



SESSÃO TÉCNICA ESPECIAL  
EDUCAÇÃO E GESTÃO DA TECNOLOGIA (STE)

## APLICAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO NO DESENVOLVIMENTO DE MAPA ELETROGEOGRÁFICO DO CAMPUS DO PICI

Ivo Carvalho de Albuquerque

Ruth Pastôra Saraiva Leão\*

Carlos Felipe Grangeiro Loureiro

GPEC - UFC

### RESUMO

O Geoprocessamento é uma poderosa ferramenta que, apesar de não ser necessariamente baseado em computadores, torna imprescindível o seu uso para manipular grande volume de dados georeferenciados. A ferramenta é útil para armazenar, recuperar, integrar, analisar e exibir os resultados da associação de dados gráficos e descritivos, usando diversas fontes de informação. Com os *softwares* AutoCAD e Maptitude foi construído um mapa eletrogeográfico com informações da rede elétrica de distribuição e iluminação de um campus universitário. Este trabalho apresenta a aplicação dos Sistemas de Informações Geográficas-SIG na engenharia elétrica, as etapas de criação de um mapa eletrogeográfico e exemplos de sua aplicação.

### PALAVRAS-CHAVE

Geoprocessamento, SIG, Mapas Eletrogeográficos.

### 1.0 - INTRODUÇÃO

O geoprocessamento é uma poderosa ferramenta baseada em um conjunto de tecnologias digitais que abrange a coleta, processamento e uso de informações sob uma perspectiva geográfica. Para manipular, cruzar, analisar e exibir os resultados da associação de dados gráficos e descritivos são usadas diversas fontes de informação (1,2) que incluem os Sistemas de Informações Geográficas - SIG, muito conhecidos pela sigla em inglês GIS – *Geographic Information System*, o Sistema de Posicionamento Global, no inglês GPS – *Global Positioning Systems* e o Sistema de Posicionamento Digital de Imagens-PDI. São também utilizadas como fonte de informação para o

geoprocessamento os arquivos CAD – *Computer Aided Design*, mapas e cartas em geral, e observações de campo. O geoprocessamento é, de certa forma, a área comum entre essas tecnologias, pois procura integrar dados de um grande número de sistemas de aquisição, fornecendo ao usuário ferramentas apropriadas para sua análise.

Os Sistemas de Informações Geográficas - SIG compreendem mecanismos que interrelacionam três importantes ferramentas nas respectivas proporções: gerenciamento de banco de dados (50%), capacidade gráfica (25%) e ferramentas para análise espacial (25%). Os SIGs fazem o tratamento de dados referenciados espacialmente, isto é, georeferenciados. Uma de suas funções primordiais é a possibilidade de manipular dados gerando outros níveis de informação através de um conjunto de operações, com funções de coletar, armazenar, recuperar, combinar dados espaciais e efetuar análises de diferentes aspectos.

Essencialmente o SIG, através das instruções de um operador, superpõe dados numéricos e cartográficos associados a mapas, para gerar um novo tipo de plano de informação, contendo pontos, linhas ou áreas, distintas por cor, rótulo, ou mesmo tamanho, dependendo da configuração desejada. Tais diferenciações serão analisadas de acordo com o tipo de parâmetro adotado. Os SIGs podem ser aplicados em diversas áreas, como no gerenciamento de espaço físico territorial, de recursos hídricos e de serviços públicos.

A localização geográfica é uma propriedade que possibilita uma melhor operação de muitos

empreendimentos, em particular no setor de energia elétrica, com benefícios para o planejamento, operação, manutenção, estudo e atendimento ao consumidor. Usando o SIG as plantas elétricas podem ser tratadas em um ambiente computacional com a adição da posição geográfica aos dados inerentes ao sistema. Informações secundárias podem ser geradas com o cruzamento dos dados do sistema com sua posição geográfica. Os dados podem ser recuperados em monitor, listados via impressora ou gerados mapas em *plotters*. Em geral, a sigla SIG está associada ao geoprocessamento e em muitas ocasiões, embora de forma incorreta, SIG e geoprocessamento são utilizados como sinônimos.

