreas suscetíveis à inundação ou de instabilidade geológica), a falta de infraestrutura, sobretudo em áreas pobres, acentuando a disparidade entre áreas ricas e pobres, são exemplos da realidade urbana (Paz, 2016).

Assim sendo, o planejamento deve ser feito levando em conta a necessidade de compatibilização entre o porte e a forma da árvore com o espaço físico disponível, considerando o afastamento predial, a largura das ruas e calçadas, o tipo de tráfego local, e a adaptação que a espécie arbórea terá de acordo com o clima local (Cecchetto *et al.*, 2014).

As espécies adequadas para serem usadas nas calçadas ainda são muito pouco estudadas no Brasil. Existiu e existe uma tendência ao modismo de determinadas espécies que ocorrem de tempos em tempos. Esses plantios muitas vezes se dão sem a interferência do poder público. A população urbana acaba comprando essas mudas no mercado varejista, efetuando os plantios em passeios sem planejamento prévio. A falta de informações por parte da população sobre quaisquer aspectos relativos à arborização urbana é atribuída, em parte, ao próprio poder público que não tem investido em planos de arborização consistentes tecnicamente, com ampla divulgação em meios de comunicação (Rosseti, 2010).

### 5.1.2 ARBORIZAÇÃO URBANA DO RECIFE

A arborização urbana abrange toda a vegetação arbórea e/ou arbustiva existente na cidade. Intervenções como o plantio e a manutenção devem ser idealmente planejadas e/ou assistidas pelo poder público, com objetivos definidos e fundamentados técnica e cientificamente (Manual de Arborização – Recife).

A arborização urbana, quando conciliada a harmonização com as redes de distribuição de energia elétrica, tende a ofertar a população dois serviços básicos para a vida nas cidades. A Lei Municipal nº 16.293 de 22/01/1997 definiu seis Regiões Político- Administrativas (RPA) para cidade do Recife, sendo estas subdivididas em três Microrregiões, que reúne um ou mais dos seus 94 bairros, sendo: RPA 1- Centro, RPA 2-Norte, RPA 3-Nordeste, RPA 4- Oeste, RPA 5-Sudoeste e RPA 6-Sul.

### 5.1.3. CRESCIMENTO ARBÓREO

A ecofisiologia vegetal estuda o comportamento das plantas em relação à variabilidade dos eventos diretamente no habitat. O crescimento das plantas implica no aumento na quantidade de substâncias e de volumes das partes vivas e ocorre continuamente durante toda a sua vida. O desenvolvimento envolve mudanças na estrutura, nas funções das plantas e em suas partes durante a gênese, o crescimento, a maturação, a ontogenia (senescência) e a filogenia (sucessão de gerações), através de multiplicação celular e do aumento do volume dos órgãos e tecidos (Canetti, 2011).

Genericamente o termo crescimento designa o aumento das dimensões. Especificamente para árvores e povoamentos florestais, trata-se de um processo de mudança na forma e tamanho da árvore, expressando quantidades das variáveis biométricas num determinado tempo (Campos; Leite, 2009).

O crescimento das plantas é regulado pela interação da hereditariedade e dos fatores do meio operando através de um conjunto de processos e de condições internas. O seu êxito como organismo resulta da eficiente correlação dos diversos órgãos e processos de modo a dispor de uma proporção conveniente entre raízes e ramos, entre absorção e a transpiração, entre a fotossíntese e a respiração (Santos, 2011).

### 5.1.4 PLANEJAMENTO DA ARBORIZAÇÃO URBANA

O planejamento da arborização urbana é essencial para garantir que as árvores sejam integradas de maneira sustentável e benéfica ao ambiente urbano. Aqui estão alguns passos importantes no processo de planejamento:

- Inventário Florestal Urbano: Antes de plantar novas árvores, é necessário realizar um inventário das espécies existentes e dos locais onde estão implantadas. Isso ajuda a entender a distribuição atual e a identificar áreas que precisam de mais vegetação.
- Escolha das Espécies: A seleção adequada das espécies é crucial. Devem ser escolhidas espécies que se adaptem bem ao clima local, ao solo e ao espaço disponível, além de serem menos propensas a causar problemas com a infraestrutura urbana, como redes elétricas.
- Definição dos Locais de Plantio: É importante definir cuidadosamente os locais de plantio para evitar conflitos com redes elétricas, tubulações de água e esgoto, e garantir que as

árvores tenham espaço suficiente para crescer sem causar danos.

- Planejamento de Mudanças: As mudas devem ser de alta qualidade e bem adaptadas ao ambiente urbano. Além disso, é necessário planejar a manutenção das árvores, incluindo podas regulares e cuidados com a saúde das plantas.

- Benefícios Ambientais e Sociais: A arborização urbana traz inúmeros benefícios, como a melhoria da qualidade do ar, a redução da temperatura ambiente, a diminuição da poluição sonora e a promoção do bem-estar social e mental dos moradores.

- Gestão e Monitoramento: Após o plantio, é essencial monitorar o crescimento das árvores e realizar a manutenção necessária para garantir que elas continuem a proporcionar benefícios ao longo do tempo

O planejamento da arborização urbana é uma prática essencial para o desenvolvimento sustentável das cidades. Ao integrar considerações ambientais, sociais e econômicas, é possível criar espaços urbanos mais verdes, saudáveis e resilientes. A utilização de ferramentas como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) pode facilitar esse processo, permitindo uma gestão mais eficiente e eficaz da arborização urbana.

### 5.1.5 GESTÃO PÚBLICA DA ARBORIZAÇÃO URBANA

A gestão pública da arborização urbana, deve ser realizada entre os entes municipais, com apoio dos governos estaduais e federais. Sendo o município responsável pela efetividade das ações.

Basicamente as diretrizes sobre a política de arborização urbana, são definidas na Política Nacional de Arborização Urbana (PNAU), onde os princípios e objetivos são determinados para garantir uma gestão integrada e sustentável da arborização urbana no Brasil (Silva, 2021).

São instrumentos da PNAU:

- Planos de Arborização: Desenvolvimento de planos nacionais, estaduais e municipais para a arborização urbana.

- Sistema Nacional de Informações sobre Arborização Urbana (SISNAU): Criação de um sistema para coletar e disseminar informações sobre a arborização urbana em todo o país.

- Declaração de Imunidade de Corte: Proteção legal para árvores específicas que não podem ser cortadas sem autorização prévia.

## 5.2 SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO (SEB)

O setor elétrico brasileiro (SEB) é dotado de características que o tornam único no cenário mundial. A abundância de recursos naturais exploráveis e a dimensão continental do país fazem com que a matriz elétrica brasileira se apresente majoritariamente sustentável – segundo a Empresa de Pesquisa Energética, EPE. Cerca de 82% da capacidade de geração de energia elétrica instalada no país em 2018 é proveniente de fontes renováveis – e que a rede de transmissão instalada seja uma das maiores do mundo, em 2017: 141.576 km instalados; (MME/EPE, 2018).

Tais características, apesar de colocarem o Brasil em posição privilegiada e diferenciada do restante do mundo, trazem consigo desafios tão grandes quanto os benefícios atrelados. Os quatro subsistemas criados para a organização do SEB (Norte, Nordeste, Sudeste/Centro-Oeste e Sul) dispõem de perfis e composições bastante distintas entre si. Por exemplo, o subsistema Sudeste/Centro-Oeste apresenta a maior concentração da carga do país, enquanto há um déficit de disponibilidade da geração no Nordeste e o subsistema Norte possui grandes usinas hidrelétricas (fundamentais para a segurança do sistema como um todo). Ademais, a matriz brasileira – inicialmente de base hídrica e, posteriormente, de base hidrotérmica – vem transacionando para um novo modelo com um caráter mais híbrido, ampliando consideravelmente a participação de fontes alternativas (como geração eólica, solar, térmica e biomassa). De acordo com o Plano Decenal de Expansão da Energia (PDE) 2027, elaborado pelo MME/EPE, as fontes eólicas e solar passarão de uma participação de cerca de 8% e 1% em 2018, para cerca de 12% e 4% em 2027, respectivamente (MME/EPE, 2018).

Responsável por mais de 70% do PIB brasileiro, o setor de serviços ainda é caracterizado pelo predomínio de atividades de baixa produtividade, baixos salários médios, baixo conteúdo tecnológico e baixa inovação.

A transição para fontes de energia renováveis e tecnologias verdes pode levar à eliminação gradual de empregos baseados no setor de energia fóssil. Por outro lado, a infraestrutura e o conhecimento da indústria do petróleo podem ser aproveitados no desenvolvimento de outras fontes, como a eólica offshore, promovendo também uma readequação dos empregos. Portanto, é essencial implementar políticas e programas específicos para os trabalhadores e comunidades dependentes de indústrias intensivas em carbono, como a requalificação e o aprimoramento de habilidades, permitindo-lhes a transição para novas oportunidades de emprego (EPE, 2024).

Entre 2017 e 2027, o setor energético é o que mais ganhará importância no consumo

final de energia, devido a fatores tais como o incremento da produção de petróleo e gás no País, assim como a de etanol em usinas e destilarias. Também se destaca o ganho de importância do setor comercial. Apesar de crescer em um ritmo mais modesto que o observado em histórico recente, espera-se que o setor ainda seja um dos principais vetores da economia brasileira para o período projetado (EPE, 2019). Tabela 1.

Tabela 1. Principais Indicadores de Consumo de Eletricidade

Discriminação	2017	2022	2027	2017 -	2022 -	2017 -
				2022	2027	2027
Crescimento médio (% a.a.)						
População (milhões de habitantes)	208	215	221	0,7	0,5	0,6
Consumo Total (TWh)	526	632	753	3,7	3,6	3,6
Autoprodução Clássica (TWh)	61	74	84	3,8	2,6	3,2
Consumo Total per capita (kWh/hab/ano)	2.525	2.934	3.407	3	3	3
Consumo por Consumidor Residencial (kWh/mês)	158	173	196	1,9	2,5	2,2
Número de Consumidores Residências (milhão, base 31/12)	70,8	78,1	84,4	2	1,6	1,8
Percentual de perdas Totais no SIN	19,5%	19,5%	18,6%	—	—	—
Intensidade Elétrica da Economia (MWh/10 <sup>3</sup> R\$ (2017))	0,080	0,084	0,087	—	—	—
Elasticidade-renda do consumo de eletricidade	—	—	—	1,37	1,19	1,27

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Entre os esforços, estão investimentos de R\$ 130 bilhões entre 2024 e 2027 para expandir, renovar e melhorar o fornecimento de energia elétrica no Brasil. Desse total, R\$ 52 bilhões, que correspondem a 40%, serão gastos com a modernização da rede — o objetivo final é torná-la mais resistente, reduzindo as interrupções de energia (ABRADEE, 2024).

Imagem1: Investimentos 2024 e 2027 empresas de energia elétrica



Fonte: ABRADDEE, 2024.

### 5.2.1 REDE ELÉTRICA

As principais disposições relativas à prestação dos serviços de energia elétrica foram estabelecidas, inicialmente, no Código de Águas (Decreto nº 24.643/34), que dispôs sobre a competência da União para a concessão dos aproveitamentos hidrelétricos e dos serviços de transmissão, transformação e distribuição de energia elétrica. O Código de Águas estabeleceu ainda a visão de uso múltiplo dos recursos hídricos e a função social do instituto da concessão. Posteriormente foi editado o Decreto nº 41.019/57, denominado Regulamento dos Serviços de Energia Elétrica, que funcionou, durante quase 2 (duas) décadas, como a principal norma do setor (ANEEL, 2018).

O papel regulador surge no país com o advento do estado mínimo ou estado regulador, cujo papel envolve um novo modelo de gestão pública. Nessa concepção, o estado deixa de ser o único provedor de serviços públicos, pois com a desestatização, muitos serviços foram delegados a iniciativa privada, mediante concessão, permissão ou autorização, os serviços de fornecimento de eletricidade caracterizam esta realidade (ANEEL, 2018).

As mudanças ocorridas na organização funcional do setor elétrico a partir da década de 1990, estabelecendo a quebra de monopólios verticais e incentivando a concorrência nos mercados de geração e de consumo, bem como a regulação das concessões de distribuição e transmissão de energia visaram o aumento de eficiência (Cyrillo, 2011).

O sistema de distribuição de energia elétrica é predominantemente do tipo aéreo na

maioria dos países, principalmente nas regiões localizadas no entorno dos centros comerciais, devido ao seu baixo custo, embora com índices de confiabilidade menores. As redes aéreas estão sujeitas à invasão da vegetação que provoca a interrupção dos serviços de fornecimento de energia causando transtornos para os consumidores e deteriorando os indicadores de confiabilidade das empresas distribuidoras. A vegetação causa direta ou indiretamente curto-circuito entre os condutores, ou ela pode atuar mecanicamente nos equipamentos da linha. Os galhos de árvores podem cair sobre os condutores, empurrar os condutores aproximando-os e facilitando o contato entre as fases ou estabelecendo a formação do arco elétrico em condições ambientais propícias, e podem servir também como meio de acesso à rede de distribuição para os animais que são os grandes causadores de faltas em sistemas elétricos (Wischkaemper *et al.*, 2008).

A rede elétrica é composta de vários equipamentos, dispositivos e infraestrutura para que a energia entrante em uma subestação/alimentador provinda das linhas de transmissão chegue até as unidades consumidoras. Da subestação ramifica-se a rede de distribuição através do cabeamento de média tensão (MT) constituindo os circuitos alimentadores. Estes chegam até transformadores e partir destes é feita a distribuição da energia para as unidades consumidoras (UC), através da rede de baixa tensão. Resumidamente é este o desenho de rede, podendo ainda existir no caminho da subestação até a UC outros equipamentos necessários à rede elétrica (Froés *et al.*, 2007).

O setor de energia elétrica brasileiro divide-se em quatro segmentos: geração, transmissão, distribuição e comercialização, conforme ilustrado na imagem 2.

Imagem 2 – Ilustração dos caminhos percorridos pela energia elétrica



Fonte: Berkane Auditoria e Consultoria, 2019.

Desde a descoberta da eletricidade até os dias de hoje, ainda não foi possível transmitir a energia elétrica pelo ar, ao menos não de forma economicamente viável. Desse modo, há a

necessidade de encaminhar a energia gerada nas usinas, sejam elas térmicas, hidráulicas, termonucleares, eólicas, solares, etc., até os centros urbanos – onde, em sua maioria, a energia elétrica será consumida. É, portanto, a partir desse ponto que surge a necessidade de construção das redes de energia elétrica – do contrário, não haveria como a energia gerada chegar ao seu destino final (ABRADEE, 2024).

Ao sair das usinas e seus geradores, a eletricidade é transportada através de cabos aéreos, ou seja, cabos visíveis por não estarem enterrados, sendo revestidos por camadas isolantes e fixados em grandes (e altas) torres de metal. Chamamos a todo esse conjunto de cabos e torres, portanto, de rede de transmissão de energia elétrica. As Transmissoras de energia costumam administrar as Linhas de Transmissão com as maiores voltagens; contudo, há também redes de menor voltagem dentro das próprias distribuidoras de energia elétrica, isso para permitir que as distribuidoras possam levar a energia de voltagens menores e mais seguras aos clientes de sua área de concessão (ABRADEE, 2024).

### 5.2.2 INDICADORES DE CONTINUIDADE

Visando manter a qualidade na prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) exige que as concessionárias mantenham um padrão de continuidade e, para tal, edita limites para os indicadores coletivos de continuidade, DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora). (ANEEL, 2024). Tendo a conciliação da vegetação à rede elétrica fator essencial destes parâmetros de avaliação da empresa. Ambos os parâmetros são medidos em hora.

