



Revista Brasileira de Cartografia (2014) N^o 66/3: 499-518
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

ANÁLISE DE PROCEDIMENTOS PARA GEORREFERENCIAMENTO E CADASTRAMENTO DE ATRIBUTOS DE REDES ELÉTRICAS URBANAS

Analysis of Georeferencing and Registration Procedures of Urban Electric Assets

Elenice Cristina da Cruz & João Fernando C. da Silva

Universidade Estadual Paulista - UNESP

Faculdade de Ciências e Tecnologia – Presidente Prudente/SP - Programa de Pós-Graduação em Ciências

Cartográficas - Departamento de Cartografia

Rua Roberto Simonsen, 305. CEP 19060-900 - P. Prudente/SP, Brasil.

elenice_cruz@yahoo.com.br, jfcsilva@fct.unesp.br

Recebido em 29 de Julho, 2013/ Aceito em 26 de Dezembro, 2013

Received on July 29, 2013/ Accepted on December 26, 2013

RESUMO

Elementos da infraestrutura exigem dados descritivos e informações geográficas para fins de suporte ao processo de tomada de decisões. No campo da energia elétrica, quanto maior a demanda por manutenções e implantações de redes elétricas, maior deverá ser a produção de geoinformação. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) tem publicado vários documentos com o objetivo de promover a padronização da apresentação das informações dos ativos das distribuidoras de energia elétrica. Cada distribuidora deve disponibilizar para a agência reguladora uma Base de Dados Geográfica da Distribuidora (BDGD) para compor o Sistema de Informação Geográfica Regulatório (SIG-R). O SIG-R será utilizado pela ANEEL para conhecer a quantidade de ativos elétricos total, por tipo, data e, sobretudo, por localidade. Este trabalho aplicou diferentes procedimentos metodológicos para se obter o georreferenciamento de postes e unidades consumidoras e o cadastramento, por imagens, de um conjunto de atributos existentes na rede elétrica urbana e investigou se os procedimentos atendem às normas da ANEEL. O primeiro procedimento foi realizado através de aquisição de dados (posição e fotografias detalhadas) terrestre, o segundo se baseou em imagens disponíveis na *internet* por meio do Google Maps Street View e o terceiro empregou um SMM (Sistema de Mapeamento Móvel) através de vídeos coletados dos ativos das redes elétricas ao longo das vias públicas. No primeiro procedimento obteve-se o maior número de atributos e valores identificados. A análise que comparou os posicionamentos das entidades geográficas para os três procedimentos conclui que todos atenderam à precisão posicional estabelecida pela ANEEL.

Palavras chaves: Cadastramento, Georreferenciamento, Mapeamento Móvel, Atributos de Redes Elétricas, ANEEL.

ABSTRACT

Elements of infrastructure demand descriptive data and geographic information to support the decision making process. In the realm of electrical energy, the greater the electrical network implementation, the higher the geoinformation production. The The Brazilian National Agency for Electrical Energy (*Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL*) published several documents aimed at the promotion of standards for the electricity distributors' assets presentation. Each distributor must send to the regulatory agency its geographic database (referred as BDGD). The BDGD will comprise the regulatory geographic information system (known as SIG-R). The SIG-R will be used by ANEEL to access the full amount of electricity assets, by type, date, and especially, by locality. This paper describes and discusses the applied methodological procedures based on remotely sensed images to extract and to georeference a set of attributes

existing in an electric urban distribution grid concerning the project that investigated whether the procedures meet the ANEEL standards or not. The first procedure acquired the assets positioning and detailed photos of them in situ; the second one used images available on Google Maps Street View; and the third procedure used a mobile mapping system (MMS) methodology through images of the assets of electrical grids collected along the public roads. The first procedure provided the greatest number of attributes and identified values. All the three procedures achieved the positional accuracy established by ANEEL for geographic entities.

Keywords: Registration, Georeferencing, Mobile Mapping, Attributes of Electrical Networks, ANEEL.

1. INTRODUÇÃO

Os investimentos em infraestrutura exigem aquisição e análise dos dados e informações geográficas dentro de organizações privadas ou públicas. As organizações necessitam de estabelecer e manter atualizadas as suas informações. Para isso contam com os bancos de dados, tanto descritivos (alfanuméricos) como dados gráficos (mapas). Tudo isso vem sendo realizado, principalmente, através de um conjunto de ferramentas denominado SIG (Sistema de Informação Geográfica).

No campo da energia elétrica, quanto maior a demanda por manutenção e implantação de redes elétricas, maior a produção de geoinformação. Assim, objetivando instituir a padronização de procedimentos para a produção de informações geoespaciais do setor elétrico e também a criação de um sistema próprio de informações dessa natureza, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou, em 2008, a primeira versão do PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico) e, em 2009, o MCPSE (Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico).

Esses dois documentos foram criados para a ANEEL acompanhar a evolução patrimonial das empresas, mediante a avaliação dos ativos elétricos. Ativos elétricos são todos os bens e instalações pertencentes às empresas do setor elétrico, como por exemplo, postes, equipamentos, condutores, medidores etc. (ANEEL, 2009).

Para atendimento das normas citadas, todas as distribuidoras devem disponibilizar para a ANEEL uma BDGD (Base de Dados Geográfica da Distribuidora). O conjunto de BDGDs fará a composição do Sistema de Informação Geográfica Regulatório (SIG-R) da ANEEL. Este SIG-R é definido como uma base cartográfica de dados digitais de sistemas auxiliares. A finalidade é a de possibilitar a análise,

armazenamento e extração de informações técnicas e/ou geográficas dos principais sistemas, equipamentos, estruturas e “acessantes” (por exemplo, unidades consumidoras), que são informados pelas distribuidoras, que representam a realidade do sistema de distribuição e dos sistemas correlatos em um dado momento (ANEEL, 2008).

Com o SIG-R a ANEEL poderá conhecer a quantidade de ativos total, por tipo, data e, sobretudo, por localidade, reduzindo a assimetria de informações e aprimorando a confiabilidade dos mesmos, sendo ainda essencial no processo de revisão tarifária periódica quando são reavaliados os custos das distribuidoras.

Contudo, a metodologia para atender ao levantamento dos dados geográficos necessários à composição da BDGD não é fixada nesses documentos da ANEEL. São padronizados apenas os documentos referentes à estruturação, formato e forma de envio da base à ANEEL. Assim, as distribuidoras e as empresas de geoinformação podem buscar quaisquer recursos tecnológicos que atendam às exigências, em qualidade de dados e posicionamento, para cadastrar os ativos elétricos e seus atributos.

O cadastramento parcial dos ativos elétricos já é uma tarefa efetuada há alguns anos pelas empresas distribuidoras de energia elétrica. Basicamente, as empresas usavam mapas impressos para anotações dos atributos e desenhos das localizações dos postes; equipamentos rastreadores de baixa precisão (navegação) para o georreferenciamento dos postes; e equipamento coletor para armazenamento das informações das redes elétricas juntamente com os atributos.

Em todos os processos citados as etapas sempre foram realizadas sem padronização e de forma manual — pelo menos em parte — e o posicionamento dos pontos de interesse, ou seja, das feições geográficas, sempre foi realizado por caminhamento em vias terrestres, com pouca

automação. Também, o trabalho de campo sempre precisou ser feito por um profissional qualificado, ou seja, com mão de obra específica, pois os atributos eram lidos e anotados em campo, e posteriormente desenhados ou inseridos na base de dados no escritório. Por fim, em caso de dúvidas sobre os dados cadastrados, tinha-se a necessidade de enviar a campo alguém para conferir a informação, pois não possuíam outras formas documentais que não fossem as anotações feitas em campo.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo central estudar, aplicar e analisar três procedimentos metodológicos para o georreferenciamento de postes e unidades consumidoras de uma rede elétrica urbana, bem como para o cadastramento, através de imagens, de alguns dos atributos relacionados a esses elementos da rede e que são exigidos na norma da ANEEL. O primeiro procedimento foi realizado por aquisição de dados (posição e fotografia) terrestres, o segundo usou imagens disponíveis no Google Maps (modo *Street View*) e, no terceiro, foi usado um sistema de mapeamento móvel (SMM). Foram também investigados quantitativamente e qualitativamente se os procedimentos testados atenderiam às normas da ANEEL.

Estes procedimentos não apresentam sinonímia com nomes específicos padronizados

ou formalizados, simplesmente porque são aqui apresentados pela primeira vez de modo criterioso e estruturados. Os métodos foram denominados de procedimento terrestre, Google e móvel. Doravante serão referenciados, neste trabalho, por motivos de simplificação, por: primeiro procedimento ou M1 (posição e fotografia terrestre), o segundo ou M2 (imagens do Google *Street View*) e o terceiro ou M3 (posição e fotos móveis).

2. ELEMENTOS, ATRIBUTOS E VALORES PARA CADASTRAMENTO

O MCPSE da ANEEL lista detalhadamente, em seu Anexo I, todas as unidades de cadastro (UCs), ou seja, todos os ativos que compõem o patrimônio das empresas sob concessão pela ANEEL e que as distribuidoras devem informar e encaminhar à agência. Para este trabalho os itens de interesse se resumem nas UCs das redes de energia que se encontram expostas ao longo das vias urbanas. Essas UCs são os postes das redes elétricas urbanas e os medidores de energia, os equipamentos instalados nessas UCs e seus respectivos atributos, conforme listados no Quadro 1. Para cada atributo listado no Quadro 1, o MCPSE também apresenta os valores a serem atribuídos, conforme exemplos relacionados no Quadro 2.

