

POSSIBILIDADE DE POSICIONAMENTO EM AMBIENTES INTERNOS COM GPS UTILIZANDO RECEPTORES CONVENCIONAIS

Diuliana Leandro, Universidade Federal do Paraná, diuliana@ufpr.br

Luiz Danilo Damasceno Ferreira, Universidade Federal do Paraná, luizdanilo@ufpr.br

RESUMO

O posicionamento GPS ainda é bastante restrito em ambientes internos, pois nesses locais os sinais GPS chegam muito atenuados, impossibilitando que seja possível extrair deles as mensagens de navegação e tempo, tornando inviável o posicionamento com receptores clássicos. Nessa pesquisa, foi proposto verificar a possibilidade de posicionar-se em ambientes internos empregando receptores geodésicos clássicos, utilizando um erro inerente no posicionamento, o efeito de multicaminho. Esse efeito ocorre quando o sinal emitido pelo satélite encontra algum obstáculo antes de atingir a antena, sendo refletido por objetos no entorno desta. O objetivo geral desse artigo foi investigar a possibilidade de redirecionar os sinais GPS do ambiente externo para o ambiente interno, usando superfícies refletoras.

Palavras-chave: posicionamento GPS, ambientes internos, superfícies refletoras, multicaminho.

INTRODUÇÃO

A Geodésia Espacial se desenvolveu muito nas últimas décadas, e a cada dia vem encontrando novos horizontes e desafios. Atualmente, por exemplo, o posicionamento GPS vem sendo aplicado em ambientes operacionais de difícil captação dos sinais GPS, como ambientes internos, florestas e paredes urbanas (Figura 1).

Os receptores GPS convencionais são projetados para operar a céu aberto, recebendo sinais de no mínimo quatro satélites para permitir a determinação da posição tridimensional da antena do receptor. Já em ambientes internos os sinais são atenuados e sofrem grande influência de sinais refletidos, além de chegarem a esses locais tão fracos que impossibilitam a extração das mensagens de navegação e tempo, tornando inviável o posicionamento nesses ambientes. E essa atenuação do sinal, devido às paredes, faz com que os receptores tenham grande dificuldade em procurar e identificar os satélites, tornando o processo extremamente lento.

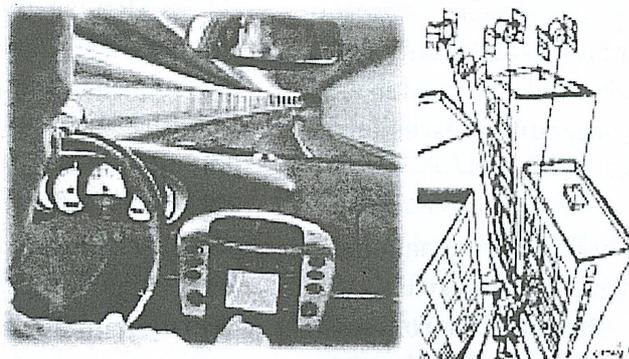


FIGURA 1. Ambientes operacionais de difícil captação dos sinais GPS. Fonte: Adaptado de Bernardi & Landim (2002).

Além disso, as antenas GPS, são projetadas para receber apenas os sinais circularmente polarizados à direita, com uma certa tolerância para os sinais elípticamente polarizados à direita. Essa tolerância é função da tecnologia implementada em cada modelo de antena. Após a reflexão, os sinais GPS que eram circularmente polarizados podem se tornar elípticos, lineares, ou podem ter o sentido de polarização invertida, impossibilitando a coleta pelos receptores geodésicos, conseqüentemente não permitindo o posicionamento, pois esses sinais atenuados são rejeitados pela antena (Leandro et al., 2008).

No entanto, nesta pesquisa, cogitou-se a possibilidade de utilizar o efeito de multicaminho, um erro inerente ao posicionamento GPS, como solução para a determinação de coordenadas nesses locais. O experimento consta da colocação da antena sobre um marco geodésico localizado em ambiente interno, cuja finalidade será a determinação das suas coordenadas, utilizando os sinais de multicaminho provenientes de superfícies refletoras.

1.1 Multicaminho

O efeito de multicaminho origina-se de sinais refletidos que chegam na antena, os quais podem impedir que as ambigüidades sejam resolvidas ou gerar uma solução errônea do posicionamento. Segundo Polezel et al. (2004), a antena GPS recebe além dos sinais diretos do satélite, sinais oriundos de reflexões de superfícies próximas, os quais sofrem um retardo com relação aos primeiros.