O DEC exprime o intervalo de tempo contínuo ou não em que, em média, cada unidade consumidora do universo avaliado ficou privado do fornecimento de energia elétrica, no período de apuração, considerando-se as interrupções iguais ou superiores a 1 minuto ou a 3 minutos.

O FEC exprime o número de interrupções que, em média, cada unidade consumidora do universo avaliado ficou privado do fornecimento de energia elétrica, no período de apuração, considerando-se as interrupções iguais ou superiores a 1 minuto ou a 3 minutos.

A Agência Nacional de Energia Elétrica define a interrupção no fornecimento de energia elétrica como a descontinuidade do neutro ou tensão disponível em qualquer fase que atende o circuito elétrico da unidade consumidora. Para que a interrupção seja contabilizada nos indicadores de continuidade a mesma deve ter valor igual ou superior a três minutos.

Interrupções com valores menores do que três minutos são consideradas interrupções temporárias de tensão, portanto não são contabilizadas (ANEEL, 2024).

Os requisitos para o cumprimento das normas estabelecidas pela ANEEL, em relação aos indicadores de continuidade estão descritos no módulo oito dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (ANEEL, 2024).

Os indicadores são apurados pelas distribuidoras e enviados periodicamente para a ANEEL para verificação da continuidade do serviço prestado, representando, respectivamente, o tempo e o número de vezes que uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica para o período considerado (mês, trimestre ou ano), o que permite que a Agência avalie a continuidade da energia oferecida à população (ANEEL, 2024).

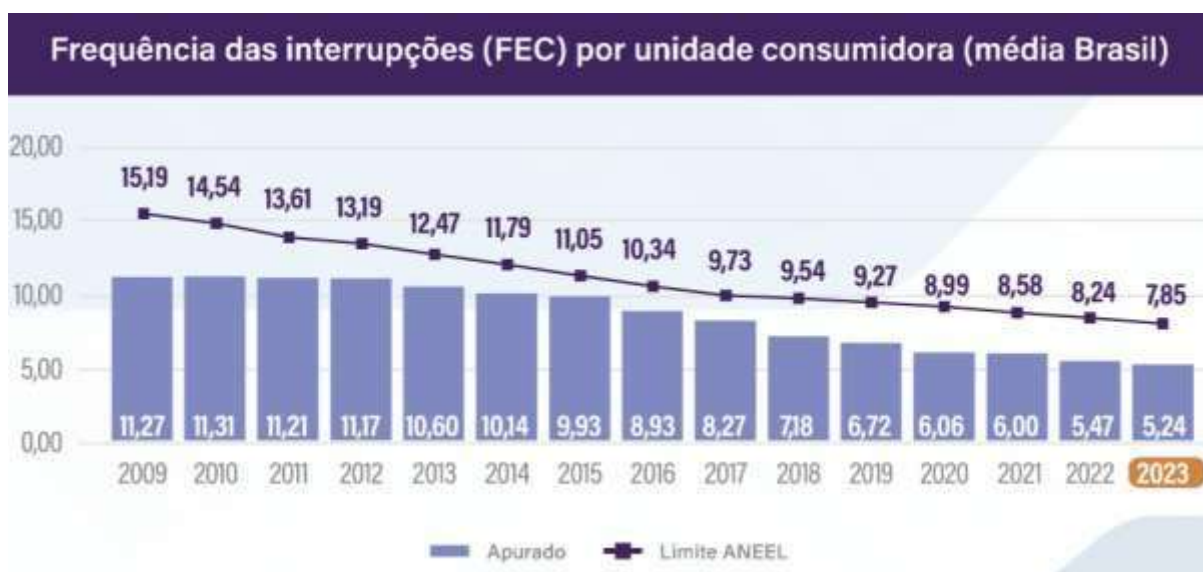
As imagens 3 e 4 exprimem o DEC e FEC de todas as concessionárias de energia elétrica no Brasil no ano de 2023.

Imagem 3 – Valores de DEC em todas as Concessionárias do Brasil



Fonte: ANEEL, 2024.

Imagem 4 – Valores de DEC em todas as Concessionárias do Brasil



Fonte: ANEEL, 2024.

Entre os diversos atributos que podem compor a qualidade do fornecimento de energia elétrica, continuidade é um dos mais relevantes. Medido principalmente pelos indicadores DEC e FEC (Instituto Acende Brasil, 2014; Pessanha; Souza; Laurencel, 2007; Oliveira, 1999), a continuidade do fornecimento, expressa o grau de disponibilidade do serviço prestado pela concessionária, sendo avaliada por dois indicadores: a duração e a frequência das interrupções do fornecimento de energia elétrica.

As interrupções no fornecimento de energia elétrica podem ter diversas causas. Em uma rede de um sistema de distribuição, um dos principais fatores que promovem a ocorrência das falhas se deve ao fato de que a rede elétrica está exposta aos agentes externos, tais como: descargas atmosféricas, vendavais, acidentes de trânsito, contato com galhos de árvores e com animais, dentre outros (Magalhães, 2017).

A duração da interrupção relaciona-se com a gestão do sistema de distribuição, enquanto a frequência das interrupções reflete a fragilidade do sistema frente ao meio ambiente, o envelhecimento ou a falta de manutenção adequada. Estes indicadores são facilmente mensuráveis e possibilitam um controle por meio de normas e multas em função da performance verificada. Basicamente, a regulação da continuidade consiste na avaliação destes indicadores e na comparação dos valores apurados com níveis máximos toleráveis, denominados por metas de continuidade (Pessanha; Souza; Laurecel, 2007).

### 5.2.3 CONFLITO ENTRE A REDE ELÉTRICA E A ARBORIZAÇÃO

Esta integração entre a rede elétrica e as árvores, comumente é caracterizada de forma conflituosa, haja vista a necessidade constante de poda no circuito elétrico a fim de evitar danos ao sistema e o corte no fornecimento de energia.

A convivência entre a arborização e as redes de distribuição de energia deve ser planejada, pois, caso contrário, podem ocorrer acidentes tais como o rompimento de cabos condutores (gerando interrupção no fornecimento), possível queima de equipamentos elétricos, ou mesmo acidentes com transeuntes (CEMIG, 2011).

Os programas de podas de árvores sob a rede de distribuição de energia elétrica são fundamentais para garantir a segurança e confiabilidade no fornecimento de eletricidade e de outros serviços urbanos essenciais. As podas devem ser realizadas de forma sistemática obedecendo ao ciclo de crescimento das espécies, em que as árvores devem ser cortadas de maneira a manter uma distância mínima entre o condutor elétrico e a extremidade da vegetação, que constitui o chamado faixa de segurança, estabelecido pela Norma Regulamentadora - NR 10 que estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

A poda de árvores é um trabalho realizado diversos metros acima da altura do solo, o que certamente indica riscos. Associado a isso temos também os riscos de se trabalhar próximo a condutores energizados, riscos de incidentes ocasionados pela aproximação do equipamento de poda à rede energizada, ataque de insetos, queda de galho em transeuntes, lesões com facão e foices, além de atropelamento. Levando em conta os temas supracitados, fica clara a importância do desenvolvimento de procedimentos e equipamentos para a realização de poda na proximidade de redes energizadas que permitam: i) operação confiável do sistema de distribuição de energia; ii) realização da poda com mínimos danos às árvores e iii) condições seguras aos responsáveis por realizar esse procedimento assim como os transeuntes (Sieber *et al.*, 2016).

A poda de contenção deve ser executada principalmente nos galhos que interferem na rede primária e secundária, independentemente da topologia da árvore (COELBA, 2009). Esta poda deve ser executada por profissional habilitado (eletroarborista), sendo necessária a avaliação da estrutura da copa, a fim de definir o modelo de poda a ser adotado de forma a manter o equilíbrio da copa da árvore. Segundo procedimento da COELBA, a poda

emergencial deve ser realizada em duas situações específicas: i) quando o galho estiver causando interrupções de energia ou riscos de incêndio por estar muito próximo à rede elétrica; ii) quando o galho da árvore atingir os condutores, através da ação do vento, mesmo não estando em contato permanente com a rede elétrica (Sieber *et al.*, 2016).

As ferramentas comumente utilizadas para a poda de árvores em ambientes urbanas são tesouras de poda, podão, serras manuais e motosserra. Essas ferramentas podem ser tanto hidráulicas quanto a combustão ou manuais. Alguns dos acessórios utilizados para garantir a segurança dos funcionários responsáveis pela poda em árvores urbanas e também dos transeuntes, conforme Seitz (1996) e CEMIG (2011), são escada, corda, andaime, plataforma elevatória ou cesto e grua. Vale citar também a necessidade de utilizar equipamentos de proteção individual (EPIs) e equipamentos de proteção coletiva (EPCs) adequados para trabalho em altura e, quando necessário, trabalho próximo a redes energizadas. As distâncias mínimas a serem respeitadas entre a copa da árvore e os condutores da rede elétrica são: 2 metros para rede primária com condutores nus, 0,5 metro para rede primária compacta com espaçador ou cruzeta, 1 metro para rede secundária com condutores nus e, no caso de rede secundária com condutores multiplexados, a indicação é evitar que os galhos exerçam esforço mecânico nos condutores (COELBA, 2009).

### 5.3 GEOTECNOLOGIAS

As geotecnologias também são usadas para estudar a paisagem (topografia, hidrografia, geologia e geomorfologia) e variáveis ambientais (temperatura, pluviosidade e radiação solar), analisar e auxiliar na prevenção de desastres naturais (enchentes, terremotos e erupções vulcânicas), além de gerenciar e de monitorar a atividade humana (infraestrutura, agropecuária e dados socioeconômicos). Esse conjunto de técnicas é composto por hardware (satélites, câmeras, GPS, computadores) e software capaz de armazenar, manipular informações geográficas e processar imagens digitais (Costa Júnior, 2017).

A observação a partir do espaço é ainda mais importante para países de dimensões continentais, como o Brasil. Imagens de satélites são fundamentais para coletar, de forma rotineira e consistente, informações sobre a superfície da Terra como as necessárias para avaliar mudanças globais, as florestas, a evolução do agronegócio, estudos urbanos e costeiros. Satélites também são importantes para obter informação de forma rápida sobre eventos cuja localização e ocorrência é de difícil previsão ou acesso, como desastres naturais (enchentes, por exemplo), ou produzidos pelo homem (queimadas, poluição causada por derramamento

de óleo no mar) (INPE, 2024).

O uso de geotecnologias como o Geoprocessamento e o Sensoriamento Remoto, configurou-se como importante ferramenta no monitoramento da arborização urbana uma vez que a utilização da imagem de satélite de alta resolução se mostrou bastante eficiente na quantificação da cobertura vegetal, assim como na localização espacial dos indivíduos para inserção dos pontos representando os indivíduos levantados em campo.

### 5.3.1 SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto compreende a obtenção de dados sobre determinada área ou objeto através de um sensor (de onde vem a palavra “sensoriamento”) e este se encontra numa posição remota, não fazendo contato com esta área ou objeto (de onde vem a palavra “remoto”). Compreende ainda, a transformação dos dados obtidos em produtos passíveis de serem interpretados e sua análise posterior (Azevedo, 2015).

Estes dados ou informações são obtidos mediante o meio denominado energia ou radiação eletromagnética (REM), cuja fonte principal é a luz do sol. A energia eletromagnética se propaga na forma de ondas eletromagnéticas através do espaço e estas representam perturbações periódicas de campos elétricos e magnéticos originados por uma fonte energética, com frequência e comprimento de onda específico. A luz visível ou luz branca é um conjunto de ondas, com diferentes frequências e comprimentos, que nosso cérebro traduz como cores. Deste modo, cada cor identificada corresponde a uma determinada onda eletromagnética, com frequência e comprimento característico (Silva, 2009).

A partir da coleta de informações sobre as espécies arbóreas, o georreferenciamento cadastral possibilita a montagem de um banco de dados com os atributos das espécies e geração de relatórios e mapas temáticos (Silva, 2009).

O monitoramento da cobertura vegetal em diferentes escalas e para diferentes ambientes, também é outra aplicação do sensoriamento remoto, já que o comportamento espectral da vegetação apresenta alta absorção da REM na região do espectro visível, capturada pela clorofila para a realização da fotossíntese (Silva, 2009).

O processo cartográfico associado ao computador e as novas tecnologias fez com que aumentasse o número de empresas/autônomos que produzem geoinformação, bem como o número de usuários. A mudança de tecnologia fez com que a cartografia passasse da representação do produto final impresso em folha de papel para um arquivo digital cujo rigor na qualidade aumentou ainda mais com a Especificação Técnica para a Aquisição de Dados

Geoespaciais Vetoriais (ETADGV) e com a Especificação Técnica dos Produtos de Conjuntos de Dados Geoespaciais (ET-PCDG), que apresenta os valores referentes ao Padrão de Exatidão Cartográfica de Produtos Cartográficos Digitais (PECPCD), e complementam os estabelecidos, para produtos impressos, no Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984.

### 5.3.2 DRONES

Os Veículos Aéreos não Tripulados (VANT's) apresentam-se como uma alternativa potencial no processo de obtenção de imagens que auxiliam na identificação e caracterização de superfícies, cobertura e uso de solo (Silva *et al.*, 2015).

VANT, como comumente é conhecido, é um termo genérico que identifica uma aeronave que pode voar sem tripulação, originalmente projetada para operar em situações perigosas e repetitivas em regiões consideradas de difícil acesso (Furtado *et al.*, 2008).

O VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado, aeronave de pequeno porte comparado às mesmas utilizadas para o aerolevante padrão, está entrando no mercado brasileiro como uma plataforma aérea rápida, barata e inovadora no segmento de levantamento terrestre. Criado em meados de 1888, este aparelho forneceu grande desempenho nos campos de guerra e atualmente vem sendo utilizado no monitoramento de áreas de interesse internacional e aplicações no campo ambiental (Longhitano, 2010).

A aplicação do VANT para avaliação ambiental tornou-se uma das ferramentas fundamentais de levantamento e prevenção de riscos eminentes ao meio ambiente. Atualmente sabe-se que esta tecnologia tem sido aplicada em várias áreas como, por exemplo, em grandes obras de engenharia hidráulica, estradas, dutos, áreas de reflorestamento, controle de uso e ocupação do solo, monitoramento de áreas que possuem algum tipo de risco geológico ou de importância arqueológicas, controle de tráfego, rede elétrica e principalmente em estudos ambientais (Xavier 2013). Com a utilização dessa tecnologia possibilita a elaboração de mapas temáticos com informações por espécies, altura, distância da rede, aptidão do solo, clima, informações de áreas de preservação ambiental, entre outras.

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) comenta que VANT ou Drones, palavra inglesa que significa "zangão", na tradução literal para a língua portuguesa, como comumente é chamado, é uma aeronave projetada para operar sem o comando de um piloto a bordo que tenha uma carga útil embarcada e que não seja utilizada para fins meramente recreativos. Compreende como carga útil qualquer equipamento que não seja necessária para o Drones voar, por exemplo, uma câmera (Parente, 2016).

Esses equipamentos são geralmente utilizados de forma consorciada a sensores mais leves e que possibilitam a sobreposição de imagens, gerando conseqüentemente ortomapas com qualidade de resolução superior e a mesma cobertura em sobrevoos se comparados a sensores maiores. De forma não menos importantes, a sua leveza e instabilidade no ar mostram-se como limitações que implicam em resultados menos precisos para orientação dos sensores (Einsebeiss, 2009).