Quadro 1: Lista de UCs e atributos de interesse ao trabalho

Elementos de Cadastro	Atributos
Poste	Tipo do poste
	Tipo do material
	Altura (m)
	Carregamento/Esforço (daN – Carga nominal em deca Newton)
Estrutura suporte de equipamento e de barramento	Tipo do material
Transformador de distribuição	Tensão primária
	Tensão secundária
	Potência
	Número de fases
	Tipo de proteção
Chave	Tipo de chave
	Classe de tensão
	Corrente nominal
	Tipo de controle
	Número de fases
	Tipo de isolamento

Regulador de tensão	Potência
	Tensão
	Corrente nominal
	Número de fases
Religador	Número de fases
	Tipo de controle
	Tensão
	Corrente nominal
Banco de capacitores	Capacidade de interrupção
	Classe de tensão
	Tipo de controle
	Potência
Para-raios	Tipo de material
	Tensão
	Elemento resistivo
	Capacidade de interrupção
Medidor	Tipo do medidor
	Número de fases
	Grandeza medida
Luminária	Existência

Fonte: Adaptado de ANEEL (2009).

Quadro 2: Exemplos de valores para os atributos

Atributo tipo de poste	Atributo tipo do material do poste
Circular	Concreto
Duplo T	Madeira
Trilho	Ferro
Curvo Simples	Aço
Curvo Duplo	Em compósito
Tubular – Seção quadrada	

Fonte: Adaptado da Tabela I do Anexo do MCPSE (ANEEL, 2009).

3. ÁREA-TESTE E METODOLOGIA PROPOSTA

A área-teste foi definida no bairro Jardim das Rosas, em Presidente Prudente/SP. A escolha dessa área-teste levou em consideração os seguintes fatores: possui redes elétricas que atendem tanto lotes residenciais quanto comerciais, o que significa que essa área representa as principais características das redes elétricas das demais áreas urbanas da cidade; apresenta segurança satisfatória ao deslocamento pedestre e uso de equipamentos para a aquisição dos dados; o fluxo médio de veículos não compromete o trabalho de imageamento das cenas; além de ser uma área de fácil acesso devido à proximidade com o campus da FCT/UNESP.

A aquisição dos dados foi realizada em um percurso de aproximadamente 500 m que corresponde a quatro quadras no total. O percurso é formado por dois trechos (Fi. 1), sendo o primeiro em parte da Rua Melem Isaac (área residencial) e o segundo em parte da Rua Dr. João Gonçalves Fóz (áreas residencial e comercial).

A metodologia proposta neste trabalho pode ser visualizada no diagrama da Fig. 2. Esta incluiu a execução dos três procedimentos propostos, com aquisição de dados em campo e respectivo processamento (M1 e M3), e identificação nas imagens dos atributos de interesse (M1, M2 e M3). Para cada procedimento utilizado foram construídas duas planilhas para apresentação dos valores dos atributos

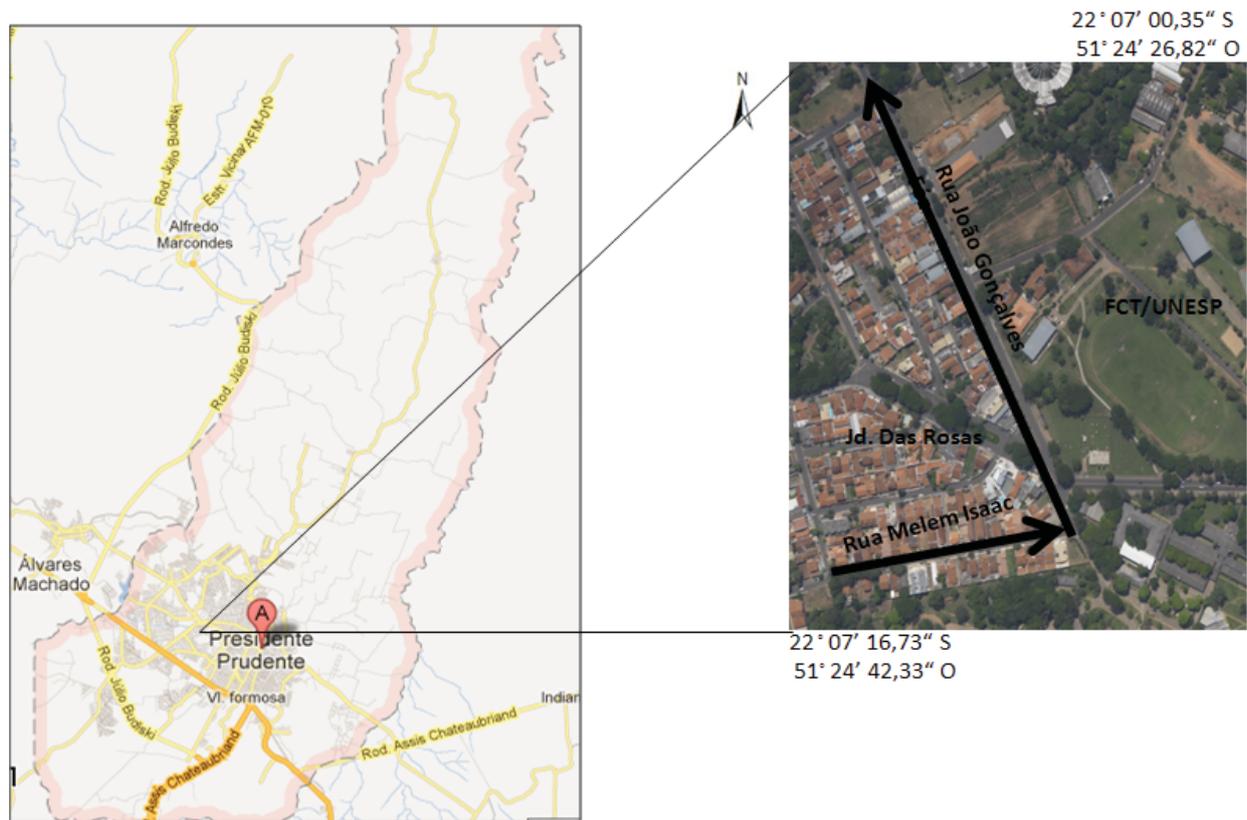


Figura 1 - Detalhamento da área teste e itinerários do levantamento. Fonte: Google Earth (2013).

cadastráveis, as quais também foram utilizadas para a análise dos resultados. As planilhas do M1 serviram ainda como fonte de dados para a formatação dos atributos, de acordo com os critérios apresentados no DDA (Dicionário de Dados da ANEEL), e para a estruturação da BDGD.

4. GEORREFERENCIAMENTO E CADASTRAMENTO DOS DADOS

O trabalho de georreferenciamento e cadastramento de dados é geralmente uma atividade realizada em campo, da qual se pode utilizar de várias técnicas de obtenção de dados, tais como fichas cadastrais, coletoras de

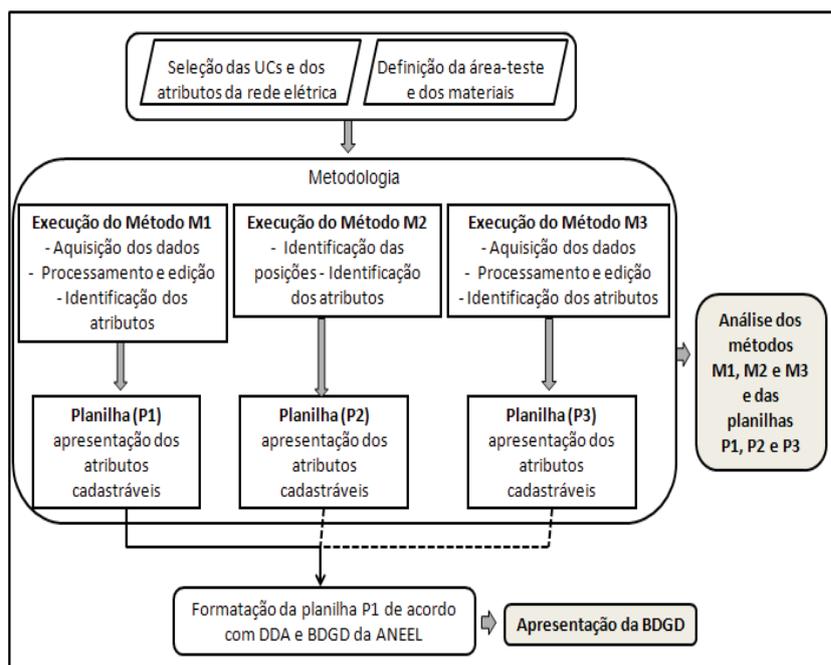


Figura 2 - Diagrama das etapas da metodologia.

dados, GNSS e RTK (Real Time Kinematic), fotografias e outros. O tipo e o detalhe desses dados cadastrais sempre são muito dependentes da aplicação desejada.

