



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ADRIELLY MARIA MENDONÇA DE PAIVA SOUSA

**APLICAÇÃO WEB BASEADA EM GEOREFERENCIAMENTO PARA
GERENCIAMENTO DE ATIVOS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE MÉDIA
TENSÃO DO CAMPUS DO PICI DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

FORTALEZA

2018

ADRIELLY MARIA MENDONÇA DE PAIVA SOUSA

APLICAÇÃO WEB BASEADA EM GEOREFERENCIAMENTO PARA
GERENCIAMENTO DE ATIVOS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE MÉDIA
TENSÃO DO CAMPUS DO PICI DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Me. Lucas Silveira Melo.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S696a Sousa, Adrielly Maria Mendonça de Paiva.
Aplicação WEB baseada em georreferenciamento para Gerenciamento de Ativos da Rede de Distribuição de Média Tensão do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará / Adrielly Maria Mendonça de Paiva Sousa. – 2018.
82 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Me. Lucas Silveira Melo.
1. Gerenciamento de Ativos. 2. Sistema de Informações Geográficas. 3. Georreferenciamento. 4. Rede Elétrica de Distribuição. 5. Aplicação Web. I. Título.

CDD 621.3

APLICAÇÃO WEB BASEADA EM GEOREFERENCIAMENTO PARA
GERENCIAMENTO DE ATIVOS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE MÉDIA
TENSÃO DO CAMPUS DO PICI DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
Departamento de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do Diploma de Graduação
em Engenharia Elétrica.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Lucas Silveira Melo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Raimundo Furtado Sampaio
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Me. Antônio José Sousa Dias Júnior

Ao meu avô, Pedro (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

À Deus, sobre todas as coisas, por seu infinito amor e misericórdia, por ser a fonte de toda inspiração e por me permitir sentir sua presença em todas as situações da minha vida.

À minha mãe, Adriana, por seu imensurável amor e por acreditar em mim inclusive quando eu mesma duvidei.

Ao meu pai, Erivelto, por ser meu maior exemplo de ser humano e por me ensinar que sucesso é fazer aquilo que se ama e colocar amor em tudo aquilo que se faz.

Aos meus irmãos, Josué e Josiel, meus dois maiores presentes da vida, por todos os sonhos e planos que compartilhamos.

À toda minha família, por torcerem por mim e comemorarem comigo minhas conquistas.

Ao meu namorado, Arnold, por seu amor e carinho em todos os momentos, por sua inesgotável paciência durante minhas crises de ansiedade, por sempre me motivar e apoiar e por emprestar sua inteligência sempre que precisei.

À todos os meus amigos, por me emprestarem seus ouvidos nos momentos difíceis, em especial ao meu amigo de infância, Ieltsen, por ser um irmão todos esses anos.

Ao meu melhor amigo e companheiro de curso, Murilo, por todos os trabalhos em grupo, madrugadas de estudo, bolos na Química, séries compartilhadas e conversas sobre a vida, o universo e tudo mais.

À meus companheiros de graduação, em especial Caroline, Danielle, Félix, Suzane e Watson, por todos os momentos compartilhados, pelas conversas, pelo apoio e companheirismo ao longo dessa jornada.

À todos os professores que colaboraram para meu crescimento pessoal e profissional, em especial ao meu orientador, Lucas, por me guiar na realização deste com paciência e maestria.

À toda a equipe da GPS Engenharia, onde dei meus primeiros passos na vida profissional, por todos os ensinamentos, paciência e motivação.

*“Remember, hate is always foolish,
and love is always wise. Always try
to be nice and never fail to be kind.*

[...]

Laugh hard, run fast, be kind.”

(The Twelfth Doctor)

RESUMO

A gestão de ativos na Engenharia Elétrica é vital para o controle e operação de redes elétricas. Sistemas de Informações Geográficas podem ser uma estratégia aplicada para o gerenciamento de ativos das redes. Este trabalho propõe a obtenção de uma aplicação web para gerenciamento de ativos através do georreferenciamento de redes de distribuição de média tensão através da modelagem dos elementos e equipamentos das mesmas. Como validação da solução proposta, é também realizado neste trabalho um estudo de caso acerca da rede interna de média tensão do campus do Pici da Universidade Federal do Ceará, cujos dados são estruturados em um banco de dados relacional georreferenciado. Espera-se contribuir com o trabalho da divisão de infraestrutura da UFC fornecendo-se uma poderosa ferramenta na constante busca por melhoria na qualidade do serviço prestado aos usuários.

Palavras-chave: Gerenciamento de Ativos, Sistema de Informações Geográficas, Georreferenciamento, Rede Elétrica de Distribuição, Aplicação Web.

ABSTRACT

Asset management in Electrical Engineering is vital for the control and operation of electrical networks. Geographic Information Systems can be a strategy applied to the management of network assets. This work proposes to obtain a web application for asset management through the georeferencing of medium voltage distribution networks through the modeling of the elements and equipment of the same. As validation of the proposed solution, a case study about the medium voltage internal network of the Pici campus of the Federal University of Ceará, whose data are structured in a georeferenced relational database, is also carried out. It is hoped to contribute to the work of the infrastructure division of the UFC by providing a powerful tool in the constant search for improvement in the quality of the service provided to the users.

Keywords: Asset Management, Geographical Information System, Georeferencing, Electrical Distribution Network, Web Application.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Estruturação em camadas – SIG	19
Figura 2.2 - Diagrama simplificado da composição do SIG-R	23
Figura 2.3 – Posicionamento da atual entrada de 13,8 kV e da nova SE de 69 kV do Campus do Pici	24
Figura 2.4 – Diagrama unifilar da rede do Pici antiga.....	25
Figura 2.5 – Diagrama unifilar da rede do Pici após a ativação da nova subestação de 69 kV	25
Figura 3.1 - Esquema básico sobre <i>Request e Response</i>	28
Figura 3.2 - Exemplo de um banco de dados relacional.....	32
Figura 3.3 - Página inicial do SICEM	33
Figura 3.4 - Hierarquia do banco de dados.....	35
Figura 3.5 - Diagrama Relacional do banco de dados	36
Figura 3.6 - Menu do SICEM.....	36
Figura 3.7 - Página Mapa	37
Figura 3.8 – Página Mapa com os filtros aplicados.....	38
Figura 3.9 – Exemplo de popup de um bloco.....	38
Figura 3.10 - Página Equipamentos.....	39
Figura 3.11 - Página Equipamentos com filtro blocos	39
Figura 3.12 - Menu do SICEM Administração	40
Figura 3.13 - Botão Equipamentos do Menu Administração	40
Figura 3.14 - Exemplo de listagem de itens pertencentes à classe Equipamento.....	41
Figura 3.15 - Exemplo de formulário de cadastro de item da classe Equipamento, subclasse Extintor	41
Figura 3.16 - Formulário de cadastro de Centro.....	43
Figura 3.17 - Listagem de Centros cadastrados no SICEM	43
Figura 4.1 – Definição da classe “Poste”	46
Figura 4.2 - Definição da classe “Cabeamento MT”	47
Figura 4.3 - Definição da subclasse “Transformador Aéreo”	48
Figura 4.4 - Definição da subclasse “Transformador Abrigado”	49
Figura 4.5 - Definição da subclasse “Chave Fusível”	50
Figura 4.6 - Definição da subclasse “Chave Seccionadora”	51
Figura 4.7 - Definição da subclasse “Religador”	51
Figura 4.8 – Novo Diagrama Entidade-Relacional da aplicação após modificações	53

Figura 5.1 – Barra de menu da aplicação SICEM	55
Figura 5.2 – Botão Rede	55
Figura 5.3 – Botão Equipamentos	56
Figura 5.4 – Menu de cada entidade.....	56
Figura 5.5 - Formulário de cadastramento da entidade Poste.....	57
Figura 5.6 – Formulário de cadastramento da entidade Cabeamento MT.....	58
Figura 5.7 - Formulário de cadastramento da entidade Transformador Aéreo	59
Figura 5.8 - Formulário de cadastramento da entidade Transformador Abrigado	60
Figura 5.9 - Formulário de cadastramento da entidade Chave Seccionadora	60
Figura 5.10 - Formulário de cadastramento da entidade Chave Fusível	61
Figura 5.11 - Formulário de cadastramento da entidade Religador	62
Figura 5.12 – Instituição cadastrada	62
Figura 5.13 – Campi cadastrado	63
Figura 5.14 – Listagem dos Postes	64
Figura 5.15 – Listagem do Cabeamento MT	64
Figura 5.16 – Listagem dos Transformadores Aéreos.....	65
Figura 5.17 - – Listagem dos Transformadores Abrigados	65
Figura 5.18 - Listagem das Chaves Sccionadoras	66
Figura 5.19 - Listagem das Chaves Fusíveis	66
Figura 5.20 - Listagem dos Religadores.....	67
Figura 5.21 – Camada “Campi” do mapa interativo	67
Figura 5.22 – Camada “Subestações Abrigadas”	68
Figura 5.23 – Camada “Subestações Aéreas”	68
Figura 5.24 – Camada “Cabeamento MT”	69
Figura 5.25 - Camada “Poste”	69
Figura 5.26 - Exemplo de cadastro de manutenção.....	70
Figura 5.27 - Formulário de cadastro de manutenção	70
Figura 5.28 - Calendário do campos Data de Abertura	71
Figura 5.29 - Lista dos Tipos de Manutenção	71
Figura 5.30 - Detalhamento do equipamento em questão	72
Figura 5.31 - Listagem das manutenções cadastradas.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AM/FM	Automated Mapping and Facilities Management
CSS	Cascading Style Sheets
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
MT	Média Tensão
SE	Subestação
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SICEM	Sistema de Controle de Equipamentos e Manutenções da UFC
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SQL	Structured Query Language
UFC	Universidade Federal do Ceará
WSGI	Web Server Gateway Interface

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Histórico do gerenciamento de ativos nas empresas de engenharia.....	15
1.2	Objetivos.....	16
1.3	Metodologia.....	16
1.4	Estrutura do trabalho	17
2	O GEORREFERENCIAMENTO E A REDE DE MÉDIA TENSÃO DO CAMPUS DO PICI18	
2.1	Introdução.....	18
2.2	Sistemas de Informações Geográfica (SIG)	18
2.2.1	Softwares SIG.....	19
2.2.2	Estratégias de georreferenciamento.....	19
2.2.3	SIG aplicado à Engenharia Elétrica.....	20
2.2.4	SIG e a automação de redes primárias de distribuição.....	21
2.2.5	Regulamentação do SIG pela ANEEL	21
2.3	A rede de média tensão do Campus do Pici	23
2.4	Considerações Finais	26
3	SICEM E SUAS FUNCIONALIDADES	27
3.1	Introdução.....	27
3.2	As ferramentas utilizadas.....	27
3.2.1	Aplicações Web.....	27
3.2.2	A linguagem Python	29
3.2.3	O framework Flask	30
3.2.4	O banco de dados.....	31
3.2.5	A plataforma Heroku	32
3.2.6	A biblioteca Leaflet	32
3.3	O SICEM	33
3.3.1	Da estruturação	33
3.3.1.1	Classes Administrativas	33
3.3.1.2	Locais e Equipamentos.....	34
3.3.2	Visão Geral.....	36
3.3.2.1	Home	36
3.3.2.2	Mapa.....	37
3.3.2.3	Equipamentos	38
3.3.3	Cadastro de entidades	40
3.3.3.1	Entidades com cadastramento georreferenciado	41

3.4	Considerações Finais	44
4	METODOLOGIA UTILIZADA NA EXPANSÃO DA PLATAFORMA PARA O GERENCIAMENTO DE ATIVOS	45
4.1	Introdução	45
4.2	Modificação da plataforma SICEM.....	45
4.2.1	Poste	45
4.2.2	Cabeamento MT	46
4.2.3	Subclasses de Equipamento.....	47
4.2.3.1	Transformador Aéreo	48
4.2.3.2	Transformador Abrigado.....	49
4.2.3.3	Chave Fusível.....	50
4.2.3.4	Chave Seccionadora	50
4.2.3.5	Religador	51
4.3	Estrutura modificada do Banco de Dados	52
4.4	Inserção dos dados da rede de média tensão do Campus do Pici	54
4.5	Considerações Finais	54
5	IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS DA EXPANSÃO DA PLATAFORMA PARA O GERENCIAMENTO DE ATIVOS	55
5.1	Introdução	55
5.2	Formulários de criação das novas entidades.....	55
5.2.1	Rede	56
5.2.2	Equipamentos	58
5.3	Cadastramento dos dados da Rede do Campus do Pici	62
5.4	Mapa Interativo.....	67
5.5	Manutenções	69
5.6	Considerações Finais	73
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	74
6.1	Conclusões.....	74
6.2	Trabalhos Futuros	74
	REFERÊNCIAS	75
	APÊNDICE A – MODELAGEM DAS NOVAS CLASSES NA APLICAÇÃO WEB SICEM.....	77

1 INTRODUÇÃO

1.1 Histórico do gerenciamento de ativos nas empresas de engenharia

A aplicação do conceito de gestão de ativos iniciou na indústria, aplicado principalmente à gestão de estoque e da manutenção. A partir da década de 90 com a reestruturação do setor elétrico brasileiro as empresas concessionárias de energia passaram a estender o uso dos ativos de geração, transmissão e distribuição de forma exaustiva ao longo do seu ciclo proporcionando muitas falhas e afetação da imagem das empresas perante os clientes. Diante destes fatos, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) criou mecanismos para punir as concessionárias que não atendem aos requisitos de qualidade e confiabilidade no fornecimento de energia elétrica (COPPER, 2011). Além disso, a ANEEL e o ONS elaboraram os Procedimentos de Distribuição (PRODIST) e de Rede (PROREDE) que normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição e transmissão de energia elétrica, respectivamente. Para atender as exigências dos órgãos reguladores e melhorar a qualidade do serviço de fornecimento de energia elétrica prestados aos consumidores as concessionárias de energia adotaram diversas soluções tecnológicas, entre as quais está Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para gestão de ativos.

Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são capazes de capturar, armazenar, analisar e imprimir dados referenciados espacialmente a uma localização geográfica (CRISPINO, 2001). O SIG é uma poderosa ferramenta em diversos processos de gerenciamento uma vez que permite uma visão clara e, com a devida manutenção, constantemente atualizada da informação.

A ANEEL atualmente exige das distribuidoras de energia elétrica a disponibilização das informações de parâmetros elétricos, estruturais e de topologia dos sistemas de alta, média e baixa tensão, bem como as informações de todos os acessantes ao seu sistema em SIG (ANEEL, 2009).

Nos últimos anos vários alunos do Curso de Graduação e Pós-graduação em Engenharia Elétrica têm proposto diversos trabalhos que culminaram em projetos de investimento para modernização da rede elétrica de distribuição em 13,8 kV e a implantação da subestação 69-13,8 kV Campus do Pici da Universidade Federal (LOPES, 2011) (OLIVEIRA, 2012) (NETO, 2015) (BARROS, 2010).

Em Oliveira (2012) o autor apresentou o mapeamento e georreferenciamento das estruturas, equipamentos e condutores da rede de média tensão do Campus do Pici. No trabalho em questão foi desenvolvido um arquivo de extensão KML (linguagem de marcação do Keyhole) com uma gramática XML, na qual foram armazenadas características geográficas, como ponto, linha e/ou polígono, de cada uma dos componentes da rede elétrica. Essa base de dados foi integrada Google Earth este arquivo apresenta as camadas Transformadores, Chaves, Cabeamentos e Áreas de Podagem referentes à Rede do Pici e representadas como marcadores e linhas no mapa.

Em 2017 a Superintendência de Infraestrutura da Universidade Federal do Ceará (UFC Infra) desenvolveu uma aplicação WEB para gerenciamento de ativos baseado em georreferenciamento, denominado SICEM (Sistema de Controle de Equipamentos e Manutenções) para mapeamento geográfico de condicionadores de ar e extintores para fins de programação de manutenção (colocar o endereço do site onde está o SICEM). O SICEM foi desenvolvido na linguagem de programação Python, através da framework Flask, ambas software livre, de fácil compreensão e bem documentadas, facilitando desenvolvimentos de novos módulos futuros da aplicação SICEM, inclusive por novos desenvolvedores.