Para Júnior (2015), o VANT tem se mostrado uma excelente ferramenta de obtenção de imagens com resoluções melhores, a baixo custo e alta resolução temporal. Essas características têm popularizado seu uso, principalmente para atualização e confecção de mapas, em áreas afastadas ou próximas onde o uso da fotogrametria convencional torna a execução do trabalho economicamente inviável.

O VANT é responsável por conduzir os sensores e os diversos equipamentos necessários ao seu funcionamento. O tipo de aeronave dependerá da finalidade do voo e do tipo de sensores embarcados. Os fatores de influência na escolha da aeronave são: duração da bateria, autonomia de voo, peso, tipo de sensor (câmera) ideal para determinado trabalho, resolução espacial, formas de operação dos VANTs, entre outros (Parente, 2016).

No Brasil a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC é responsável por supervisionar a atividade de aviação civil, sendo competente para elaborar uma regulamentação específica para os VANTs. Conforme a legislação brasileira, que acompanha as normas internacionais, VANT é considerado aeronave e, portanto, deve se sujeitar à legislação aeronáutica (ANAC, 2012).

Para a operação de um VANT deve ser solicitada à ANAC a emissão de um Certificado de Autorização de Voo Experimental, o chamado CAVE, o qual deve ser específico para aquela aeronave, que deve ser apresentada a ANAC. Esse certificado é uma autorização de voo experimental, isto é, para propósito não comercial (pesquisa científica e desenvolvimento, mapeamento, estudo atmosférico, etc.), estando proibida a operação de um VANT fora dos propósitos para os quais o certificado foi emitido (Rodrigues, 2015).

#### 5.4 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

Um SIG é um sistema destinado à entrada, armazenamento, manipulação, análise e visualização de dados geográficos ou espaciais (gráficos ou imagens); é composto de três importantes componentes: hardware e sistema operacional, software de aplicação e aspectos institucionais do SIG (Ferreira, 2009).

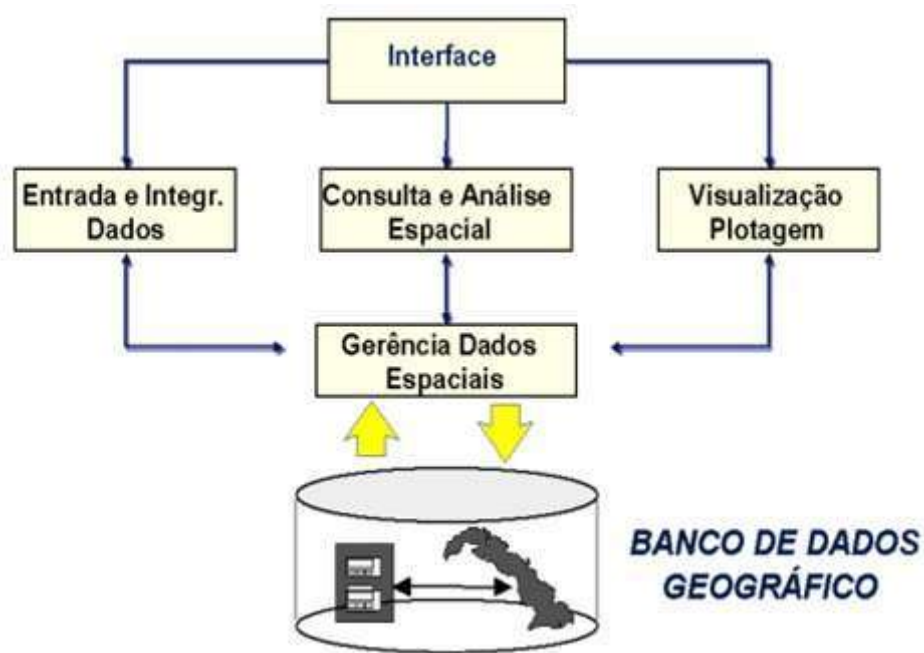
Um Sistema de Informações Geográficas (SIG) pode ser considerado um tipo de Sistema de Informação que “envolve de forma sistêmica e interativa Banco de Dados, Tecnologia e Pessoal, sendo capaz de realizar análises espaciais, armazenar, manipular, visualizar e operar dados georreferenciados para a obtenção de novas informações” (Meneses, 2003).

Na área de geotecnologias existe grande potencial do uso de softwares livres. Um dos componentes que influenciam no sucesso do uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é o alto custo para aquisição e qualificação no uso dessas ferramentas, sendo que os softwares livres representariam uma forma de racionalização desses custos. A quantidade de novos projetos de software SIG sendo iniciado é visivelmente crescente. Na área de SIG o mercado é dominado por uma empresa que atua em mais de 30% do mercado, englobando softwares e serviços (Câmara *et al.*, 2012). Em contraponto, atualmente o projeto FreeGIS (<http://freegis.org>) disponibiliza 356 softwares livres para download (Milare, 2016).

O SIG constitui um ambiente computacional utilizado para integrar dados cartográficos, cadastrais, de sensores remotos, redes e modelos numéricos de terreno. Assim, imagens de satélite podem prover informações em um curto espaço de tempo e a baixo custo, numa forma compatível com os requerimentos técnicos de uma plataforma SIG (Câmara, 1993).

As imagens de satélite integradas em um ambiente SIG não consistem apenas em mais um plano de informação, mas sim, em uma fonte de dados que permite a extração de uma grande quantidade de informações temáticas sobre a região que foi imageada. Permitem também consultar, recuperar, visualizar, manipular e plotar o conteúdo de um banco de dados georreferenciados. É uma ferramenta poderosa para análise e manipulação de um grande número de informações espaciais (Câmara, 1993). Como pode ser observada em imagem ilustrativa 5.

Imagem 5 – Estrutura Interna de elaboração do SIG



Fonte: INPE, 2013.

#### 5.4.1 APLICAÇÕES DO SIG

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas poderosas que permitem a coleta, armazenamento, análise e visualização de dados georreferenciados. Eles têm uma ampla gama de aplicações em diversas áreas, como:

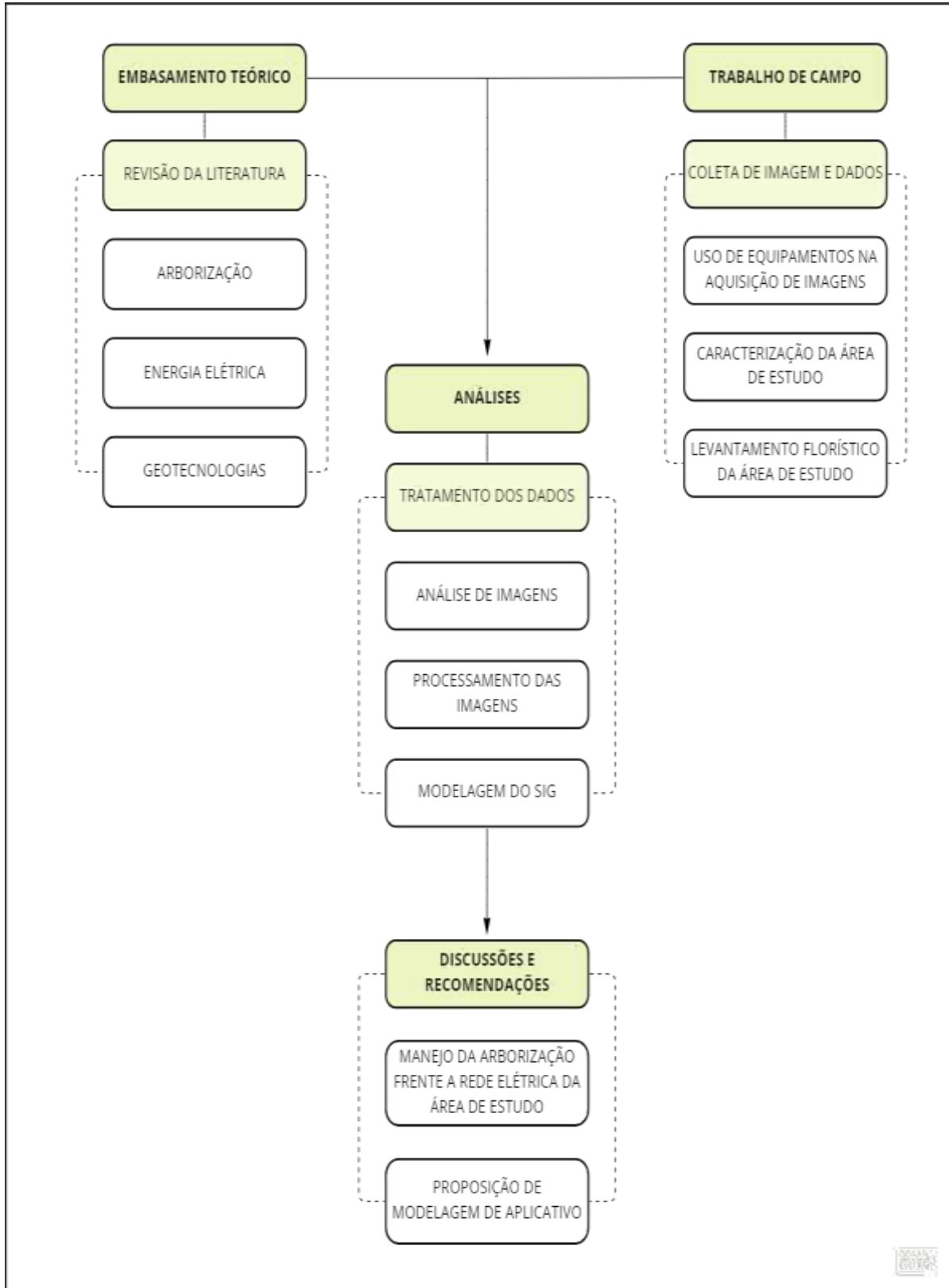
- Planejamento Urbano e Ambiental: SIGs são usados para mapear e analisar o uso do solo, planejar o desenvolvimento urbano, monitorar áreas de risco e gerenciar recursos naturais.
- Saúde Pública: Na área da saúde, os SIGs ajudam a rastrear a disseminação de doenças, identificar áreas de risco e planejar intervenções de saúde pública.
- Transporte e Logística: Empresas de transporte utilizam SIGs para otimizar rotas, gerenciar frotas e melhorar a eficiência logística.
- Agricultura: Agricultores e agrônomos usam SIGs para monitorar a saúde das culturas, gerenciar a irrigação e planejar a rotação de culturas.
- Segurança Pública: As forças de segurança utilizam SIGs para mapear crimes, planejar patrulhas e responder a emergências de forma mais eficiente.
- Pesquisa Científica: Pesquisadores em diversas disciplinas utilizam SIGs para analisar padrões espaciais e realizar estudos ambientais, geológicos e sociais.

## 6. METODOLOGIA

A elaboração da pesquisa, na expectativa de alcançar os objetivos propostos, derivou-se de revisão da literatura e fundamentação teórica, caracterização da área de estudo, aquisição e análise de imagens, com o intuito de estabelecer proposição do manejo da arborização da rede elétrica no trecho de estudo.

## 6.1 FLUXOGRAMA DE TRABALHO

Imagem 6: Fluxograma de trabalho



## 6.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade do Recife é dividida em 94 bairros, que estão subdivididos em 06 Regiões Político-Administrativa (RPA). É um município com alta taxa de urbanização e limita-se geograficamente com os municípios de Olinda, Paulista, Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata e Camaragibe (Oliveira, 2024).

O Campus de Dois Irmãos, funciona a sede da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizado no Bairro de Dois Irmãos, no município do Recife, componente da RPA (Região Política Administrativa) 3. A RPA 3 ocupa mais de um terço de todo o território do Recife e é a maior das seis Regiões Políticas Administrativas e a segunda colocada em demografia, logo atrás da RPA 6, representando mais de vinte por cento do total da população recifense (Tabela 2).

Tabela 2 -Áreas e População das Regiões Políticas Administrativas do Recife

<b>REGIÃO</b>	<b>ÁREA (ha)</b>	<b>POPULAÇÃO</b>
<b>1</b>	1.536	78.114
<b>2</b>	1.480	221.134
<b>3</b>	<b>7.728</b>	<b>312.611</b>
<b>4</b>	4.212	278.947
<b>5</b>	2.996	263.778
<b>6</b>	3.892	382.650
<b>TOTAL</b>	<b>21.844</b>	<b>1.537.234</b>

Fonte: Recife, 2016.

O campus encontra-se praticamente em sua totalidade inserido na UCN (Unidade de Conservação da Natureza) Dois irmãos, conforme características estabelecidas. Localizada no bairro de Dois Irmãos, possui uma área superior a 460 hectares. Situa-se nas Bacias Hidrográficas dos Rios Beberibe e Capibaribe, apresenta vegetação de Mata Atlântica, capoeira e vegetação higrófila; e é considerada uma das mais expressivas parcelas da floresta litorânea de Pernambuco. Nesta Unidade encontram-se o Horto Zoobotânico de Dois Irmãos e o Sítio Histórico e Cultural do Açude do Prata – primeira fonte de abastecimento da Cidade do Recife com água potável no século XIX (Recife, 2024).

Imagem 7– Delimitação da UCN Dois Irmãos



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor, 2023.

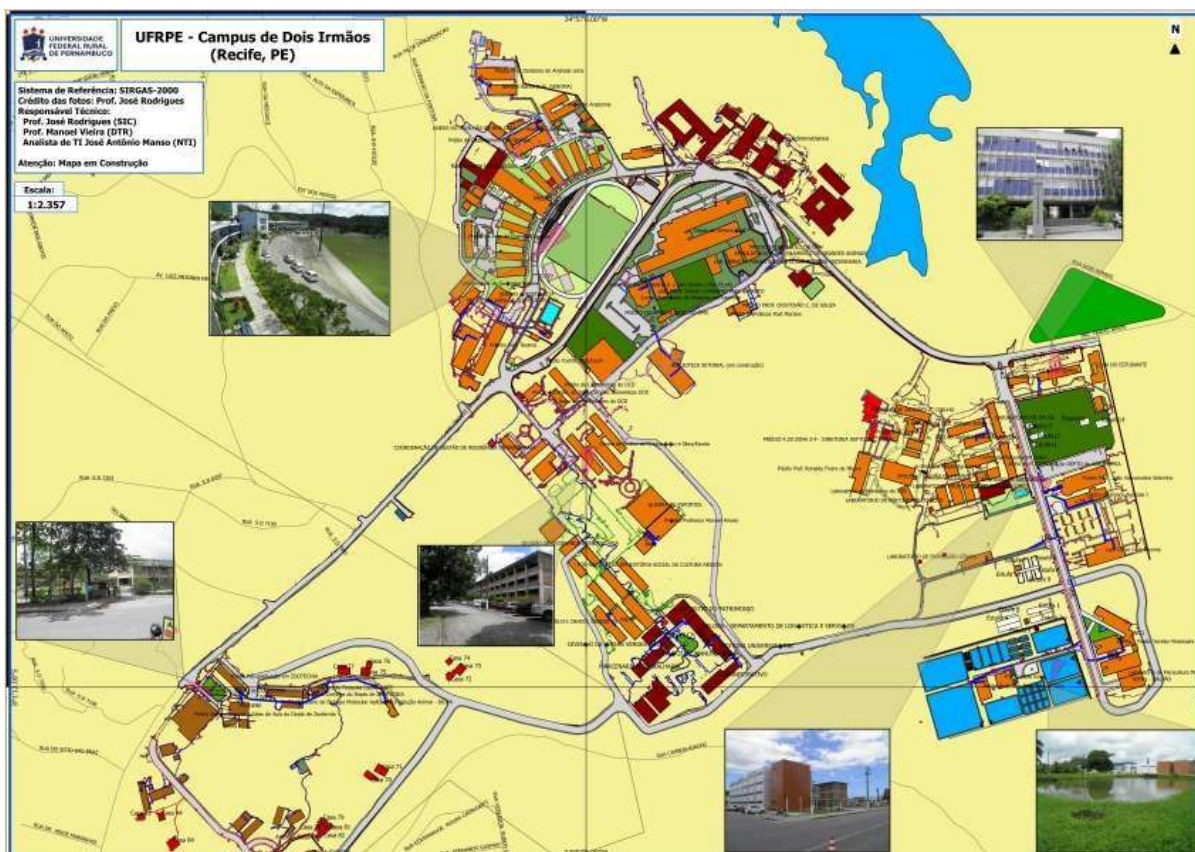
Imagem 8: Campus Dois Irmãos – UFRPE, inserido na UCN Dois Irmãos



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor, 2023.

