

APLICAÇÃO DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL NO CADASTRAMENTO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA

CUNHA, Marcelo J.P.⁽¹⁾; SANTOS, Marcelo Carvalho dos⁽²⁾ MARQUES, Ary Luiz⁽³⁾

- (1) Universidade Federal do Paraná. Departamento de Geociências.
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.
Caixa Postal: 19011 - Curitiba- PR.
Fone: (041) 366-2323 ramal 255. E-mail: cunha@geoc.ufpr.br
- (2) Universidade Federal do Paraná. Departamento de Geociências.
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.
Caixa Postal: 19011 - Curitiba- PR.
Fone: (041) 366-2323 ramal 252. E-mail: mcsantos@geoc.ufpr.br
- (3) Companhia Paranaense de Energia - COPEL
R. Emiliano Pernetta, 756 Sobre-Loja Centro CEP: 80420-080 - Curitiba - PR
Fone: (041) 331-2467

ABSTRACT

COPEL, the Electricity Company of the State of Paraná, has only recently started using the Global Positioning System in the support of its activities. Among them is the cadastral surveying of its power plants and electricity utilities. This paper describes the ongoing project which intends to determine transformation parameters to match the old cadastre with the new ones, based on GPS. The phases of the project are described along with preliminary results.

Keywords: Orientation methodology, cadastre, GPS

RESUMO

A COPEL inicializa o processo de utilização do Sistema de Posicionamento Global (GPS) no cadastro de redes de distribuição elétrica. Analisando o cadastro que a empresa dispõe atualmente, realizado via restituição fotogramétrica para áreas urbanas e reambulação para as áreas rurais, foi detectado pelo setor de mapeamento, cadastro e geoprocessamento da empresa problemas de orientação (rotação e translação) em algumas cartas do Estado.

Este artigo descreve de forma metodológica o projeto, ora em andamento, de aplicação do GPS na atualização cadastral, no intuito de re-orientar o cadastro atual e evitar tal problema em cadastramentos futuros.

Palavras chave: Metodologia de orientação, metodologia, cadastro, GPS

1. INTRODUÇÃO

A COPEL (Companhia Paranaense de Energia) conta atualmente com aproximadamente um milhão e oitocentos mil postes pertencentes a rede de distribuição de energia elétrica, distribuídos em todo o Estado. Deste total, 80% dos contidos em áreas urbanas e 66% daqueles situados em áreas rurais já fazem parte do banco de dados do cadastro.

Com o objetivo de exequibilidade e proficiência, o setor de mapeamento e cadastro da Coordenadoria de Engenharia de Distribuição de Curitiba, decidiu pela implementação do sistema digital para armazenamento de dados. Na fase de elaboração do projeto, técnicos e engenheiros da empresa depararam-se com alguns obstáculos, sendo o de maior relevância a identificação de não-orientação (efeitos de rotação e translação) de determinadas cartas no Estado, por conseguinte, do próprio cadastro realizado com base nestas cartas. Temos aqui dois pontos a considerar: o volume de dados cadastrais que a empresa dispõe, e o cadastro a ser realizado para sua complementação. Dado o grande investimento aplicado para aquisição das coordenadas hoje

existentes, e visto que as mesmas não apresentam a confiabilidade necessária, devido o problema de não-orientação, busca-se uma solução que permita o aproveitamento de todos os dados cadastrais e sua harmonização com aqueles oriundos de levantamentos futuros. Tendo em vista a grande aplicabilidade do Sistema de Posicionamento Global no meio civil, optou-se pela implementação do cadastro via GPS, acarretando em uma otimização considerável em termos de tempo e gastos, bem como numa uniformização dos métodos de levantamento.

A situação atual de exígua confiabilidade dos dados cadastrais, se dá devido a vários fatores, tais como a junção de vários mapeamentos realizados por diferentes órgãos estaduais, falta de reambulação, a execução de levantamentos em épocas diferentes com métodos distintos, levantamentos estes atrelados a elipsóides de referência distintos sem que, em algumas vezes, tenha-se realizado transformação apropriada. Tudo isso leva a não coincidência de coordenadas de mesmo objeto (postes) entre levantamentos anteriores e atuais. Com o mapeamento atual e com o auxílio do GEDIS (Gerência de Redes de Distribuição) [KISSULA, 1996, DELLATRE, 1996], chegou-se a comprovação da hipótese de ocorrência de rotação e translação entre diversas cartas no Estado.