Neste trabalho são descritos a seguir três procedimentos de levantamento de dados que inclui tanto, o georreferenciamento dos pontos de interesse, quanto, o cadastramento dos atributos pertencentes às redes elétricas urbanas, utilizando-se de imagens.

4.1 Procedimento Metodológico Terrestre (M1)

O primeiro procedimento metodológico terrestre ou M1 consiste no georreferenciamento e cadastramento dos elementos e atributos da rede elétrica que mais se aproxima da forma convencional de se obter informações em campo. Os equipamentos foram operados por um cadastrador que se deslocou a pé, acompanhando a rede elétrica, para a aquisição dos dados em campo.

Para a aquisição das posições dos postes e unidades consumidoras, foram utilizados: uma antena GNSS L1; um coletor de dados portátil modelo Spectra Precision EPOCH 10; um bastão com bipé para apoio da antena GPS e uma prancheta com croquis de campo. Para a aquisição das respectivas fotografias, foi utilizada uma câmera fotográfica portátil, da marca Sony, com resolução de 14.1 mega pixels e zoom ótico de 4x. Vale ressaltar que, o sistema de navegação global por satélite (*Global Navigation Satellite System* - GNSS) envolve os atuais sistemas de navegação e posicionamento em atividade, sendo eles GPS, GLONASS, Galileo e Beidou, e os sistemas aumentados (*augmented systems*), entretanto, neste trabalho o equipamento utilizado - Spectra Precision EPOCH 10 - coletou apenas dados da constelação GPS.

O levantamento dos pontos foi realizado pelo método estático rápido, e o tempo de rastreamento para cada UC foi entre 1 e 2 minutos. Foram coletadas as posições de 85 UCs no total, sendo 29 posições obtidas para postes e 56 para unidades consumidoras. Os dados GPS foram processados no Datum SIRGAS 2000, por meio de um *software* comercial, utilizando a estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) de Presidente Prudente (PPTE) como ponto base.

As Tabelas 1 e 2 apresentam os desvios-padrão mínimos, máximos e médios para as componentes Este e Norte, além dos valores da precisão horizontal e do tempo de rastreamento do levantamento do processamento do M1.

Tabela 1: Resumo do processamento para os postes (M1)

Postes	Desvio Padrão E (m)	Desvio Padrão N (m)	Precisão Horizontal (m)	Duração de rastreamento (h:m:s)
Mínimo	0,001	0,002	0,002	00:01:08
Máximo	0,83	0,48	0,96	00:03:17
Média	0,34	0,18	0,39	00:01:27

Tabela 2: Resumo do processamento para as unidades consumidoras (M1)

UC	Desvio Padrão E (m)	Desvio Padrão N (m)	Precisão Horizontal (m)	Duração de rastreamento (h:m:s)
Mínimo	0,001	0,002	0,002	00:01:08
Máximo	0,83	0,48	0,96	00:03:17
Média	0,34	0,18	0,39	00:01:27

As fotografias adquiridas foram organizadas em diretórios e subdiretórios, sendo 29 subdiretórios para os 29 postes e 56 subdiretórios para um total de 72 unidades consumidoras.

Após a organização das fotografias das UCs, estas foram visualizadas individualmente fazendo-se a interpretação de cada um dos atributos de interesse e a identificação dos valores correspondentes a esses atributos. As Fig. 3 a 7 mostram exemplos de como foram realizados os procedimentos de identificação dos atributos pelas imagens.

As Fig. 8 e 9 mostram partes das planilhas que foram elaboradas com o cadastramento do primeiro procedimento: a planilha P1-P (primeiro procedimento para postes) e P1-UC (planilha do primeiro procedimento para unidades consumidoras).



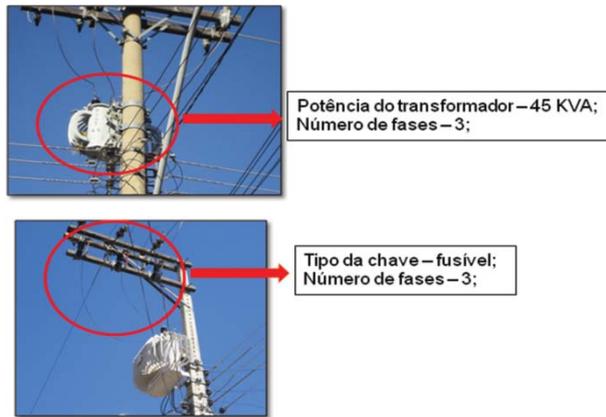
Figura 3 - Identificação dos atributos do poste.



Material dos para-raios; porcelana e polimérico;

Material da estrutura: concreto;

Figura 4 - Identificação dos para-raios e estruturas.



Potência do transformador – 45 KVA;
Número de fases – 3;

Tipo da chave – fusível;
Número de fases – 3;

Figura 5 - Identificação dos equipamentos no poste.



Poste sem luminária

Poste com 2 luminárias

Figura 6 - Identificação da existência de luminárias.



Tipo do medidor - Eletrônico;
Número de fases – 3;
Grandeza medida – energia;

Figura 7 - Identificação das unidades consumidoras.

Elemento de cadastro	Tipos de Atributos	UC 1	UC 2	UC 3	UC 4	UC 5	UC 6	UC 7	UC 8	UC 9	UC 10	UC 11	UC 12
Medidor	Tipo da medidor	Eletrone cônico											
	Número de fases	1	1	2	1	1	2	3	2	2	2	2	3
	Grandeza medida	Energia											

Figura 8 - Parte da planilha de atributos P1-P.

Elemento de cadastro	Tipos de Atributos	UC 1	UC 2	UC 3	UC 4	UC 5	UC 6	UC 7	UC 8	UC 9	UC 10	UC 11	UC 12
Medidor	Tipo da medidor	Eletrone cônico											
	Número de fases	1	1	2	1	1	2	3	2	2	2	2	3
	Grandeza medida	Energia											

Figura 9 - Parte da planilha de atributos P1-UC.

Os atributos que não foram passíveis de serem lidos no M1 foram codificados nas planilhas de acordo com a legenda do Quadro 3.

Quadro 3: Legenda para os atributos não lidos

Código	Descrição da Informação
ILE	O acesso é possível, mas a informação está ilegível, gasta, deteriorada etc.
IND	Informação não disponível na rede para identificação visual.
OCL	Informação disponível, porém oclusa ou obstruída.
INA	Informação inacessível para o procedimento, i.e., disponível, legível, porém as imagens não possibilitam a leitura (reconhecimento).

4.2 Procedimento Metodológico Pelo Google (M2)

No segundo procedimento metodológico ou M2, para o georreferenciamento e cadastramento dos atributos de interesse, não houve aquisição de dados de campo. As imagens da área-teste são de agosto de 2011 e foram disponibilizadas via internet pelo Google Maps e visualizadas pelo modo Street View (SV).

O modo SV proporciona visualizações panorâmicas de 360° na horizontal e de 290° na vertical, proporcionando ao usuário a mesma perspectiva que teria ao dirigir pelas ruas. As cenas são geradas a partir de mosaicos formados pelas imagens originais capturadas em sequência com um sistema de 15 lentes, a uma altura de cerca de 2,5 m, o que inclui uma lente olho de peixe colocada na parte superior. A porcentagem de sobreposição horizontal entre as imagens originais adjacentes é de cerca de 28,8%, removendo-se a porção mais distorcida da imagem original causada pela lente da câmera (TSAI; CHANG, 2012; PETRIE, 2010).

A identificação das coordenadas neste procedimento foi aproximada, porque as imagens do Google Maps *Street View* (GMSV) apresentaram precisões limitadas de ordem métricas para as coordenadas das UCs presentes na área-teste. As configurações escolhidas de visualização foram: o sistema de coordenadas UTM (Este, Norte) com unidade de medidas em metros; o sistema de referência WGS 84 (*World Geodetic System*). O WGS 84 é um sistema compatível com o SIRGAS 2000 com discrepâncias na ordem de 0,30m para Norte e 0,60m para Este. Estas diferenças foram desconsideradas para este trabalho.

A identificação das coordenadas foi feita de forma manual e individual para cada ponto. O procedimento consistiu em posicionar um marcador do SV junto ao poste no ponto mais próximo à guia (exemplo na Fig. 10), ou junto às divisas dos imóveis para as unidades consumidoras, fazendo anotações das coordenadas apresentadas na caixa de diálogo do *GMSV* que é apresentada na tela. Foram determinadas as coordenadas de 85 pontos no total (29 postes e 56 unidades consumidoras).

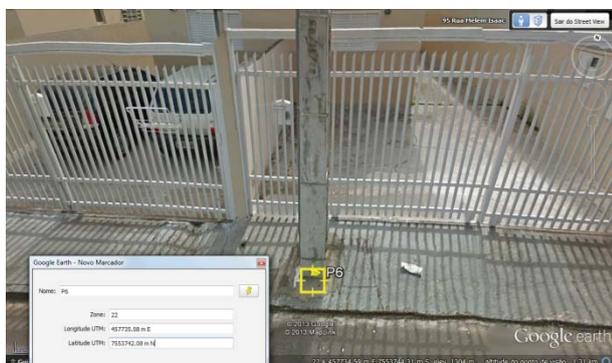


Figura 10 - Identificação das coordenadas do poste.