A estrutura do campus de Dois Irmãos possui: Biblioteca Central, Centro Esportivo com piscina semiolímpica, quadra coberta, campo de futebol e pista de atletismo; Departamento de Qualidade de Vida para consultas médicas, odontológicas, psicológicas, análises laboratoriais e clínicas, assistência social e enfermagem a servidores e estudantes; Hospital-Escola Veterinário, que realiza atendimentos diários, entre consultas, exames e cirurgias em animais de pequeno e médio porte (UFRPE, 2024).

Imagem 9 – Delimitação do Campus Dois Irmãos - UFRPE



Fonte: UFRPE, 2019.

O campus de Dois Irmãos também é um Imóvel de Proteção de Área Verde (IPAV), com ficha cadastral número 48, estabelecida pela lei Municipal nº 16.176/96 – LUOS (Lei de Uso e Ocupação do Solo) da Prefeitura do Recife, conforme imagem 10 abaixo. Sendo assim, é um patrimônio público e deve manter pelo menos 70% de sua vegetação preservada.

## Imagem 10 – IPAV – 48 Ficha Cadastral

Ficha Cadastral do IPAV 48	
DADOS REFERENCIAIS DO IMÓVEL:	
<b>RPA:</b>	03 – Noroeste
<b>Microrregião:</b>	3.1
<b>Lei de Criação:</b>	Lei Municipal nº 16.176/96 – LUOS (Lei de Uso e Ocupação do Solo).
<b>Endereço de Criação:</b>	Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n (UFRPE).
<b>Endereço Atual:</b>	Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n (Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE).
<b>Bairro:</b>	Dois Irmãos
<b>Área Total do Lote:</b>	1.481.093,80 m <sup>2</sup>
<b>Área Verde Original:</b>	937.420,52 m <sup>2</sup>
<b>Área Verde em 2013:</b>	863.903,25 m <sup>2</sup>

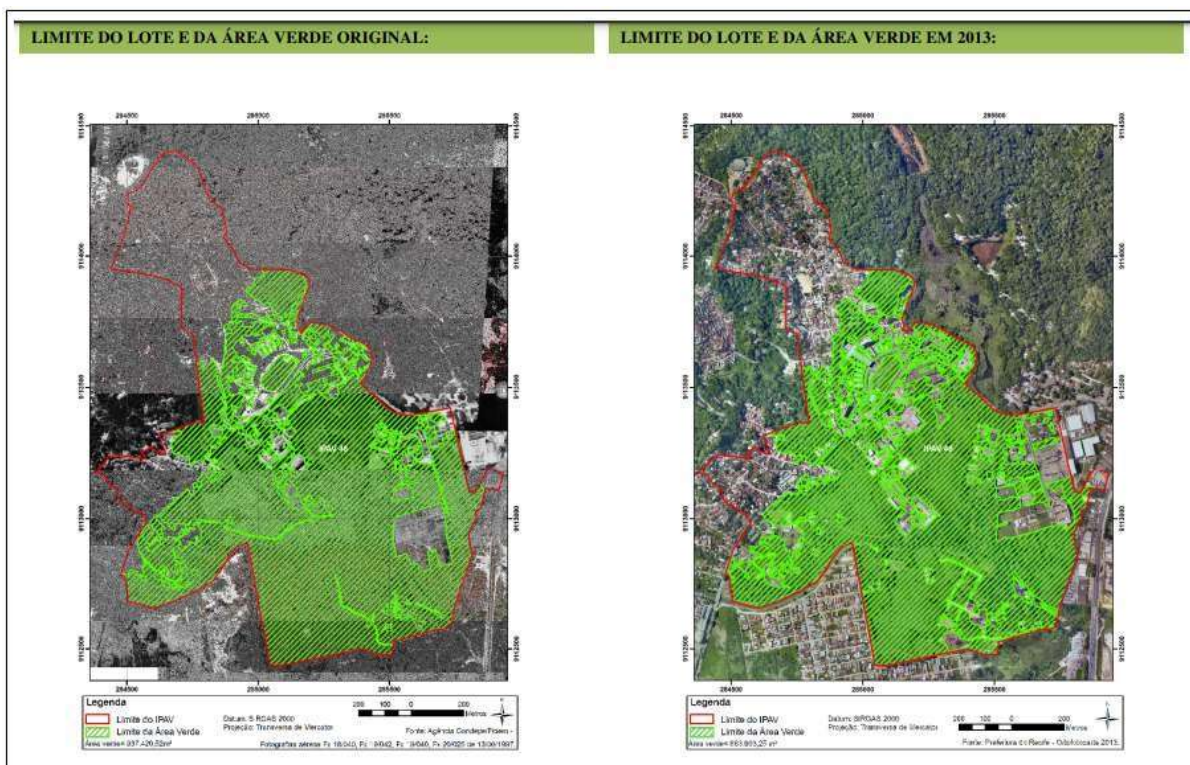
Fonte: Recife, 2019.

A descrição das espécies do IPAV 48 da UFRPE está disponível em no site da prefeitura do Recife, tendo sido identificadas espécies: angelim (*Andira nitida* Mart.ex Benth.), anona (*Annona* sp.), pinha (*Annona squamosa* L.), fruta-pão (*Artocarpus altilis* (Parkison) Fosberg.), cedro branco (*Cedrela fissilis* Vell.), paineira (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart.), cedro cheiroso (*Cedrela odorata* L.), laranjeira (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), sombreiro (*Clitoria fairchildiana* R.A.Howard), embaúba (*Cecropia peltata* L.), cássia (*Cassia* sp.), trapia (*Crateva tapia* L.), sambaqui (*Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin), mulungu (*Erythrina velutina* Willd.), açai (*Euterpe oleraceae* Mart.), ingazeiro (*Inga edulis* Mart.), sapotizeiro (*Manikara sapota* Van Royen), moringa (*Moringa oleifera* Lam.), calabura (*Muntingia calaburra* L.), angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), tamareira (*Phoenix dactylifera* L.), pinheiro (*Pinus elliottii* Engelm.), amarelo (*Plathymenia foliolosa* Benth.), amescla (*Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand), entre outras. Além das espécies acima descritas, também foram identificadas cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), mangueira (*Mangifera indica* L.), baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), aroeira-da-praia (*Schinus terebinthifolius* Raddi), cajazeira (*Spondias mombin* L.), seriguela (*Spondias pupurea* L.), umbuzeiro (*Spondias tuberosa* L.), graviola (*Annona muricata* L.), jasmim-vapor (*Plumeria rubra* L.), jasmim-manga (*Mangifera indica* L.), ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos), casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.), oiticica-do-sertão (*Licania rigida* Prance), oiticica-da-praia (*Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch), castanhola (*Terminalia catappa* L.), seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr de Juss.) Muell. Arg.), pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), cássia-cacho-de ouro (*Cassia fistula* L.), cássia-gigante rosa (*Cassia grandis* L.), flamboyant (*Delonix regia* Hook.), pata-de-vaca (*Libidibia ferrea* (Mart.) L. P. Queiroz), cássia-amarela (*Senna siamea* Lam.), tamarindeiro

(*Tamarindus indica* L.), olho-de-pombo (*Adenantha pavonina* L.), sucupira, (*Bowdichia virgiliodes* Kunth.) brasileiro (*Erythrina indica* Lam.), leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.), sabiazeiro (*Mimosa caesalpinhaefolia* Benth.), visgueiro (*Parkia pendula* (Willd.) Walp.), algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.), louro (*Ocotea* sp.), abacateiro (*Persea americana* L.), abricó-de-macaco (*Couroupita guianensis* Aubl.), carolina (*Pachira aquatica* Aubl.), baobá (*Adansonia digitata* L.), pau-de-jangada (*Apeiba tibourbou* Aubl.), nim (*Azadirachta indica* A. Juss), mogno (*Swietenia macrophylla* R.A. King), mata-fome (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth), jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), ficus (*Ficus bejamina* L.), ficus elastica (*Ficus elastica* Roxb. Ex Hornem.), goiabeira (*Psidium guajava* L.), azeitona roxa (*Syzygium cumini* (L.) Skeels), caramboleira (*Averrhoa carambola* L.), juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), pau-mulato (*Calycophyllum spruceanum* Benth.), felício (*Filicium decipiens* (Wt. & Arn) Thw.), pitombeira (*Talisia esculenta* (St. Hil) Radlk), abiu-roxo (*Chrysophyllum cainito* L.), cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.), embaúba (*Cecropia pachystachya* Trecul) e teca (*Tectona grandis* Linn). As palmeiras encontradas foram: palmeira-macaibeira (*Acrocomia intumescens* Drude), palmeira-imperial (*Roystonea oleracea* O.F.Cook), palmeiracoqueiro (*Cocos nucifera* L.) e palmeira-dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq) (Recife, 2024).

Comparativo de área verde do IPAV 48, Campus Dois Irmãos da UFRPE:

Imagem 11, comparativo de área verde IPAV 48



Fonte: Recife, 2019.

A concessionária de energia elétrica que atende o Campus Dois Irmãos faz a entrega de energia elétrica em média tensão a 13.8 kV no Campus, sendo de responsabilidade da gestão do DELOGS (Departamento de Logística e Serviços), a manutenção no sistema elétrico do Campus.

O DELOGS integra a Pró-reitora de Administração (PROAD) da UFRPE e é composto por Diretoria, Coordenação Administrativa (CADM), Coordenação de Manutenção (CMAN), Divisão de Segurança Universitária (DSU), Divisão de Áreas Verdes e Vias (DAVV) e Divisão de Transporte (DTRANS). Suas equipes atuam para garantir o funcionamento efetivo da Instituição, por meio da promoção integrada de operações logísticas e serviços essenciais desempenhados por servidore(a)s e funcionário(a)s terceirizado(a)s. Podem-se citar, dentre eles, os serviços de limpeza e conservação, segurança patrimonial, recepção e portaria, apoio administrativo, apoio às atividades agrárias, telefonia fixa e móvel, impressão, manutenção predial, manutenção veicular e manutenção em sistemas de refrigeração (PDI UFRPE 2021 – 2030).

A rede elétrica de média tensão, percorre vários setores do Campus Dois Irmãos, a área de estudo foi estabelecida, em trechos da Rua Esperança, dentro da área do campus, próximo

a base de Pesca e o setor de Olericultura do Campus. Onde existem conflitos da arborização e a rede elétrica.

Imagem 12, Rua Esperança, área interna do Campus Dois Irmãos



Fonte: Google Earth vetorizada pelo autor com shapefile da UCN Dois Irmãos.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 7.1 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO DA ÁREA DE ESTUDO

O levantamento florístico foi realizado percorrendo trechos da Rua Esperança, localizada dentro do campus Dois Irmãos da UFRPE. Durante o levantamento, observou-se a vegetação existente em conflito com a rede elétrica de média tensão, realizando registros fotográficos. A maioria das espécies identificadas eram remanescentes de vegetação de Mata Atlântica, como o Ingazeiro (*Ingá edulis*) e a Seringueira (*Hevea brasiliensis*). Também foram observados indivíduos exóticos, como o Sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) e a Bananeira (*Musa paradisíaca*). Para o ordenamento dos dados, foram demarcados "vãos", espaços compreendidos entre um poste e outro, iniciando na Rua Esperança, ao lado do canteiro de hortaliças do setor de Olericultura.

A identificação ocorreu por observação das características arbóreas vegetativas, como folhas, tipo de copa, casca, tronco, frutos e flores, através desses critérios morfológicos pode-se descrever as árvores observadas na tabela proposta.

Tabela 3 Levantamento Florístico Rua Esperança, Campus Dois Irmãos. UFRPE

<b>Vão</b>	<b>Nome Comum</b>	<b>Nome Científico</b>
1	Azeitona Roxa	<i>Syzygium cumini</i>
2	Castanhola	<i>Terminalia catappa</i>
	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>
	Bananeiras	<i>Musa paradisiaca</i>
	Embaúba	<i>Cecropia peltata</i>
	Dendezeiro	<i>Elaeis guineensis</i>
3	Castanhola	<i>Terminalia catappa</i>
	Seringueira	<i>Hevea brasiliensis</i>
	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>
	Bananeiras	<i>Musa paradisiaca</i>
4	Jambeiro	<i>Syzygium jambos</i>
	Embaúba	<i>Cecropia peltata</i>
5	Mangueira	<i>Mangifera indica</i>
	Ipê	<i>Handroanthus impetiginosus</i>
	Ingazeiro	<i>Inga edulis</i>
6	Embaúba	<i>Cecropia peltata</i>
	Sombreiro	<i>Clitoria fairchildiana</i>
	Ingazeiro	<i>Inga edulis</i>
7	Ingazeiro	<i>Inga edulis</i>
	Embaúba	<i>Cecropia peltata</i>
8	Ingazeiro	<i>Inga edulis</i>
9	Embaúba	<i>Cecropia peltata</i>
	Salgueiro	<i>Salix caprea</i>
	Ingazeiro	<i>Inga edulis</i>
10	Sabiazeira	<i>Mimosa caesalpinifolia</i>
	Ingazeiro	<i>Inga edulis</i>
11	Salgueiro	<i>Salix caprea</i>
12	Azeitona Roxa	<i>Syzygium cumini</i>
	Cajazeira	<i>Spondias mombin</i>
	Embaúba	<i>Cecropia peltata</i>

Fonte: Autor, 2023.

As espécies apresentavam em sua maioria características arbustivas arbóreas e arbustivas, solo com presença de matéria orgânica, com características de resquício de fragmento de mata atlântica, inclusive com presença de corpo hídrico (riacho) no trecho analisado. Também pode-se observar a presença de trepadeiras, sob a copa de alguns indivíduos arbóreos.

Imagem13. Levantamento florístico, rua Esperança Campus Dois Irmãos



Fonte: autor, 2022.

Imagem 14. Levantamento florístico, rua Esperança Campus Dois Irmãos



Fonte: autor, 2022.

Imagem 15, levantamento florístico, rua Esperança Campus Dois Irmãos



Fonte: autor, 2022.

Imagem 16 levantamento florístico, rua Esperança Campus Dois Irmãos



Fonte: autor, 2022.

## 7.2 EQUIPAMENTOS E SOFTWARES

Foram utilizados equipamentos e softwares licenciados pertencentes ao Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (GEOSERE), localizado no Departamento de Engenharia Agrícola (DTR) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Para a elaboração dos mapas, foram utilizados os softwares Google Earth, QGIS versão 3.28 e Pix4D Mapper.

O Google Earth é um aplicativo de mapas em três dimensões que permite visualizar feições do planeta e interagir virtualmente, utilizando um vasto banco de dados que inclui imagens de satélite, imagens aéreas, mapas e informações sobre o terreno. É disponibilizado gratuitamente para uso em computadores pessoais, sendo compatível com os sistemas operacionais mais utilizados no mundo.