O problema detectado tende a ser nocivo ao desenvolvimento da base cartográfica da COPEL. Para saná-lo, em contato com engenheiros da empresa, foi proposto um projeto que tem como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia de orientação, através de transformação geométrica, com aquisição de dados via GPS. Deste modo, pode-se orientar o cadastro já existente e obter confiabilidade na aquisição de dados do cadastro a ser efetuado.

Este projeto divide-se em etapas, enumeradas a seguir:

- 1 - Coleta de dados cartográficos;
- 2 - Rede Base GPS; e
- 3 - Metodologia de orientação

Este artigo apresenta o projeto proposto, com ênfase na etapa em andamento, que se serve da aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Para tal, o mesmo está dividido em 4 seções. A seção 2 descreve as etapas do Projeto. A seção 3 trata das etapas em andamento. O artigo termina com algumas considerações finais.

2. DESCRIÇÃO DO PROJETO

O projeto pode ser descrito, através de suas etapas, como se segue.

2.1 Coletas de dados cartográficos

Esta fase, inclui:

- A escolha da área de abrangência do projeto para o desenvolvimento da metodologia;
- A escolha de locais para materialização de marcos que irão compor a Rede Base GPS;
- O estudo da geometria desta rede;
- Visitas a estes locais para determinação de condições ideais de estabilidade e não existência de obstruções, e o formato ideal destes marcos segundo normas técnicas e condições observadas em campo; e
- A definição de uma área piloto onde será realizado rastreamento para desenvolvimento da metodologia.

2.2 Rede Base GPS

Esta etapa envolve a determinação de uma Rede Base, a qual servirá de referência para o levantamento que realizar-se-á na etapa seguinte, na aquisição de parâmetros de transformação geométrica. Para o rastreamento serão utilizados receptores Ashtech Z XII, dado que estes são equipamentos adquiridos pela COPEL. As especificações técnicas devem seguir normas do IBGE. O processamento e ajustamento serão função das limitações impostas pelo programa PRISM, o

qual a empresa dispõe, e que será utilizado. Os resultados do processamento de dados e ajustamento da Rede Base GPS oriundos do programa PRISM serão comparados com os resultados de processamento similar executado usando-se o programa científico DIPOP [SANTOS, 1995], com o intuito de validar a estratégia de processamento utilizando o PRISM.

2.3 Metodologia de Orientação

De posse das coordenadas ajustadas das estações da rede base, tem-se início o desenvolvimento da metodologia de orientação.

Para a identificação da não-orientação de cartas de algumas regiões do Estado do Paraná, foi feita a comparação de mapeamentos anteriores e atuais, e constatou-se que não havia coincidência de coordenadas de um mesmo objeto. Então, depara-se com a dúvida de qual conjunto de coordenadas utilizar. Para a definição da metodologia de orientação assume-se que os dois mapeamentos são problemáticos e, utilizando-se a Rede Base como referência, procede-se o rastreamento das estações devidamente distribuídas na área. As coordenadas obtidas neste rastreamento, após devidamente ajustadas, serão definidas como as corretas, dado a confiabilidade e o rigor com que as mesmas foram obtidas. Lança-se mão das coordenadas do mapeamento mais atualizado, o qual, por cronologia, deve ter-se utilizado de técnicas de restituição mais avançadas, propiciando maior precisão em relação aos anteriores, e das coordenadas obtidas via GPS. Para efeitos de melhor compreensão, vamos definir que as coordenadas obtidas na restituição fotogramétrica do mapeamento anterior, definem o espaço E , as coordenadas obtidas no rastreamento definem o espaço E' . Os parâmetros de transformação geométrica podem ser encaradas como um operador, que mapea as coordenadas do espaço E para o espaço E' . A figura 1 ilustra esta operação.

A escolha do modelo matemático tem implicações de extrema relevância em se tratando de precisão, na eficiência numérica e exatidão dos resultados [Bosco,1987]. Sua escolha será minuciosamente definida quando de posse dos parâmetros, mas se prevê o modelo matemático da transformação afim no plano a seis parâmetros, por esta apresentar grandes perspectivas de proficiência. A transformação afim no plano, é dada por:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix}$$

ou ainda:

$$\begin{aligned} x' &= a_1 x + b_1 y + c_1 \\ y' &= a_2 x + b_2 y + c_2 \end{aligned}$$

onde:

a_i e b_i : são os parâmetros de rotação, fator de escala e não afinidade
 c_i : translações

A partir deste procedimento teremos ao final, toda a base cadastral que a empresa detêm, e os novos pontos a cadastrar através da técnica GPS, referenciadas a um único espaço. Vale salientar que as coordenadas GPS, atreladas ao WGS-84, serão previamente transformadas para o SAD-69, que é o sistema utilizado pela COPEL, usando-se os parâmetros do IBGE [IBGE, 1994]

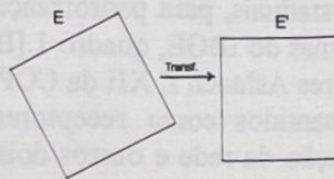


Fig.1 Transformação Geométrica
Fonte: [03]

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Esta seção sumariza o trabalho já executado, ou em andamento, do projeto, na época da redação deste artigo (agosto 1996).