1.2 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo disponibilizar uma plataforma na qual seja possível o gerenciamento de ativos de redes de média tensão baseada em georreferenciamento através da modelagem de seus componentes.

Entre os objetivos específicos desse trabalho estão:

- Expansão da aplicação web SICEM permitindo o georreferenciamento de redes elétricas de média tensão;
- Cadastrar os dados da rede de MT do Campus do Pici da UFC em um banco de dados relacional através da ferramenta obtida.

1.3 Metodologia

A metodologia utilizada no trabalho consistiu na expansão da aplicação web SICEM, modelando os elementos Poste, Cabeamento MT, Transformador Aéreo, Transformador Abrigado, Chave Fusível, Chave Seccionadora e Religador.

Com o objetivo de validar o sistema proposto, foi realizado o cadastro dos elementos que compõe a rede interna de média tensão do Campus do Pici na aplicação SICEM modificada.

1.4 Estrutura do trabalho

A estrutura deste trabalho compreende os seguintes capítulos:

Este Capítulo 1, “Introdução”, contém uma prévia do trabalho desenvolvido. São apresentados os objetivos da solução proposta e os principais motivos que a impulsionam, além da estrutura que se seguirá no trabalho.

O Capítulo 2, “O Georreferenciamento e a Rede de média tensão do Campus do Pici”, discorre sobre a metodologia de georreferenciamento de sistemas de dados através dos SIG e apresenta o objeto do estudo de caso, a rede interna do Campus do Pici. São expostas as principais características da rede bem como sua configuração atual.

O Capítulo 3, “SICEM e suas funcionalidades”, apresenta a aplicação web SICEM desenvolvida pela Superintendência de Infraestrutura da Universidade Federal do Ceará. São discutidas as tecnologias nas quais a mesma se baseia, como a linguagem de programação Python, a framework Flask e o banco de dados. É também exposta a estrutura atualmente implementada na aplicação.

O Capítulo 4, “Metodologia utilizada”, expõe as modificações realizadas na aplicação SICEM na execução deste trabalho. São apresentadas as novas classes criadas bem como a nova estruturação da aplicação. É apresentado também o processo de cadastramento dos componentes da rede interna de média tensão do Campus do Pici, que constitui o estudo de caso do presente trabalho.

O Capítulo 5, “Resultados obtidos”, apresenta o estado da aplicação SICEM após as modificações propostas e implementadas neste trabalho. É exposto também a visualização do banco de dados relacional e georreferenciado criado da rede do Campus do Pici.

O Capítulo 6, “Conclusões”, são enumeradas as conclusões do trabalho desenvolvido, expondo-se suas contribuições e possíveis desenvolvimentos futuros.

Um apêndice complementa o trabalho: “Modelagem das novas classes na aplicação web SICEM”, que contém os trechos de código em que é feita a declaração das entidades criadas no desenvolvimento do trabalho.

2 O GEORREFERENCIAMENTO E A REDE DE MÉDIA TENSÃO DO CAMPUS DO PICI

2.1 Introdução

A rede de média tensão do Campus do Pici é responsável pela alimentação de todas as unidades do campi. É uma rede extensa e de vital importância para as atividades desenvolvidas na universidade. Nesse contexto, é importante que haja uma ferramenta de visualização e acompanhamento das condições dos equipamentos da rede, a fim de que atividades como manutenções possam ser agendadas e controladas, além de ser possível rastrear a fonte de problemas na alimentação elétrica de alguma unidade. Nesse intuito, foi desenvolvido um sistema de informações dos equipamentos do campus do Pici com a funcionalidade de georreferenciamento, de modo a obter-se a documentação necessária da rede apresentada de maneira clara e com todas as vantagens que essa representação oferece.

Neste Capítulo apresenta-se o conceito de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com suas vantagens e particularidades, além das principais características da própria rede de média tensão do Campus do Pici.

2.2 Sistemas de Informações Geográfica (SIG)

“Os sistemas de informações são utilizados para manipular, sintetizar, pesquisar, editar e visualizar informações, geralmente armazenadas em bases de dados computacionais” (FERREIRA, 2006, p. 4). Os sistemas de informações geográficas (SIG) são sistemas especiais de informações que possuem informações sobre o que está (ou ocorre) na superfície da Terra. “Por meio do cruzamento e da superposição de dados espaciais, de diferentes origens e formatos, previamente selecionados, essa ferramenta permite agilizar os procedimentos de mapeamentos temáticos, antes onerosos e demorados” (ANEEL, n.d.).

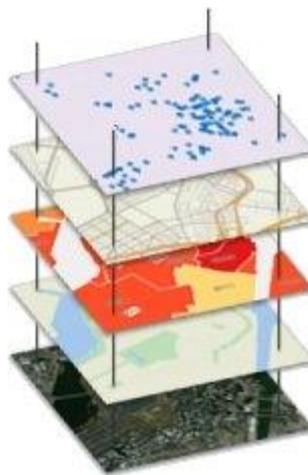
A ANEEL solicita que as distribuidoras de energia elétrica mantenham registros dos componentes e parâmetros da rede elétrica em um Sistema de Informações Geográficas (ANEEL, 2009). Para as concessionárias de energia elétrica, a base de dados geográficos da topologia da rede atendem as necessidades de gerência técnica, planejamento, construção, supervisão, controle, operação, atendimento a consumidores, manutenção e atualização dos dados, através da catalogação de todos os componentes da rede (CRISPINO, 2001). São cadastradas as informações técnicas de cada equipamento ou componente, juntamente com as coordenadas UTM do mesmo, o que os define completamente.

2.2.1 Softwares SIG

Um software SIG permite a confecção de mapas e outras ferramentas gráficas para análise e apresentação de informações gráficas. Ele se configura como uma poderosa ferramenta para visualizar dados espaciais ou formular sistemas de suporte de decisão para os fins desejados. (CALIPER, n.d.)

Esses softwares utilizam uma tecnologia denominada *Automated Mapping and Facilities Management* (AM/FM), a qual tem ampla aplicação em redes de infraestrutura como saneamento, eletricidade, trânsito, água, gás, etc. O sistema AM/FM é estruturado em um conjunto de camadas, as quais podem ser visualizadas sobrepostas ou de forma independente. No caso de uma rede de distribuição georreferenciada, por exemplo, as camadas podem ser divididas em: base cartográfica, equipamentos de média tensão, trechos de condutores, subestações, etc.

Figura 2.1 – Estruturação em camadas – SIG



Fonte: (CALIPER, n.d.)

Essa forma de estruturação possibilita uma visão compartimentada das diferentes entidades que compõem o sistema, permitindo ao usuário lidar com elas da maneira que sua aplicação necessita.

Para tanto é vital que os dados em questão sejam de fácil visualização e passíveis de representação gráfica na forma de pontos, linhas e polígonos ou imagens georreferenciadas (OLIVEIRA, 2012).

2.2.2 Estratégias de georreferenciamento

Embora todas dependam da qualidade dos dados e confiabilidade da base cartográfica usada, diferentes estratégias podem ser utilizadas para o georreferenciamento. Uma delas implica

em reunir informações e determina-las, por meio de coordenadas geográficas, nas cartas das respectivas regiões de estudo através de marcadores gráficos que as representam (cores, símbolos, hachuras, etc). (ANEEL, n.d.)

Outra estratégia igualmente válida consiste na associação dos dados em questão a coordenadas geográficas coletadas em campo através de equipamentos GPS (Global Positions System), tornando a delimitação dos pontos mais prática e eficiente. Muitos serviços que fazem uso de registros meteorológicos, hidrológicos, de redes de distribuição de água e energia possuem campos de identificação por meio de coordenadas (ANEEL, n.d.). No caso dos dados da rede elétrica do Campus do Pici utilizados neste trabalho, esta foi a estratégia utilizada.

Uma terceira estratégia consiste na construção de unidades geográficas específicas, através de técnicas da cartografia digital. Neste exemplo se enquadram dados sobre geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica, sendo tomados como referência os limites geográficos das áreas de atuação das concessionárias. (ANEEL, n.d.)

2.2.3 SIG aplicado à Engenharia Elétrica

Sistemas de informações geográficas têm aplicação em vários campos de engenharia elétrica. Eles podem ser aplicados de modo a aperfeiçoar os processos, oferecendo vantagens para planejamento, operação e manutenção de redes de distribuição de energia elétrica. (OLIVEIRA, 2012)

São listados a seguir processos em que a utilização do SIG gera bons resultados:

- **Triagem de reclamações:** Podem ser feitas aglutinações das reclamações recebidas pela concessionária por tipo de cliente, importância do cliente, tipo de problema, entre outros. Através desta triagem é possível identificar reclamações acerca de problemas num mesmo circuito e, através do SIG, ser efetuado um procedimento de navegação em direção à fonte de alimentação. (OLIVEIRA, 2012)
- **Manobras:** No caso de problemas na rede o SIG pode ser utilizado para a localização das chaves seccionadoras mais próximas da anomalia. Esta informação pode ser repassada para a equipe em campo de forma a agilizar as providências. (OLIVEIRA, 2012)
- **Manutenção:** A equipe de manutenção pode localizar com precisão os equipamentos a serem recuperados ou retirados, além de poder visualizar e controlar as manutenções prévias e futuras dos componentes da rede.

As empresas de distribuição geralmente atendem milhares e até milhões de consumidores, além de, para tanto, contarem com uma extensa rede com grande quantidade de postes e equipamentos em geral. Dessa forma, essas empresas necessitam de um sistema computacional que permita o armazenamento e a manipulação de uma grande quantidade de dados. Uma das principais ferramentas utilizadas é o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGDB), que permite um armazenamento ordenado e confiável das informações (CRISPINO, 2001).

“O conceito de Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados tem origem na década de 70, objetivando maior controle sobre a informação e promover a redução da duplicidade de dados, através de seu compartilhamento por múltiplos programas” (CRISPINO, 2001, p. 21). Isso implica dizer que a aplicação (software) é um processo a parte dos dados, permitindo que mais de uma aplicação acesse um único banco de dados, ou ainda que uma mesma aplicação possa se conectar a múltiplos bancos de dados.

2.2.4 SIG e a automação de redes primárias de distribuição

O centro de operações de uma concessionária de energia elétrica é apoiado por um Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA). O SCADA calcula e afere o fluxo de potência ao longo da rede, além de monitorar e controlar a operação dos equipamentos instalados na rede, como chaves e religadores automáticos (OLIVEIRA, 2012). O SCADA pode ser utilizado por um operador distante para comandar os componentes da rede ou pelos próprios agentes da rede (por exemplo relés) para comunicação entre si. As informações armazenadas no SIG podem auxiliar a tomada de decisão do operador, no sentido de permitir, por exemplo, uma visualização ampla acerca das possibilidades de recomposição da rede mediante um problema.

Atualmente a maioria dos simuladores de redes elétricas de distribuição permitem a montagem da rede em sistemas de coordenadas georreferenciadas, a fim de detalhá-las o máximo possível. No âmbito de planejamento, a estruturação das redes em SIGs apresenta-se como uma ferramenta extra para aprimoramento dos resultados obtidos em simulação.

2.2.5 Regulamentação do SIG pela ANEEL

A resolução nº345/2008 da Agência Nacional de Energia Elétrica em seu art 3º estabelece que a distribuidora deve manter as informações de parâmetros elétricos, estruturais e de topologia dos sistemas de alta, média e baixa tensão em SIG, bem como as informações de

todos os acessantes (ANEEL, 2008). A resolução nº345/2008 foi revogada pela resolução nº 395/2009 (ANEEL, 2009), mas a obrigatoriedade da implantação do SIG foi mantida.

A ANEEL estabelece no módulo 10 do PRODIST o conjunto mínimo de informações a comporem o Sistema de Informação Geográfica Regulatório (SIG-R), definindo o padrão e a estrutura das informações, os formatos dos documentos gerados, os prazos e a forma de envio à Agência. (ANEEL, 2016)

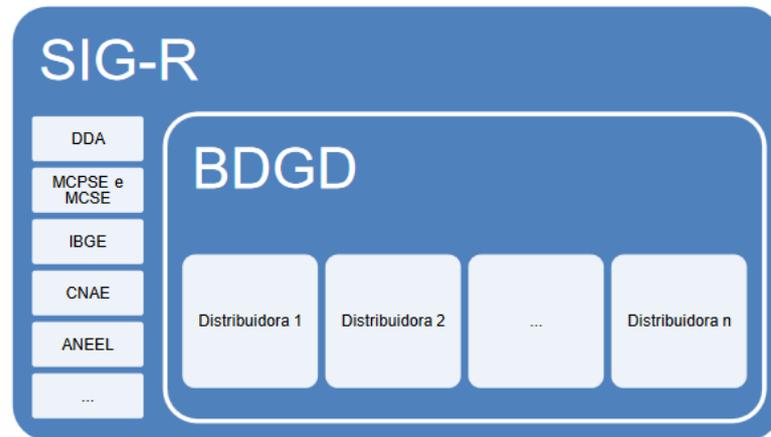
O Sistema de Informação Geográfica Regulatório é composto por dois elementos principais, como esquematizado na Figura 2.2 e descrito a seguir:

- A Base de Dados Geográfica da Distribuidora (BDGD), a qual deve conter a localização geográfica das estruturas de suporte e traçado geométrico dos segmentos de rede de alta, média e baixa tensão, além da delimitação de subestações e demais áreas de caracterização e localização geográfica dos acessantes e equipamentos (ANEEL, 2016);
- E o Dicionário de Dados ANEEL do SIG-R (DDA), que, em poucas linhas, estabelece o conjunto de padrões para descrever informações constantes da BDGD (ANEEL, 2016).

Outras bases de dados são utilizada para complementar o SIG-R, tais como (ANEEL, 2016):

- Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico – MCPSE;
- Manual de Contabilidade do Setor Elétrico – MCSE;
- Bases de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística – IBGE;
- Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE;
- Bases de dados da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

Figura 2.2 - Diagrama simplificado da composição do SIG-R



Fonte: (ANEEL, 2016)

2.3 A rede de média tensão do Campus do Pici

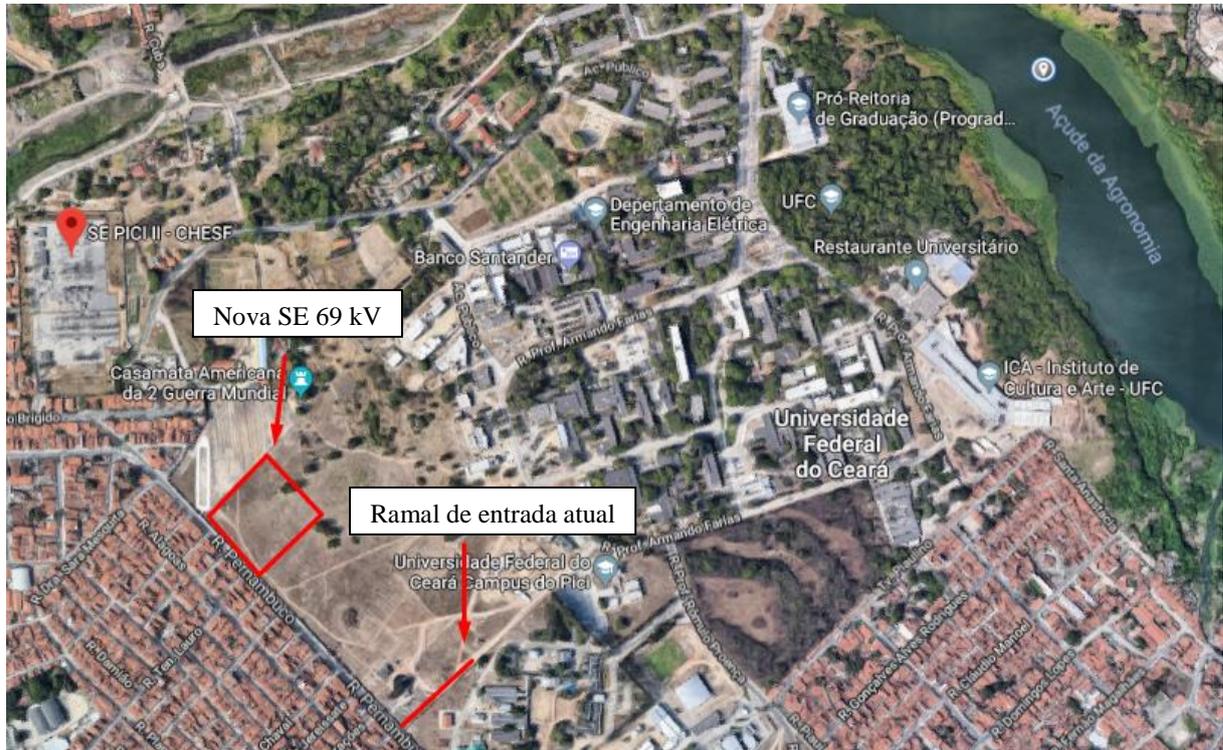
Atualmente, a rede elétrica de média tensão do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará é aérea em toda sua extensão e possui aproximadamente 10 km construídos com 13 MVA de potência de transformação instalada. A topologia em operação é radial com recurso manual. A instalação é suprida pelo do alimentador 01C8 oriundo da subestação PICI II, 69-13,8 kV” (BARROS, 2010, p. 46) do sistema Enel. “A proteção geral de entrada é efetuada por um relé secundário digital, sem função de religamento, associado a um disjuntor de média tensão a pequeno volume de óleo (PVO) localizado no ponto de entrega” (NETO, 2015, p. 7). Há subestações distribuídas por todo o campus, próximas aos blocos alimentados, que têm suas derivações da rede de média protegidas por conjuntos de chaves fusíveis. Existem também chaves seccionadoras ao longo da rede, para eventuais manobras de recomposição ou remanejamento de carga alocadas em locais estratégicos (LEITE, 2017).