Ainda como elemento do geoprocessamento, o Sistema de Posicionamento Global compreende um conjunto de 24 satélites em órbita da Terra, de modo que pelo menos quatro deles sejam captados simultaneamente sobre qualquer parte da superfície terrestre. Um aparelho recebe os sinais desses satélites e indica com precisão a localização geográfica. Inicialmente, o GPS foi concebido para o uso militar norte-americano, mas posteriormente liberado para aplicações civis e comerciais.

Os Sistemas de Processamento Digital de Imagens - PDI têm como função fornecer meios para a identificação e extração de informações contidas numa imagem, resultando em outras imagens contendo informações específicas, extraídas e realçadas. A referência (3) ilustra a aplicação do PDI em que as imagens de satélites de uma região geográfica, um programa de reconhecimento de imagem e um programa computacional que aplica a técnica do menor caminho com base em um conjunto de restrições são aplicados para a seleção ótima de rotas de linhas de transmissão.

O geoprocessamento distingue-se essencialmente da programação em CAD pois apesar deste último permitir a entrada de dados espaciais, não tem a capacidade de tratar dados de diferentes projeções cartográficas ou de realizar operações de cruzamento entre diferentes informações, como p.ex. solo e componente elétrico, e muito menos de estabelecer relações de pertinência, distância e vizinhança entre os elementos armazenados. A aplicação da ferramenta CAD no setor de energia elétrica é ilustrado na referência (4).

Este artigo fornece uma visão da aplicação do geoprocessamento na área de sistemas elétricos de energia com enfoque nas etapas de construção de um mapa eletrogeográfico. O objetivo final do mapa consta de duas etapas. A primeira é a criação de um banco de dados digital e georeferenciado de todo o

sistema elétrico do campus universitário do Pici da Universidade Federal do Ceará. A segunda etapa, em um estágio subsequente, consiste no desenvolvimento de um aplicativo que faça uso do banco de dados criado.

## 2.0 - PROJETO DE CRIAÇÃO DO MAPA ELETROGEOGRÁFICO

Na criação do banco de dados georeferenciados do sistema elétrico do campus do Pici foram armazenados dados do tipo: posteação (5,6) (código, luminárias, tipo de lâmpada, número de lâmpadas/poste, altura, esforço, estaiamento, chaves, tipos de circuitos AT (alta tensão) e BT (baixa tensão) sustentados, distância dos postes às subestações de 13,8kV/380V da universidade e de 69kV/13,8kV da empresa de distribuição de energia elétrica do estado, aterramento), dados dos transformadores, cabeção e etc.

Os passos a seguir mostram algumas etapas básicas que foram realizadas na construção deste mapa eletrogeográfico, assim como procedimentos que podem servir de subsídios àqueles que desejem construir uma base digital para um sistema que envolva um *software* de SIG, e por fim, aplicações do geoprocessamento na engenharia elétrica.

O *hardware* e *software* utilizados no projeto foram basicamente microcomputador com processador pentium e periféricos, programas AutoCAD e Maptitude V3.0 (7), e *scanner*. Os mapas e plantas disponíveis no início do projeto foram obtidos juntos a setores da universidade: uma planta de situação geral do campus e seis plantas cadastrais em papel da rede elétrica de baixa e alta tensão do campus, e um mapa de situação do campus parcialmente digitalizado.

### 2.1 Formatos de Arquivos

Existem basicamente dois tipos de arquivos para a construção de mapas digitalizados, o tipo '.TIF' e o '.DXF', que são bem comuns em diversos programas computacionais. Os arquivos com extensão '.TIF' assim como '.GIF' e '.JPG', denominados de formato *raster*, os quais são muito utilizados em programas gráficos e editores de imagens, ao serem gerados ocupam um espaço de memória considerável. Como exemplo pode-se citar um arquivo com a imagem do Campus, com baixa resolução, ocupando 15MB. Isso se deve ao fato de que a cada *pixel* da imagem corresponde um espaço fixo em arquivo.