O QGIS é um programa de Sistema de Informação Geográfica (SIG) de uso livre, código aberto, e que pode ser adquirido via *web*, segundo a Licença Pública Geral (GPL), que garante ao usuário acesso permanente e livre de custos. É uma ferramenta inteligente que oferece um conjunto de funcionalidades comuns de SIG, dentre elas, a possibilidade de suportar inúmeros formatos de dados vetoriais e *raster*, exploração de dados e composição de mapas temáticos, criar, editar, gerenciar e exportar dados geográficos relacionados a estes mapas e fazer realização de análises espaciais (Carvalho, 2025).

O Pix4D é um *software* de fotogrametria que permite processar imagens RGB, multiespectrais e térmicas obtidas com câmeras ou drones para a criação de produtos, como ortomosaico georreferenciados, modelo digital de superfície, índices de vegetação, entre outros. O *software* utiliza de algoritmos de processamento de imagens, técnicas de fotogrametria e *machine learning* para calcular a orientação e posição da câmera e assim reconstruir a geometria da fotografia, transformando um conjunto de imagens em nuvens de pontos para o desenvolvimento de mapas, modelos 3D e ortomosaicos.

Com o imageamento do trecho da Transrural, as fotografias aéreas foram importadas para o Pix4D para o processamento das imagens. No software, foram selecionadas todas as imagens obtidas, ajustando as configurações, indicando o sistema de coordenadas e o tipo de processamento para a execução do projeto.

Os resultados dos primeiros procedimentos não foram satisfatórios, então as ortofotos foram descartadas e o mosaico com a mesclagem de todas as imagens foi realizado no *software* QGIS.

Posteriormente, com a necessidade de que as imagens formassem um “caminho” representando o imageamento da via Transrural, foi realizada uma nova seleção nas fotografias para a redução dos dados *raster* no momento de importação no software.

Assim, uma nova ortofoto foi gerada e adicionada ao QGIS para a criação do layout de impressão.

Para a análise do trecho proposto, foi realizada a captura de imagens aéreas e verticais por meio de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), também conhecido como drone. O modelo utilizado neste estudo foi o Mavic 2 Enterprise, fabricado pela DJI, que é equipado com uma câmera visual de 48 MP e sensor CMOS de 1/2 polegada, oferecendo zoom sem perdas de 4x e zoom digital de até 32x. Essas características garantem versatilidade para que possa ser empregado em diversas aplicações, como buscas e resgates, combate a incêndios e inspeções de infraestrutura, incluindo a deste estudo (DJI, 2024).

A metodologia, foi fundamentada na elaboração de plano de voo, considerando a análise do trecho proposto, sendo posteriormente processados os dados, com o uso de softwares específicos. Foram realizados registros acima do cabeamento elétrico (vista superior), assim como a vista lateral do cabeamento elétrico e da vegetação próxima à rede elétrica.

Imagem 17. Levantamento aerofotogramétrico, vista superior



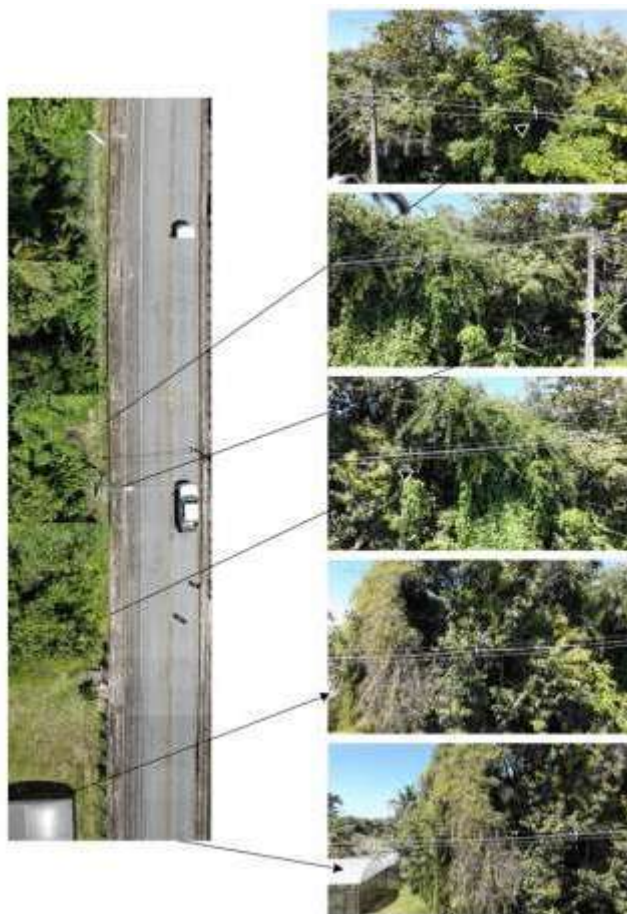
Fonte: Autor, 2020.

Imagem 18. Levantamento aerofotogramétrico, vista lateral



Fonte: Autor, 2020.

Imagem 20. Tratamento ortofoto em trecho proposto



Fonte: Geosere, 2023.

### 7.3 MODELAGEM DO SIG

Após o imageamento, as imagens foram inseridas no software Pix4D Mapper para a geração de ortofotos. No entanto, o mosaico criado apresentou erros de alinhamento, criando distorções. Para corrigir o problema, foi adotado uma abordagem manual para a geração dos mosaicos utilizando o software QGIS versão 3.28.

Diante das limitações apresentadas no processamento automatizado, optou-se pela montagem dos mosaicos utilizando a ferramenta “Novo Compositor de Impressão” do QGIS, onde os dados raster foram importados para a área do layout e ajustados posicionando dada imagem, combinando as bordas e elementos das fotografias para garantir a sobreposição correta.

Ademais, os mosaicos foram divididos em trechos para facilitar a visualização da fotografia aérea com a identificação da estrutura na fotografia vertical. Estas imagens foram

utilizadas para demonstrar os detalhes das estruturas e a sobreposição com a vegetação presente.

Posteriormente, com o mosaico finalizado, foi possível realizar as inspeções das estruturas e identificar onde os postes e as árvores se cruzam e desenvolver um sistema de poda, relacionando o tempo de crescimento da vegetação com a necessidade de podar, antecipando o desgaste nas estruturas que afeta a rede elétrica.

#### 7.4 MODELAGEM APLICATIVO

O Figma é uma ferramenta de edição gráfica para projetos e designs direcionados a dispositivos web e mobile. A plataforma disponibiliza uma biblioteca com conjuntos de designs pré-criados, incluindo estilos e componentes para auxiliar na criação de projetos, como a interface desenvolvida. Para isso, foram utilizados "Kits UI", uma coleção de materiais de Interface de Usuário do Figma e do Google na criação do design, demonstrando o fluxo de funcionalidades do aplicativo.

Os ícones e figuras utilizados no aplicativo foram retirados do Flaticon, um website que reúne autores e disponibiliza artes editáveis e personalizáveis de forma gratuita para serem utilizadas em projetos de design gráfico.

As telas desenvolvidas foram exportadas e, em seguida, importadas para o Canva, uma plataforma de design gráfico utilizada na criação de conteúdos visuais. As telas foram anexadas a "mockups" de smartphones para facilitar a apresentação.

Foram idealizadas funções de manejo da vegetação, de acordo com as características identificadas no levantamento aerofotogramétrico e as características da rede elétrica e da vegetação existente. O intuito é disponibilizar às concessionárias de energia operações similares às praticadas por empresas do ramo na gestão de poda de indivíduos arbóreos próximos à rede elétrica.

#### 7.5 CAUSA INTERRUPTÃO DE VEGETAÇÃO NA REDE ELÉTRICA EM PERNAMBUCO

A ANEEL lista interrupções de energia elétrica que podem ser ocasionadas tanto por aspectos gerenciáveis pelas distribuidoras, tais como falha em equipamento, má alocação de equipe e desligamento programado, quanto por aspectos não gerenciais pelas distribuidoras, tais como condição climática severa, vegetação com interferências em redes elétricas.

O Fato gerador é diretamente relacionado com os indicadores coletivos de continuidade, DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora), parâmetros utilizados para avaliar qualidade no fornecimento de energia elétrica.

Tabela 4: Causas de Interrupções de energia elétrica

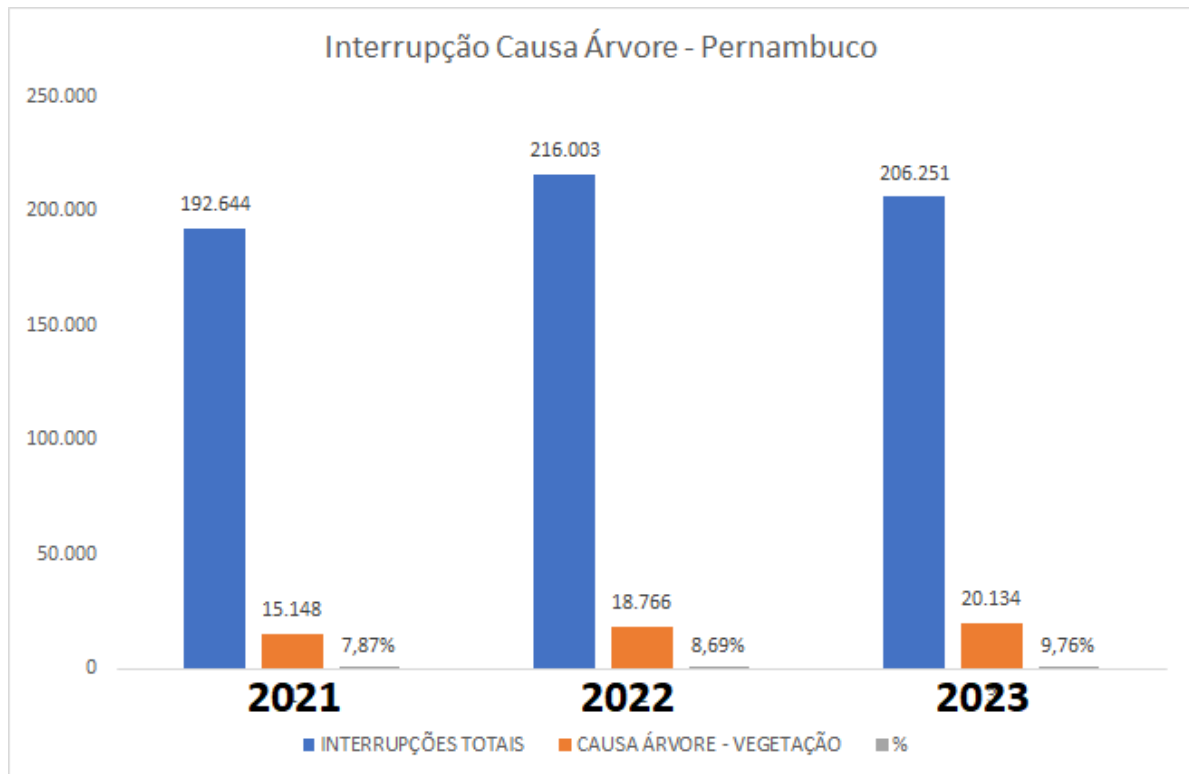
ITEM	FATOR GERADOR
1	INTERNO - NAO PROGRAMADA - ALIVIO DE CARGA
2	INTERNO - NAO PROGRAMADA - ALTERACAO - PARA AMPLIACAO
3	INTERNO - NAO PROGRAMADA - FALHA OPERACIONAL - SERVICO MAL EXECUTADO
4	INTERNO - NAO PROGRAMADA - MANUTENCAO - CORRETIVA
5	INTERNO - NAO PROGRAMADA - MANUTENCAO - PREVENTIVA
6	INTERNO - NAO PROGRAMADA - MEIO AMBIENTE - ANIMAIS
7	<b>INTERNO - NAO PROGRAMADA - MEIO AMBIENTE - ARVORE OU VEGETACAO</b>
8	INTERNO - NAO PROGRAMADA - MEIO AMBIENTE - CORROSAO
9	INTERNO - NAO PROGRAMADA - MEIO AMBIENTE - DESCARGA ATMOSFERICA
10	INTERNO - NAO PROGRAMADA - MEIO AMBIENTE - EROSAO
11	INTERNO - NAO PROGRAMADA - MEIO AMBIENTE - INUNDACAO
12	INTERNO - NAO PROGRAMADA - MEIO AMBIENTE - QUEIMADA OU INCENDIO
13	INTERNO - NAO PROGRAMADA - MEIO AMBIENTE - VENTO
14	INTERNO - NAO PROGRAMADA - NAO CLASSIFICADA
15	INTERNO - NAO PROGRAMADA - PROPRIAS DO SISTEMA - DESLIGAMENTO POR SEGURANCA
16	INTERNO - NAO PROGRAMADA - PROPRIAS DO SISTEMA - FALHA DE MATERIAL OU EQUIPAMENTO
17	INTERNO - NAO PROGRAMADA - PROPRIAS DO SISTEMA - NAO IDENTIFICADA
18	INTERNO - NAO PROGRAMADA - PROPRIAS DO SISTEMA - SOBRECARGA
19	INTERNO - NAO PROGRAMADA - PROPRIAS DO SISTEMA - SOBRETENSAO
20	INTERNO - NAO PROGRAMADA - PROPRIAS DO SISTEMA - SUBTENSAO
21	INTERNO - NAO PROGRAMADA - TERCEIROS - ABALROAMENTO
22	INTERNO - NAO PROGRAMADA - TERCEIROS - ACIDENTE
23	INTERNO - NAO PROGRAMADA - TERCEIROS - DEFEITO CLIENTE AFETANDO OUTROS
24	INTERNO - NAO PROGRAMADA - TERCEIROS - DEFEITO INTERNO NAO AFETANDO OUTRAS UNIDADES CONSU
25	INTERNO - NAO PROGRAMADA - TERCEIROS - INTERFERENCIA DE TERCEIROS
26	INTERNO - NAO PROGRAMADA - TERCEIROS - OBJETO NA REDE
27	INTERNO - NAO PROGRAMADA - TERCEIROS - ROUBO
28	INTERNO - NAO PROGRAMADA - TERCEIROS - VANDALISMO
29	INTERNO - PROGRAMADA - ALTERACAO - AMPLIACAO
30	INTERNO - PROGRAMADA - ALTERACAO - MELHORIA
31	INTERNO - PROGRAMADA - ALTERACAO - MELHORIA

Fonte: ANEEL, adaptado pelo autor 2023.

Em Pernambuco, o aumento de interrupções relacionadas a vegetação ou árvore na rede elétrica tem aumentado nos últimos anos, prejudicando o fornecimento de energia elétrica aos consumidores, assim como, diminuído o índice de qualidade no fornecimento da empresa de energia elétrica.

Podemos observar no gráfico 1 que os índices têm obtido aumento gradativo, muito possivelmente, pela arborização urbana registrar grandes números de conflitos entre a rede elétrica e a vegetação na maioria do estado.

Gráfico 1. Interrupções – Causa Vegetação - Pernambuco



Fonte: ANEEL, adaptado pelo autor 2024.

## 7.6 MAPAS DE LOCALIZAÇÃO E ESTRUTURAS

Após os tratamentos das imagens, com os softwares de geoprocessamento, no GEOSERE, foi realizado a confecções de carta-imagens dividindo a área de estudo em “vãos”, trechos compreendidos entre estruturas elétricas (postes) e a vegetação compreendida entre eles, com o intuito de classificar as ações necessárias ao manejo da vegetação necessários.

Imagem 21. Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Campus Dois Irmãos

## MONITORAMENTO DE CONFLITO DA REDE ELÉTRICA COM A VEGETAÇÃO Localização da área de estudo



### LEGENDA

- Área de Estudo
- Limite da UFRPE - Campus Dois Irmãos



Escala 1:9000

### Base cartográfica

Sistema de Projeção Cartográfica:  
WGS 84/UTM Pseudo-Mercator

### Base de dados

Imagem do satélite WorldView de alta resolução espacial obtida em 30 de agosto de 2024.