O fenômeno de multicaminho depende basicamente das propriedades elétricas do ambiente em que se localiza a antena, das características da antena e do objeto refletor (Leandro, 2009). O sinal refletido sempre será atenuado e a diferença entre o sinal direto com o sinal indireto é proporcional ao comprimento do caminho percorrido entre o satélite e o receptor (Baebieri et al., 2006).

Esse efeito acaba afetando cada observável GPS de maneira diferenciada. O efeito

de multicaminho na pseudodistância é muitas vezes maior do que para a onda portadora (Leandro, 2009). As observações do código P são afetadas duas vezes mais do que as de fase da onda portadora (Seeber, 2003). Segundo Monico (2000), o erro máximo também será proporcional ao comprimento da onda que, no caso da pseudodistância, está relacionada com a razão de transmissão dos códigos C/A (1,023 MHz) e P (10,23 MHz). Quanto maior for a frequência, menor será o erro máximo.

De acordo com Comp & Axelrad (1996), o multicaminho resultante de reflexão especular é o mais limitante na maioria das aplicações que usam a fase das portadoras e suas diferenças, sendo responsável por, pelo menos, 90% dos erros nas medidas de diferença de fase, e é dominante em aplicações de alta precisão.

O objetivo desse estudo foi verificar a possibilidade de posicionamento GPS em ambientes internos com receptores convencionais, utilizando o efeito de multicaminho para a refletir sinais GPS de ambiente externos para ambientes internos, de forma a realizar o posicionamento nestes ambientes.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo para a realização deste trabalho foi uma sala localizada no prédio da Base de Calibração de Antenas GNSS na Universidade Federal do Paraná, no observatório astronômico Camil Gemael, situado no campus do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, na cidade de Curitiba. No interior desse observatório encontra-se um marco geodésico com coordenadas conhecidas que foi utilizado no experimento como referência.

O método adotado foi o posicionamento relativo envolvendo linha de base curta. Foi escolhido em virtude de não conseguir reduzir o efeito de multicaminho. Os dados brutos foram coletados com um intervalo de gravação de 1 segundo. As estações de referência para o processamento dos dados foram a estação UFPR,

da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, localizada a aproximadamente 30 metros do marco geodésico e a estação UNICENP, da empresa Manfra, localizada a aproximadamente 12 quilômetros da primeira.

Para a aquisição das observações GPS foram utilizados o receptor geodésico de dupla frequência LEICA GPS900, antena LEICA ATX900 e duas chapas de alumínio de 1m².

A antena foi instalada sobre um tripé, deslocada do seu centro, presa a um bastão, e posicionada próxima ao marco voltada para as chapas de alumínio que serviram como superfícies refletoras. O telhado do observatório astronômico permaneceu totalmente fechado durante a coleta de dados, sendo que a porta

localizada ao fundo do prédio é a única abertura para o exterior (Figura 2).

Neste trabalho foram avaliadas as coordenadas obtidas com o rastreamento GPS com as coordenadas geodésicas conhecidas do marco, adotadas como coordenadas de referência, em WGS-84: latitude -25° 26' 55,02978", longitude -49° 13' 52,01281" e altitude elipsoidal de 923,638 m.

Os dados coletados foram processados com o programa comercial *LEICA Geo Office 5.0 (LGO)*, desenvolvido pela empresa *LEICA Geosystems*, para o sistema operacional Windows. O LGO também foi utilizado para a visualização dos satélites rastreados e o tempo de rastreamento de cada um destes satélites.