Para a interpretação das imagens e leitura dos atributos por este procedimento, foi feita a localização no GMSV da área teste a partir do primeiro poste de interesse, conforme a Fig. 11.

Os valores dos atributos passíveis de serem identificados através das imagens disponíveis no GMSV foram anotados em duas planilhas: P2-P (procedimento M2 para postes) e P2-UC (procedimento M2 para Unidades Consumidoras), ambas seguindo modelos iguais aos utilizados no cadastramento do procedimento M1. Os atributos que não tiveram valores



Figura 11 - Visualização da área-teste no *Street View*.

identificados foram também codificados a partir da legenda apresentada no Quadro 3.

4.3 Procedimento Metodológico Móvel (M3)

O terceiro procedimento apresentado utilizou-se de um sistema de mapeamento móvel (SMM). Os primeiros SMMs remontam ao final dos anos de 1980 e início dos anos de 1990, e os pioneiros da área foram os centros de mapeamento da Ohio State University (EUA) e da Universidade de Calgary (Canadá). Bossler et al. (1991) desenvolveram e construíram o primeiro sistema de mapeamento móvel, denominado GPSVanTM. As aplicações iniciais recaíam na extração da linha central (eixo) e das linhas demarcatórias das faixas de rolamento, usando procedimentos de processamento de sequências de imagens (BOSSLER; TOTH, 1996).

Um SMM pode ser definido como uma plataforma com múltiplos sensores de imageamento e posicionamento que, integrados, servem para aquisição de dados (imagens, coordenadas e atitude) continuamente e providenciam posicionamento tridimensional (3D) de objetos presentes na cena, assim como a trajetória percorrida pelo veículo (TAO, 2000; ELLUM; EL-SHEIMY, 2002; SCHWARZ; EL-SHEIMY, 2004).

Nos SMMs, as câmeras de vídeo obtêm as imagens continuamente, os receptores e as antenas GNSS fornecem o posicionamento global e o sistema de navegação inercial (*Inertial Navigation System* - INS) fornece a orientação angular da plataforma, sendo transformada em orientação do sensor de imagem (câmeras). O INS ainda complementa as posições quando os

dados GNSS estão prejudicados por causa das interferências das estruturas ao longo das ruas e rodovias (SILVA et al., 2001).

Atualmente, existem dezenas de sistemas em uso, e as suas aplicações principais são: mapeamento rodoviário, ferroviário, hidroviário ou mapeamento urbano para fins cadastrais, nos quais as informações geométricas e atributos coletados podem ser usados diretamente para construir e atualizar um banco de dados. Esses sistemas podem atingir precisão centimétrica tanto para a localização do veículo, como para as coordenadas 3D de objetos medidos a partir das sequências de imagens georreferenciadas (Tao; Li, 2007).

Neste trabalho, foi utilizado um SMM (Fig. 12) com o objetivo de se obter imagens contínuas (vídeos) da rede elétrica urbana, contendo os postes e seus equipamentos e os ramais de ligação das unidades consumidoras.



Figura 12 - Detalhes dos equipamentos do SMM.

As características dos equipamentos que constituem o SMM utilizado para aquisição dos dados neste procedimento são:

- um par de câmeras de vídeo da Sony, modelo HandyCam HDR-XR550 de resolução de 12 mega pixels;
- sistema de navegação inercial da Novatel, modelo IMU-FSAS-EI-O, Série SYSI000239-099;
- receptor GPS da Novatel, SPAN-SE-RT2-S-J, Série NDX940-0003;
- antena GPS da Novatel, ANT-A72GLA4-TW-N, Série 167200;
- *software* - SW-PP-GPSIMU Inertial Explorer;
- *software* Novatel CDU.

Foram adquiridos três vídeos com duração de 10 min (trajeto de ida e volta) cada um. O vídeo 1 foi coletado com o par de câmeras posicionadas para a lateral direita do veículo, com inclinação superior das câmeras entre 15° e 20° em relação à plataforma do veículo para a visualização tanto dos postes como das unidades consumidoras (Fig. 13). O vídeo 2 foi coletado com o par posicionado também para a lateral direita do veículo, porém, com inclinação superior das câmeras mínima de 30° em relação à plataforma do veículo, a fim de que a parte mais alta dos postes pudesse ser visualizada (Fig. 13). Por fim, o vídeo 3 foi coletado com o par de câmeras na posição frontal do veículo, permitindo uma visão panorâmica da cena e a complementação da visualização da rede elétrica.

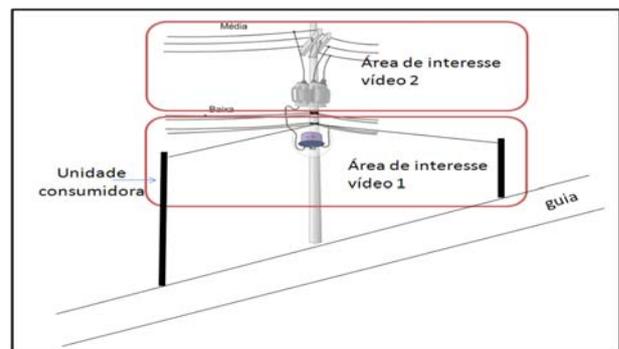


Figura 13 - Ilustração das áreas de interesse dos vídeos.

Após a aquisição dos dados com o SMM, o interesse era a obtenção de imagens e/ou vídeos georreferenciados. Para isso, foram realizadas várias etapas de organização, processamento e edição dos dados. Inicialmente, os dados GPS foram corrigidos. Na sequência, as cenas de interesse do vídeo (cenas com existência de postes) foram recortadas aos pares. As informações obtidas com o rastreamento GNSS e pelo INS foram usadas para se obterem os azimutes (orientações) e as coordenadas dos centros perspectivos (CP) de cada par de imagens, sendo que para isso foram necessários os respectivos tempos de tomada das mesmas. Foi feita então a modelagem dos CP dos pares das câmeras em função do deslocamento da antena GPS e da posição do INS.

Com as imagens georreferenciadas, foi realizada a etapa de interseção fotogramétrica para a obtenção do posicionamento 3D de pontos

referidos ao sistema do espaço-objeto (terreno). Este processo se baseia no conhecimento das coordenadas fotogramétricas dos pontos homólogos em cada par de fotografias e os elementos de orientação exterior (localização e atitude da câmera) das imagens (COELHO; BRITO, 2007). A interseção foi realizada por um programa fotogramétrico que possibilitou a determinação das coordenadas no sistema de coordenadas UTM e no Datum Sirgas 2000 de 24 postes existentes na área-teste do trabalho.

A etapa de interpretação das imagens para leitura dos atributos pelo procedimento M3 foi realizada visualizando-se os três vídeos do levantamento, na ordem em que foram coletados em campo. O primeiro vídeo foi usado para cadastrar os atributos relativos ao tipo de poste e tipo de material do poste. O segundo vídeo, que contempla a parte mais alta do poste, foi usado para cadastrar os atributos referentes aos demais elementos do cadastro: estrutura, equipamentos, para-raios e luminárias. Por fim, o terceiro vídeo (imageamento frontal da área), foi usado para ajudar na complementação da visualização de alguns postes, pois possibilitou observar o poste como um todo, apesar da distância.

Para o cadastramento dos atributos referentes à planilha de unidades consumidoras, foi utilizado o vídeo 1 e também os croquis de campo elaborados no procedimento M1 para acompanhamento da sequência numérica das unidades de cadastro. Da mesma forma como foi feito para os procedimentos M1 e M2, os valores dos atributos identificados através dos vídeos foram anotados em duas planilhas denominadas de planilha P3-P e P3-UC. Os atributos que não tiveram valores identificados foram também codificados a partir da legenda utilizada nos procedimentos anteriores.

5. ANÁLISE DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são apresentadas as análises realizadas, entre os três procedimentos metodológicos desenvolvidos e os resultados alcançados, descritos no capítulo anterior. As análises foram efetuadas segundo quatro aspectos:

- sobre o georreferenciamento obtido das entidades geográficas (postes e unidades consumidoras);

- sobre a quantidade de atributos cadastrados;
- sobre as restrições ou ressalvas de cadastramento dos atributos; e
- sobre algumas despesas qualitativas de execução (equipamentos, horas trabalhadas etc.).

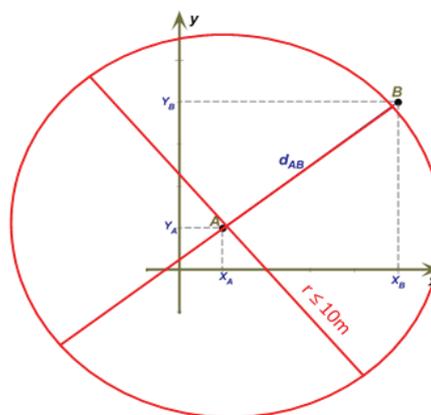
5.1 Análise do Georreferenciamento

Para o posicionamento das entidades geográficas, a norma da ANEEL (2008) instituiu que, quando as coordenadas forem calculadas com o emprego de GNSS, devem apresentar precisão mínima de 10m de posicionamento planimétrico. Conforme foi demonstrado nas Tabelas 1 e 2 deste artigo, o posicionamento obtido no primeiro procedimento alcançou resultados que se encontram dentro da precisão estipulada.