3.1 Coleta de dados Cartográficos

Foi realizada a investigação dos dados cartográficos visando a definição da área de trabalho tendo sido escolhida a Região da Superintendência Leste, pela facilidade que esta nos oferece dado que Curitiba esta contida na mesma, e em questões de desenvolvimento do projeto a proximidade da área de trabalho otimiza a execução. No âmbito da mesma encontra-se a área piloto para a definição e desenvolvimento da metodologia. Por questões de segurança e facilidade de acesso, foram escolhidas as subestações e prédios dos Centros Regionais da COPEL, como locais para a materialização dos marcos.

3.2 Rede Base GPS

Um conjunto de 16 estações compõe a Rede Base GPS como mostra a figura 2. Destas, 15 encontram-se situadas na Região Metropolitana de Curitiba. A 16ª estação, CRPA está localizada na cidade de Paranaguá.

As estações PARA e KM03 foram utilizados como referências na Rede Base GPS estabelecida. A estação PARA situa-se no Campus da Universidade Federal do Paraná, e faz parte da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Satélites GPS (RBMC) e da Rede SIRGAS [FORTES, 1995; SIRGAS, 1995]. A estação KM03 pertence a REDE GPS estabelecida pela Secretaria de Meio-Ambiente (SEMA), do Estado do Paraná. [IAP, 1995]. As demais estações são as determinadas no levantamento.

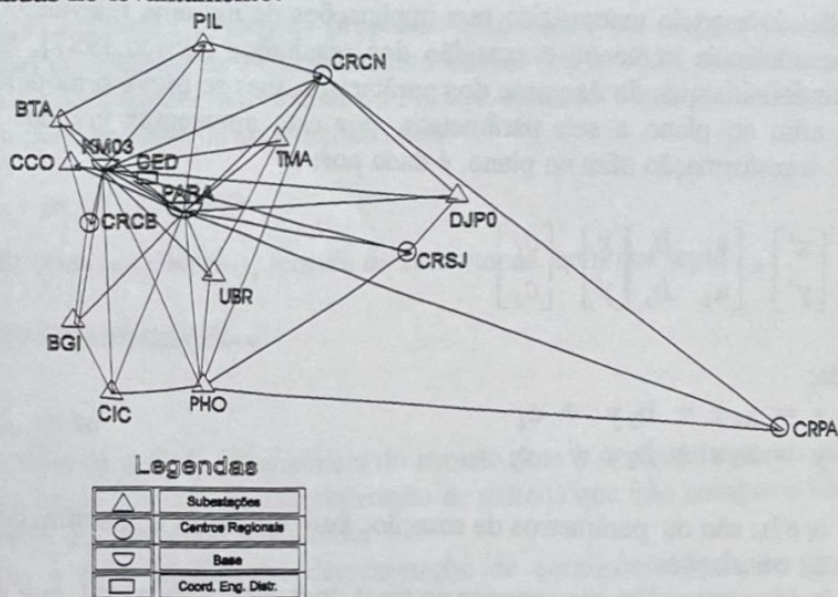


Fig. 2 - Rede Base GPS

3.3 Rastreo

No levantamento da Rede Base GPS utilizou-se especificações de rastreo, discutidas e aprovadas em reunião de órgãos estaduais, para padronização de levantamentos GPS no Estado do Paraná e em observância às normas do IBGE, quadro 1. [IBGE, 1995]

Foram utilizados 2 receptores Ashtech Z XII da COPEL e 2 receptores Ashtech Z XII da UFPR. Dois receptores foram mantidos como receptores fixos nas estações PARA-KM03 evitando-se de antemão a não rotação da rede e outros dois receptores como itinerantes. Sendo assim, a cada seção formamos um quadrilátero, ou seja, 6 linhas, sendo 4 linearmente independentes e 2 linearmente dependentes. Este fato irá acrescentar ponderações no ajustamento

a ser feito, em função do tratamento dado pelo programa de ajustamento FILLNET [Ashtech, 1994] com respeito a correlação matemática, o que gera métodos distintos de processamento.