Devido a importância do suprimento energético para o pleno funcionamento das instalações da universidade, bem como da necessidade constante de melhorias e modernização, a rede elétrica do Campus do Pici passou recentemente por uma expansão. Foi planejada e construída uma subestação em 69 kV, a ser alimentada pela linha 02L9 de 69,0 kV que interliga as subestações Pici e Maguary. A subestação é do tipo desabrigada e possui potência de transformação de 5/6,25 MVA, com um transformador redundante (BARROS, 2010). Como idealizado em (LOPES, 2011), da subestação de 69 kV partem três alimentadores que suprirão toda a demanda da rede do Campus do Pici. A proteção dos alimentadores é feita com religadores. Outra modificação da rede foi o posicionamento de religadores em locais

estratégicos como uma medida paliativa em função do histórico da instalação, a qual apresenta um grande número de interrupções no fornecimento de energia ocasionadas por falhas temporárias.

A Figura 2.3 mostra a localização em mapa da nova SE de 69 kV e o ramal de entrada atual em 13,8 kV.

Figura 2.3 – Posicionamento da atual entrada de 13,8 kV e da nova SE de 69 kV do Campus do Pici



Fonte: Google Maps editado pelo autor.

Os diagramas apresentados na Figura 2.4 e na Figura 2.5 resumem a rede elétrica do campus do Pici antes e após a implementação das melhorias. Nas Figuras são apresentados os principais elementos e grupos de cargas.

coletados nos dias 10, 11 e 12 de setembro de 2012 e registrados com um aparelho GPS. Ao final o autor gerou um arquivo KML interpretado pela ferramenta livre Google Earth, o qual foi utilizado como base para o presente trabalho.

Em Neto (2015) é possível encontrar uma análise mais atual da rede onde são listadas as estruturas e equipamentos do campus de uma visão mais recente que o trabalho referenciado anteriormente.

No presente trabalho foi feita a compatibilização das informações retiradas de ambos os trabalhos referenciados, a fim de se possuir a versão mais atual da configuração da rede. Essas informações serão utilizadas para demonstrar o funcionamento da aplicação proposta.

2.4 Considerações Finais

Os Sistemas de Informações Geográficas são uma boa estratégia para o gerenciamento de ativos de redes elétricas, vista a característica geográfica presente nas mesmas. Em virtude da importância e extensão da rede do \Campus do Pici é condizente que se utilize esta tecnologia para o gerenciamento de seus ativos. Nos capítulos seguintes é descrita a aplicação web SICEM e suas tecnologias, a qual foi utilizada como base de desenvolvimento, a metodologia implementada e os resultados obtidos com este trabalho.

3 SICEM E SUAS FUNCIONALIDADES

3.1 Introdução

A Superintendência de Infraestrutura da Universidade Federal do Ceará, UFC Infra, com o apoio da equipe da Coordenadoria de Conservação de Energia (CCE) desenvolveu em um de seus projetos a plataforma web SICEM – Sistema de Controle de Equipamentos e Manutenções que encontra-se disponível na plataforma GitHub em Drumond & Douglas (2017b). Tal sistema consiste em uma aplicação web modular para o gerenciamento de ativos em que é possível o cadastro de locais como: Instituição, Campus, Centro, Bloco, Ambientes e seus respectivos equipamentos associados, como extintores e ar condicionados. Além de permitir o acompanhamento das manutenções de cada equipamento cadastrado, a plataforma permite o registro georreferenciado e a visualização por meio de um mapa interativo. O acesso ao banco de dados da plataforma permite identificar um equipamento, sua localização e status de manutenção necessitando apenas de uma conexão e acesso a um navegador de internet moderno.

Neste capítulo são apresentadas as ferramentas utilizadas no desenvolvimento da plataforma SICEM bem como suas funcionalidades.

3.2 As ferramentas utilizadas

3.2.1 Aplicações Web

Para os fins deste trabalho, uma aplicação web pode ser resumida como uma página dinâmica da internet, ou seja, páginas cujo conteúdo é gerado com base nas interações do usuário com o sistema (JÚNIOR, 2015).

“A web funciona basicamente com dois tipos de programas: os clientes e os servidores” (JÚNIOR, 2015, p. 11). O programa cliente atua requisitando e recebendo arquivos de um programa servidor, é “o programa utilizado pelos usuários para ver as páginas” (JÚNIOR, 2015, p. 11) disponíveis na web. Os servidores, por sua vez, armazenam o conteúdo da rede e permitem o acesso a ele.

Para que se estabeleça troca de informações entre cliente e servidor é necessário que haja um protocolo de comunicação. O Hyper Text Transfer Protocol, ou HTTP, é o protocolo de comunicação mais utilizado atualmente em aplicações web, o qual apresenta uma estrutura de comunicação bastante simplificada, baseada na requisição/resposta (do inglês

request/response). O cliente requisita um recurso e um servidor responde enviando o recurso, como esquematizado na Figura 3.1.

Figura 3.1 - Esquema básico sobre *Request e Response*



Fonte: (JÚNIOR, 2015)

No que diz respeito às aplicações web, essa resposta é dinâmica, ou seja, depende da requisição feita pelo cliente. Em resumo, “o servidor web encaminha a requisição de um usuário a uma aplicação, esta aplicação é executada, cria algum conteúdo e envia a resposta novamente ao servidor que, então, encaminha ao cliente” (JÚNIOR, 2015, p. 74).

A estruturação de uma aplicação web pode ser representada por três campos: o *back end*, o banco de dados e o *front end*.

O *back end* são as engrenagens do sistema. É neste ambiente onde está o “coração da aplicação”, com todas suas relações e protocolos. O *back end* geralmente fica armazenado no servidor e lida com os *requests* dos usuários (TRIANO, 2016).

O banco de dados é um conjunto de dados relacionados entre si. A natureza desses dados e as relações estabelecidas compõe a informação armazenada. De certa forma, o banco de dados também pode ser visto como parte do *back end*, uma vez que também é executado pelo servidor. No entanto, uma vez que o banco de dados tem uma estruturação própria é necessária uma distinção.

Já o *front end* é a interface com o usuário. Esse campo é composto pelo arquivo que será recebido, interpretado e visto pelo usuário (TRIANO, 2016).

Sintetizando, o cliente envia um *request* ao servidor através da interação com o *front end*. O servidor recebe esse *request* e lida com ele conforme sua programação no *back end*, inclusive acessando o banco de dados. O servidor gera então um arquivo de response e envia de volta para o cliente. O *front end* do cliente então interpreta o arquivo recebido fornecendo a visualização para o usuário. Esse processo se repete constantemente a cada nova ação do usuário.

3.2.2 A linguagem Python

O código base do SICEM, o *back end*, foi desenvolvido na linguagem Python 2.7 (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, n.d.-b).

“Python é uma linguagem de programação popular de código aberto usada para programas autônomos e aplicativos de script em uma ampla variedade de domínios” (LUTZ, 2013, p. 33). “É uma poderosa linguagem multi paradigma, otimizada para produtividade do programador, legibilidade de código e qualidade de software” (LUTZ, 2013, p. 33).

Uma vez que a concepção da linguagem Python preza pela qualidade do software através da uniformidade, o código em Python torna-se fácil de entender agilizando tanto a escrita inicial quanto eventuais manutenções do mesmo. Além disso a maioria dos programas em Python são universais, sendo capazes de serem executados em distintos sistemas operacionais praticamente sem alterações.

Através de suas bibliotecas, o Python fornece suporte para codificação de interfaces gráficas, programas de acesso a banco de dados, sistemas web entre outras aplicações. Por possuírem muitos usuários e serem de código aberto, as bibliotecas do Python são atualizadas e corrigidas quando falhas de segurança são descobertas.

Por ser interpretada, a linguagem Python não necessita de compilação, como é o caso por exemplo da linguagem C. Adicionalmente, Python é capaz de lidar com outros códigos ou parte de códigos que utilizem outras linguagens de programação através de mecanismos de integração não restringindo o desenvolvedor e apresentando facilidade de integração.

Python é uma linguagem orientada ao objeto. Seu modelo de classes suporta noções avançadas como polimorfismos e herança múltipla que, no entanto, tornam-se fáceis de aplicar vista a simplicidade e estruturação da linguagem.

Todas essas características da linguagem Python a qualificam como uma poderosa ferramenta e de fácil utilização. Além disso, por estar em constante atualização por sua comunidade as aplicações que a utilizem possuem suporte para falhas de segurança e novas tendências de programação. Por essas razões a linguagem Python foi selecionada para o desenvolvimento da aplicação SICEM.

No entanto, há uma desvantagem acerca da linguagem Python que deve ser vista com cautela: as versões 2 e 3 da linguagem não são compatíveis. A aplicação SICEM foi desenvolvida em Python 2.7, limitando então que futuras modificações da aplicação sejam feitas nesta versão menos atual.

3.2.3 O framework Flask

Framework é um conceito bastante amplo. Um framework no ambiente de desenvolvimento web pode ser vista como uma biblioteca de padrões de design (MEIERT, 2015). A estruturação que os frameworks oferecem permite ao desenvolvedor não começar do zero na resolução do problema para o qual eles foram concebidos, tornando a curva de aprendizagem suave e garantindo uma aplicação concisa. A escolha de um framework deve ser feita com cuidado, uma vez que a estruturação do mesmo pode ser muito rígida e restringir o desenvolvedor quando este propõe uma solução diferente da usual no ambiente do framework.

Flask é um framework da linguagem Python para desenvolvimento de aplicações web. O Flask é conhecido como um micro framework, o que não o qualifica como menos poderoso. Flask foi desenvolvido desde o início para ser um framework extensível; os serviços básicos que o compõe fornecem uma base sólida e as extensões fornecem o restante. Essa característica concede liberdade ao desenvolvedor de poder escolher as extensões de acordo com as funcionalidades desejadas na aplicação (GRINBERG, 2014).

Flask tem duas dependências principais. Os subsistemas de roteamento, debug e Web Server Gateway Interface (WSGI) são provenientes do Werkzeug, enquanto o suporte ao template é fornecido pelo Jinja2. Werkzeug e Jinja2 são de autoria do desenvolvedor principal do Flask: Armin Ronacher (GRINBERG, 2014, p. 3). A biblioteca Werkzeug na linguagem Python foi idealizada para lidar com WSGI, que pode ser entendida como uma interface simples e universal entre servidores web e aplicações web ou frameworks (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, n.d.-a). Já Jinja2 é uma moderna biblioteca para o desenvolvimento de templates na linguagem Python, os quais são a resposta genérica que será preenchida pela aplicação e enviada mediante um *request* específico feito pelo cliente (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, n.d.-a).

No ambiente do framework Flask as aplicações web lidam com cada *request* executando um código específico em Python. A associação entre um *request* e a função que lida com ele é chamada de rota (do inglês *route*) e o conjunto de todas as rotas de uma aplicação compõe o mapa da mesma. A função Python executada mediante o *request* do usuário é denominada *view function*. (GRINBERG, 2014)

A aplicação web SICEM utiliza o framework Flask para unir os códigos base na linguagem Python, estruturados com a orientação ao objeto em classes, os templates que serão enviados como *response* ao usuário e interpretados por seu navegador em HTML, CSS e Java Script, e o banco de dados onde estão armazenadas as informações de interesse.

3.2.4 O banco de dados

De forma generalista, um banco de dados é um conjunto de dados relacionados. De uma forma mais específica, “um banco de dados é uma coleção lógica e coerente de dados com algum significado inerente”(ELMASRI & NAVATHE, 2005).

No caso dos bancos de dados computacionais, devido a sua complexidade, ao seu tamanho e a forma como as informações são armazenadas no mesmo, fazem-se necessários Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBDs).

Um SGBD “é uma coleção de programas que permite aos usuários criar e manter um banco de dados” (ELMASRI & NAVATHE, 2005, p. 3). O SGBD facilita os seguintes processos:

- Definição do banco de dados, que implica especificar a natureza dos dados e as relações entre eles;
- Construção do banco de dados, que é o procedimento de inserir os dados no banco na mídia definida pelo SGBD;
- Manipulação do banco de dados, a qual inclui pesquisa no banco, atualização do mesmo e emissão de relatórios.

No caso da aplicação SICEM utilizou-se o PostgreSQL 1.1.5 (THE PostgreSQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP, n.d.).

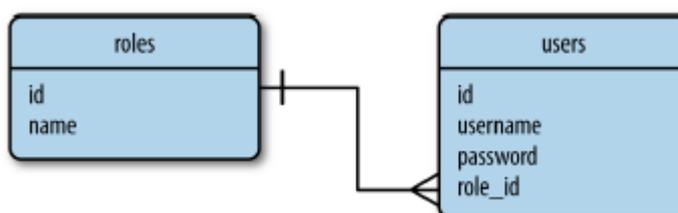
O PostgreSQL é um sistema gerenciador de banco de dados objeto-relacional (SGBDOR). Nos sistemas SQL a informação é armazenada em tabelas, as quais estruturam as diferentes entidades da aplicação (GRINBERG, 2014). Em programação orientada a objetos, como é o caso do Python, essas entidades são definidas por classes e subclasses.

Cada tabela tem um número fixo de colunas, que são os atributos da entidade representada pela tabela. Já as linhas da tabela representam cada elemento pertencente a entidade que ela representa. Há uma coluna especial denominada *primary key* que funciona como uma identificação única de cada linha da tabela, ou seja, de cada elemento integrante da entidade. Podem haver também colunas denominadas *foreign keys*, que fazem referência a *primary key* de outro elemento na mesma ou em tabela diferente. As *foreign keys* relacionam os dados no banco de dados compondo assim a informação (GRINBERG, 2014).

No exemplo da Figura 3.2 é apresentado um esquema bastante simples. Há duas entidades `roles` e `users`. A entidade `roles` determina as funções do sistema, como por exemplo administrador e usuário. Para cada item cadastrado há um `id` único, que funciona como a identificação de cada item. A entidade `user` representa cada membro do sistema. Cada um

possuí seu id único, o nome, a senha e um outro atributo denominado `role_id`, o qual conterà o id da função desempenhada por aquele membro. O elemento relacional é representado pela seta de ligação, cujos símbolos nas extremidades traduzem a característica um para muitos, no sentido `role-users`, ou seja, uma única função pode ser correspondida por muitos membros.