Os arquivos em extensão .DXF estão em formato vetorial. Programas como AutoCAD utilizam esse formato. Em relação ao .TIF, os arquivos em extensão

.DXF são bem mais vantajosos para o tipo de aplicação em questão por ocupar bem menos espaço em disco, uma vez que estão em formato vetorial, isto é, a cada segmento de linha são atribuídos duas coordenadas para cada extremidade.

## 2.2 Entrada de Dados

Existem quatro formas de entrada de dados: a digitalização via mesa digitalizadora, via *scanner*, via teclado e pela leitura de dados em forma digital. Para criar a base digital a partir dos mapas utilizou-se somente o *scanner*.

A digitalização via mesa é um processo custoso e demorado, mas muito utilizado. Mapas são postos sobre a mesa digitalizadora onde é feita então a calibração da mesa. A operação de calibração é importante para compensar distorções na aquisição de dados. Para tanto é definido um polinômio que mapeia as coordenadas de projeção do mapa a ser digitalizado. Pontos no mapa são identificados com *clicks* do mouse da mesa digitalizadora, e suas coordenadas são inseridas para cada ponto sobre o mapa por meio do teclado. A localização geográfica (latitude e longitude) de pontos aleatórios no mapa podem ser obtidos através do GPS em campo. Dependendo da aplicação e do *software* SIG pode-se trabalhar com coordenadas UTM – *Universal Transverse Marcator* ao invés de coordenadas do tipo latitude e longitude, ou mesmo estabelecer uma conjunto de coordenadas (X,Y) quaisquer.

Terminada a calibração da mesa segue-se a digitalização do mapa que é feita linha a linha, utilizando o mouse da mesa digitalizadora. Através de um botão de controle do mouse o processo de digitalização é habilitado. O mouse é colocado sobre um ponto no mapa e por meio de outro botão os pontos são digitalizados, enviados ao computador e armazenados. Cada extremidade de linha possui um par de coordenadas. Com este procedimento é construído um mapa digital formado por segmentos de linhas e polígonos. O mapa é armazenado assim no formato vetorial.

A parte da planta de situação digitalizada do campus em extensão .DXF foi importada pelo software Maptitude assumindo a extensão .MAP. Os pontos do mapa estavam originalmente em coordenadas UTM. Ao importar o arquivo .DXF em coordenadas UTM, o *software* Maptitude não reconheceu o arquivo. Para superar este impasse, as coordenadas UTM foram tratadas como coordenadas (X,Y) quaisquer, associando a estas suas respectivas latitude e longitude. O problema foi então solucionado e o mapa pode ser visualizado na tela do computador.

A digitalização via *scanner* assemelha-se muito ao de mesa digitalizadora. A diferença é que se precisa primeiramente passar o mapa por um *scanner*, e abri-lo dentro de um programa que proceda a digitalização. As etapas subsequentes na digitalização via *scanner* são as mesmas via mesa.

Para complementação da planta de situação digital do campus, a planta de situação em papel foi ‘escaneada’, gerando arquivos em formato *raster* com extensão .TIF. Os arquivos .TIF foram importados pelo Maptitude e concluída a digitalização.

A Figura 1 apresenta uma visão panorâmica do campus universitário do Pici, localizado no bairro de mesmo nome, na zona oeste de Fortaleza. O campus serviu originalmente como um Posto de Comando na Segunda Guerra mundial, vindo daí o seu nome (suas iniciais lidas em inglês PC). A sua área de 212ha compreende um complexo de prédios onde funcionam a maioria dos cursos da UFC nas áreas de Ciência e Tecnologia. Ele também conta com várias bibliotecas, laboratórios, auditórios, um restaurante, complexo esportivo e algumas unidades de serviços complementares como agências bancárias, correio e livraria.