### Responsabilidade técnica

Marcos Gregório de Lima  
Dsc. Hernande Pereira da Silva

### Equipe técnica:

Maria Luiza Nascimento  
Beatriz Carvalho de Barros

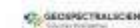


Imagem 22. Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Trecho proposto Campus Dois Irmãos

## MONITORAMENTO DE CONFLITO DA REDE ELÉTRICA COM A VEGETAÇÃO Levantamento aerofotogramétrico por drone



Imagem 23. Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Estruturas (Vãos)



Fonte: Geosere, 2024.

2024

Imagem 24. Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Estruturas (Vãos) Detalhe

## MONITORAMENTO DE CONFLITO DA REDE ELÉTRICA COM A VEGETAÇÃO Registro fotográfico de estruturas de distribuição de energia elétrica



Imagem 25. Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Estruturas



Fonte: Geosere. 2024.

Imagem 26. Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Estruturas Vão - 01



Fonte: Geosere. 2024.

Imagem 27. Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Estruturas Vão - 02



Fonte: Geosere. 2024.

Imagem 28. Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Estruturas Vão - 03



Fonte: Geosere. 2024.

Imagem 29. Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Estruturas Vão - 04



Fonte: Geosere. 2024.

Imagem 30. Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Estruturas Vão - 05



Fonte: Geosere. 2024.

Imagem 31. Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Estruturas Vão - 06



Fonte: Geosere. 2024.

Imagem 32. Monitoramento de Conflito da rede elétrica com a vegetação. Estruturas Vão – 07



Fonte: Geosere. 2024.

## 7.7 CARACTERÍSTICAS DA VEGETAÇÃO DA ÁREA PROPOSTA

As concessionárias de energia elétrica devem cumprir regulamentações e normas estabelecidas por órgãos como a ANEEL, que exigem a manutenção de uma distância segura entre a vegetação e a rede elétrica. Árvores que crescem rapidamente ou atingem grandes alturas precisam ser manejadas com mais frequência para atender a essas exigências.

Com isso, foi caracterizado as espécies distribuídas por “vão” considerando aspectos fisiológicos do porte de crescimento médio, Características de Pioneirismo, copa das árvores, posição em relação a rede elétrica, entre outros.

As árvores pioneiras geralmente têm copas amplas e folhas grandes, que podem se expandir rapidamente e interferir na rede elétrica, como a Embaúba (*Cecropia peltata*), são conhecidas por seu rápido crescimento. Elas colonizam áreas desmatadas ou degradadas rapidamente, o que significa que suas copas e galhos podem alcançar a rede elétrica em menos tempo. Isso exige intervenções mais frequentes para evitar que toquem os condutores elétricos e causem interrupções.

Árvores de porte maior, como o Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) e a Seringueira (*Hevea brasiliensis*), podem atingir grandes alturas e ter copas extensas. Devido ao seu tamanho, elas podem rapidamente crescer em direção à rede elétrica, exigindo intervenções mais frequentes para evitar conflitos.

A proximidade das árvores pioneiras e de grande porte com a rede elétrica aumenta o risco de interrupções no fornecimento de energia, o que fazem ser classificadas com necessidade “Alta” no manejo da vegetação na modelagem proposta de aplicativo de gestão de poda.

Tabela 5. Característica vegetação na área de estudo

Vão	Nome Comum	Nome Científico	Proximidade da Rede Elétrica	Altura Mínima (m)	Altura Máxima (m)	Quantidade	Classificação	Porte	Característica	Necessidade Manejo	Periodicidade (dias)
1	Azeitona Roxa	<i>Syzygium cumini</i>	Lateral - superior	6	20	2	Exótica	Médio	Não Pioneira	Média	120
2	Castanhola	<i>Terminalia catappa</i>	Lateral - superior	10	35	2	Exótica	Médio	Não Pioneira	Média	90
	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Lateral - superior	70	100	1	Exótica	Grande	Não Pioneira	Alta	60
	Bananeiras	<i>Musa paradisiaca</i>	Lateral -Inferior	7	8	4	Exótica	Médio	Não Pioneira	Baixa	150
	Embaúba	<i>Cecropia peltata</i>	Lateral - superior	20	30	1	Nativa	Médio	Pioneira	Alta	60
	Dendezeiro	<i>Elaeis guineensis</i>	Lateral -Inferior	12	18	1	Exótica	Médio	Não Pioneira	Média	90
3	Castanhola	<i>Terminalia catappa</i>	Lateral - superior	10	35	2	Exótica	Médio	Não Pioneira	Média	90
	Seringueira	<i>Hevea brasiliensis</i>	Lateral - superior	20	30	1	Nativa	Grande	Não Pioneira	Média	90
	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Lateral - superior	70	100	2	Exótica	Grande	Não Pioneira	Alta	60
	Bananeiras	<i>Musa paradisiaca</i>	Lateral -Inferior	7	8	3	Exótica	Médio	Não Pioneira	Baixa	150
4	Jambeiro	<i>Syzygium jambos</i>	Lateral - superior	10	12	2	Exótica	Médio	Não Pioneira	Média	90
	Embaúba	<i>Cecropia peltata</i>	Lateral - superior	20	30	1	Nativa	Médio	Pioneira	Alta	60
5	Mangueira	<i>Mangifera indica</i>	Lateral - superior	5	30	2	Exótica	Grande	Não Pioneira	Média	90
	Ipê	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Lateral - superior	8	30	2	Nativa	Grande	Não Pioneira	Média	90
	Ingazeiro	<i>Inga edulis</i>	Lateral - superior	6	25	1	Nativa	Médio	Não Pioneira	Média	90
6	Embaúba	<i>Cecropia peltata</i>	Lateral - superior	20	30	2	Nativa	Médio	Pioneira	Alta	60

	Sombreiro	<i>Clitoria fairchildiana</i>	Lateral -Inferior	6	12	1	Exótica	Médio	Não Pioneira	Média	120
	Ingazeiro	<i>Inga edulis</i>	Lateral - superior	6	25	1	Nativa	Médio	Não Pioneira	Média	90
7	Ingazeiro	<i>Inga edulis</i>	Lateral - superior	6	25	8	Nativa	Médio	Não Pioneira	Média	90
	Embaúba	<i>Cecropia peltata</i>	Lateral - superior	20	30	1	Nativa	Médio	Pioneira	Alta	60

Fonte: Autor, 2024.

## 7.8 PROPOSIÇÃO DE MODELAGEM DE APLICATIVO

Sendo proposto modelagem de aplicativo, denominado ArboSIG, com o intuito de realizar a gestão do Manejo de vegetação em conflito com a rede elétrica na área proposta, tendo como principais funcionalidades:

### Fluxo das Funcionalidades

#### 1. Cadastro de Árvores

- **Usuário:** Abre o aplicativo e seleciona a opção “Cadastrar Árvore”.
- **Sistema:** Solicita informações como localização (GPS), espécie, altura e permite upload de fotos.
- **Usuário:** Preenche as informações e envia o cadastro.
- **Sistema:** Armazena os dados no banco de dados e exibe a árvore no mapa interativo.

#### 2. Agendamento de Podas

- **Usuário:** Seleciona uma árvore cadastrada e escolhe a opção “Agendar Poda”.
- **Sistema:** Exibe um calendário para seleção da data e hora.
- **Usuário:** Escolhe a data e confirma o agendamento.
- **Sistema:** Envia uma notificação de confirmação e adiciona o evento ao calendário do usuário.

#### 3. Alertas de Segurança

- **Sistema:** Monitora a proximidade das árvores com a rede elétrica.
- **Sistema:** Envia alertas automáticos para árvores que estão muito próximas dos cabos elétricos ou que necessitam de poda urgente.
- **Usuário:** Recebe o alerta e pode visualizar detalhes e tomar ações necessárias.

#### 4. Registro Fotográfico

- **Usuário:** Seleciona uma árvore e escolhe a opção “Registrar Foto”.
- **Sistema:** Permite tirar fotos ou fazer upload de imagens existentes.
- **Usuário:** Tira a foto e envia.
- **Sistema:** Armazena as fotos no banco de dados e as associa à árvore correspondente.

#### 5. Mapeamento e Visualização

- **Usuário:** Acessa o mapa interativo no aplicativo.

- **Sistema:** Exibe todas as árvores cadastradas com indicadores de status (ex.: precisa de poda, em boas condições).
- **Usuário:** Pode clicar em cada árvore para ver detalhes e histórico.

## 6. Educação e Treinamento

- **Usuário:** Acessa a seção de educação no menu principal.
- **Sistema:** Exibe artigos, vídeos e guias sobre práticas seguras de poda e manutenção de árvores.
- **Usuário:** Pode ler, assistir e aprender sobre os tópicos.

## 7. Relatórios e Análises

- **Usuário:** Seleciona a opção “Relatórios” no menu principal.
- **Sistema:** Gera relatórios detalhados sobre as podas realizadas, frequência e áreas críticas.
- **Usuário:** Visualiza e exporta os relatórios conforme necessário.

## 8. Integração com Drones

- **Usuário:** Solicita uma inspeção com drone através do aplicativo.
- **Sistema:** Agenda a inspeção e notifica o operador de drones.
- **Operador de Drones:** Realiza a inspeção e envia os dados e imagens para o sistema.
- **Sistema:** Analisa os dados e atualiza o status das árvores no aplicativo.

## 9. Inteligência Artificial para Análise de Risco

- **Sistema:** Analisa automaticamente as fotos e dados das árvores usando IA.
- **Sistema:** Identifica árvores de alto risco e envia alertas aos usuários responsáveis.

## 10. Comunicação com Empresas de Energia

- **Usuário:** Reporta uma árvore de risco através do aplicativo.
- **Sistema:** Envia a informação diretamente para a empresa de energia responsável.
- **Empresa de Energia:** Recebe o relatório e toma as ações necessárias.

## 11. Histórico de Manutenção

- **Usuário:** Acessa o histórico de uma árvore específica.
- **Sistema:** Exibe todas as podas e manutenções realizadas, com datas e detalhes.

## 12. Feedback dos Usuários

- **Usuário:** Fornece feedback sobre a eficácia das podas e segurança das áreas.
- **Sistema:** Coleta e analisa o feedback para melhorias contínuas.

### 13. Modo Offline

- **Usuário:** Registra dados e fotos mesmo sem conexão à internet.
- **Sistema:** Sincroniza as informações quando a conexão for restabelecida.

### 14. Suporte Multilíngue

- **Usuário:** Seleciona o idioma preferido nas configurações.
- **Sistema:** Exibe o aplicativo no idioma escolhido.

### 15. Alertas Meteorológicos

- **Sistema:** Monitora condições climáticas adversas.
- **Sistema:** Envia alertas sobre tempestades ou ventos fortes que possam aumentar o risco de quedas de árvores.

### 16. Gamificação

- **Usuário:** Participa de desafios e recebe recompensas por manter a área segura.
- **Sistema:** Registra conquistas e distribui recompensas.

### 17. Comunidade e Fórum

- **Usuário:** Acessa a seção de comunidade no menu principal.
- **Sistema:** Permite que os usuários compartilhem dicas, experiências e melhores práticas.

Com o uso das funcionalidades propostas, espera-se obter uma gestão mais eficiente da atividade de poda de árvores próximas a rede elétrica, através de diversos benefícios, como, relatórios detalhados sobre as podas realizadas, frequência e áreas críticas, esses relatórios ajudam as concessionárias de energia a monitorar o desempenho das intervenções e a identificar áreas que necessitam de atenção especial, histórico de Manutenções, programação de atividades através de agendamento, interação de tecnologias na análise e tomada de decisões na gestão de atividades.

## 7.9 FIGURAS PROPOSTAS ArboSIG

Após os tratamentos das informações, foi proposto a aplicação de modelagem do ArboSIG, conforme figuras a seguir

Imagem 33. Tela de Carregamento



Imagem 34. Tela Inicial



Imagem 35. Tela de Menu

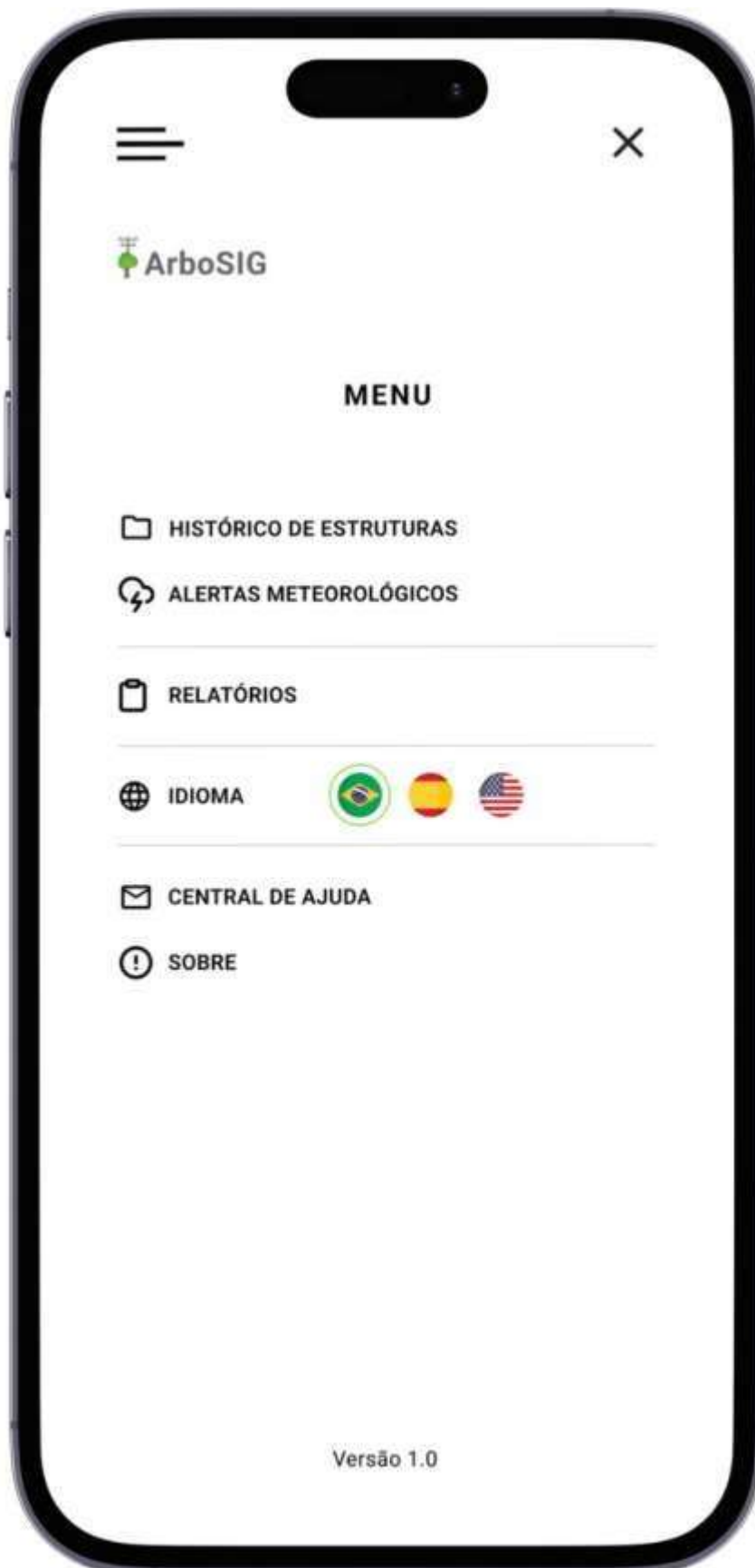


Imagem 36. Tela do Mapa Interativo




Imagem 37. Tela do Calendário



Imagem 38. Tela de Cadastro das Estruturas (a)