Figura 3.2 - Exemplo de um banco de dados relacional



Fonte: (GRINBERG, 2014)

3.2.5 A plataforma Heroku

Por ser uma aplicação web, o SICEM necessita de um serviço de hospedagem para estar disponível permanentemente na internet. Estes serviços atuam como servidores executando a aplicação hospedada e disponibilizando-a em um endereço web. No caso do SICEM, foi utilizada a plataforma Heroku (HEROKU ENTERPRISE, n.d.).

“O Heroku é uma plataforma em nuvem baseada em um sistema de contêiner gerenciado, com serviços de dados integrados e um poderoso ecossistema, para implementar e executar aplicativos modernos” (HEROKU ENTERPRISE, n.d.).

Entre suas vantagens, o Heroku possui uma integração pré-concebida com bancos de dados, o que facilita no caso de aplicações que os utilizem. Além disso o Heroku é um dos mais populares serviços dessa área, o que o torna uma opção estável implicando na confiabilidade da aplicação hospedada. Outro fator determinante acerca da plataforma é que a mesma oferece pacotes gratuitos que, no caso do SICEM, são suficientes para as funcionalidades básicas.

3.2.6 A biblioteca Leaflet

Uma vez que o SICEM tem como objetivo mapear georreferenciadamente os equipamentos e manutenções para fins de controle e administração, desejava-se a funcionalidade de exibição de uma base cartográfica que fosse interativa, ou seja, que permitisse delimitação de áreas, linhas e pontos e que as exibisse em uma eventual consulta. A biblioteca em JavaScript Leaflet (AGAFONKIN, 2017) foi utilizada para fornecer esse suporte.

Leaflet é uma biblioteca JavaScript de código aberto que fornece mapas interativos no front end dos usuários. Com ela é possível renderizar mapas; inserir layers georreferenciadas com formatos geométricos como polígonos, linhas e pontos; agrupar essas layers para fins de exibição; agregar informações em pop-ups em cada elemento da layer; entre outras funcionalidades.

3.3 O SICEM

O Sistema de Controle de Equipamentos e Manutenções (DRUMOND & DOUGLAS, 2017c) é uma aplicação web com acesso a um banco de dados atualmente disponível online, cuja a página inicial é exibida na Figura 3.3.

Figura 3.3 - Página inicial do SICEM



Fonte: o próprio autor.

3.3.1 Da estruturação

Como visto, a aplicação é estruturada em classes e subclasses que serão enumeradas e descritas a seguir.

3.3.1.1 Classes Administrativas

Há cinco tipos de usuários na aplicação:

Anônimo: Qualquer indivíduo que acesse a página. Esses indivíduos tem acesso limitado podendo navegar apenas pelas páginas “Home”, “Mapa” e “Contato”.

Usuário: Indivíduos já cadastrados na página que podem visualizar os dados cadastrados, mas sem permissão para alterá-los. Possuem acesso às páginas “Equipamentos” e “Manutenções” que não estão disponíveis para o usuário Anônimo.

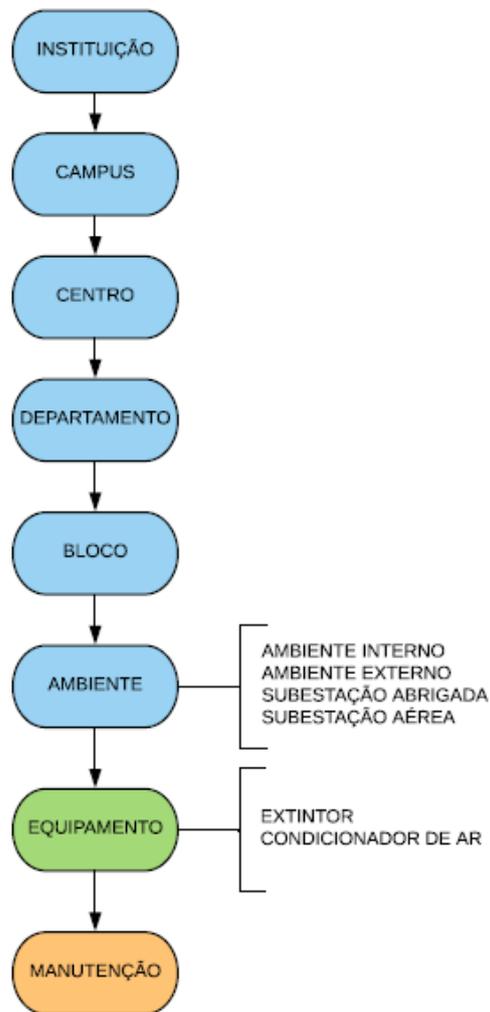
Cadastrador: Indivíduos autorizados a visualizar registrar e alterar os dados de locais, equipamentos e manutenções. Além das páginas acessíveis a Usuário podem navegar pelo Painel de Administração com as páginas “Locais”, “Ambientes”, “Equipamentos” e “Manutenções”.

Desenvolvedor e Administrador: Ambos representam o mais alto nível na hierarquia do sistema. Além das permissões de Cadastrador, possuem acesso ao Painel de Administração completo, possuindo permissão para adicionar, alterar e excluir os registros das tabelas Cargos e Usuários no banco de dados.

3.3.1.2 Locais e Equipamentos

Os dados de identificação, localização e descrição de equipamentos e manutenções estão armazenados no banco de dados da plataforma SICEM de acordo com o esquema mostrado na Figura 3.4.

Figura 3.4 - Hierarquia do banco de dados



Fonte: o próprio autor, feito em (LUCID SOFTWARE INC., 2018).

Instituição: É a mais alta na hierarquia, ou seja, todos os elementos seguintes serão contidos nela. No caso, tem-se apenas a Universidade Federal do Ceará.

Campus: Podem ser atribuídos os vários campus da universidade, como por exemplo Pici, Porangabuçu, Benfica, inclusive os campus da UFC no interior.

Centro: São incluídos os vários Centros, como por exemplo Centro de Tecnologia e o Centro de Ciências, pertencentes ao Campus do Pici.

Departamento: Os vários departamentos pertencentes a um Centro, como por exemplo o Departamento de Engenharia Elétrica pertencente ao Centro de Tecnologia.

Bloco: Os vários blocos de um Departamento, como por exemplo o Bloco 705 pertencente ao Departamento de Engenharia elétrica.

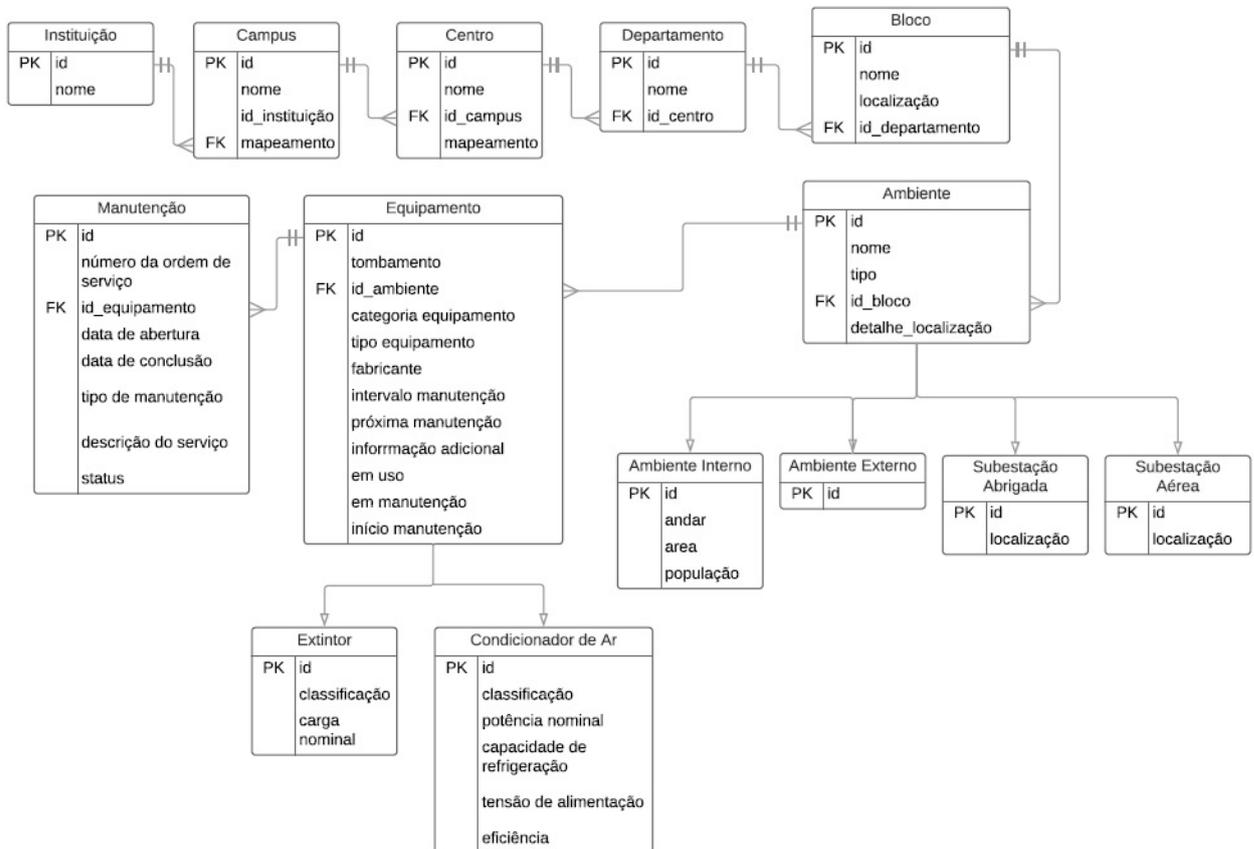
Ambiente: Os ambientes podem ser Ambiente Interno (salas, corredores, etc), Ambiente Externo (Estacionamentos, praças, etc), Subestação Abrigada e Subestação Aérea.

Equipamento: Os equipamentos podem ser Extintores ou Condicionadores de Ar.

Manutenção: As manutenções estão atribuídas a cada equipamento.

Cada classe e subclasse possui seus atributos próprios os quais são explicitados, assim como as relações entre os dados, no diagrama relacional do banco de dados a seguir.

Figura 3.5 - Diagrama Relacional do banco de dados



Fonte: o próprio autor, feito em (LUCID SOFTWARE INC., 2018).

3.3.2 Visão Geral

Ao acessar a página inicial da aplicação, é possível ver um Menu com sete botões, como pode ser verificado na Figura 3.6.

Figura 3.6 - Menu do SICEM



Fonte: o próprio autor.

3.3.2.1 Home

É a página inicial do site disponível em <https://sicem.herokuapp.com/>.

3.3.2.2 Mapa

Essa página contém um mapa interativo, como mostrado na Figura 3.7, onde podem ser aplicados os filtros para as camadas Campi, Centros, Blocos e Subestações. As camadas carregam os elementos cadastrados no banco de dados, como é exibido na Figura 3.8.

Ao clicar em cada elemento ativo no mapa, um *popup* de informações é aberto, como pode ser visto na Figura 3.9. No caso de blocos, por exemplo, há um link para a lista de equipamentos daquele bloco.

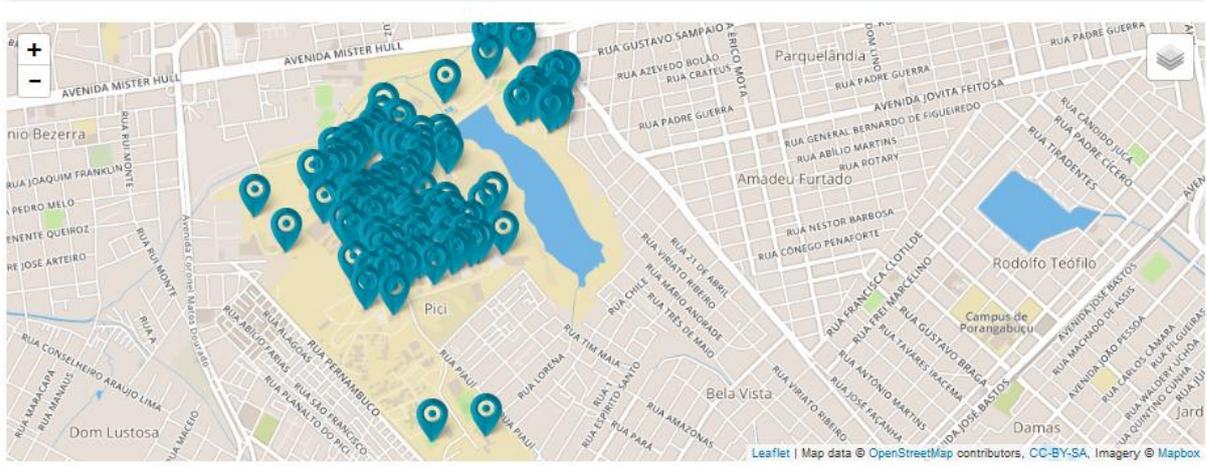
Figura 3.7 - Página Mapa



Fonte: o próprio autor.

Figura 3.8 – Página Mapa com os filtros aplicados

Mapa



Fonte: o próprio autor.

Figura 3.9 – Exemplo de popup de um bloco



Fonte: o próprio autor.

3.3.2.3 Equipamentos

Nesta página é exibida uma lista de todos os equipamentos registrados no SICEM, como é possível visualizar na Figura 3.10. É possível classificar os equipamentos de acordo com os locais clicando no botão Adicionar Filtro. Na Figura 3.11 foi adicionado o filtro Blocos, como exemplo.

Figura 3.10 - Página Equipamentos

Adicionar Filtro ▾

Tombamento	Tipo	Categoria	Fabricante	Ambiente	Bloco	Departamento	Centro	Campus
7	Extintor	Combate a Incêndio	59471	Centro Nacional de Processamento de Alto Desempenho (CENAPAD)	Bloco 901	Centro Nacional de Processamento de Alto Desempenho (CENAPAD)	Centro de Ciências	Campus do Pici
352497	Extintor	Combate a Incêndio	15603	Ambiente Geral	Bloco 906	Departamento de Biologia	Centro de Ciências	Campus do Pici
352421	Extintor	Combate a Incêndio	15234	Ambiente Geral	Bloco 906	Departamento de Biologia	Centro de Ciências	Campus do Pici
8	Extintor	Combate a Incêndio	49027	Centro Nacional de Processamento de Alto Desempenho (CENAPAD)	Bloco 901	Centro Nacional de Processamento de Alto Desempenho (CENAPAD)	Centro de Ciências	Campus do Pici
352298	Extintor	Combate a Incêndio	15244	Ambiente Geral	Bloco 906	Departamento de Biologia	Centro de Ciências	Campus do Pici
9	Extintor	Combate a Incêndio	18557	Ambiente Geral	Bloco 902	Administração do CC	Centro de Ciências	Campus do Pici

Fonte: o próprio autor.

Figura 3.11 - Página Equipamentos com filtro blocos

Adicionar Filtro ▾

× Bloco igual Bloco 717 Limpar Filtros

Tombamento	Tipo	Categoria	Fabricante	Ambiente	Bloco	Departamento	Centro	Campus
352500	Extintor	Combate a Incêndio	14975	Laboratório de Modelagem da Informação (LMI)	Bloco 717	Unidade Didática do CT	Centro de Tecnologia	Campus do Pici
352287	Extintor	Combate a Incêndio	15093	Laboratório de Geomática Aplicada (LAG)	Bloco 717	Unidade Didática do CT	Centro de Tecnologia	Campus do Pici

« 1 »

Fonte: o próprio autor.

Ao estar logado, no campo Minha Conta a opção Administração exibe um outro Menu com opções diferentes, que pode ser visualizado na Figura 3.12.

Figura 3.12 - Menu do SICEM Administração



Fonte: o próprio autor.