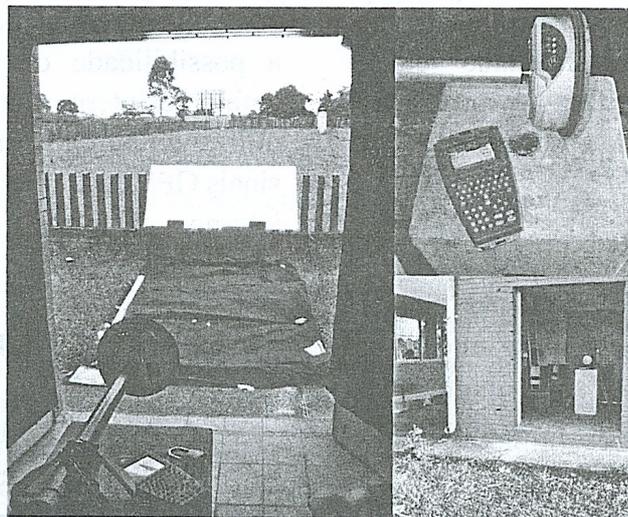


FIGURA 2. Verificação da reflexão do sinal GPS para ambiente interno. A) Vista das superfícies refletoras localizadas na parte externa. B) Antena sobre o marco. C) Vista da antena localizada no interior do observatório.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados utilizados nessa análise foram obtidos de 9 sessões de rastreamento, que duraram de 4 a aproximadamente 7 horas. Porém, como pode se observar no Quadro 1, não houve coleta de dados durante todo o período, o tempo de coleta efetiva de dados no decorrer de cada sessão foi muito inferior ao total para

a maioria das sessões.

Os arquivos brutos coletados foram carregados no programa LGO e foram processados com a estação de referência UFPR, com exceção da sessão 7, referente as observações do dia 8 de outubro de 2008, data para na qual não houve dados disponíveis da estação da UFPR. Assim a sessão foi processada com a estação de referência UNICENP.

QUADRO 1. Sessões de rastreio com tempo efetivo de coleta de dados .

Sessão	Data	Tempo de Rastreio	Tempo Efetivo de Coleta de dados	Linha de Base
Sessão 1	8/5/2008	4 horas	3 horas 30 minutos	32 m
Sessão 2	17/9/2008	6 horas	-	32 m
Sessão 3	18/9/2008	6 horas 41 minutos	2 horas 40 minutos	32 m
Sessão 4	19/9/2008	5 horas 51 minutos	1 hora 41 minutos	32 m
Sessão 5	22/9/2008	5 horas 32 minutos	6 minutos	32 m
Sessão 6	2/10/2008	3 horas 22 minutos	22 minutos	32 m
Sessão 7	8/10/2008	5 horas 41 minutos	2 horas 7 minutos	12 km
Sessão 8	13/10/2008	5 horas	1 hora 34 minutos	32 m
Sessão 9	14/10/2008	5 horas 21 minutos	5 horas 21 minutos	32 m

Por exemplo, a sessão 3 iniciou no dia 18 de setembro de 2008 as 10 horas e foi finalizada as 16 horas e 42 minutos do mesmo dia (Figura 3).

No entanto, durante as 6 horas e 41 minutos de rastreio somente houve efetivamente coleta de dados durante o período das 14 horas as 16 horas e 42 minutos, quando foram recebidos sinais de 15 satélites (Figura 4).

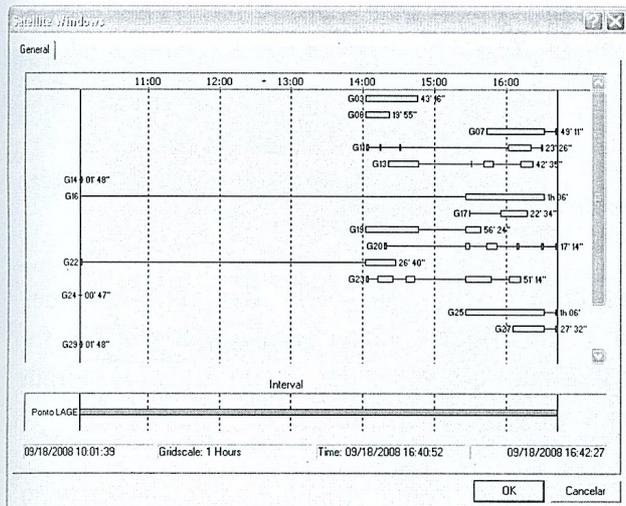


FIGURA 3. Tempo total de rastreio da sessão 3. Fonte: Adaptado de Leandro, 2009.

Na Figura 4, percebe-se que o satélite 3 foi observado entre as 14 horas e as 14 horas e 45 minutos, porém no decorrer desse período ainda houve perda de sinal, totalizando o tempo total de observações coletadas em 30 minutos e 29 segundos (Detalhe 1).