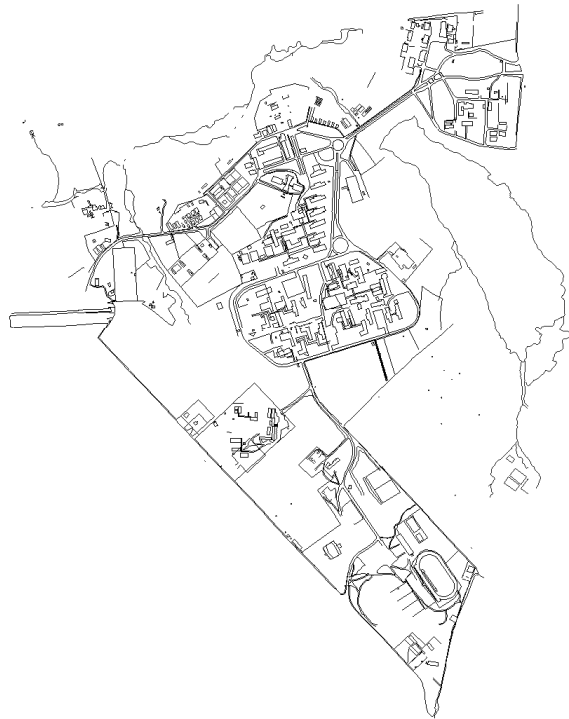


FIGURA 1 VISÃO PANORÂMICA DO CAMPUS DO PICI

## 2.3 Sobreposição de Mapas

Em muitos programas como o AutoCAD e o Maptitude é necessário o entendimento sobre *layers* ou camadas. Cada plano de informação é construído em forma de camada. As camadas são manipuladas individualmente, podendo ser visualizadas individualmente ou

sobrepostas aumentando a quantidade de informação em tela. No Maptitude cada arquivo .TIF e .MAP está associado a uma camada. Entretanto, em geral, os planos de informação podem estar associados a arquivos com extensão do tipo .dbd, .cdf, .tif, .bil, e .doq.

Com a planta de situação do campus totalmente digitalizada, o passo seguinte é a sobreposição desta às plantas cadastrais da rede elétrica. As plantas cadastrais de tamanho A0 foram 'escaneadas' e resultaram em mapas em arquivos .TIF. Esses mapas não possuem coordenadas e por isso não se ajustam ao mapa digital do campus. Por um processo chamado *imagery* no Maptitude foi feita a sobreposição de mapas e os devidos ajustes de modo a coincidir planta de situação e planta cadastral da rede.

O mapa digital da planta de situação é aberto no Maptitude, de maneira que a área comum com o mapa cadastral seja visualizada. Aberto então o mapa cadastral do setor, este ocupará a máxima visualização possível dentro do espaço de trabalho. Como ambos os mapas não ficam perfeitamente sobrepostos, por um processo chamado de *imagery* fazemos o ajuste.

No ajuste são adicionados a cada mapa pontos de controle correspondentes entre o mapa digitalizado da planta de situação e o mapa 'escaneado' das plantas cadastrais. É importante que sejam inseridos pelo menos três ou quatro pontos de controle. O processo de ajuste é feito quantas vezes for necessário de modo que todas as linhas tornem-se coincidentes, ou que pelo menos haja o mínimo de afastamento entre elas.

Por este processo o mapa digital da planta de situação foi sobreposto a cada um dos seis mapas referentes às plantas cadastrais da rede. Vale ressaltar que a sobreposição dos mapas cadastrais ao de situação não seria pertinente pois o mapa de situação sumiria já que se estaria sobrepondo a ele uma imagem *raster* (sólida).

## 2.4 Georeferenciação

A georeferenciação trata de criar um banco de dados associando cada elemento a uma posição geográfica.