3.3.3 Cadastro de entidades

O cadastro das entidades descritas é feito através dos botões do Menu Administração.

O campo “Consumo” ainda encontra-se indisponível e, portanto, não será citado neste estudo.

As entidades/classes “Instituição”, “Campi”, “Centros”, “Departamentos” e “Blocos” podem ser acessadas no botão “Locais”. Ao clicar em uma destas, é exibida a lista de itens cadastrados, os quais podem ser visualizados ou alterados, além de ser possível acessar o formulário de cadastramento de novos itens. Da mesma forma, o botão “Ambientes” dá acesso a classe “Ambientes” e às subclasses “Ambiente Interno”, “Ambiente Externo”, “Subestações Abridadas” e “Subestações Aéreas”; o botão “Equipamentos”, exibido na Figura 3.13, dá acesso à classe “Equipamento” e às subclasses “Extintor” e “Condicionador de ar”; e o botão “Manutenções” dá acesso à classe “Manutenção”.

A Figura 3.14 mostra a listagem dos itens atualmente cadastrados na classe Equipamento e a Figura 3.15 apresenta um exemplo do formulário de cadastro de um novo item da classe Equipamento, subclasse Extintor.

Figura 3.13 - Botão Equipamentos do Menu Administração



Fonte: o próprio autor.

Figura 3.14 - Exemplo de listagem de itens pertencentes à classe Equipamento

Equipamentos

Listar (608) Criar Exportar Adicionar Filtro Com selecionado Pesquisar

<input type="checkbox"/>		Tombamento	Tipo	Categoria	Fabricante	Ambiente	Bloco	Departamento	Centro	Campus	Em Uso	Em Manutenção
<input type="checkbox"/>	  	1	Extintor	Combate a Incêndio	1034	Sala Cofre	Bloco 901	Secretaria de Tecnologia da Informação (STI)	Centro de Ciências	Campus do Pici	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	  	2	Extintor	Combate a Incêndio	210156	Sala Cofre	Bloco 901	Secretaria de Tecnologia da Informação (STI)	Centro de Ciências	Campus do Pici	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	  	3	Extintor	Combate a Incêndio	78840	Sala Cofre	Bloco 901	Secretaria de Tecnologia da Informação (STI)	Centro de Ciências	Campus do Pici	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	  	4	Extintor	Combate a Incêndio	7706	STI	Bloco 901	Secretaria de Tecnologia da Informação (STI)	Centro de Ciências	Campus do Pici	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: o próprio autor.

Figura 3.15 - Exemplo de formulário de cadastro de item da classe Equipamento, subclasse Extintor

Extintores

Listar Criar

Tombamento

Classificação *

Carga Nominal (kg)

Fabricante

Ambiente

Intervalo de Manutenção (Meses) *

Em Uso

Informações Adicionais

Salvar Cancelar

Fonte: o próprio autor.

3.3.3.1 Entidades com cadastramento georreferenciado

Como pode ser verificado na Figura 3.5 - Diagrama Relacional do banco de dados, algumas entidades possuem os atributos “Localização” ou “Mapeamento”. Esses atributos implicam que cada elemento da classe possui um georreferenciamento de acordo com a forma que o representa. Esse campo é preenchido por formas geométricas como ponto, linha e polígono definidas na declaração no código-fonte da classe por coordenadas geográficas através

da biblioteca Python `geoalchemy2.types`. O cadastramento desses atributos é feito no formulário de criação da entidade através de um mapa interativo que permite desenhar as formas geométricas. Esse mapa interativo é carregado no navegador do usuário através da biblioteca Leaflet em JavaScript, a qual suporta o cadastro de diversas formas geométricas, como pontos, linhas, círculos e polígonos.

Em Código 1, um trecho da declaração da classe `Centro`, é definida para essa entidade a geometria `MULTIPOLYGON`, que representa um conjunto de polígonos.

Código 1 - Declaração da classe `Centro`

```
1 class Centro(db.Model):
2     .
3     .
4     .
5     # Mapeamento do centro (seleção da área no mapa)
6     mapeamento = db.Column(Geometry("MULTIPOLYGON"), unique=True)
7     .
8     .
9     .
```

Fonte:(DRUMOND & DOUGLAS, 2017a)

Na página do formulário de cadastramento do item `Centro` é possível desenhar a mão livre o contorno do local sobre o mapa, como mostrado na Figura 3.16.

Figura 3.16 - Formulário de cadastro de Centro

Centros

Listar Criar

Nome *

Campus

Campus do Pici

Mapeamento

Fonte: o próprio autor.

Na Figura 3.17 é mostrada a listagem dos itens atualmente cadastrados como Centros. Para cada elemento cadastrado nesta entidade é possível visualizar o detalhe de mapeamento.

Figura 3.17 - Listagem de Centros cadastrados no SICEM

Centros

Listar (7) Criar Exportar Adicionar Filtro Com selecionado

Pesquisar

<input type="checkbox"/>		Nome	Campus	Mapeamento
<input type="checkbox"/>	 	Administração do Campus	Campus do Pici	
<input type="checkbox"/>	 	Centro de Ciências	Campus do Pici	
<input type="checkbox"/>	 	Centro de Ciências Agrárias	Campus do Pici	

Fonte: o próprio autor.

3.4 Considerações Finais

A ferramenta SICEM é uma aplicação web modular para gerenciamento de ativos a partir do georreferenciamento de equipamentos pertencentes à Universidade Federal do Ceará. Os capítulos a seguir descrevem a metodologia implementada e os resultados obtidos com a expansão da aplicação SICEM proposta por este trabalho.

4 METODOLOGIA UTILIZADA NA EXPANSÃO DA PLATAFORMA PARA O GERENCIAMENTO DE ATIVOS

4.1 Introdução

Baseando-se nas tecnologias apresentadas nos capítulos anteriores, como a aplicação web SICEM e os Sistemas de Informações Geográficos, este trabalho buscou desenvolver uma ferramenta livre e de código aberto que permita o cadastro de equipamentos de uma rede elétrica de distribuição em média tensão com o objetivo de fornecer ferramentas de auxílio para a equipe de operação e manutenção.

Neste capítulo são descritas as novas classes propostas e implementadas e seus respectivos atributos.

4.2 Modificação da plataforma SICEM

A metodologia utilizada neste trabalho consistiu em modificar a aplicação SICEM, desenvolvida inicialmente pela UFC Infra, a fim de permitir o cadastro dos principais componentes de uma rede de média tensão. Esse procedimento implica na adição de novas funcionalidades a uma ferramenta com bastante potencial, valorizando os trabalhos desenvolvidos dentro da própria universidade.

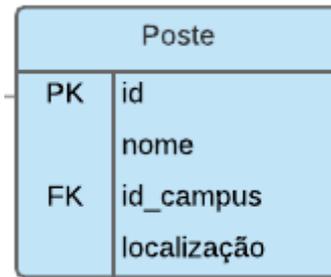
O código base do SICEM foi modificado criando cinco novas subclasses de equipamentos: transformador aéreo, transformador abrigado, chave fusível, chave seccionadora e religador. Foram criadas também duas novas classes: poste e cabeamento MT.

Também foi realizada a compatibilização dos outros setores da aplicação para possibilitar a interação com as novas entidades criadas como os formulários de criação e modificação e as camadas das layers da página Mapa. Cada uma das novas entidades é descrita nos itens a seguir.

4.2.1 Poste

Para facilitar a localização dos equipamentos existentes, bem como para definir o encaminho da rede de MT, é necessário que estes estejam associados à estruturas de suporte, que são os postes de concreto. Criou-se a tabela Poste no banco de dados para representar estas estruturas físicas. Os atributos utilizados para a representação da estrutura poste são mostrados na Figura 4.1.

Figura 4.1 – Definição da classe “Poste”



Fonte: o próprio autor

Como já foi discutido no Capítulo 3, a aplicação em questão foi desenvolvida para comunicação com um banco de dados, no qual serão armazenados os dados cadastrados e posteriormente solicitados pelo usuário. A criação da tabela Poste implica na definição de uma nova entidade que contém os seguintes atributos:

- Id: a chave única que identificará cada novo item integrante da entidade;
- Nome: uma nomenclatura que o identifique (por exemplo P-01, P-02...);
- Id_campus: é uma referência ao campus ao qual a estrutura pertence. Este atributo estabelece uma relação entre as entidades Poste e Campus. Ressalta-se que a relação é do tipo muitos para um, ou seja, muitos postes pertencem a um mesmo Campus;
- Localização: é o georreferenciamento da entidade o qual é tipo ponto composto de latitude e longitude.

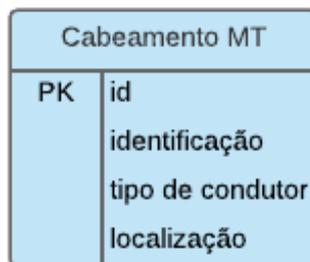
Na declaração da entidade há ainda uma menção às entidades que terão seus id relacionados à classe Poste. Essas linhas implementadas tem como objetivo permitir que seja visualizada uma lista dos itens de cada entidade mencionada que estão relacionados a cada item integrante da classe Poste.

O trecho de código inserido no código fonte da aplicação que declara esta classe pode ser consultado no Anexo A deste trabalho.

4.2.2 Cabeamento MT

Para ser possível a visualização dos encaminhamentos que compõe a malha de uma rede elétrica é necessária uma entidade que represente os condutores integrantes que fazem parte da mesma. Criou-se a classe Cabeamento MT cujos atributos são apresentados na Figura 4.2.

Figura 4.2 - Definição da classe “Cabeamento MT”



Fonte: o próprio autor

A entidade Cabeamento MT possui os seguintes atributos:

- Id: a chave única para cada trecho cadastrado;
- Identificação: nomenclatura para cada trecho;
- Tipo de condutor: o tipo de condutor utilizado naquele trecho. Sugere-se que seja utilizado o padrão AWG, de forma a descrever completamente os condutores;
- Localização: georreferenciamento da entidade do tipo linha, a qual é formada por um vetor de pontos com latitude e longitude.

Pode ser verificado que esta entidade não possui relacionamento com nenhuma outra, em contraste com as demais. Optou-se por essa abordagem visto que os condutores pode acabar atravessando a fronteira entre diferentes redes, sendo inclusive difícil de relacionar um trecho destes com certo equipamento.

O trecho de código inserido no código fonte da aplicação que declara esta classe pode ser consultado no Anexo A deste trabalho.

4.2.3 Subclasses de Equipamento

Há na estrutura da aplicação SICEM uma entidade denominada Equipamento, que possui os seguintes atributos:

- Id: a chave de identificação única na tabela que representa a entidade;
- Tobamento: o número da etiqueta de divisão do patrimônio da universidade;
- Id_ambiente: referência a um dos itens da entidade Ambiente, a qual possui as subclasses Ambiente Interno, Ambiente Externo, Subestação Aérea e Subestação Abrigada;
- Categoria do Equipamento: classificação do equipamento (elétrico, combate a incêndio, etc);

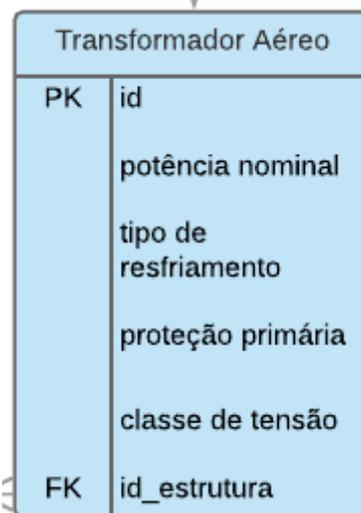
- Tipo de Equipamento: tipo do equipamento (extintor, condicionador de ar, etc);
- Fabricante: fabricante ou marca do equipamento;
- Intervalo de manutenção: intervalo de meses a ser obedecido para manutenções preventivas;
- Próxima manutenção: data da próxima manutenção calculada com base na última manutenção e no intervalo de manutenções;
- Informação adicional: informações adicionais sobre o equipamento;
- Em uso: indicador se o equipamento está em uso;
- Em manutenção: indicador se o equipamento está em manutenção;
- Início da manutenção: data da manutenção atual aberta.

Esta classe funciona como uma classe generalista tendo, portanto, subclasses que derivam dela. As subclasses herdam os atributos da classe da qual derivam. As novas subclasses de Equipamento criadas no presente trabalho são apresentadas a seguir.

4.2.3.1 Transformador Aéreo

Esta subclasse representa os transformadores instalados nos postes da rede elétrica de MT. Os atributos desta nova subclasse são apresentados na Figura 4.3.

Figura 4.3 - Definição da subclasse “Transformador Aéreo”



Fonte: o próprio autor

Além dos atributos herdados da entidade Equipamento, os seguintes também fazem parte da definição desta entidade:

- Id: chave de identificação única na tabela de transformadores aéreos;
- Potência nominal: a potência do transformador;

- Tipo de resfriamento: o tipo de resfriamento utilizado (a óleo, a ar, etc);
- Proteção primária: tipo de proteção primária (chave fusível, disjuntor, etc);
- Classe de tensão: nível de tensão do equipamento;
- Id_estrutura: referência à um item da entidade Poste.

O cadastro de um item nesta entidade já preenche os atributos Tipo de Equipamento e Categoria de Equipamento, os quais são herdados da entidade Equipamento.

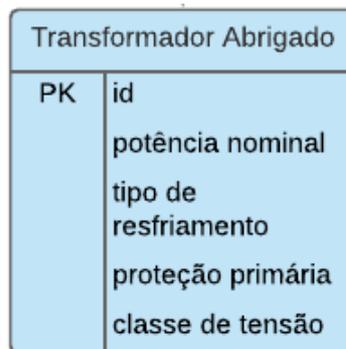
A estrutura da aplicação foi idealizada para que essa entidade tenha seu atributo id_ambiente relacionado ao tipo Subestação Aérea. No entanto, isso não é amarrado no código.

O trecho de código inserido no código fonte da aplicação que declara esta classe pode ser consultado no Anexo A deste trabalho.

4.2.3.2 Transformador Abrigado

Esta entidade representa os transformadores instalados em estruturas abrigadas e seus atributos são apresentados na Figura 4.4.

Figura 4.4 - Definição da subclasse “Transformador Abrigado”



Fonte: o próprio autor

Os atributos desta entidade são equivalentes aos da entidade Transformador Aéreo, a exceção da referência à uma estrutura: id_estrutura. Também é observado aqui o preenchimento dos atributos derivados Tipo de Equipamento e Categoria de Equipamento.

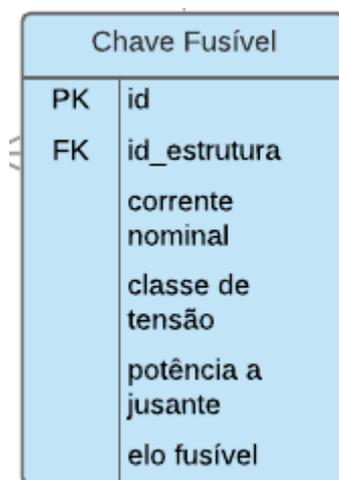
Neste caso, a estrutura da aplicação foi idealizada para que essa entidade tenha seu atributo id_ambiente relacionado ao tipo Subestação Abrigada.

O trecho de código inserido no código fonte da aplicação que declara esta classe pode ser consultado no Anexo A deste trabalho.

4.2.3.3 Chave Fusível

Essa entidade representa as chaves do tipo fusível, geralmente utilizadas em derivações na rede de média. Os atributos que definem a entidade Chave Fusível são apresentados na Figura 4.5.

Figura 4.5 - Definição da subclasse “Chave Fusível”



Fonte: o próprio autor

Além dos atributos derivados da entidade Equipamento, os seguintes atributos compõem a descrição desta entidade:

- Id: a chave única que referencia cada item na tabela Chave Fusível;
- Id_estrutura: referência à entidade Poste;
- Corrente nominal: a corrente nominal da corrente;
- Classe de tensão: nível de tensão do equipamento;
- Potência a jusante: potência de transformação instalada a jusante da chave;
- Elo fusível: elo fusível da chave.