**CADASTRO DAS ESTRUTURAS**


**Localização**

Preencha ou utilize o GPS 

**Setor**

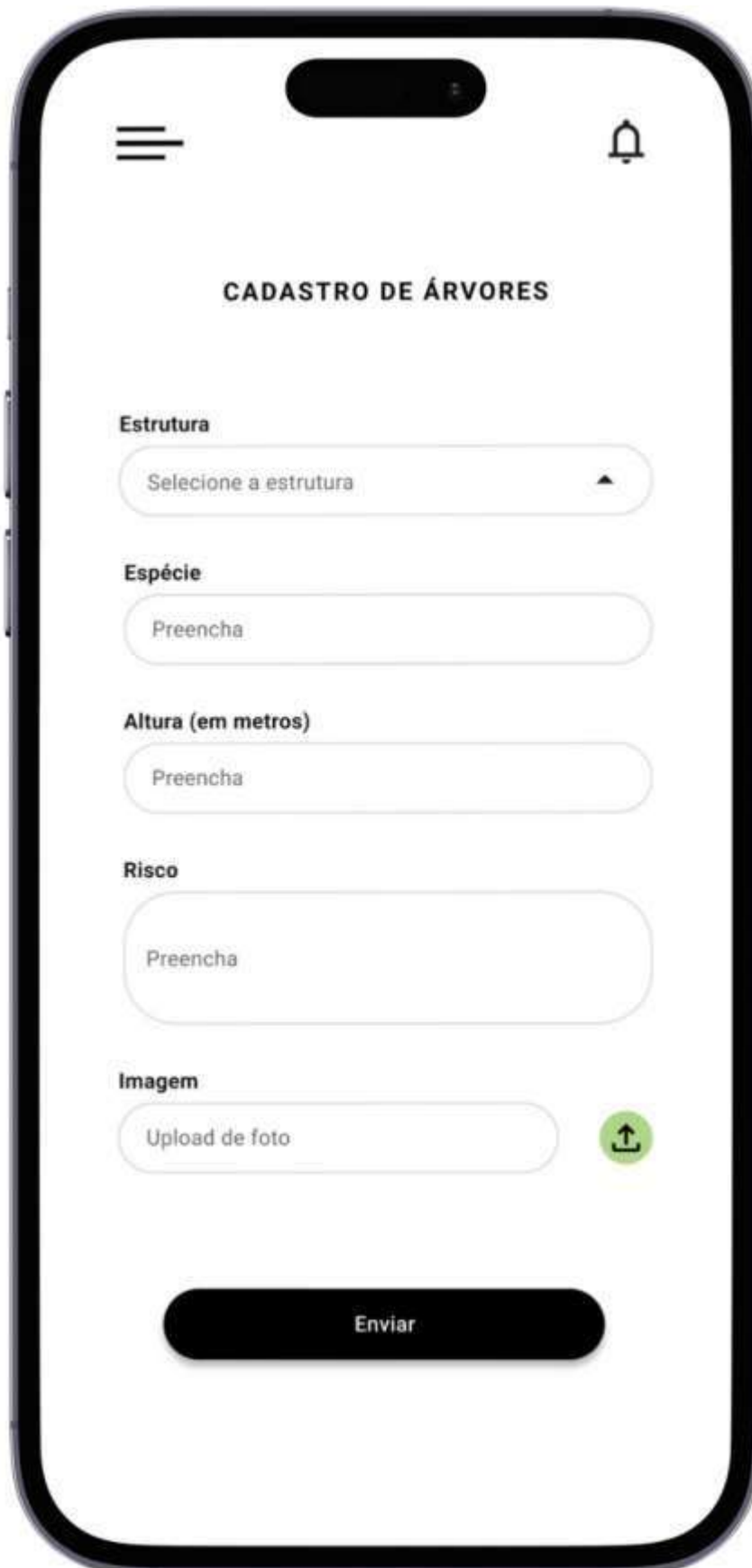
Preencha

**Imagem**

Upload de foto 

**Enviar**

Imagem 39. Tela de Cadastro de Árvores (a)



The image shows a smartphone screen with a registration form titled "CADASTRO DE ÁRVORES". The form consists of several input fields and a submit button. At the top left, there is a hamburger menu icon, and at the top right, there is a notification bell icon. The form fields are:

- Estrutura:** A dropdown menu with the placeholder text "Selecione a estrutura" and a small upward-pointing triangle on the right.
- Espécie:** A text input field with the placeholder text "Preencha".
- Altura (em metros):** A text input field with the placeholder text "Preencha".
- Risco:** A text input field with the placeholder text "Preencha".
- Imagem:** A text input field with the placeholder text "Upload de foto" and a green circular icon with an upward-pointing arrow on the right.

At the bottom of the screen, there is a large black button with the text "Enviar" in white.

Imagem 40. Tela de Cadastro de Árvores (b)

The image shows a smartphone screen with a registration form titled "CADASTRO DE ÁRVORES". At the top left is a hamburger menu icon, and at the top right is a notification bell icon. The form consists of three main sections: "Estrutura", "Risco", and "Imagem".

**Estrutura**

This section features a dropdown menu currently displaying "Estrutura 1". The menu is open, showing a list of options: "Estrutura 1", "Estrutura 2", "Estrutura 3", "Estrutura 4", "Estrutura 5", "Estrutura 6", and "Estrutura 7".

**Risco**

This section contains a single text input field with the placeholder text "Preencha".

**Imagem**

This section contains a text input field with the placeholder text "Upload de foto" and a green circular icon with a white upward-pointing arrow, indicating a photo upload function.

At the bottom of the screen is a large, black, rounded rectangular button labeled "Enviar".

Imagem 41. Tela de Monitoramento de Podas (a)



Imagem 42. Tela de Monitoramento de Podas (b)

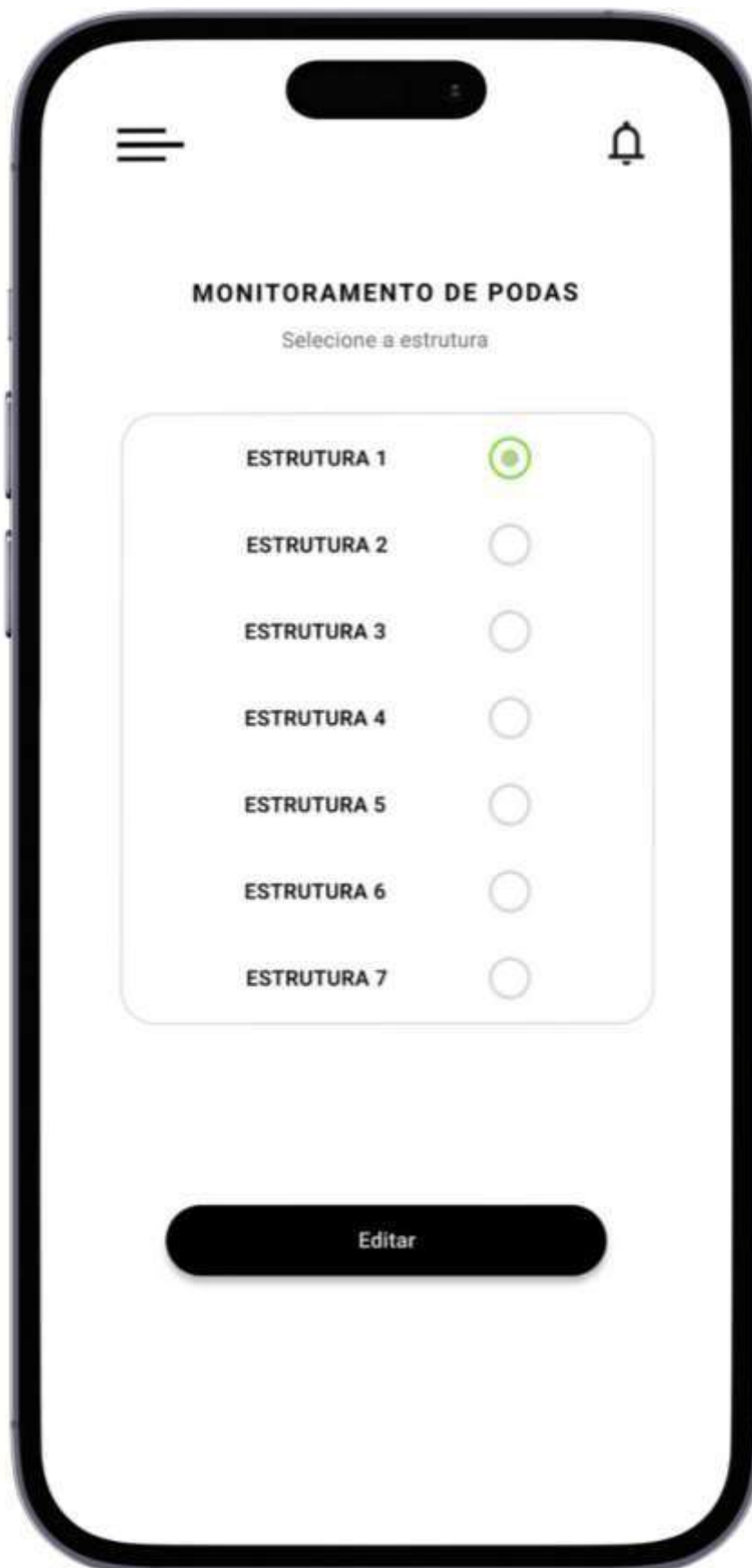


Imagem 43. Tela de Monitoramento de Podas (c)

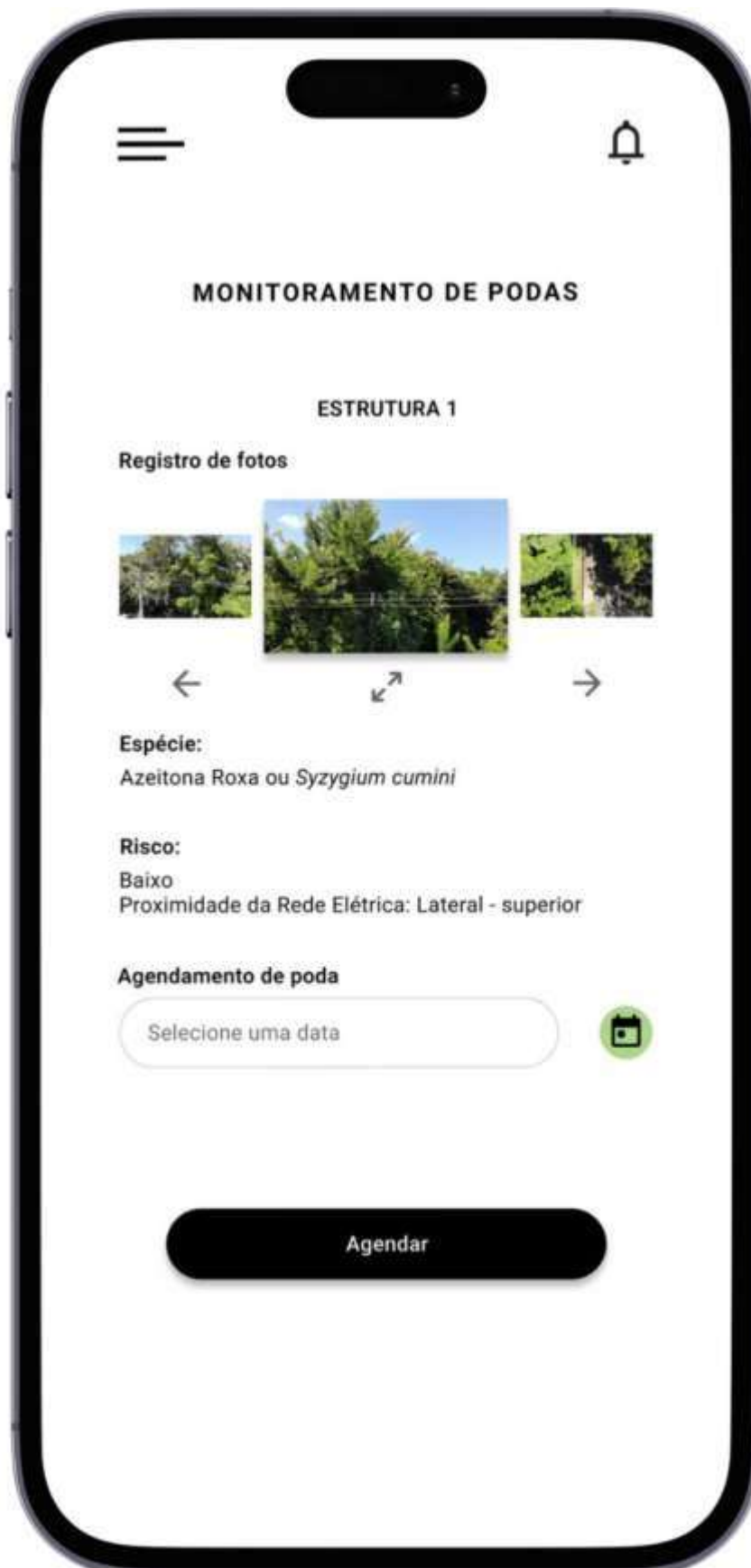


Imagem 44. Tela de Monitoramento de Podas (d)



Imagem 45. Tela de Monitoramento de Podas (e)



Imagem 46. Tela de Execução de Poda

The image shows a smartphone screen with a white background and a black border. At the top left is a hamburger menu icon, and at the top right is a bell icon. The title 'EXECUÇÃO DE PODAS' is centered. Below it are three sections: 'Localização' with a text input field containing 'Preencha ou utilize o GPS' and a location pin icon; 'Setor' with a text input field containing 'Preencha'; and 'Imagem' with a text input field containing 'Upload de foto' and an upload icon. At the bottom is a large black button with the text 'Registrar'.

**EXECUÇÃO DE PODAS**

**Localização**

Preencha ou utilize o GPS

**Setor**

Preencha

**Imagem**

Upload de foto

**Registrar**

## 8 CONCLUSÕES

As empresas de energia elétrica estão constantemente buscando melhorias no fornecimento de energia aos consumidores para garantir a qualidade, continuidade e eficiência dos serviços. Adotando iniciativas e estratégias em modernização, expansão e uso de tecnologias da rede elétrica, para ter êxito em seus objetivos.

Pode-se observar que o gerenciamento de áreas em conflitos da vegetação a rede elétrica, tendo o conhecimento das espécies arbóreas e o habitat envolvido, fornece informações necessárias para o gerenciamento da atividade de poda necessária para manutenção da vegetação nas distâncias de seguranças estabelecidas pelas normas de segurança a redes elétricas.

As espécies que apresentaram maior potencial de crescimento a rede elétrica, necessitam de um acompanhamento maior da necessidade de poda, com maior distanciamento aos condutores elétricos.

Considerando a tendência de crescimento dos dados de interrupção de energia elétrica, nos últimos anos, o gerenciamento da rede elétrica é fundamental para melhorar os indicadores de continuidade elétrica pelas empresas de energia.

## 9 RECOMENDAÇÕES

Com isso, O estudo realizado no Campus Dois Irmãos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) demonstrou a importância do uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para o monitoramento e manejo da vegetação em conflito com a rede elétrica. A pesquisa destacou que a integração dessas tecnologias permite uma análise mais precisa e eficiente das áreas de conflito, possibilitando a tomada de decisões mais assertivas pelas concessionárias de energia elétrica.