No Quadro 2 são observadas as diferenças

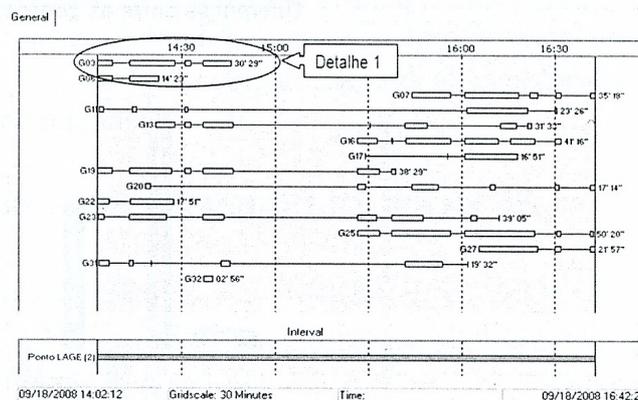


FIGURA 4. Tempo referente às observações coletadas de 15 satélites. Fonte: Adaptado de Leandro, 2009.

entre as coordenadas encontradas pelo pós-processamento das observações com as coordenadas de referência do marco.

QUADRO 2. Coordenadas obtidas pelo pós-processamento dos dados brutos com as coordenadas de referência. Fonte: Adaptado de Leandro, 2009.

Sessão	$\Delta\phi$ (m)	$\Delta\lambda$ (m)	Δh (m)
Sessão1	2,955	2,746	3,303
Sessão2	-	-	-
Sessão3	44,588	48,896	-11,978
Sessão4	26,693	11,340	-10,468
Sessão5	0,686	3,712	1,650
Sessão6	10,323	-9,523	-12,061
Sessão7	-0,904	2,647	4,808
Sessão8	-0,510	17,922	5,990
Sessão9	0,123	0,262	0,785

A maior diferença encontrada para latitude geodésica foi de 44,588m para a sessão 3 e a menor diferença foi de 12,3 cm na sessão 9. A maior diferença para longitude também foi encontrada na sessão 3 e a menor diferença na sessão 9. Em altitude elipsoidal, as maiores diferenças ocorreram na sessão 6 e sessão 3, com aproximadamente -12 m em ambas; a menor diferença foi de 79 cm na sessão 9. Na Figura 5 pode-se observar as grandes discrepâncias existentes entre as sessões 3 e 9, o que pode levar ao questionamento de terem existido diferenças

no rastreo realizado nessas sessões.

As diferenças existentes entre essas sessões de rastreo são as distâncias em que as superfícies refletoras foram colocadas em relação ao marco geodésico. Na sessão 3, a superfície refletora estava distante aproximadamente 5 m do marco e na sessão 9, esta superfície localizava-se a 3,86 m. Percebe-se, portanto, que esse fator, a distância da superfície refletora da antena, exercem influência nos resultados das coordenadas.

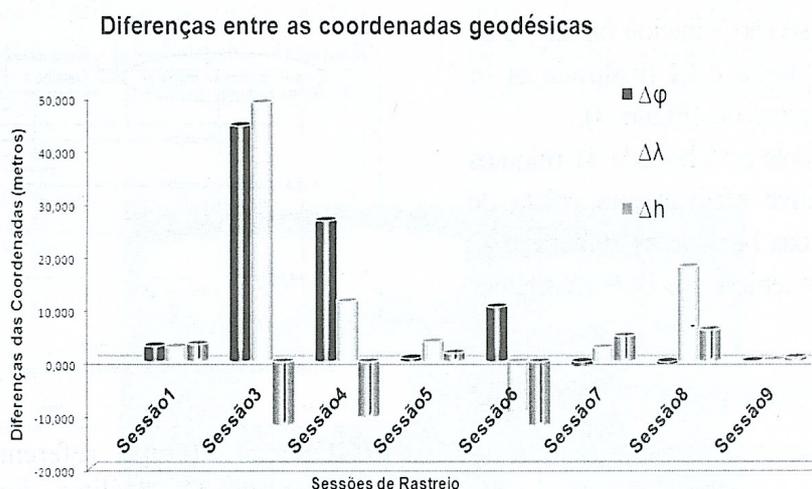


FIGURA 5. Diferença entre as coordenadas. Fonte: Adaptado de Leandro, 2009.

Outro fator responsável pelas diferenças encontradas deve-se ao tipo de solução do pós-processamento das observações coletadas (Quadro 3). Na sessão 3 a solução obtida foi

flutuante, menos de 50% das ambigüidades foram resolvidas. Já na sessão 9 a solução foi fixa, mais de 95% das ambigüidades foram resolvidas.