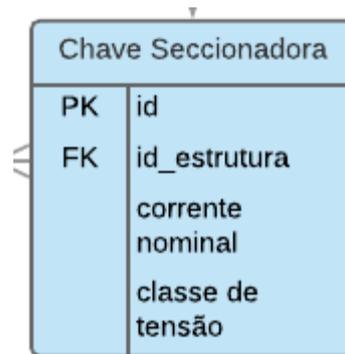
A criação de um item na tabela desta entidade preenche os atributos Tipo de Equipamento e Categoria do Equipamento.

O trecho de código inserido no código fonte da aplicação que declara esta classe pode ser consultado no Anexo A deste trabalho.

4.2.3.4 Chave Seccionadora

Esta entidade representa as chaves do tipo seccionadoras que são geralmente instaladas em locais estratégicos para fins de manobra da rede. Os atributos desta entidade são apresentados na Figura 4.6.

Figura 4.6 - Definição da subclasse “Chave Seccionadora”



Fonte: o próprio autor

Além dos atributos derivados da entidade Equipamento, os seguintes atributos compõem a descrição desta entidade:

- Id: a chave única que referencia cada item na tabela Chave Fusível;
- Id_estrutura: referência à entidade Poste;
- Corrente nominal: a corrente nominal da corrente;
- Classe de tensão: nível de tensão do equipamento.

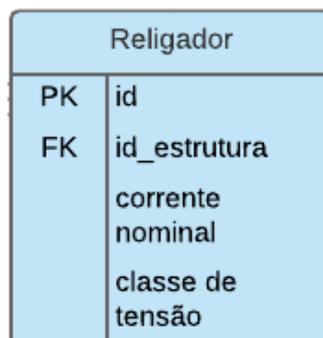
Na criação de um item integrante desta subclasse é feito o preenchimento dos atributos Tipo de Equipamento e Categoria do Equipamento.

O trecho de código inserido no código fonte da aplicação que declara esta classe pode ser consultado no Anexo A deste trabalho.

4.2.3.5 Religador

Esta entidade representa os equipamentos religadores, geralmente instalados em locais estratégicos da rede a fim de garantir a continuidade mediante faltas de caráter passageiro. Os atributos que o definem são apresentados na Figura 4.7.

Figura 4.7 - Definição da subclasse “Religador”



Fonte: o próprio autor

Além dos atributos derivados da entidade Equipamento, os seguintes atributos compõem a descrição desta entidade:

- Id: a chave única que referencia cada item na tabela Chave Fusível;
- Id_estrutura: referência à entidade Poste;
- Corrente nominal: a corrente nominal da corrente;
- Classe de tensão: nível de tensão do equipamento.

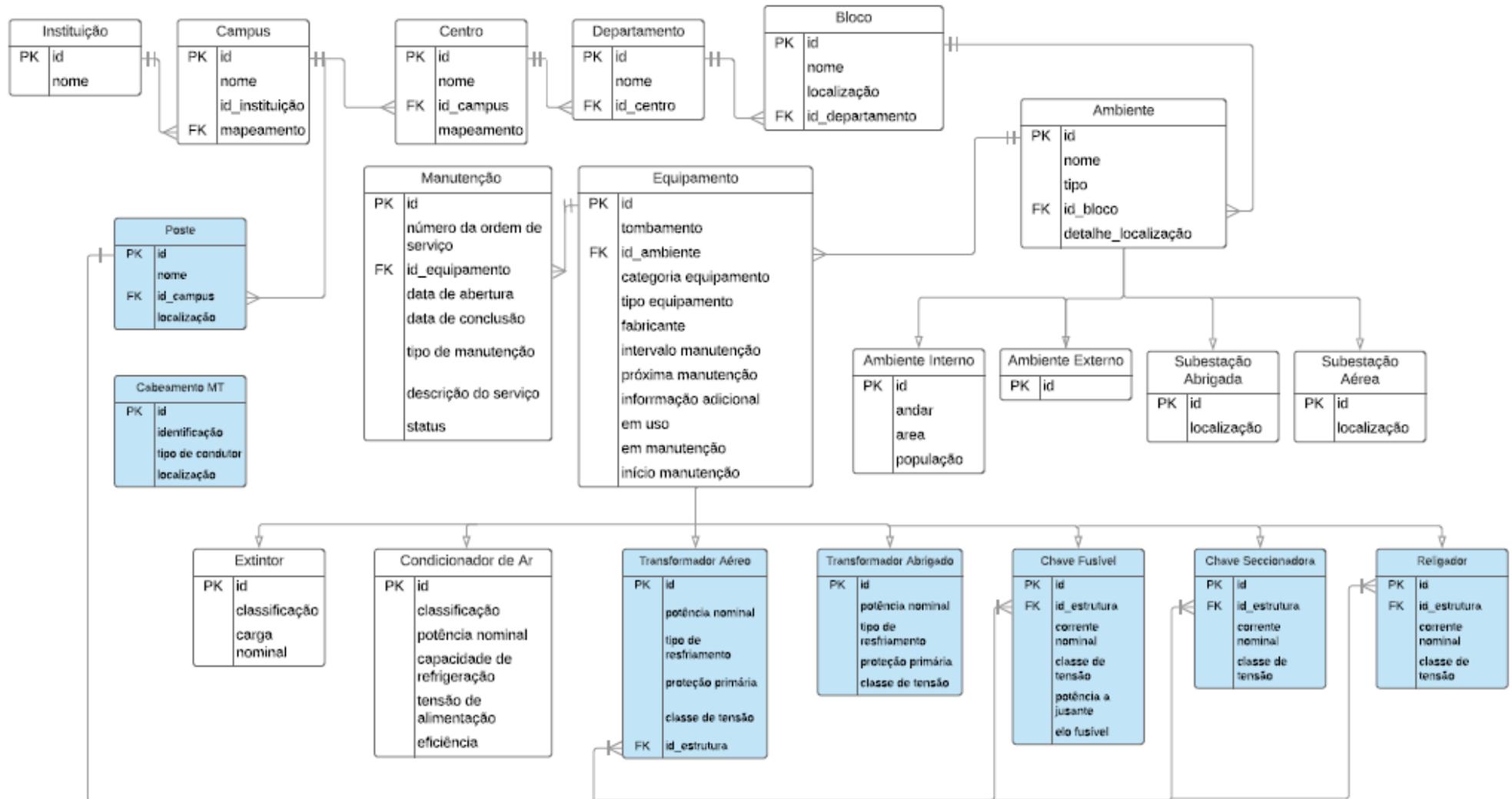
A criação de um item membro da tabela desta entidade preenche os atributos Tipo de Equipamento e Categoria do Equipamento.

O trecho de código inserido no código fonte da aplicação que declara esta classe pode ser consultado no Anexo A deste trabalho.

4.3 Estrutura modificada do Banco de Dados

Após as modificações descritas, a estruturação do banco de dados pode ser representada pelo Diagrama Entidade Relacional a seguir.

Figura 4.8 – Novo Diagrama Entidade-Relacional da aplicação após modificações



Fonte: o próprio autor, feito em (LUCID SOFTWARE INC., 2018).

4.4 Inserção dos dados da rede de média tensão do Campus do Pici

Como descrito no Capítulo 2, foi feita a compatibilização dos dados de equipamentos e estruturas existentes em Oliveira (2012) e Neto (2015).

Esses dados foram cadastrados na aplicação SICEM após as modificações como caso de estudo, tomando-se o cuidado de estabelecer as relações necessárias. Foram inseridos, primeiramente, os locais relevantes, como Instituição e Campus. Posteriormente, foram cadastradas as estruturas existentes no Campus do Pici e o cabeamento. Por fim, os equipamentos da rede foram inseridos no banco de dados e as relações estabelecidas.

4.5 Considerações Finais

As alterações feitas na aplicação SICEM a tornaram apta a gerenciar os ativos de redes elétricas de distribuição em média tensão, em particular da rede MT do Campus do Pici, a qual foi cadastrada como estudo de caso deste trabalho. O capítulo a seguir apresenta os resultados das modificações realizadas no SICEM bem como do banco de dados relacional da rede do Campus do Pici.

5 IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS DA EXPANSÃO DA PLATAFORMA PARA O GERENCIAMENTO DE ATIVOS

5.1 Introdução

Neste capítulo será exposto o produto final das atualizações na aplicação web SICEM e cadastro da rede de média tensão do Campus do Pici.

5.2 Formulários de criação das novas entidades

Na Figura 5.1 é exibida a barra do menu Administração da aplicação após as atualizações realizadas. Foi adicionado um novo botão “Rede”. Neste botão estão agrupadas as novas entidades Postes e Cabeamento MT, como mostrado na Figura 5.2. Já no botão “Equipamentos”, Figura 5.3, estão agrupadas as novas subclasses Transformador Aéreo, Transformador Abrigado, Chave Seccionadora, Chave Fusível e Religador.

Figura 5.1 – Barra de menu da aplicação SICEM



Fonte: o próprio autor

Figura 5.2 – Botão Rede



Fonte: o próprio autor

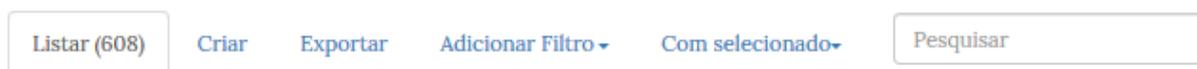
Figura 5.3 – Botão Equipamentos



Fonte: o próprio autor

Para cada uma das entidades citadas é aberto um menu como o exibido na Figura 5.4. Neste menu estão as opções: listar, que exibe uma lista de todos os itens cadastrados naquela entidade; criar, que abre o formulário de cadastramento de um novo item; exportar, que gera um arquivo do tipo csv com todos os itens cadastrados e seus respectivos atributos; adicionar filtro, que ordena os itens cadastrados por um de seus atributos; e com selecionado, que fornece a opção de excluir os itens selecionados.

Figura 5.4 – Menu de cada entidade



Fonte: o próprio autor

Da Figura 5.5 à Figura 5.11 são apresentados os formulários de criação das novas entidades da aplicação.

5.2.1 Rede

A entidade Poste possui o atributo Identificação, campo que pode ser preenchido com o tombamento da estrutura, por exemplo. O atributo Mapeamento é preenchido com o posicionamento de um marcador sobre um mapa interativo, como pode ser visualizado na Figura 5.5. No campo Campus é possível escolher entre os itens desta entidade cadastrados no sistema.

Figura 5.5 - Formulário de cadastramento da entidade Poste

Postes

Listar Criar

Identificação *

Campus

Mapeamento



Leaflet | Map data © OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA, Imagery © Mapbox

Salvar Cancelar

Fonte: o próprio autor

A entidade cabeamento possui o atributo Tipo de Condutor cujo campo exibe uma lista de cabos no padrão AWG. O atributo Mapeamento desta entidade é preenchida com o traçado de uma linha de vários pontos sobre um mapa interativo, como visualizado na Figura 5.6. Há também o atributo Identificação no formulário desta entidade.

Figura 5.6 – Formulário de cadastramento da entidade Cabeamento MT

Cabeamento MT

Listar Criar

Identificação *

Tipo de condutor * 4/0 6/1 ACSR

Mapeamento



Salvar Cancelar

Fonte: o próprio autor

5.2.2 Equipamentos

Os formulários para o cadastro de equipamentos da rede herdam os atributos da classe Equipamento além de possuírem seus atributos próprios.

Na Figura 5.7 é visualizado o formulário da entidade Transformador Aéreo. Além dos atributos herdados da classe Equipamento, esta entidade possui também os atributos Potência Nominal, Tipo de Resfriamento, Tipo de proteção Primária e Classe de Tensão. Há ainda o campo Poste, no qual é exibido uma lista dos itens cadastrados na entidade Poste, relacionando cada transformador aéreo à uma estrutura de concreto.

Figura 5.7 - Formulário de cadastramento da entidade Transformador Aéreo

Transformadores Aéreos

Listar Criar

Tombamento	<input type="text" value="123"/>
Poste	<input type="text" value="P-04 [Campus do Pici]"/>
Potência Nominal (kVA)	<input type="text" value="100"/>
Tipo de Resfriamento *	<input type="text" value="a Óleo"/>
Tipo de Proteção Primária *	<input type="text" value="Elo Fusível"/>
Classe de Tensão (kV)	<input type="text" value="15"/>
Fabricante	<input type="text" value="WEG"/>
Intervalo de Manutenção (Meses) *	<input type="text" value="3"/>
Em Uso	<input checked="" type="checkbox"/>
Informações Adicionais	<input type="text" value="*TESTE*"/>

Salvar Cancelar

Fonte: o próprio autor

Na Figura 5.8 podem ser verificados os atributos específicos da entidade Transformador Abrigado que são: Potência Nominal, Tipo de Resfriamento, Tipo de Proteção Primária e Classe de Tensão. Neste caso, o elemento de georreferenciamento é o preenchimento do campo Ambiente, no qual são exibidos apenas os itens cadastrados na entidade Subestações Abrigadas listados.

Figura 5.8 - Formulário de cadastramento da entidade Transformador Abrigado

Transformadores Abrigado

Listar Criar

Tombamento	123
Potência Nominal (kVA)	100
Tipo de Resfriamento *	a Óleo
Tipo de Proteção Primária *	Disjuntor
Classe de Tensão (kV)	15
Fabricante	WEG
Ambiente	SE-05 [Campus do Pici]
Intervalo de Manutenção (Meses) *	3
Em Uso	<input checked="" type="checkbox"/>
Informações Adicionais	*TESTE*

Salvar Cancelar

Fonte: o próprio autor

Para a entidade Chave Seccionadora os atributos específicos são Corrente Nominal e Classe de Tensão, como pode ser visto na Figura 5.9. O georreferenciamento é feito através da associação à um item da entidade Poste.

Figura 5.9 - Formulário de cadastramento da entidade Chave Seccionadora

Chaves Seccionadoras

Listar Criar

Tombamento	123
Poste	P-115 [Campus do Pici]
Corrente Nominal (A)	100
Classe de Tensão (kV)	15
Fabricante	WEG
Intervalo de Manutenção (Meses) *	4
Em Uso	<input checked="" type="checkbox"/>
Informações Adicionais	*TESTE*

Salvar Cancelar

Fonte: o próprio autor

Para a entidade Chave Fusível específicos são Corrente Nominal, Classe de Tensão, Potência a Jusante e Elo Fusível, como pode ser visto na Figura 5.10. O georreferenciamento é feito através da associação à um item da entidade Poste.

Figura 5.10 - Formulário de cadastramento da entidade Chave Fusível

Chaves Fusíveis

Listar Criar

Tombamento	<input type="text" value="123"/>
Poste	<input type="text" value="P-01 [Campus do Pici]"/>
Corrente Nominal (A)	<input type="text" value="100"/>
Classe de Tensão (kV)	<input type="text" value="15"/>
Potência a Jusante (kVA)	<input type="text" value="500"/>
Elo Fusível	<input type="text" value="10K"/>
Fabricante	<input type="text" value="WEG"/>
Intervalo de Manutenção (Meses) *	<input type="text" value="4"/>
Em Uso	<input checked="" type="checkbox"/>
Informações Adicionais	<input type="text" value="*TESTE*"/>

Salvar Cancelar

Fonte: o próprio autor

Para a entidade Religador os atributos específicos são Corrente Nominal e Classe de Tensão, como pode ser visto na Figura 5.11. O georreferenciamento é feito através da associação à um item da entidade Poste.

Figura 5.11 - Formulário de cadastramento da entidade Religador

Religador

Listar Criar

Tombamento

Poste

Corrente Nominal (A)

Classe de Tensão (kV)

Fabricante

Intervalo de Manutenção (Meses)

Em Uso

Informações Adicionais

Salvar Cancelar

Fonte: o próprio autor

5.3 Cadastramento dos dados da Rede do Campus do Pici

Foram cadastrados os dados da rede do Campus. Inicialmente cadastrou-se a Instituição, Figura 5.12, e o Campus em questão, Figura 5.13. Estas informações serão posteriormente utilizadas pelas novas entidades para localizar e agregar equipamentos e/ou manutenções.