Descrição	Especificação
Taxa observação	15 s.
PDOP	menor que 07
Elevação	10°
Duração do rastreo	Linhas de 50 a 100 Km 4h.
	Linhas de 10 a 50 Km 2h
	Linhas de 0 a 10 Km 1h

Quadro 1 - Especificações Técnicas do Rastreo GPS

3.4 Processamento

Foi utilizado o software PRISM [Ashtech,1994], devido a disponibilidade do programa pela COPEL. O processamento foi dividido em duas etapas: A primeira processou-se por seção, ou seja, a cada grupo de quatro estações e numa segunda etapa será processado a rede como um todo para obter-se informações da consistência da mesma. A análise de resultados do processamento até agora efetuado, apresenta-se dentro das expectativas e previsões. Foram utilizadas órbitas precisas, disponíveis na Internet, fornecidas pelo IGS -International GPS Service for Geodynamics, via FTP (File Transfer Protocol) no endereço igsb.jpl.nasa.gov, login anonymous e password seu e-mail, diretório products e seguida diretório da semana GPS a qual realizou-se o rastreo. As órbitas são fornecidas no formato SP3.

Devido às peculiaridades do presente projeto, algumas estações foram locadas próximas a linhas de transmissão e subestações. Um ponto de grande preocupação, diz respeito a variação do centro de fase da antena dos receptores GPS, quando o rastreamento ocorre em locais sujeitos aos efeitos de um campo eletromagnético. Um estudo detalhado do efeito daí oriundo deverá ser feito posteriormente, no momento estamos ainda iniciando os estudos com respeito a este efeito. Para ilustrar a base dos estudos ora em processo apresentamos os gráficos dos resíduos de dupla diferença da portadora L1 para todos os satélites rastreados, com relação ao satélite PRN 02. O rastreo destas duas linhas de base foram realizados simultaneamente, com mesma taxa de observação, mesmo tempo de rastreo (2 horas), sob mesmas condições meteorológicas. O gráfico 1 refere-se ao do processamento das bases KM03-CRSJ (10363,945 m) e KM03-DJP0 (13786,917 m). As estações KM03 e CRSJ, estão localizadas nos prédios de Centro de Treinamento e Centro Regional de São José dos Pinhais, respectivamente. A estação DJP0 está localizada sob uma torre de linhas de transmissão de 139KV. Os resíduos da base KM03-CRSJ variam entre ± 2 cm, enquanto que os da base KM03-DJP0 variam entre ± 8 cm. Os resíduos das demais bases tem uma variação semelhante ao da base KM03-CRSJ. O motivo da discrepância deve ser devido a localização da estação DJP0, pois os efeitos oriundos da troposfera e ionosfera são iguais para as duas bases dado que o rastreo foi simultâneo. Assim sendo, restam como fonte desta discrepância o efeito provocado pelo multicaminhamento ou reflexões dos sinais na estrutura da torre e o efeito provocado pela variação do centro de fase da antena dos receptores GPS. Esta variação pode provocar um erro sistemático na determinação da pseudo-distância, erro este que se propagaria na determinação final da posição .

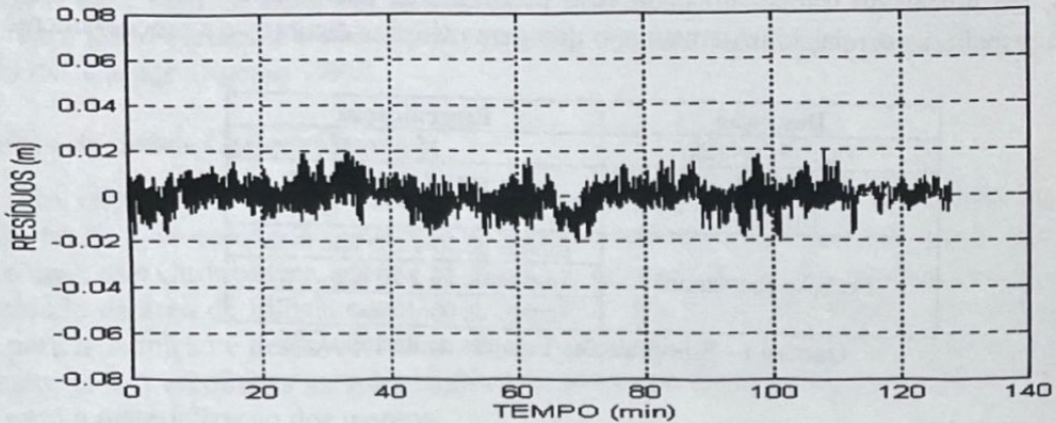


Gráfico 1 - Resíduos de dupla-diferença da portadora L1 para os satélites PRN 07,16,19,26,27, com relação ao satélite PRN 02 da base KM03 - CRSJ