Desta forma, esta análise objetiva verificar se o georreferenciamento obtido para as UCs com os outros dois procedimentos também se encontram dentro da tolerância planimétrica da ANEEL. Para isso, o procedimento M1 foi considerado como de referência para a comparação das coordenadas.

Para tanto, foi considerado neste trabalho que a tolerância da ANEEL é a resultante das componentes das coordenadas. As discrepâncias no plano foram calculadas através da seguinte equação $\sqrt{(E_2 - E_1)^2 + (N_2 - N_1)^2}$ ou $\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ (Fig. 14).

Na equação, E_1 e N_1 são as coordenadas UTM do ponto obtidas no procedimento M1, e E_2 e N_2 são as coordenadas UTM do mesmo ponto obtidas no procedimento M2 ou M3.



A = poste ou UC em M1; B = poste ou UC em M2 ou M3
 d_{AB} = discrepância dos posicionamentos entre M1 e M2 ou M1 e M3

Figura 14 - Ilustração da circunferência máxima das discrepâncias

Os valores apresentados na Tabela 3 são referentes às discrepâncias calculadas entre os posicionamentos para os 29 postes georreferenciados e para todas as unidades consumidoras georreferenciadas na comparação entre os dois primeiros procedimentos.

Tabela 3: Resumo das discrepâncias entre M1 e M2

Resumo dos valores	Discrepância entre os postes	Discrepância entre as unidades consumidoras
Menor valor	1,5m para P11	0,74m para U54/U55
Maior valor	7,5m para P29	7,21m para U11/U12
Média	4,89m	3,77m

É importante ressaltar que estas discrepâncias sofrem influências resultantes de deslocamentos das imagens disponibilizadas pelo Google. Não foi possível quantificar tais deslocamentos, uma vez que variam de imagem para imagem. Além disso, por se tratar de dados não comercializados e de uma ferramenta de visualização de imagens, a precisão obtida depende da atualização e da resolução das imagens disponíveis pelo Google Earth.

Similarmente, utilizando-se as coordenadas dos 24 postes obtidas no procedimento M3, foram realizadas comparações de posicionamento com o procedimento M1. A Tabela 4 mostra as discrepâncias calculadas. Ressalta-se que para o procedimento M3 não foram posicionadas as unidades consumidoras, devido à maior complexidade de se visualizar essas feições nas imagens, pois as UCs, na maioria das vezes, são posicionadas nas laterais dos muros, dentro das residências. Porém, os resultados alcançados para os postes se mostraram melhores que aqueles obtidos da comparação entre o procedimento M1 e M2 para postes.

É importante destacar que o georreferenciamento obtido com o procedimento M3 (mapeamento móvel), diferentemente daquele obtido com o Google, pode ser até mesmo melhorado, pois os procedimentos para orientação das imagens são passíveis de refinamentos, embora neste trabalho não tenham sido realizados, pois a precisão alcançada no M3 já se encontra dentro do limite esperado.

Tabela 4: Resumo das discrepâncias entre M1 e M3

Resumo dos valores	Discrepância entre os postes
Menor valor	0,26m para P16
Maior valor	7,19m para P12
Média	3,24m

Assim, pode-se dizer que o georreferenciamento obtido com os procedimentos M2 e M3, para as entidades geográficas estudadas, satisfazem a tolerância planimétrica da ANEEL. Isso porque, quando comparadas aos valores de referência alcançados pelo georreferenciamento do procedimento M1, os mesmos se distanciaram no máximo 7,5m para os postes e 7,21m para as unidades consumidoras, ou seja, nenhuma discrepância foi maior que a tolerância de 10m.

5.2 Análise Quantitativa dos Atributos

Esta análise demonstrou a porcentagem de atributos da rede elétrica identificada pelos procedimentos de cadastramento. Para a análise foram utilizadas as planilhas de valores de atributos que foram obtidas em cada um dos três procedimentos. Foram ainda considerados os 21 atributos relacionados aos elementos de cadastro existente para postes e 3 atributos relacionados às unidades consumidoras.

A Tabela 5 sintetiza, quantitativamente, os resultados da análise realizada para os 29 postes cadastrados. As colunas (1) e (2) descrevem os elementos de cadastro e os respectivos atributos. As colunas (3), (9) e (15) apresentam a relação da quantidade de postes que teve o atributo lido pela quantidade total de postes que possuem o atributo, para cada um dos procedimentos. As colunas (4), (10) e (16) apresentam a porcentagem de atributos lidos pelos procedimentos. As demais colunas identificam a quantidade de atributos ilegíveis (ILE), não disponíveis na rede (IND), oclusos (OCL) e inacessíveis para o procedimento (INA), conforme legenda apresentada no Quadro 3, utilizada para codificação de atributos não lidos.

De maneira similar, a Tabela 6 sintetiza, quantitativamente, os resultados da análise realizada para as 72 unidades consumidoras cadastradas.

As Tabelas 7 e 8 sintetizam, quantitativamente, a porcentagem de atributos e valores

lidos para postes e unidades consumidoras. É possível verificar que o M1 apresentou a maior quantidade tanto de atributos quanto de valores

lidos, seguido pelos segundo e terceiro procedimentos, que tiveram resultados de cadastramento muito similares.

Tabela 5: Análise quantitativa para postes dos atributos lidos e não lidos.

Elemento de Cadastro	Tipo de Atributos	Procedimento M1						Procedimento M2						Procedimento M3					
		Atributos lidos no M1		ILE	IND	OCL	INA	Atributos lidos no M2		ILE	IND	OCL	INA	Atributos lidos no M3		ILE	IND	OCL	INA
		Qde	%					Qde	%					Qde	%				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
Poste	Tipo do Poste	29/29	100,0%	0	0	0	0	29/29	100,0%	0	0	0	0	29/29	100,0%	0	0	0	0
	Tipo do Material	29/29	100,0%	0	0	0	0	29/29	100,0%	0	0	0	0	29/29	100,0%	0	0	0	0
	Altura (m)	25/29	86,2%	3	0	1	0	01/29	3,4%	0	0	0	28	0/29	0,0%	0	0	0	29
	Carregamento/ Esforço (daN)	25/29	86,2%	3	0	1	0	01/29	3,4%	0	0	0	28	0/29	0,0%	0	0	0	29
Estrutura suporte de equipamento e de barramento	Tipo de material da cruzeta	23/23	100,0%	0	0	0	0	9/23	39,1%	0	0	0	14	0/23	0,0%	0	0	0	23
Transformador de distribuição	Tensão primária	0/4	0,0%	0	0	0	4	0/4	0,0%	0	0	0	4	0/4	0,0%	0	0	0	4
	Tensão secundária	0/4	0,0%	0	0	0	4	0/4	0,0%	0	0	0	4	0/4	0,0%	0	0	0	4
	Potência	3/4	75,0%	0	0	0	3	0/4	0,0%	0	0	0	4	0/4	0,0%	0	0	0	4
	Número de fases	4/4	100,0%	0	0	0	0	4/4	100,0%	0	0	0	0	4/4	100,0%	0	0	0	0
Chave	Tipo de proteção	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0
	Tipo de chave	4/4	100,0%	0	0	0	0	3/4	75,0%	0	0	0	1	3/4	75,0%	0	0	0	1
	Classe de tensão	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0
	Corrente nominal	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0
	Tipo de controle	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0
	Número de fases	4/4	100,0%	0	0	0	0	4/4	100,0%	0	0	0	0	3/4	75,0%	0	0	0	1
Pára-raios	Tipo de isolamento	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0
	Tipo de material	4/4	100,0%	0	0	0	0	1/4	25,0%	0	0	0	3	0/4	0,0%	0	0	0	4
	Tensão	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0
	Elemento resistivo	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0
Luminária	Capacidade de interrupção	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0	0/4	0,0%	0	4	0	0
Luminária	Existência	29/29	100,0%	0	0	0	0	29/29	100,0%	0	0	0	0	29/29	100,0%	0	0	0	0
Total			6	32	2	11			0	32	0	86			0	32	0	99	

Tabela 6: Análise quantitativa para unidades consumidoras dos atributos lidos e não lidos

Elemento de Cadastro	Tipo de Atributos	Método M1						Método M2						Método M3					
		Atributos lidos no M1		ILE	IND	OCL	INA	Atributos lidos no M2		ILE	IND	OCL	INA	Atributos lidos no M3		ILE	IND	OCL	INA
		Qde	%					Qde	%					Qde	%				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
Medidor	Tipo do medidor	65/72	90.3%	1	0	5	1	0/72	0.0%	0	0	0	72	0/72	0.0%	0	0	0	72
	Número de fases	72/72	100.0%	0	0	0	0	23/72	31.9%	0	0	0	49	18/72	25.0%	0	0	0	54
	Grandeza medida	72/72	100.0%	0	0	0	0	72/72	100.0%	0	0	0	0	72/72	100.0%	0	0	0	0

Tabela 7: Síntese da % de atributos e valores lidos para poste

Total Para Postes	M1	M2	M3
21 Atributos	52%	48%	33%
228 Valores	79%	48%	43%

Tabela 8: Síntese da % de atributos e valores lidos para UC

Total para UC	M1	M2	M3
3 Atributos	100%	67%	67%
216 Valores	97%	44%	42%

5.3 Análise das Restrições de Cadastramento

Conforme mencionado, alguns dos atributos não foram passíveis de serem lidos nos procedimentos, sendo então codificados pela legenda do Quadro 3. Esses valores não lidos foram consequência das restrições de cadastramento encontradas nas imagens utilizadas nos três procedimentos. Desta forma,

nesta terceira análise foram apresentadas as principais restrições e quais procedimentos estão relacionados a cada uma delas, sendo que o procedimento M1 foi o que apresentou menor número de restrições e, conseqüentemente, menor número de atributos não lidos.