Figura 5.12 – Instituição cadastrada

Instituições

Listar Criar Editar Detalhes

Filtro

Nome	Universidade Federal do Ceará
Campi	<input type="text" value="Campus do Pici"/>

Fonte: o próprio autor

Figura 5.13 – Campi cadastrado

Campi

Listar Criar Editar Detalhes

Filtro

Nome	Campus do Pici
Instituição	Universidade Federal do Ceará
Mapeamento	
Centros	Subestações Campus do Pici

Fonte: o próprio autor

Foram então cadastradas as entidades integrantes do agrupamento Rede: Poste e Cabeamento MT. A Figura 5.14 e a Figura 5.15 apresentam as listagens dos itens cadastrados nessas classes.

Figura 5.14 – Listagem dos Postes

Postes

Listar (263) Criar Exportar Adicionar Filtro Com selecionado Pesquisar

<input type="checkbox"/>		Identificação	Campus	Localização
<input type="checkbox"/>	  	P-01	Campus do Pici	
<input type="checkbox"/>	  	P-02	Campus do Pici	
<input type="checkbox"/>	  	P-03	Campus do Pici	
<input type="checkbox"/>	  	P-04	Campus do Pici	
<input type="checkbox"/>	  	P-05	Campus do Pici	
<input type="checkbox"/>	  	P-06	Campus do Pici	
<input type="checkbox"/>	  	P-07	Campus do Pici	

Fonte: o próprio autor

Figura 5.15 – Listagem do Cabeamento MT

Cabeamento MT

Listar (265) Criar Exportar Com selecionado Pesquisar

<input type="checkbox"/>		Identificação	Tipo de Condutor	Mapamento
<input type="checkbox"/>	  	EL_01	Cobre	
<input type="checkbox"/>	  	EL_02	Cobre	
<input type="checkbox"/>	  	EL_03	Cobre	
<input type="checkbox"/>	  	EL_04	Cobre	
<input type="checkbox"/>	  	EL_05	Cobre	
<input type="checkbox"/>	  	EL_06	Cobre	

Fonte: o próprio autor

Posteriormente, foram inseridos os equipamentos da rede de média tensão do Campus do Pici: Transformador Aéreo, Transformador Abrigado, Chave Seccionadora, Chave Fusível

e Religador. Da Figura 5.16 a Figura 5.20 é exibida a listagens de tais itens disponível na aplicação.

Figura 5.16 – Listagem dos Transformadores Aéreos

Transformadores Aéreos

<input type="text" value="Pesquisar"/>											
<input type="button" value="Listar (68)"/> <input type="button" value="Criar"/> <input type="button" value="Exportar"/> <input type="button" value="Adicionar Filtro"/> <input type="button" value="Com selecionado"/>											
<input type="checkbox"/>		Tombamento	Estrutura	Ambiente	Potência Nominal (kVA)	Tipo de Resfriamento	Proteção Primária	Classe de Tensão (kV)	Proxima Manutenção	Em Uso	Em Manutenção
<input type="checkbox"/>			P-170	SE-03	75,00		Chave Fusível	15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			P-171	SE-04	225,00		Chave Fusível	15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			P-172	SE-05	150,00		Chave Fusível	15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			P-173	SE-06	225,00		Chave Fusível	15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			P-174	SE-07	225,00		Chave Fusível	15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			P-175	SE-08	150,00		Chave Fusível	15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			P-176	SE-09	75,00		Chave Fusível	15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			P-177	SE-10	225,00		Chave	15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: o próprio autor

Figura 5.17 - – Listagem dos Transformadores Abrigados

Transformadores Abrigado

<input type="text" value="Pesquisar"/>													
<input type="button" value="Listar (14)"/> <input type="button" value="Criar"/> <input type="button" value="Exportar"/> <input type="button" value="Adicionar Filtro"/> <input type="button" value="Com selecionado"/>													
<input type="checkbox"/>		Tombamento	Potência Nominal (kVA)	Tipo de Resfriamento	Proteção Primária	Classe de Tensão (kV)	Ambiente	Bloco	Departamento	Centro	Campus	Proxima Manutenção	Em Uso
<input type="checkbox"/>			300,00			15,00	SE-02	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Campus do Pici		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			300,00			15,00	SE-02	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Campus do Pici		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			225,00			15,00	SE-20	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Campus do Pici		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			225,00			15,00	SE-20	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Campus do Pici		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			225,00			15,00	SE-21	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Campus do Pici		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			112,50			15,00	SE-21	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Campus		<input checked="" type="checkbox"/>

Fonte: o próprio autor

Figura 5.18 - Listagem das Chaves Scccionadoras

Chaves Seccionadoras

Listar (10)		Criar	Exportar	Adicionar Filtro	Com selecionado	Pesquisar				
<input type="checkbox"/>				Tombamento	Estrutura	Corrente Nominal (A)	Classe de Tensão (kV)	Próxima Manutenção	Em Uso	Em Manutenção
<input type="checkbox"/>					P-23		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-30		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-44		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-50		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-89		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-93		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-115		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-123		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-125		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: o próprio autor

Figura 5.19 - Listagem das Chaves Fusíveis

Chaves Fusíveis

Listar (47)		Criar	Exportar	Adicionar Filtro	Com selecionado	Pesquisar						
<input type="checkbox"/>				Tombamento	Estrutura	Corrente Nominal (A)	Classe de Tensão (kV)	Potência a jusante (kVA)	Elo Fusível	Próxima Manutenção	Em Uso	Em Manutenção
<input type="checkbox"/>					P-26		15,00	600,00	20K		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-28		15,00	112,50	10K		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-29		15,00	75,00	8K		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-31		15,00	75,00	8K		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-32		15,00	1.050,00	40K		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-33		15,00	300,00	25K		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-34		15,00	150,00	12K		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-46		15,00	450,00	15K		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>					P-48		15,00	225,00	15K		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: o próprio autor

Figura 5.20 - Listagem dos Religadores

Religador

Listar (6) Criar Exportar Adicionar Filtro Com selecionado Pesquisar

<input type="checkbox"/>		Tombamento	Estrutura	Corrente Nominal (A)	Classe de Tensão (kV)	Proxima Manutenção	Em Uso	Em Manutenção
<input type="checkbox"/>			P-262		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			P-110		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			P-93		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			P-263		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			P-76		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>			P-110		15,00		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: o próprio autor

5.4 Mapa Interativo

Como discutido no Capítulo 2 deste trabalho, a aplicação SICEM já possui em uma de suas páginas principais um mapa interativo que permite visualizar as entidades cadastradas em camadas definidas por suas classes.

A Figura 5.21 apresenta a camada Campi, a qual corresponde a seleção do Campus do Pici previamente cadastrado.

Figura 5.21 – Camada “Campi” do mapa interativo

Mapa

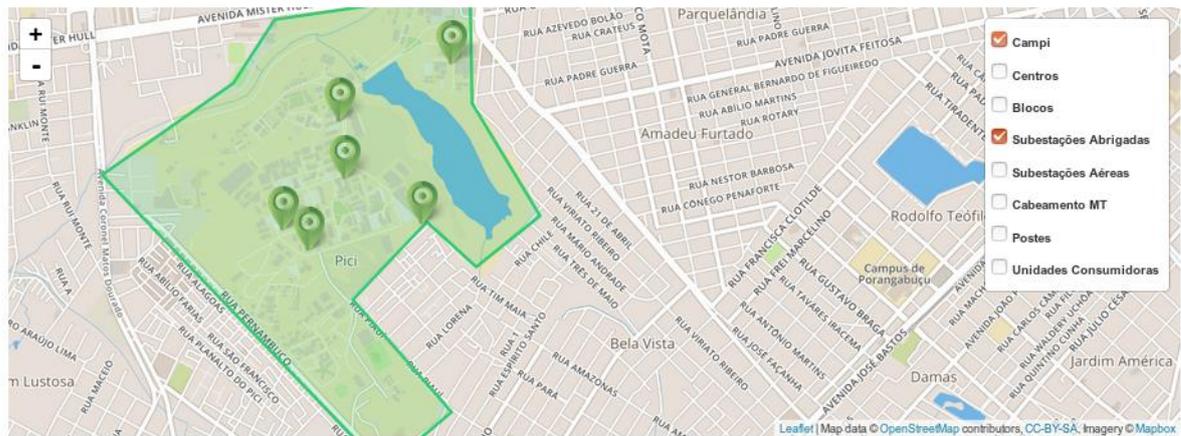


Fonte: o próprio autor

A Figura 5.22 e a Figura 5.23 exibem as camadas das subestações abrigadas e aéreas cadastradas na aplicação.

Figura 5.22 – Camada “Subestações Abrigadas”

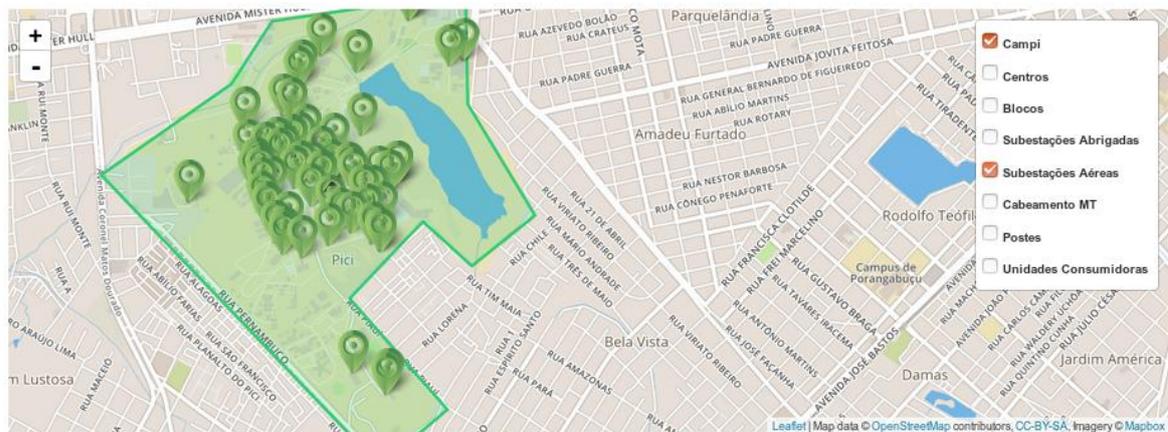
Mapa



Fonte: o próprio autor

Figura 5.23 – Camada “Subestações Aéreas”

Mapa



Fonte: o próprio autor

Por fim, na Figura 5.24 e na Figura 5.25 são apresentadas as camadas Cabeamento MT e Poste, componentes da rede.

Figura 5.26 - Exemplo de cadastro de manutenção



Fonte: o próprio autor

No formulário de cadastro de nova manutenção, Figura 5.27, é possível especificar Ordem de Serviço, Data de Abertura, Data de Conclusão (campo que ficará em branco até que a manutenção seja concluída), Tipo de Manutenção, Descrição do Serviço e Status. O campo Equipamento traz uma lista de todos os equipamentos cadastrados no sistema.

Figura 5.27 - Formulário de cadastro de manutenção

Manutenções

Listar Criar Editar Detalhes

Numero da Ordem de Serviço * 12345

Data de Abertura * 17.11.2018

Data de Conclusão

Tipo de Manutenção Preventiva

Equipamento TransformadorAbrigado [SE-37 [Campus do Pici]]

Descrição do Serviço *TESTE*

Status Aberta

Salvar Cancelar

Fonte: o próprio autor

A Data de Abertura, bem como a Data de Conclusão, é escolhida em um calendário que é aberto quando se clica no campo, como é mostrado na Figura 5.28.

Figura 5.28 - Calendário do campos Data de Abertura

The image shows a web form with several fields: 'Data de Abertura *', 'Data de Conclusão', 'Tipo de Manutenção', 'Equipamento', 'Descrição do Serviço', and 'Status'. A calendar pop-up is open over the 'Data de Abertura' field, showing the date 17.11.2018. The calendar is for November 2018, with the 17th highlighted in blue. The calendar grid shows days from 29 to 9.

Fonte: o próprio autor

O Tipo da Manutenção pode ser selecionado entre Preventiva, Corretiva, Troca ou Inicial, como pode ser visualizado na Figura 5.29.

Figura 5.29 - Lista dos Tipos de Manutenção

The image shows a dropdown menu for 'Tipo de Manutenção'. The menu is open, showing a search bar and a list of options: Preventiva, Corretiva, Troca (highlighted in blue), and Inicial. The 'Tipo de Manutenção' label is on the left, and the dropdown is on the right.

Fonte: o próprio autor

Uma vez salvo o preenchimento, a manutenção pode ser verificada no detalhamento do equipamento em questão, como é mostrado na Figura 5.30.

Figura 5.30 - Detalhamento do equipamento em questão

Transformadores Abridado

Listar Criar Editar **Detalhes**

Filtro

Tombamento	
Tipo	TransformadorAbridado
Categoria	Equipamento Elétrico
Potência Nominal (kVA)	300,00
Tipo de Resfriamento	
Proteção Primária	
Classe de Tensão (kV)	15,00
Fabricante	
Ambiente	SE-37
Bloco	Subestações Campus do Pici
Departamento	Subestações Campus do Pici
Centro	Subestações Campus do Pici
Campus	Campus do Pici
Informações Adicionais	
Intervalo de Manutenção	
Próxima Manutenção	
Manutenções	12345 [17.11.2018]
Em Uso	<input checked="" type="checkbox"/>
Em Manutenção	<input checked="" type="checkbox"/>
Início da Manutenção	17.11.2018

Fonte: o próprio autor

A listagem de todas as manutenções cadastradas pode ser visualizada no botão Manutenções da página inicial do sistema, como mostrado na Figura 5.31

Figura 5.31 - Listagem das manutenções cadastradas

Home Mapa Equipamentos **Manutenções** Solicitações Consumo Contato

Controle de Manutenções

Manutenções Abertas **Manutenções Agendadas** Adicionar Filtro Legenda

Ordem de Serviço	Tipo de Manutenção	Tipo de Equipamento	Tombamento	Ambiente	Bloco	Departamento	Centro	Campus	Data de Abertura	
12345	Preventiva	TransformadorAbridado	None	SE-37	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Subestações Campus do Pici	Campus do Pici	17.11.2018	

Fonte: o próprio autor

5.6 Considerações Finais

A nova versão proposta e implementada neste trabalho atende aos objetivos traçados no início do mesmo. O capítulo a seguir resume as considerações finais deste trabalho e propõe trabalhos futuros.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

6.1 Conclusões

Os Sistemas de Informações Geográficas configuram-se como uma poderosa ferramenta no armazenamento e estruturação de informações a ser aplicada no gerenciamento de ativos na área da Engenharia Elétrica. O presente trabalho consistiu na expansão da aplicação web SICEM, que implementa um SIG para equipamentos como condicionadores de ar e extintores, integrado a um banco de dados relacional, e foi idealizada e inicialmente desenvolvida pela Superintendência de Infraestrutura da UFC. O aprimoramento da ferramenta consistiu na criação de novas entidades a fim de permitir o armazenamento georreferenciado de informações da rede elétrica, em particular de média tensão. Como estudo de caso e validação das modificações propostas e implementadas criou-se um banco de dados relacional na aplicação SICEM com os dados da rede interna de média tensão do Campus do Pici.

A estruturação deste trabalho fornece ao leitor uma ideia geral da caracterização dos SIG, do funcionamento da aplicação web SICEM, das atuais características da rede representada do Campus do Pici e da metodologia utilizada para expansão da ferramenta.

Os objetivos iniciais deste trabalho foram atingidos e espera-se que a ferramenta SICEM após a atualização possa ser utilizada pelo setor de infraestrutura da UFC como auxílio nos processos de operação, manutenção e planejamento da rede do campus, buscando sempre melhorar a qualidade do serviço de energia.