Ao ser criada uma camada é preciso definir o tipo de arquivo, podendo ser um arquivo com elementos representados por ponto geográfico, linha geográfica ou área geográfica. A primeira camada criada foi a de postes, um arquivo de ponto geográfico. Em seguida foram definidos os campos com informações do tipo: estrutura de alta tensão, estrutura de baixa tensão, estaiamento, tipo de chave, luminária, lâmpada, altura do poste, esforço mecânico máximo, subestação a qual

o circuito secundário pertence, distância do poste à subestação principal do campus em 69kV/13,8kV com base no circuito primário, aterramento e distância do poste à subestação em 13,8kV/380V com base no circuito secundário. Para cada campo é definido também um título e o tipo caracter, inteiro ou real bem como suas precisões.

Definida a camada poste, se dá início a georeferenciação. O mapa digital do campus e a planta cadastral 'escaneada' do setor são abertas, onde cada uma representa uma camada diferente. A camada poste é colocada em uso. Por uma ferramenta chamada *Map editing*, para cada poste da planta cadastral é inserido um ponto no mapa digital, como ilustrado na Figura 2. Ao final todos os postes estarão georeferenciados.

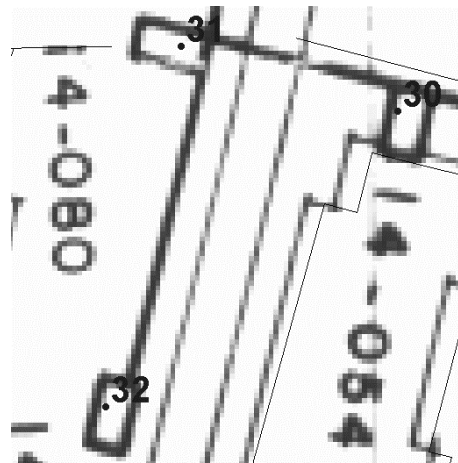


FIGURA 2 GEOREFERENCIAÇÃO DA CAMADA POSTE

De modo semelhante foi criada a camada transformador com arquivo contendo pontos geográficos. As características do transformador são definidas em campo, como potência, tensão de primário, tensão de secundário, conexão, tipo, classe, temperatura. As camadas de redes AT e BT foram criadas com arquivos contendo linhas geográficas com os seguintes campos: secção, comprimento poste a poste, e a distância até a subestação a qual a rede está ligada.

### 2.4.1 Banco de Dados

Para formar o banco de dados é aberta no Maptitude a opção *dataview* da camada corrente, e inseridos os dados que constam em plantas e/ou obtidos em campo. O banco de dados georeferenciado dará suporte às aplicações e estudos que podem ser feitos com o mapa eletrogeográfico construído. A tabela na Figura 3 apresenta os campos descritos no item 2.4 referentes à camada postes de um setor do campus.

ID	AT_Est	BT_Est	Estoamento	CH_Fusível	Luminaria	Lâmpad	Altura	Esforço	Subestação	AT_Distância	Aterramento	BT_Distância
5	-	S2	nao	nao	IP3	H1	9	200	14	-	nao	366
6	-	S2	nao	nao	IP3	H1	9	200	14	-	nao	336
7	N2	S2	nao	nao	IP3	H1	11	150	14	-	sim	308
8	N1	S2	nao	nao	IP3	H1	11	200	14	-	nao	279
9	N1	S2	nao	nao	IP3	H1	11	200	14	-	nao	249
10	N1	S4	nao	nao	2xIP3	H2	11	300	14	-	nao	210
11	N1	S4	nao	nao	IP3	H1	11	200	14	-	nao	166
12	N1	S4	nao	6k	IP3	H1	11	150	14	-	nao	120
13	-	S2	nao	nao	IP3	H1	9	150	14	-	nao	134
14	-	S2	sim	nao	IP3	H1	9	300	6	-	nao	442
15	-	S2	nao	nao	IP3	H1	9	200	6	-	sim	411
16	-	S2	nao	nao	IP3	H1	9	150	6	-	nao	382
17	-	S2	nao	nao	IP3	H1	9	200	6	-	nao	402
18	-	S2	nao	nao	IP3	H1	9	150	6	-	nao	346
19	-	S2	nao	nao	IP3	H1	9	300	6	-	nao	311