QUADRO 3. Características do pós-processamento das observações. Fonte: Adaptado de Leandro, 2009.

Sessão	Frequência	Solução	Tempo Efetivo de Rastreo
Sessão 3	L1/L2	Flutuante	2h40min15seg
Sessão 4	L1/L2	Flutuante	1h41min39seg
Sessão 5	L1/L2	Flutuante	6min22seg
Sessão 6	L1	Flutuante	21min55seg
Sessão 7	L1	Fixa	2h7min23seg
Sessão 8	L1	Flutuante	1h34min16seg
Sessão 9	L1/L2	Fixa	5h21min

Na Figura 6, pode-se verificar a distribuição das coordenadas geodésicas encontradas nas sessões 1, 5, 7 e 9, as quais mostraram as menores diferenças em latitude e longitude com relação às coordenadas do marco.

Analisando a distribuição das coordenadas geodésicas dos pontos obtidos pelo pós-processamento das observações e a localização dos refletores no momento de rastreamento, verificase que a sessão 9 apresentou as coordenadas mais próximas da padrão e também foi a sessão na qual os refletores encontravam-se mais próximo ao marco, distando 3,86 m. Na sessão 7, as superfícies refletoras estavam localizadas a aproximadamente 5 m. A coordenada obtida pelo pós-processamento utilizando a estação UNICENP como base teve discrepância de aproximadamente 2,77m em relação a coordenada de referência. Nessas duas sessões, a solução obtida no pós-processamento das observações foi fixa.



FIGURA 5. Distribuição coordenadas geodésicas obtidos em algumas sessões. Fonte: Leandro, 2009.

CONCLUSÃO

Sabe-se que o posicionamento em ambientes internos utilizando receptores geodésicos clássicos não é possível, porém quando se utilizam superfícies refletoras para redirecionar o sinal

GPS para esses ambientes pode-se determinar as coordenadas de pontos localizados nesses locais. Deste modo, o objetivo proposto foi alcançado, ou seja, a possibilidade de se posicionar em ambiente interno com receptores geodésicos clássicos utilizando o efeito de multicaminho, por meio de superfícies refletoras para redirecionar o sinal GPS é viável.

Concluiu-se também que é possível realizar o pós-processamento das observações coletadas, no programa comercial LGO. Esses processamentos geraram coordenadas com precisão submétrica no posicionamento relativo com uma linha de base curta, de aproximadamente 30 m, quando comparadas com as coordenadas de referência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIERI, M. J.; FARRET, J. C.; MORAES, C. V.; CARNEIRO, M. Ruído, Multicaminho e Ângulo de Elevação: Qual a Melhor Máscara para Trabalhos com Gps?. *Revista Geomática*, Santa Maria, v.1, n.1, 2006.

BERNARDI, J.V.E. & LANDIM, P.M.B. *Aplicação do Sistema de posicionamento Global (GPS) na coleta de dados*. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Laboratório de Geomatemática, Texto Didático 10, 31 pp. 2002. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em: 1 de junho de 2007.

COMP, C. J.; AXELRAD, P. *An Adaptive SNR-Based Carrier Phase Multipath Mitigation Technique*. In: 9th International Technical Meeting, 1996, Kansas City. Proceedings. Kansas City, Missouri: TheSatellite Division of the Institute of Navigation, 1996.

LEANDRO, D., HUINCA, S.M., CARVALHO, A. S., GONCALVES, R. M., FERREIRA, L. D. D. Análise do Efeito de **Mulicaminho na**

Estação VICO de Monitoramento contínuo
 In: COBRAC 2008 - 8º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário / 6º Encontro de Cadastro Técnico Multifinalitário para os Países do MERCOSUL / 3º Encontro de Cadastro Técnico Multifinalitário para os países da América Latina, Florianópolis, 2008.

LEANDRO, D. **Investigação do posicionamento GPS em ambientes internos com o auxílio do efeito de multicaminho.** Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTARGPS. Descrição, Fundamentos e Aplicações.** São Paulo, Editora UNESP, 2000.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications.** Berlin, New York: Walter de Gruyter, 586 páginas, 2003.

SOUZA, E. M. **Análise de Wavelets para a Detecção e Correlação do Multicaminho no Posicionamento Relativo GNSS Estático e Cinemático.** Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.