6.2 Trabalhos Futuros

A nova versão da aplicação SICEM e o banco de dados com as informações da rede do Campus do Pici abrem caminho para possíveis futuros trabalhos:

- Deve ser feita a compatibilização da versão do SICEM atualmente disponível na web com aquela proposta por este trabalho;
- A aplicação SICEM pode ser expandida para redes de baixa tensão, com a adição, por exemplo, da representação de quadros de distribuição;
- Pode ser feito o levantamento de alguns dados como os tombamentos dos equipamentos, a fim de tornar a documentação da rede o mais detalhada possível;
- Os dados georreferenciados cadastrados de equipamentos e componentes da rede do campus podem ser utilizados em simulações com a finalidade de auxiliar em futuras modificações na mesma.

REFERÊNCIAS

- AGAFONKIN, V. (2017). *Leaflet*. Acesso em 14 de Novembro, 2018, disponível em <<https://leafletjs.com/>>
- ANEEL, A. N. DE E. E. (n.d.). *Geoprocessamento de informações energéticas*. Acesso em 22 de Outubro, 2018, disponível em <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/introducao/1_3.htm>
- ANEEL, A. N. DE E. E. (2008). *Resolução Normativa N° 345*.
- ANEEL, A. N. DE E. E. (2009). *Resolução Normativa N° 395*.
- ANEEL, A. N. DE E. E. (2016). *PRODIST Módulo 10 – Sistema de Informação Geográfica Regulatório*. Disponível em disponível em <http://www.aneel.gov.br/modulo-10>
- BARROS, J. V. C. (2010). *Estudo de Viabilidade Econômica e das Proteções da Subestação de 69-13,8 kV do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará*.
- CALIPER. (n.d.). *GIS Software*. Acesso em 23 de Outubro, 2018, disponível em https://www.caliper.com/maptitude/gis_software/default.htm
- COPPER. (2011). *Gerenciamento de ativos no setor elétrico da América Latina*.
- CRISPINO, F. (2011). *Reconfiguração de Redes Primárias de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Sistemas de Informações Geográficas*.
- ELMASRI, R., NAVATHE, S. B., & ELMASRI, RAMEZ; NAVATHE, S. B. . (2005). *Sistema de banco de dados*
- FERREIRA, N. C. (2006). *Apostila de sistema de informações geográficas.*, 113. Disponível em <http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/1414/apostila_sig.pdf>
- GRINBERG, M. (2014). *Flask Web Development*. (R. R. Meghan Blanchette, Ed.) (First).
- HEROKU ENTERPRISE. (n.d.). *The Heroku Platform*. Disponível em <<https://www.heroku.com/platform>>
- JÚNIOR, O. DE O. B. (2015). *Fundamentos de Programação Web*. Santa Catarina.
- KAIO DOUGLAS, R. D. (2017a). *Guia do Usuário*.
- KAIO DOUGLAS, R. D. (2017b). *SICEM-UFC*. Disponível em <<https://sicem.herokuapp.com/>>
- LEITE, F. D. R. (2017). *Posicionamento Eficiente de Chaves em Rede de Distribuição utilizando Algoritmo Multiobjetivo com validação de solução por meio de verificação de restrições*.
- LOPES, R. F. M. (2011). *Estudos Elétricos para Expansão e melhoria da Rede Elétrica do Campus do Pici*.

- LUCID SOFTWARE INC. (2018). *Lucidchart*. Disponível em <<https://www.lucidchart.com/>>
- LUTZ, M. (2013). *Learning Python*. (R. Roumeliotis, Ed.) (Fifth).
- MEIERT, J. O. (2015). *The Little Book of HTML / CSS Frameworks*. (M. Foley, Ed.) (First).
- NETO, F. S. D. O. (2015). *Representação Nó-Profundidade aplicada aos Estudos Elétricos para Recomposição da Rede de Distribuição do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará*.
- OLIVEIRA, R. B. E. DE. (2012). *Georreferenciamento da Rede de Média Tensão do Campus do Pici*.
- PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. (n.d.-a). *PEP 333 -- Python Web Server Gateway Interface v1.0*. Acesso em 23 de Outubro, 2018, disponível em <<https://www.python.org/dev/peps/pep-0333/>>
- PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. (n.d.-b). *Python Language*. Acesso em 14 de Novembro, 2018, disponível em <<https://www.python.org/>>
- ROMULO DRUMOND, K. D. (2017). *Repositório GitHub - SICEM*. Acesso em 14 de Novembro, 2018, disponível em <<https://github.com/kaiodt/sicem-ufc>>
- THE POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP. (n.d.). *PostgreSQL*. Acesso em 14 de Novembro, 2018, disponível em <<https://www.postgresql.org/>>
- TRIANO, A. (2016). *Conceitos básicos de desenvolvimento Back-end*. Acesso em 21 de Outubro, 2018, disponível em <<https://www.linkedin.com/pulse/conceitos-básicos-de-desenvolvimento-back-end-alvaro-triano>>

APÊNDICE A – MODELAGEM DAS NOVAS CLASSES NA APLICAÇÃO WEB SICEM

A seguir são apresentados os trechos de código da aplicação inseridos na expansão da plataforma SICEM proposta neste trabalho.

Código 2 – Declaração da entidade Poste

```
1 class Poste(db.Model):
2     # Nome da tabela no banco de dados
3     __tablename__ = 'poste'
4
5     # Nome formatado no singular e plural (para eventual exibição)
6     nome_formatado_singular = 'Poste'
7     nome_formatado_plural = 'Postes'
8
9     # Endpoint a ser utilizado no painel de administração
10    endpoint = 'poste'
11
12    ### Colunas ###
13
14    # ID na tabela
15    id = db.Column(db.Integer, primary_key=True)
16
17    # Nome
18    identificacao = db.Column(db.String(64), index=True, nullable=False)
19
20    # Campus no qual o poste está inserido
21    id_campus = db.Column(db.Integer, db.ForeignKey('campi.id'))
22
23    trafo = db.relationship('TransformadorAereo', backref='poste',
24 lazy='dynamic')
25    ch_f = db.relationship('ChaveFusivel', backref='poste', lazy='dynamic')
26    ch_s = db.relationship('ChaveSeccionadora', backref='poste',
27 lazy='dynamic')
28    rel = db.relationship('Religador', backref='poste', lazy='dynamic')
29
30    # Georeferenciamento do bloco (marcador no mapa)
31    localizacao = db.Column(Geometry("POINT"), unique=True)
32
33
34    # Representação no shell
35    def __repr__(self):
36        return '<Poste: %s [%s]>' % \
37            (self.identificacao, self.campus.nome, self.localizacao)
38
```

```

39     # Representação na interface
40     def __str__(self):
41         return '%s [%s]' % \
42             (self.identificacao, self.campus.nome)
43

```

Fonte: o próprio autor

Código 3 – Declaração da entidade Cabeamento MT

```

1 class CabeamentoMT(db.Model):
2     # Nome da tabela no banco de dados
3     __tablename__ = 'cabeamento_mt'
4
5     # Nome formatado no singular e plural (para eventual exibição)
6     nome_formatado_singular = 'Cabeamento MT'
7     nome_formatado_plural = 'Cabeamento MT'
8
9     # Endpoint a ser utilizado no painel de administração
10    endpoint = 'cabeamentomt'
11
12    ### Colunas ###
13
14    # ID na tabela
15    id = db.Column(db.Integer, primary_key=True)
16
17    identificacao = db.Column(db.String(64), index=True, nullable=False)
18
19    # Bitola
20    tipo_de_condutor = db.Column(db.String(64), index=True, nullable=False)
21
22    # Georeferenciamento do bloco (marcador no mapa)
23    localizacao = db.Column(db.Geometry("LINESTRING"), unique=True)
24

```

Fonte: o próprio autor

Código 4 – Declaração da entidade Transformador Aéreo

```

1 class TransformadorAereo(Equipamento):
2     # Nome da tabela no banco de dados
3     __tablename__ = 'transformador_aereo'
4
5     # Nome formatado no singular e plural (para eventual exibição)
6     nome_formatado_singular = 'Transformador Aéreo'
7     nome_formatado_plural = 'Transformadores Aéreos'

```

```

8
9     # Endpoint a ser utilizado no painel de administração
10    endpoint = 'transformadoraereo'
11
12    ### Colunas ###
13
14    # ID na tabela
15    id = db.Column(db.Integer, db.ForeignKey('equipamentos.id'),
16 primary_key=True)
17
18    # Potência nominal do Transformador [kVA]
19    potencia_nominal = db.Column(db.Float)
20
21    # Tipo de resfriamento
22    tipo_de_resfriamento = db.Column(db.String(64))
23
24    # Tipo de proteção primária
25    79ensão79o_primaria = db.Column(db.String(64))
26
27    # Classe de Tensão [kV]
28    classe_de_tensao = db.Column(db.Float)
29
30    # Poste em que o equipamento se encontra
31    id_estrutura = db.Column(db.Integer, db.ForeignKey('poste.id'))
32
33    __mapper_args__ = { 'polymorphic_identity': u'TransformadorAereo' }
34
35    ### Métodos ###
36
37    # Inicialização
38    def __init__(self, **kwargs):
39        super(TransformadorAereo, self).__init__(**kwargs)
40
41        # Definição do tipo de equipamento (constante)
42        # Deve ser o mesmo que o que foi definido em
43 'polymorphic_identity'!
44        self.tipo_equipamento = 'TransformadorAereo'
45
46        # Definição da categoria do equipamento (constante)
47        self.categoria_equipamento = 'Equipamento Elétrico'
48

```

Fonte: o próprio autor

Código 5 – Declaração da entidade Transformador Abrigado

```

1 class TransformadorAbrigado(Equipamento):

```

```

2     # Nome da tabela no banco de dados
3     __tablename__ = 'transformador_abrigado'
4
5     # Nome formatado no singular e plural (para eventual exibição)
6     nome_formatado_singular = 'Transformador Abrigado'
7     nome_formatado_plural = 'Transformadores Abrigado'
8
9     # Endpoint a ser utilizado no painel de administração
10    endpoint = 'transformadorabrigado'
11
12    ### Colunas ###
13
14    # ID na tabela
15    id = db.Column(db.Integer, db.ForeignKey('equipamentos.id'),
16 primary_key=True)
17
18    # Potência nominal do Transformador [kVA]
19    potencia_nominal = db.Column(db.Float)
20
21    # Tipo de resfriamento
22    tipo_de_resfriamento = db.Column(db.String(64))
23
24    # Tipo de proteção primária
25    protecao_primaria = db.Column(db.String(64))
26
27    # Classe de Tensão [kV]
28    classe_de_tensao = db.Column(db.Float)
29
30    __mapper_args__ = { 'polymorphic_identity': u'TransformadorAbrigado' }
31
32    ### Métodos ###
33
34    # Inicialização
35    def __init__(self, **kwargs):
36        super(TransformadorAbrigado, self).__init__(**kwargs)
37
38        # Definição do tipo de equipamento (constante)
39        # Deve ser o mesmo que o que foi definido em
40 'polymorphic_identity'!
41        self.tipo_equipamento = 'TransformadorAbrigado'
42
43        # Definição da categoria do equipamento (constante)
44        self.categoria_equipamento = 'Equipamento Elétrico'
45

```

Fonte: o próprio autor

Código 6 - Declaração da entidade Chave Fusível

```
1 class ChaveFusivel(Equipamento):
2     # Nome da tabela no banco de dados
3     __tablename__ = 'chave_fusivel'
4
5     # Nome formatado no singular e plural (para eventual exibição)
6     nome_formatado_singular = 'Chave Fusível'
7     nome_formatado_plural = 'Chaves Fusíveis'
8
9     # Endpoint a ser utilizado no painel de administração
10    endpoint = 'chavefusivel'
11
12    ### Colunas ###
13
14    # ID na tabela
15    id = db.Column(db.Integer, db.ForeignKey('equipamentos.id'),
16 primary_key=True)
17
18    # Poste em que o equipamento se encontra
19    id_estrutura = db.Column(db.Integer, db.ForeignKey('poste.id'))
20
21    # Corrente nominal da Chave [A]
22    corrente_nominal = db.Column(db.Float)
23
24    # Classe de Tensão [kV]
25    classe_de_tensao = db.Column(db.Float)
26
27    # Potência a jusante [kVA]
28    potencia_a_jusante = db.Column(db.Float)
29
30    # Elo Fusível
31    elo_fusivel = db.Column(db.String(64))
32
33    __mapper_args__ = { 'polymorphic_identity': u'ChaveFusivel' }
34
35    ### Métodos ###
36
37    # Inicialização
38    def __init__(self, **kwargs):
39        super(ChaveFusivel, self).__init__(**kwargs)
40
41        # Definição do tipo de equipamento (constante)
42        # Deve ser o mesmo que o que foi definido em
43 'polymorphic_identity'!
44        self.tipo_equipamento = 'ChaveFusivel'
45
46        # Definição da categoria do equipamento (constante)
```

```
47         self.categoria Equipamento = 'Equipamento Elétrico'
48
```

Fonte: o próprio autor

Código 7 – Declaração da entidade Chave Seccionadora

```
1 class ChaveSeccionadora(Equipamento):
2     # Nome da tabela no banco de dados
3     __tablename__ = 'chave_seccionadora'
4
5     # Nome formatado no singular e plural (para eventual exibição)
6     nome_formatado_singular = 'Chave Seccionadora'
7     nome_formatado_plural = 'Chaves Seccionadoras'
8
9     # Endpoint a ser utilizado no painel de administração
10    endpoint = 'chavesseccionadora'
11
12    ### Colunas ###
13
14    # ID na tabela
15    id = db.Column(db.Integer, db.ForeignKey('equipamentos.id'),
16 primary_key=True)
17
18    # Poste em que o equipamento se encontra
19    id_estrutura = db.Column(db.Integer, db.ForeignKey('poste.id'))
20
21    # Corrente nominal da Chave [A]
22    corrente_nominal = db.Column(db.Float)
23
24    # Classe de Tensão [kV]
25    classe_de_tensao = db.Column(db.Float)
26
27    __mapper_args__ = { 'polymorphic_identity': u'ChaveSeccionadora' }
28
29    ### Métodos ###
30
31    # Inicialização
32    def __init__(self, **kwargs):
33        super(ChaveSeccionadora, self).__init__(**kwargs)
34
35        # Definição do tipo de equipamento (constante)
36        # Deve ser o mesmo que o que foi definido em
37 'polymorphic_identity'!
38        self.tipo_equipamento = 'ChaveSeccionadora'
39
40        # Definição da categoria do equipamento (constante)
```

```
41         self.categoria_equipamento = 'Equipamento Elétrico'
42
```

Fonte: o próprio autor

Código 8 – Declaração da entidade Religador

```
1 class Religador(Equipamento):
2     # Nome da tabela no banco de dados
3     __tablename__ = 'religador'
4
5     # Nome formatado no singular e plural (para eventual exibição)
6     nome_formatado_singular = 'Religador'
7     nome_formatado_plural = 'Religador'
8
9     # Endpoint a ser utilizado no painel de administração
10    endpoint = 'religador'
11
12    ### Colunas ###
13
14    # ID na tabela
15    id = db.Column(db.Integer, db.ForeignKey('equipamentos.id'),
16 primary_key=True)
17
18    # Poste em que o equipamento se encontra
19    id_estrutura = db.Column(db.Integer, db.ForeignKey('poste.id'))
20
21    # Corrente nominal da Chave [A]
22    corrente_nominal = db.Column(db.Float)
23
24    # Classe de Tensão [kV]
25    classe_de_tensao = db.Column(db.Float)
26
27    __mapper_args__ = { 'polymorphic_identity': u'Religador' }
28
29    ### Métodos ###
30
31    # Inicialização
32    def __init__(self, **kwargs):
33        super(Religador, self).__init__(**kwargs)
34
35        # Definição do tipo de equipamento (constante)
36        # Deve ser o mesmo que o que foi definido em
37 'polymorphic_identity'!
38        self.tipo_equipamento = 'Religador'
39
40        # Definição da categoria do equipamento (constante)
```

```
41     self.categoria Equipamento = 'Equipamento Elétrico'  
42
```

Fonte: o próprio autor