A Tabela 9 apresenta a síntese do detalhamento das restrições, dos procedimentos afetados e suas influências no resultado do cadastramento.

Tabela 9: Resumo das restrições de cadastramento apresentadas nos procedimentos

Restrição	Detalhamento da Restrição do Procedimento	Procedimento Afetado pela Restrição			Consequência da Restrição no Cadastramento
		M1	M2	M3	
1	Problema de resolução da imagem ou impossibilidade de acesso visual para leitura de equipamentos	X	X	X	Não identificação das tensões primária e secundária e potência dos transformadores, pois não foi possível a leitura da placa metalizada instalada na parte posterior dos transformadores.
2	Problema de resolução para leitura do poste		X	X	Não identificação dos atributos altura e esforço do poste
3	Existência de oclusão ou indisponibilidade de acesso ao medidor de energia	X			Não identificação do atributo tipo de medidor em sete unidades consumidoras
4	Impossibilidade de acesso visual na imagem para leitura de medidores de energia elétrica		X	X	Não identificação total do atributo tipo de medidor das unidades consumidoras e não identificação parcial do atributo quantidade de fases
5	Impossibilidade de acesso visual na imagem devido à interferência da luz solar e falta de recurso de ampliação da imagem		X	X	Não identificação parcial do atributo tipo de materiais das estruturas e dos para-raios e não identificação parcial do atributo quantidade de fases
Total		2	4	4	

Foi possível observar duas principais causas para as restrições apresentadas. A primeira, que afetou todos os procedimentos, se refere à resolução das imagens utilizadas em cada procedimento, mostrando-se insatisfatória

para a leitura de alguns atributos (restrições 1 e 2). A segunda causa, mais difícil de contornar e que afetou os procedimentos M2 e M3, se refere à forma de manipulação do detalhamento da imagem em cada procedimento, por exemplo,

a impossibilidade de ampliação (zoom) direta dos detalhes, o que dificultou, ou até mesmo impossibilitou, a identificação visual de alguns atributos.

5.4 Análise Qualitativa de Execução

Para demonstrar quais os tipos de itens envolveram a execução dos três procedimentos propostos no trabalho, elaborou-se uma tabela comparativa dos processos (Tabela 10). Esta Tabela relaciona os itens de execução dos procedimentos em quatro partes: a quantidade e tipo de equipamentos utilizados na coleta de campo e no processamento dos dados; a quantidade de horas trabalhadas em campo e em escritório; o número de pessoas envolvidas no trabalho; e o tipo de mão de obra necessária

para a execução de cada etapa.

A Tabela 10 também demonstra algumas diferenças e semelhanças entre as etapas dos procedimentos. Primeiramente, percebeu-se que no procedimento M2 a etapa de aquisição dos dados não ocorre, o que o tornou o menos custoso dos três, apesar de ter envolvido custos de acesso às imagens no escritório. Verificou-se que o procedimento M3 utilizou mais itens (equipamentos) para a etapa de aquisição dos dados em relação ao M1. Também se verificou que os procedimentos M1 e M3 apresentaram mais semelhanças entre si, sendo equivalentes na comparação das etapas de processamento e identificação dos atributos, sendo também semelhantes na quantidade e tipo de mão de obra necessária à execução de coleta e processamento.

Tabela 10: Análise qualitativa de execução dos procedimentos

		Procedimento M1	Procedimento M2	Procedimento M3
Materiais utilizados na aquisição dos dados	Descrição	1 antena GPS L1	*	1 veículo
		1 coletora portátil		2 câmeras de vídeos de 12 MP
		1 bastão com bi-pé		1 sistema inercial
		1 câmera fotográfica portátil de 14.1 MP		1 receptor GPS
		croquis de campo da base cartográfica		1 antena GPS
		1 prancheta		1 computador portátil
Materiais e softwares utilizados no processamento dos dados e identificação dos atributos	Descrição	1 computador para armazenamento dos dados	1 computador com acesso à internet para conectar ao Google Maps Street View	1 computador para armazenamento dos dados
		arquivos Rinex da estação da RBMC PPTE		software para visualização dos vídeos
		software para conversão dos arquivos em Rinex		software para recorte das cenas
		software para o processamento dos dados	software para montagem das planilhas de atributos	softwares para processamento GPS e interseção
		software para montagem das planilhas de atributos		software para montagem das planilhas de atributos

Nº de horas trabalhadas	Coleta de dados	5h35min	0	30min
	Organização e processamento	2h30min	0	20min
	Identificação dos atributos	3h	2h06min	3h37min
	Total	11h05min	2h06min	4h27min
Nº de pessoas na execução	Coleta de dados	2	0	2
	Processamento e identificação dos atributos	1	1	1
Recursos humanos	Coleta de dados	capacitada apenas para o manuseio dos equipamentos	*	capacitada apenas para o manuseio dos equipamentos
	Processamento e identificação dos atributos	técnico	técnico	técnico

* Não foi considerado o imageamento do Google Maps

6. PADRONIZAÇÃO DOS DADOS E ESTRUTURAÇÃO DA BDGD

Conforme descrito no capítulo anterior, os procedimentos metodológicos utilizaram de interpretação visual das imagens, com o objetivo de cadastrar os valores de atributos passíveis de serem identificados nas mesmas.

Neste capítulo são mostrados exemplos de padronização e estruturação da BDGD conforme modelo do SIG-R da ANEEL. Para isso, os dados do cadastramento foram codificados com os padrões de atributos e valores apresentados no MCPSE (ANEEL, 2009) e no DDA do PRODIST (ANEEL, 2008).

6.1 Exemplo de Padronização dos Dados M1

Para que os dados das planilhas de cadastramento obtidas por um dos métodos desenvolvidos no trabalho pudessem compor

uma BDGD conforme o modelo a ser enviado para o SIG-R da ANEEL, foi necessário primeiramente executar a padronização desses dados de acordo com o DDA apresentado no PRODIST (ANEEL, 2008) e com o MCPSE (ANEEL, 2009), utilizando-se das codificações para cada atributo e valor.

Como exemplo de padronização da ANEEL, neste trabalho foram utilizados os dados obtidos pelo primeiro procedimento, pois apresentaram maior número de atributos com valores lidos (válidos).

Nesta etapa, os dados cadastrados nas planilhas P1-P e P1-UC (ver Fig. 8 e 9) foram padronizados e distribuídos em quatro Tabelas, sendo as duas primeiras de dados das unidades geográficas, e as duas últimas de dados de unidades não-geográficas (Tabelas 11, 12, 13 e 14).

Tabela 11: Extrato da tabela PON_NOT (Ponto Notável)

COD_ID	DIST	TIP_PN	POS	ESTR	MAT	ESF	ALT	ARE_LOC	TI	CM	TUC	A1
P1	6	POS	D	DT	CO	11	9	1	40	0	255	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
P29	6	POS	D	CI	CO	11	13	1	40	0	255	

DIST - Código da Distribuidora; **TIP_PN** - Tipo de Ponto Notável; **POS** - Tipo de Poste; **ESTR** - Tipo da Estrutura; **MAT** - Tipo do Material; **ESF** - Valor do Esforço; **ALT** - Altura; **ARE_LOC** - Área de Localização; **TI** - Tipo de Instalação; **CM** - Centro Modular; **TUC** - Código e Título do Tipo de UC; **A1** - Código e Especificação da UC.

Tabela 12: Extrato da tabela UC_BT (Unidade Consumidora de Baixa Tensão)

COD_ID	RAMAL	DIST	CLAS_SUB	FAS_CON	GRU_TEN	TEN_FORN	GRU_TAR	SIT_ATIV	DAT_CON	POT_INST
U1	RAMAL1	6	RE1	AN	BT	49	B1	NO		0.00
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
U72	RAMAL72	6	CO1	ABCN	BT	49	B3	SM		0.00

DIST - Código da Distribuidora; **CLAS_SUB** - Código da Classe e Subclasse; **FAZ_CON** - Código das Fases de Conexão; **GRU_TEN** - Código do Grupo de Tensão; **TEN_FORN** - Código da Tensão de Fornecimento; **GRU_TAR** - Código do Grupo Tarifário; **SIT_ATIV** - Código da Situação de Ativação; **DAT_CON** - Data de Conexão; **POT_INST** - Potência Instalada (kVA).