FIGURA 3 BANCO DE DADOS DA CAMADA POSTE

## 2.5 Exemplo da Utilização do Mapa Eletrogeográfico

Com o mapa eletrogeográfico do Pici completo, podemos utilizar o Maptitude para gerar informações secundárias a partir do banco de dados georeferenciado. Existem três modos de visualização, o *color theme* onde as informações são distintas pela cor, o *pattern theme* com as informações distintas pelo formato e o *chart theme* distintas pelo tamanho de círculos. A Figura 4 apresenta uma situação que identifica os postes com circuitos de baixa tensão e as

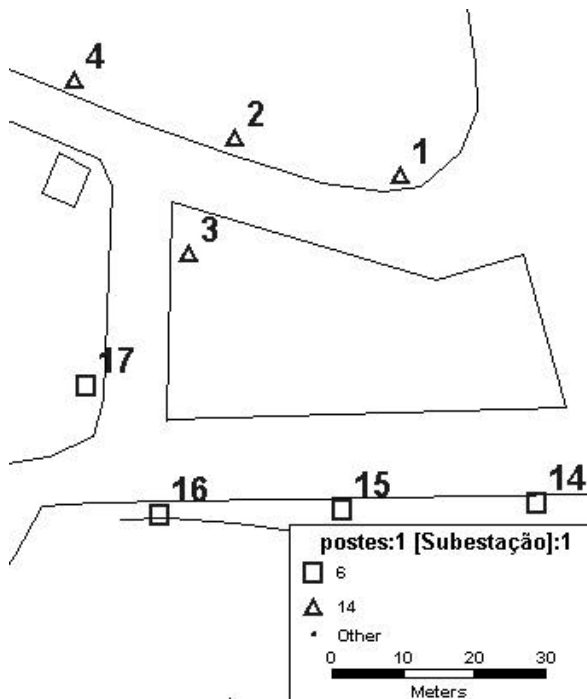


FIGURA 4 APLICAÇÃO DO MAPA ELETROGEOGRÁFICO DO PICI

subestações a que estes pertencem. Pode-se utilizar um

dos três temas para visualizar a situação apresentada. Entretanto, para melhor efeito, neste artigo foi utilizado o *pattern theme* que mostra os postes como símbolos, e na legenda a subestação a que cada um está ligado. Cada poste possui um identificador, o número que aparece ao seu lado. Existe também a possibilidade de integrar campos diferentes, como por exemplo mostrar em azul todos os postes que contêm circuitos da subestação 14, estrutura em baixa tensão S2 e luminárias tipo IP3, bem como integrar temas diferentes.

## 3.0- APLICAÇÕES DO GEOPROCESSAMENTO NA ENGENHARIA ELÉTRICA

A multiplicidade de uso do geoprocessamento no setor elétrico inclui inúmeras aplicações dentre elas o cadastramento e manutenção do patrimônio da empresa, o mapeamento da área de concessão, o monitoramento e cadastramento das ligações residenciais, comerciais e industriais para medição do consumo, etc. Com a tecnologia SIG é possível visualizar o mapa da região de concessão, sobrepondo a este diferentes camadas de informações de interesse do setor elétrico, como redes de alimentadores primária e secundária com seus parâmetros elétricos e físicos, circuitos de iluminação pública, subestações, equipamentos e acessórios, sistema de medição, sistema de proteção, dentre outros, formando um mapa eletrogeográfico. Os aplicativos, que permitem uma análise espacial do sistema, podem ser voltados ao interesse de diferentes segmentos da empresa de energia elétrica, como por exemplo, o planejamento e otimização de rotas de redes, a alocação ótima para instalações de subestações de transmissão e distribuição, alocação ótima de transformadores, cálculo de queda de tensão para uma determinada condição de carregamento, análise de estratégias de

manobras para isolação de defeitos ou restauração do sistema, determinação de perdas em alimentadores, e a análise, simulação, planejamento e monitoramento da rede.