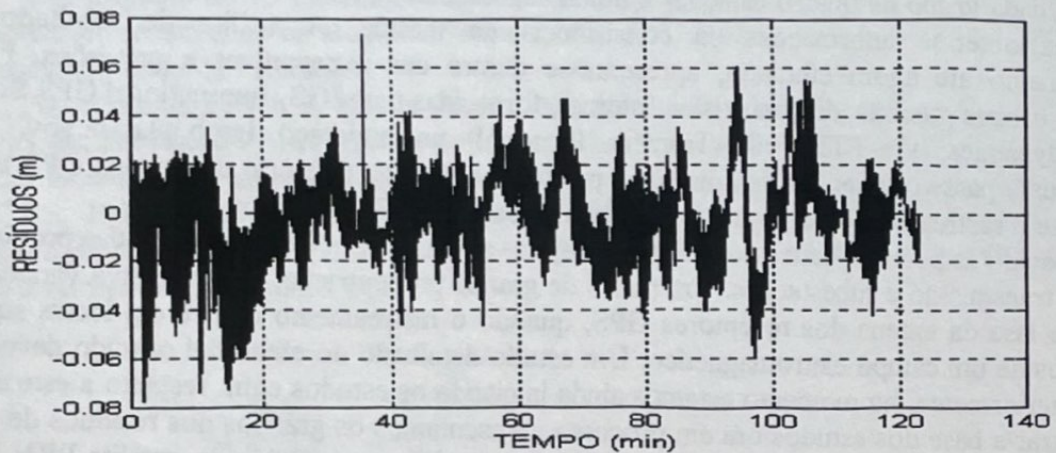


Gráfico 1 - Resíduos de dupla-diferença da portadora L1 para os satélites PRN 07,16,19,26,27, com relação ao satélite PRN 02 da base KM03 - DJP0

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo descreve um projeto em andamento, que visa a aplicação do Sistema de Posicionamento Global no cadastramento de redes de distribuição elétrica. Deste modo, o instrumental e programas associados de processamento e ajustamento utilizados são aqueles que a COPEL dispõe, da marca Ashtech. Contudo, a metodologia pode ser aplicada usando-se outras marcas de equipamentos.

As etapas do projeto foram descritas, e resultados preliminares daquelas em andamento foram apresentadas. Chama a atenção o efeito resultante da localização da estação DJP0, que apresenta resíduos de dupla-diferença de fase, quatro vezes maior que os obtidos para as demais estações. A origem deste efeito encontra-se sob investigação.

5. AGRADECIMENTOS

À Eng. Cartógrafa Andreia Stalchmidt e o técnico Pedro Loyola da COPEL pelo apoio que prestam a este projeto.

Aos Estagiários Franco Amatto e Hilton Masuko pela ativa participação.

Aos Técnicos da COPEL Sérgio Schaëiber e Heitor Wistuba pela auxílio no rastreo da Rede Base.

Ao Prof. Dr. Richard Langley, New Brunswick - Fredericton, N.B. Canadá, pelas informações prestadas via CANSPACE.

Ao Prof. Dr. Günter Seeber, Universty of Hannover, pelas informações prestadas no início do projeto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASHTECH, Ashtech Process User's Guide: Document Number 600118, Rev B, Sunnyvale, CA. 1994
- [2] DELATRE, Wilson. Comunicação pessoal, Companhia Paranaense de Energia. Curitiba, 1996
- [3] FORTES, Luis Paulo, Implantação da RBMC - Estágio Atual: XVII Congresso Brasileiro de Cartografia, Sociedade Brasileira de Cartografia. Salvador, 1995.
- [4] IAP Rede GPS de alta precisão do Estado do Paraná. Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SEMA, Coordenadoria de Terras, Cartografia e Cadastro Técnico Rural. Curitiba, 1995
- [5] IBGE, Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS: Departamento de Geodésia, Diretoria de Geociências, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1995.
- [6] KISSULA, Gerson Luiz. Comunicação Pessoal, Companhia Paranaense de Energia. Curitiba, 1996.
- [7] LUGNANI, João Bosco. Introdução à Fototriangulação: Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1987.
- [8] SANTOS, Marcelo Carvalho dos. Real-Time Orbit Improvement: Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report N^o 178 (Ph.D. Thesis), University of New Brunswick. Fredericton, N.B., Canadá.
- [9] SIRGAS, Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul: Boletim Informativo N 3, IAG/IPGH/DMA. 1995.