Tabela 13: Extrato da tabela EQU_MED (Equipamento Medidor)

COD_ID	DIST	TIP_UNID	QUAN_FAS	TI	CM	TUC	A1	DAT_IMO
MED1	6	2	AN	93	0	295		00/00/0000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
MED72	6	2	ABN	93	0	295		00/00/0000

DIST - Código da Distribuidora; **TIP_UNID** - Código do Tipo de Unidade; **QUAN_FAS** - Quantidade de Fases; **TI** - Tipo de Instalação; **CM** - Centro Modular; **TUC** - Código e Título do Tipo de UC; **A1** - Código e Especificação da UC; **DAT_IMO** - Data de Imobilização, conforme regras definidas no MCPSE.

Tabela 14: Tabela EQU_TRA_D (Dados Padronizados dos Transformadores)

COD_ID	UNI_TR_D	DIST	CLAS_TEN	POT_NOM	LIG	QUA_FAS	TEN_PRI	TEN_SEC	TI	CM	TUC	A1
TRA1	0	6	1	0	0	ABCN	10	49	40	0	565	565.01
TRA2	0	6	1	0	0	ABC	10	0	40	0	565	565.01
TRA3	0	6	1	13	0	ABCN	10	49	40	0	565	565.01
TRA4	0	6	1	0	0	ABCN	10	49	40	0	565	565.01

UNI_TR_D - Código da Unidade Transformadora de Distribuição; **DIST** - Código da Distribuidora; **CLAS_TEN** - Código da Classe de Tensão; **POT_NOM** - Código da Potência Nominal (KVA); **LIG** - Código do Esquema de Ligação; **QUAN_FAS** - Quantidade de Fases; **TEN_PRI** - Código da Tensão Nominal do Primário; **TEN_SEC** - Código da Tensão Nominal do Secundário; **TI** -

Para a construção destas tabelas, foram utilizados os padrões da ANEEL, através das informações referentes à estruturação das entidades da BDGD e que são descritas nos Anexos I e II do Módulo 6 do PRODIST (ANEEL, 2008). Essas informações fizeram referência, por exemplo, a quantos e quais campos deverão ser criados para cada unidade

de cadastro, o tipo e formato de cada campo, além do padrão dos dados a serem utilizados. Também apresentou de onde deveriam ser extraídas as codificações para os dados, podendo ser diretamente da distribuidora, do DDA do PRODIST (ANEEL, 2008), ou do MCPSE (ANEEL, 2009).

6.2 Exemplo de Estruturação da BDGD

Todas as informações e conteúdos associados às entidades geográficas, como o detalhamento dos campos da BDGD e do DDA, estão descritas, respectivamente, no Anexo I e no Anexo II do Módulo 6 do PRODIST (ANEEL, 2008), e as demais informações referentes ao formato e à forma de envio da BDGD são descritas no Módulo 2 do mesmo documento.

A estrutura de uma BDGD está organizada em dois conjuntos de entidades, as geográficas e as não-geográficas. As entidades geográficas representam feições de objeto geográfico e estruturas de informação que são necessariamente representadas na base de dados da distribuidora, além de se relacionarem com as demais entidades da BDGD. As entidades não-geográficas apresentadas pela ANEEL representam as estruturas de informação que se relacionam com as demais entidades da BDGD, todavia não possuem representação geográfica definida.

A ANEEL ainda estabelece, na Seção 2.4 do Módulo 2 do PRODIST, como a BDGD deverá ser fornecida pelas distribuidoras: “Deverá ser fornecida em forma de arquivo digital georreferenciado, em formato *shapefile* (*shp*) da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), ou, alternativamente, no formato GML (*Geography Markup Language Simple Features* no nível SF-0. O arquivo deverá conter o traçado geométrico de todos os segmentos de rede de alta, média e baixa tensão, assim como os respectivos atributos técnicos e a localização geográfica das estruturas a elas integrada, como os acessantes e equipamentos existentes no sistema de distribuição” (ANEEL, 2008, p. 29).

Os arquivos de mesma representação cartográfica (pontos, linhas ou polígonos) deverão ser agrupados em camadas, diferenciadas em função das características técnicas das feições geográficas às quais estão associadas. Desta forma, os pontos representam estruturas e equipamentos localizados; as linhas representam em níveis diferenciados os sistemas de distribuição de alta, média e baixa tensão; e os polígonos representam os conjuntos de unidades consumidoras, entre outros polígonos fechados.

Ainda de acordo com a Seção 2.4 do Módulo 2 do PRODIST, todos os dados cartográficos para a BDGD deverão: “Ser fornecidos no sistema de coordenadas geográficas referidos ao Datum SIRGAS 2000. Os pontos de inflexão ou pontos notáveis e os traçados das linhas deverão ser obtidos com precisão compatível, no mínimo, com as cartas topográficas na escala 1:100.000 e, quando suas coordenadas forem calculadas com o emprego de GPS, deverão apresentar precisão mínima de 10 m de posicionamento planimétrico” (ANEEL, 2008, p. 29).

Para este trabalho, um exemplo de BDGD conforme modelo exigido pela ANEEL foi estruturado utilizando os resultados obtidos da padronização dos dados do primeiro procedimento realizado. Isso permitiu que os dados vetoriais e descritivos das redes elétricas fossem representados de forma conjunta.

Para essa estruturação da BDGD, foi necessária a manipulação dos dados em ambiente SIG, através de rotinas de geoprocessamento. Com o SIG, foi possível representar todas as feições geográficas mapeadas na área-teste, relacionando os postes com as respectivas unidades consumidoras e vice-versa, assim como também foi possível relacionar os postes com os equipamentos transformadores, através de um *link* com os atributos relacionados a cada uma das feições.

Desta maneira, foi possível verificar os atributos relacionados às feições, de forma geral, a partir da ferramenta de visualização de tabela de atributos da camada escolhida (Fig. 15) ou a partir da seleção individual de uma feição, conforme ilustrado na Fig. 16.

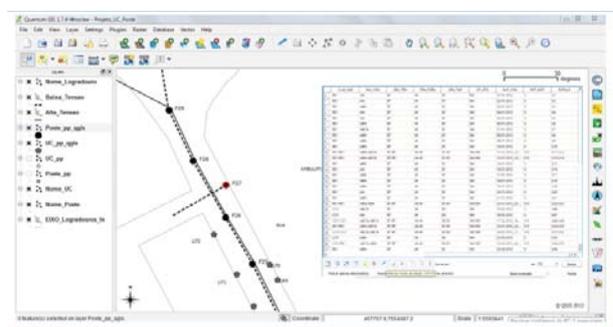


Figura 15 - Visualização da tabela geral de atributos no SIG.

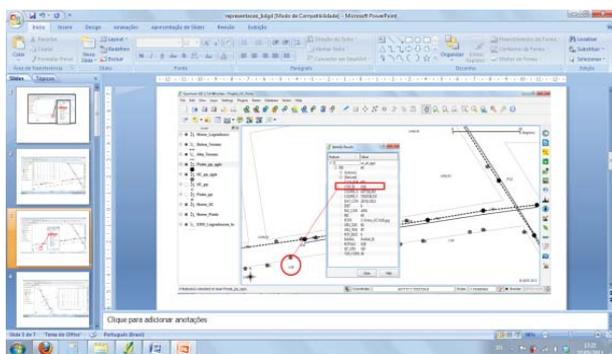


Fig. 16 - Visualização de tabela individual de atributos no SIG.

O SIG ainda pôde ser complementado com a inserção das fotos das feições (postes e unidades consumidoras). Para isso foi necessário criar um *link* para visualizar as respectivas fotos. O *link* foi feito a partir de uma nova coluna criada na tabela de atributos das camadas, indicando para cada linha de feição o caminho das respectivas fotografias que estavam armazenadas no disco rígido do computador. As Fig. 17 e 18 ilustram dois exemplos desta etapa, para poste e unidade consumidora.

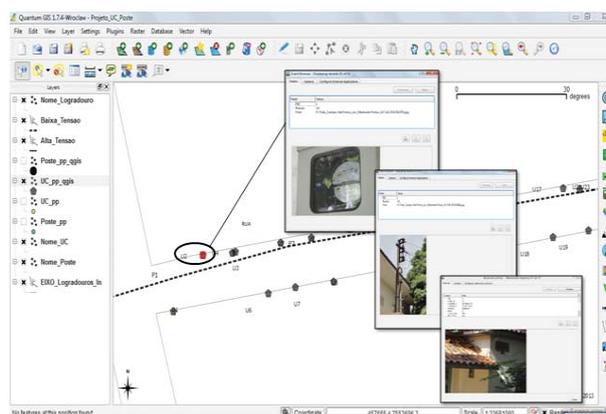


Figura 18 - Visualização das fotos das unidades consumidoras da BDGD no SIG.

Adicionalmente à BDGD, estruturada e visualizada no SIG, foi possível também efetuar uma visualização 3D dos dados. Isso foi possível através da geração de um arquivo “KML” das coordenadas e atributos dos postes e das unidades consumidoras da BDGD para posterior importação no Google Earth, utilizando ainda símbolos e efeitos 3D como ilustrado na Fig. 19.