#### - CONCLUSÃO

O Geoprocessamento vem sendo utilizado em larga escala em diversas áreas de desenvolvimento urbano e rural de países que visam uma melhoria de serviços e uma melhor qualidade de vida de sua população. Na área da Engenharia Elétrica algumas empresas já se utilizam de ferramentas computacionais georeferenciadas para viabilizar com eficiência e velocidade seus serviços.

A importância do uso pelas concessionárias do setor elétrico de um Sistema de Informações Geográficas - SIG é semelhante à importância do uso do sistema SCADA. Ambos os sistemas têm informações vitais para a operação da empresa e ambos possuem dados similares. Um ponto digital no sistema SIG deve ser refletido também no sistema SCADA. Devido ao enorme esforço e custo para construir os sistemas SIG e SCADA, pesquisas têm sido realizadas na busca de metodologias que permitam aos dois sistemas compartilhar o maior número possível de informações com o menor esforço e menor redundância.

Este artigo apresentou em detalhes as etapas de construção de um mapa eletrogeográfico do campus universitário do Pici. A grande maioria dos cursos de Engenharia Elétrica pouco tem explorado os benefícios do geoprocessamento. Disseminar o seu uso na graduação, com aplicações voltadas à área de sistemas de potência, permite a formação de profissionais em consonância com as transformações tecnológicas e de mercado, ao mesmo tempo em que motiva e leva à percepção do aluno o grande celeiro que representa a área de potência para a aplicação das mais recentes e inovadoras tecnologias.

Além do aspecto educacional, o mapa eletrogeográfico do campus do Pici permite o cadastramento digital da rede elétrica do campus e a manipulação de dados possibilitando a elaboração de estudos, facilitando a operação, manutenção e modificação da rede. É certo que para tanto é necessário pessoas qualificadas que entendam do sistema de informações geográficas, que saibam lidar com informações georeferenciadas e possam criar e executar ações que resultem em benefícios aos que gerenciam o sistema elétrico e seus usuários.

#### 4.0 - AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Geografia da UFC na pessoa do Prof. Paulo Thier, à Superintendência de Planejamento Físico e Operações da UFC (PLANOP), à Companhia Energética do Ceará (COELCE), à Secretaria de Desenvolvimento Urbano/CE na pessoa da Eng<sup>a</sup> Christina Fernandes Távora, ao Eng<sup>o</sup> Marcos Leandro Kazmierczak da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

#### 5.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) KAZMIERCZAK, MARCOS L., Curso de Geoprocessamento da Teleceará, Módulo 1, Fortaleza, julho de 1997.
- (2) FOTHERINGHAN, S. AND ROGERSON, P., Spatial Analysis and GIS, Taylor & Francis, Bristol, PA, 1994.
- (3) VEJA, M. AND SARMIENTO, H.G. Image Processing Application Maps Optimal Transmission Routes, IEEE Computer Applications in Power, Volume 9, Nº 2, April 1996, ISSN 0895-0156.
- (4) RAJAKANTHAN, T., MEYER, A.S. AND DWOLATZKY, B. Smart Maps Streamline Distribution Design, IEEE Computer Applications in Power, Volume 11, Nº 1, January 1998, ISSN 0895-0156.
- (5) PADRÃO DE ESTRUTURAS– Normas Técnicas de Instalações Elétricas Urbanas da Rede Primária de Distribuição– PE-01 – COELCE.
- (6) PADRÃO DE ESTRUTURAS – Normas Técnicas de Instalações Elétricas Urbanas da Rede Secundária de Distribuição – PE-02/86 – COELCE.
- (7) MAPTITUDE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR WINDOWS - User Guide, Version 3.0, Caliper Corporation, 1994-95.