Através da modelagem proposta do ArboSIG, o aplicativo pode diminuir as interrupções de energia elétrica de várias maneiras:

### **Gestão Operacional das Atividades de Poda:**

- O aplicativo permite uma gestão operacional eficiente das atividades de poda realizadas pelas empresas de energia elétrica. Isso garante que as intervenções sejam realizadas de forma programada e precisa, evitando o crescimento excessivo da vegetação que pode causar interrupções na rede elétrica.

### **Diminuição dos Indicadores de Continuidade:**

- O uso do aplicativo contribui para a diminuição dos indicadores de continuidade, DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora). Isso melhora a qualidade do fornecimento de energia elétrica e reduz as interrupções causadas pela vegetação.

### **Monitoramento Contínuo:**

- O aplicativo permite o monitoramento contínuo da vegetação próxima às redes elétricas, utilizando dados georreferenciados e imagens aéreas. Isso facilita a identificação precoce de potenciais conflitos e a realização de ações preventivas.

### **Agendamento de Podas:**

- A funcionalidade de agendamento de podas garante que as intervenções sejam realizadas de forma eficiente e no momento adequado, evitando interrupções inesperadas.

### **Alertas de Segurança:**

- O sistema envia alertas automáticos para árvores que estão muito próximas dos cabos elétricos ou que necessitam de poda urgente. Isso permite uma resposta rápida e preventiva, evitando interrupções.

### **Integração com Drones:**

- A utilização de drones para realizar inspeções aéreas da vegetação permite a coleta de dados precisos sobre a vegetação em conflito com a rede elétrica, permitindo intervenções mais eficientes.

**Geração de Relatórios:**

- O aplicativo gera relatórios detalhados sobre as podas realizadas, frequência e áreas críticas. Esses relatórios ajudam as concessionárias de energia a monitorar o desempenho das intervenções e a identificar áreas que necessitam de atenção especial.

**Histórico de Manutenção:**

- A funcionalidade de histórico de manutenção permite o acompanhamento das podas e manutenções realizadas, garantindo que todas as intervenções sejam documentadas e analisadas para futuras ações.

**Educação e Treinamento:**

- O aplicativo oferece recursos de educação e treinamento sobre práticas seguras de poda e manutenção de árvores. Isso ajuda a capacitar os profissionais envolvidos e a garantir que as intervenções sejam realizadas de forma eficiente e segura.

Esta pesquisa buscou contribuir com a relação harmoniosa entre a vegetação e os componentes elétricos, para com isso, contribuir com melhorias significativas na qualidade de vida da população e na eficiência do fornecimento de energia elétrica.

## 10. REFERÊNCIAS

ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Setor elétrico precisa ser sustentável para todos os consumidores**. Brasília, [2024]. Disponível em: <https://abradee.org.br/setor-eletrico-precisa-ser-sustentavel-para-todos-os-consumidores/>.

Acesso em: 10 mar. 2024.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Painel de Indicadores de Continuidade / Relatório Indicador Continuidade**. Brasília, s.d. Disponível em: <https://portalrelatorios.aneel.gov.br/hubDistribuicao/reportIndicadoresContinuidade>. Acesso em: 10 mar. 2025.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Módulo 1 – Procedimentos Operativos do Sistema de Distribuição Nacional – PRODIST**. Revisão 5. Brasília: ANEEL, 2018. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Módulo1\\_Revisao\\_5.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Módulo1_Revisao_5.pdf). Acesso em: 10 mar. 2024.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: módulo 8 – Qualidade da energia elétrica**. Brasília: ANEEL, 2018. Disponível em: [https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2020888\\_prodist\\_modulo\\_8\\_v11.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2020888_prodist_modulo_8_v11.pdf). Acesso em 20 mar. 2024..

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: módulo 1 – Introdução**. Revisão 10. Brasília: ANEEL, 2018. Disponível em: [https://www.light.com.br/Documentos%20Compartilhados/Legislacao-Prodista-Aneel/PRODIST-M%C3%B3dulo1\\_Revisao\\_9.pdf](https://www.light.com.br/Documentos%20Compartilhados/Legislacao-Prodista-Aneel/PRODIST-M%C3%B3dulo1_Revisao_9.pdf). Acesso em 10 mar.2024.

AZEVEDO, D. S. **Uso do sensoriamento remoto e SIG na caracterização das áreas de preservação permanente às margens do rio Tapacurá: um estudo na zona urbana do município de Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil**. 2015. 102f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Gestão Ambiental – Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

BRASIL. **Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984**. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 21 jun. 1984. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-89817-20-junho-1984-439814-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 10 mar. 2024.

CÂMARA, G. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. In: Conferência Latinoamericana Sobre Sistemas de Informação Geográfica, 4. 1993, São Paulo. **Anais da quarta conferência latino-americana sobre sistemas de informação geográfica/segundo simpósio brasileiro de geoprocessamento**. São Paulo: Epusp, 1993. p 157-183.

CÂMARA, G; VINHAS, L; DE SOUZA, R. C. M. SIG livre e de código aberto: haverá um geolinux?. In: Software Geoespacial Livre e de Código Aberto no Século XXI: **Anais do primeiro Simpósio de Pesquisa Geoespacial de Código Aberto, OGRS 2009**. Berlim, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 229-245.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal: perguntas e respostas*. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 548 p.

CARVALHO, V. S.; BARBOSA, I. M. B. R.; FERREIRA, A. A.; DIAS, G. L. **Sistema de informações geográficas: guia básico de utilização do software QGIS**. Recife: [s.n.], 2025.

CECCHETTO, C. T; CHRISTMANN, S. S; OLIVEIRA, T. D. Arborização urbana: importância e benefícios no planejamento ambiental das cidades. **Anais. XVI Seminário Internacional de Educação no Mercosul. Cruz Alta, RS**, p. 1-13, 2014.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. **Manual de arborização**. Belo Horizonte: Cemig / Fundação Biodiversitas, 2011. p. 112. Disponível em: [http://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Documents/Manual\\_Arborizacao\\_Cemig\\_Biodiversitas.pdf](http://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Documents/Manual_Arborizacao_Cemig_Biodiversitas.pdf). Acesso em: 10 mar. 2024.

COSTA JUNIOR, J. T. **O uso de VANT no monitoramento ambiental: estudo de caso do rio M'Boicy**. 2017. 50 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Geografia) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, 2017.

CYRILLO, I. O. **Estabelecimento de metas de qualidade na distribuição de energia elétrica por otimização da rede e do nível tarifário**. 123 f. 2011. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. DJI. Características de equipamentos. Disponível em: <https://www.dji.com/br/mavic-2?site=brandsite&from=nav>. Acesso em: 10 mar. 2024.

DUARTE, T. E. P. N.; ANGEOLETTO, F.; SANTOS, J. W. M. C.; SILVA, F. F.; BOHRER, J. F. C.; MASSAD, L. Reflexões sobre arborização urbana: desafios a serem superados para o incremento da arborização urbana no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 327-341, 2018.

DJI. **DJI Brasil**. Shenzhen: DJI Sky City, [s. d.]. Disponível em: <https://www.dji.com/br>. Acesso em: 10 mar. 2024.

EISENBEISS, H. **UAV Photogrammetry [Doctor of Sciences Thesis]**. Desden, Germany: University of Technology Dresden, 2009. Disponível em: [https://ethz.ch/content/dam/ethz/specialinterest/baug/igp/igpdam/documents/PhD\\_Theses/105.pdf](https://ethz.ch/content/dam/ethz/specialinterest/baug/igp/igpdam/documents/PhD_Theses/105.pdf). Acesso em: 10 de mar. 2024.

EPE — Empresa de Pesquisa Energética; MME — Ministério de Minas e Energia. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2027**. Brasília: EPE/MME, 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2027>. Acesso em: 10 set. 2019.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2024**. Brasília: EPE, 2024. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>. Acesso em: 10 mar. 2024.

FRÓES, C. A.; BORGIANNI, R. B.; CARVALHO, T.; MÜLLER, H. H.; SOUZA, S. A. **Sistema de gestão e manejo da arborização urbana ao longo das redes de distribuição**. Fortaleza, CE: COELCE, 2007. [s. n. de páginas]. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/301800030\\_Sistema\\_de\\_Gestao\\_e\\_Manejo\\_da\\_Arborizacao\\_Urbana\\_ao\\_Longo\\_das\\_Redes\\_de\\_Distribuicao](https://www.researchgate.net/publication/301800030_Sistema_de_Gestao_e_Manejo_da_Arborizacao_Urbana_ao_Longo_das_Redes_de_Distribuicao). Acesso em: 10 mar. 2024.

FURTADO, V. H; GIMENE, R; CAMARGO JUNIOR, J; ALMEIDA JUNIOR, J. Aspectos de segurança na integração de veículos aéreos não tripulados (VANT) no espaço aéreo brasileiro. In: **Anais do VII Simposio de Transporte aereo-Sitraer7**. sn, 2008. p. 506-517.

LEÃO, R. GTD – **Geração, Transmissão e Distribuição da Energia Elétrica**. Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2009. Disponível em: <http://www.clubedaeletronica.com.br/Eletricidade/PDF/Livro%20GTD>. Acesso em: 10 mar. 2024.

LONGHITANO, G. A; QUINTANILHA, J. A. Avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas através de sensoriamento remoto por vants. In **III Coloquio Evaluación de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos para La Reducción de los Desastres de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo**, Havana, Cuba, 2011.

MATTOS, P. P; BRAZ, E. M. Anais da reunião técnica temática: crescimento de espécies arbóreas. In Mattos, P.P.;Braz, E. M. Eds. Documentos / Embrapa Florestas, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

MAGALHÃES, E. F. A. **Modelagem e simulação de indicadores de continuidade: ferramenta auxiliar para a manutenção em redes de distribuição de energia elétrica**. 2017. 146f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

MENESES, H. B. **Interface lógica em ambiente SIG para bases de dados de sistemas centralizados de controle do tráfego urbano em tempo real**. 2003. 204f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

MILARE, G.; SILVA, N. M.; PARANHOS FILHO, A. C. **Cenário do uso de software livre em sistemas de informações geográficas (SIG) no Brasil**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 39, p. 111-5, 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (Brasil); EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2018: ano base 2017**. Brasília, DF: EPE, 2018. 292 p.

OLIVEIRA, L. S. Diagnóstico ambiental da arborização urbana em conflito com a rede elétrica. In: XXII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, 2016, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2016.

OLIVEIRA, D. E. C. M. **Avaliação do potencial de efluentes de panificadoras da RPA6 da cidade do Recife, Pernambuco**. 2024. 93f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

PARENTE, D. C. **Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de resíduos de construção civil (RCC) dispostos em locais inadequados**. 2016. 78f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Palmas, 2016.

PAZ, U. F. **Gestão de áreas verdes públicas na cidade do Recife, Pernambuco – Brasil**. 2016. 195f. Dissertação (Mestrado ) Programa de Pós-graduação em Gestão Ambiental– Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

PESSANHA, J. F. M.; SOUZA, R. C.; LAURENCEL, L. C. Um modelo de análise envoltória de dados para o estabelecimento de metas de continuidade do fornecimento de energia elétrica. **Pesquisa Operacional**, v. 27, p. 51-83, 2007.

PESSANHA, J. F. M.; SOUZA, R. C.; LAURENCEL, L. C. Utilizando a análise envoltória de dados na regulação da continuidade do fornecimento de energia elétrica. In: **XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, 2005.

RECIFE. **Manual de arborização urbana**: orientações e procedimentos técnicos básicos para implantação e manutenção da arborização da cidade do Recife / Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente – SDSMA. 2. ed. Recife: [s.n.], 2017.

RECIFE (PE). **Unidades de conservação da natureza**. Recife: Prefeitura do Recife, [s.d.]. Disponível em: <http://meioambiente.recife.pe.gov.br/unidades-de-conservacao>. Acesso em: 10 mar. 2024.

RECIFE. **Imóveis de Proteção de Área Verde – IPAV**. Disponível em: <https://licenciamentoambiental.recife.pe.gov.br/imoveis-de-protacao-de-area-verde>. Acesso em: 10 mar. 2024.

RECIFE. **Lei nº 16.176, de 19 de setembro de 1996**. Estabelece a Lei de Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife – LUOS. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/1996/1617/16176/lei-ordinaria-n-16176-1996-estabelece-a-lei-de-uso-e-ocupacao-do-solo-da-cidade-do-recife>. Acesso em: 10 mar. 2024.

RECIFE (PE). **Lei nº 16.293, de 22 jan. 1997**. Dispõe sobre as regiões político-administrativas do município do Recife e dá outras providências. Recife, 1997. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pe/r/recife/lei-ordinaria/1997/1629/16293/lei-ordinaria-n-16293-1997-dispoe-sobre-as-regioes-politico-administrativas-do-municipio-do-recife-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 10 mar. 2024.

RODRIGUES, E. S. Aspectos regulatórios da operação de veículos aéreos não tripulados. In: RIO DE TRANSPORTES, 2015, Rio de Janeiro. **Anais do XIII Rio de Transportes**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2015. p. 1–14.

ROSSETTI, A. I. N.; PELLEGRINO, P. R. N.; TAVARES, A. R. As árvores e suas interfaces no ambiente urbano. **Revisbau**, Piracicaba-SP, v. 5, n. 1, p. 1-24, 2010.

SANTOS, A. T. *Fatores internos e externos que afetam o crescimento das árvores*. In: EMBRAPA. *Anais da reunião técnica temática: crescimento de espécies arbóreas*. Curitiba, 27 set.2011. Disponível

em:<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/915456/1/Doc227.pdf>. Acesso em 10 de mar. 2024.

SEITZ, R. A. **A poda de árvores urbanas**. BDPA/CNPTIA, Embrapa. [s. n.], 1996. Disponível em:[https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&biblioteca=&busca=\(autoria:%22SEITZ,%20R.%20A.%22\)](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&biblioteca=&busca=(autoria:%22SEITZ,%20R.%20A.%22)). Acesso em 10 de mar. 2024.

SIEBERT, L. C.; GAMBOA, L. R. A.; MULLER, A. Desenvolvimento de um equipamento robotizado telecomando para poda de árvores junto à rede elétrica energizada: aspectos de segurança. **XXII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica–SENDI**, Curitiba–PR, 2016.

SILVA, H. P. **Mapeamento das áreas sob risco de desertificação no semiárido de Pernambuco a partir de imagens de satélites**. 2009. 153f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SILVA, J. P. **Caracterização de resíduos de construção civil na cidade de Palmas–TO**. 2015. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Palmas, 2015.

SILVA, L. A. C.; LINS, D. A. W.; CARVALHO, A.; ROCHA, A. P. Análise qualitativa da composição arbórea do bairro da Encruzilhada. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Recife, v. 4, n. 1, 2018.

SILVA, J. **Gestão da arborização urbana**. 2. ed. São Paulo: Editora Verde, 2021.

UFRPE. **Estrutura Campus Dois Irmãos. Recife**: Universidade Federal Rural de Pernambuco, [s. d.]. Disponível em: <http://www.ufrpe.br/br/content/apresenta%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 10 mar. 2024.

XAVIER, R. **A utilização do VANT em levantamentos ambientais**. Paraná: DSpace, 2013. Disponível em: <https://www.anea.org.br/artigos/VANTeFotogrametria.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2024.

WISCHKAEMPER, J.; BENNER, C.; RUSSELL, B. D. Caracterização elétrica de contatos de vegetação com condutores de distribuição - investigação do comportamento de falhas progressivas. In: **Conferência e Exposição de Transmissão e Distribuição IEEE/PES de 2008**. IEEE, 2008. p. 1-8.