7. CONCLUSÕES

Os procedimentos apresentados possuem apenas uma etapa comum: a utilização exclusiva de fotos ou imagens da área-teste para identificação dos atributos selecionados para o cadastro. O primeiro procedimento, denominado de procedimento terrestre, utilizou fotos detalhadas dos postes e unidades consumidoras obtidas em campo. O segundo procedimento utilizou imagens (cenas) panorâmicas disponibilizadas na *internet* pelo Google Maps *Street View*. No terceiro procedimento, ou procedimento móvel, foi feito uso de vídeos coletados dos ativos das

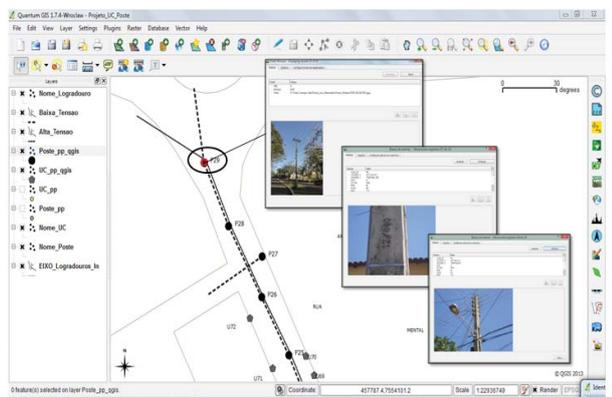


Figura 17 - Visualização das fotos da BDGD no SIG.



Figura 19 - Visualização 3D das feições com atributos no Google Earth.

redes elétricas ao longo das vias públicas.

Foram efetuadas análises entre os procedimentos aplicados. As duas primeiras análises relacionaram o posicionamento das entidades geográficas e o quantitativo de atributos cadastrados, observando-se as exigências da ANEEL. A terceira e quarta análises trataram, respectivamente, as restrições de cadastramento e o qualitativo de execução de cada procedimento.

Foi possível concluir que os três procedimentos atenderam à precisão posicional individual de 10 m tolerada pela ANEEL, bem como que o primeiro e terceiro procedimentos apresentam possibilidades tecnológicas para se melhorar o posicionamento obtido. O primeiro procedimento apresentou precisões centimétricas para as coordenadas dos postes e foi utilizado como referência para a análise do georreferenciamento dos outros dois procedimentos. A média das discrepâncias de posicionamento dos postes entre o M1 e M2 foi de 4,89 m e entre o M1 e M3 foi de 3,24 m em média, não ultrapassando 7,5 m na pior discrepância.

Em referência aos postes, o procedimento M1 apresentou maiores quantidades tanto de atributos lidos (52% do total) quanto de valores lidos (79% do total). Os resultados de cadastramento do M2 e M3 foram muito similares, com aproximadamente 50% de atributos lidos e com 40% de valores válidos.

Com relação às unidades consumidoras, quantitativamente, o procedimento M1 também foi superior no cadastramento e possibilitou 100% de atributos com 97% de valores lidos. Os procedimentos M2 e M3 também apresentaram resultados similares, da ordem de 67% de atributos e 40% de valores lidos. Esses resultados são consequência da quantidade e detalhamento das fotografias obtidas pelo M1 para cada ponto, o que possibilitou a legibilidade da informação e, conseqüentemente, a identificação de maiores detalhes das imagens.

Toda a abordagem do trabalho e as análises realizadas entre os procedimentos, bem como a observância dos resultados obtidos, procuraram demonstrar as principais vantagens e desvantagens de cada um deles, porém, sem a intenção de depreciar um em função do outro. Percebeu-se que o potencial de cada procedimento para a aplicação em questão

depende de qual fator é analisado, podendo ser: quantidade de atributos, despesas de execução, tempo de trabalho, precisão de posicionamento, segurança de execução, emprego de tecnologias etc. Isso porque nenhum procedimento, por si só, é capaz de suprir todas as necessidades de cadastramento e georreferenciamento exigidas pela ANEEL com menor custo.

Neste contexto, foi possível observar que o primeiro procedimento (terrestre), que é o mais convencional dos três, apresentou o melhor resultado de cadastramento dos atributos, ou seja, neste quesito ele pode ser considerado o mais vantajoso de todos. Porém, as desvantagens são várias. Pode-se citar que ele é o mais demorado na coleta dos dados e envolvem muito mais trabalho e etapas de processamento e edição dos dados, o que eleva, sem dúvida, as despesas com mão de obra, sem contar que o cadastrador precisa caminhar pelas vias com os equipamentos, sujeito a muitos riscos (roubo, acidentes) e até mesmo aos efeitos das intempéries. Ainda é preciso considerar que, para um trabalho em larga escala, seria necessária a disponibilidade de inúmeros equipamentos e equipes de cadastradores para efetuar o trabalho de aquisição de dados. Todas estas desvantagens descritas não ocorrem para os outros dois procedimentos.

Da mesma forma, no procedimento M2 a maior vantagem está no fato de não envolver trabalhos em campo. As imagens são gratuitas (o que se paga é o acesso à *internet*) e já se encontram georreferenciadas para a aplicação estudada, que não requer uma precisão elevada. No procedimento com mapeamento móvel, a rapidez e segurança na coleta dos dados e a comodidade na determinação do posicionamento das feições de interesse realizada em escritório constituem as principais vantagens. Ainda é possível considerar que para os procedimentos M2 e M3, há a vantagem de se conseguir visualizar a continuidade dos cabamentos das redes elétricas e os ramais de ligação entre os postes e unidades consumidoras. Isso facilita e minimiza os erros da representação vetorial dessas feições, necessária à composição da base geográfica.

Para pesquisas futuras, recomenda-se estudar alternativas para melhorar a etapa de identificação dos atributos no terceiro procedimento. Isso implicaria na redução do

tempo gasto nesta etapa, conforme mostrado na Tabela 10, relativamente ao item de horas trabalhadas, uma vez que este procedimento mostrou-se mais eficiente nas etapas de coleta e processamento dos dados, na comparação do item referente às horas trabalhadas.

O trabalho também apresentou uma forma simplificada de estruturação da BDGD, na qual os dados vetoriais e descritivos (padronizados) das redes elétricas obtidos pelo procedimento M1 foram representados em um ambiente SIG. Isso porque, com a padronização das informações e da forma de envio estabelecidos e exigidos pela ANEEL, a agência almeja obter uma visão espacial da disposição de todas as redes elétricas instaladas no país e de seus elementos elétricos, substituindo as antigas plantas em papel.

AGRADECIMENTOS

À Engenheira Márcia Junqueira e ao técnico Francisco, pelas informações técnicas necessárias às análises dos atributos. À empresa Cartovias Engenharia Cartográfica, pela execução do mapeamento móvel. Ao Yuri Cavazin, que colaborou na estruturação da base de dados. À Prof^ª. Dr^ª. Arlete Correia Meneguette, pela valiosa colaboração em todas as fases do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. MCPSE - Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/aren2009367_2.pdf>. Acesso fev. de 2012. 217p.
- _____. _____. PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico. Módulo 2 - Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição. Nacional. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=82>>. Acesso fev. de 2012. 32p.
- _____. _____. PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico. Módulo 6 - Informações Requeridas e Obrigações. Nacional. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=82>>. Acesso fev. de 2012. 229p.
- BOSSLER, J. D. et al. GPS and GIS Map the Nation's Highways. **Geo Info Systems**, v. 1, n. 3, p. 27-37, 1991.
- BOSSLER, J. D; TOTH, C. Feature positioning accuracy in mobile mapping: results obtained by the GPS Van. **INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, ISPRS**, v. 31, part B4, p. 139-142, 1996.
- COELHO, L.; BRITO, J. N. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: Editora UERJ, 2007, 196p.
- ELLUM, C.; EL-SHEIMY, N. Land-based mobile mapping systems. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 2002, v.68, p. 13–17 e 28. Disponível em: <<http://beta.asprs.org/a/publications/pers/2002journal/january/georef.pdf>>. Acesso jul. de 2011.
- PETRIE, G. An introduction to the technology mobile mapping systems. **GEOInformatics** n. 13, p. 32–43. 2010.
- SCHWARZ, K. P.; EL-SHEIMY, N. Mobile mapping systems – state of the art and future trends. **INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING**, commission 5, v. 35, part B5, p. 759-768, Istanbul, Turkey, 2004.
- SILVA, J. F. C. CAMARGO, P. O. GUARDIA, M. C., REISS, M. L. L., SILVA, R. A. C., GALLIS, R. B. A., OLIVEIRA, R. A. Mapeamento de ruas com um sistema móvel de mapeamento digital. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 53, p. 82-91, 2001. Disponível em: <<http://www.rbc.lsie.unb.br/index.php/rbc/article/view/200/183>>. Acesso mai. de 2011.
- TAO, C. V. Mobile mapping technology for road network data acquisition. **Journal of Geospatial Engineering**, v. 2, n. 2, p. 1-13. 2000. Disponível em: <http://www.lsgi.polyu.edu.hk/staff/ZL.Li/vol_2_2/01_tao_c_1.pdf>. Acesso jul. de 2011.
- TAO, C.V.; LI, J. **Advances in Mobile Mapping Technology**. New York: Taylor & Francis. 2007. 176p.
- TAI, V. J. D.; CHANG, CHUN-TING. Feature positioning on google street view panoramas. **INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING**, 22. v. I-4, p. 305-309, Melbourne, Australia, 2012.