

Metodologia de Redução do Multicaminho em Estações de Referência GPS

Wesley Gildo Canducci Polezel ¹

Eniuce Menezes de Souza ²

João Francisco Galera Mônico ³

UNESP – Departamento. de Cartografia
19060-900 Presidente Prudente SP

¹ wesleypolezel@hotmail.com

² eniuce@pos.prudente.unesp.br

³ galera@prudente.unesp.br

Resumo: Existem diversos erros que afetam a acurácia do sistema de posicionamento GNSS. Alguns desses erros, tais como, atmosféricos, orbitais e dos relógios, podem ser reduzidos nas duplas diferenças (DDs) envolvendo linhas de base curtas. Porém, o efeito do multicaminho não é eliminado nas DDs, pois ele é influenciado pelas condições do local do levantamento. Dessa forma, é necessário ter muita cautela e atenção em relação a esse efeito, principalmente, quando se trata de estações de referência. Objetiva-se, neste artigo, apresentar algumas características mais relevantes deste efeito, bem como uma metodologia para a detecção do mesmo diretamente nas observações de fase e pseudodistância em estações de referência. Realizou-se um experimento para estimar e corrigir o efeito de multicaminho nas observações da estação UEPP pertencente à RBMC. A partir deste experimento, são analisadas algumas características do multicaminho, tais como sua repetibilidade em dias consecutivos. O trabalho é de fundamental importância para que, futuramente, possam ser disponibilizados arquivos RINEX de estações de referência corrigidos do efeito do multicaminho.

Palavras chaves: GNSS/GPS, Multicaminho, Estações de Referência.

Abstrac: There are several errors that affect the accuracy of the GNSS positioning. Some of these errors, such as atmospheric, orbital and related to the clocks can be reduced by the double differences (DD) for short baselines. However, the multipath effect is not eliminated by the DD, because it is influenced by the survey environment. Therefore, a lot of caution and attention in relation to this effect is necessary, mainly, in case of reference stations. The aim of this paper is to present some of the most relevant features of the multipath effect and a methodology to detect this effect directly in the carrier phase and pseudorange observables in reference stations. An experiment was carried out to detect and correct the multipath in the UEPP reference station from RBMC. From this experiment, the characteristics of the multipath are analyzed, such as, its relation with the satellite elevation angle and its repeatability in consecutive days. Furthermore, this paper is of fundamental importance in the future, when RINEX files of reference stations may be corrected from the multipath effects.

Keywords: GNSS/GPS, Multipath, Reference Station.

1. Considerações Iniciais

O GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) é o sistema mais utilizado atualmente para posicionamentos. Fazem parte do GNSS, dentre outros, os sistemas: GPS (Sistema de Posicionamento Global - Americano), GLONASS (Sistema de Navegação Global por Satélite - Russo) e em breve o Galileo (Sistema de Posicionamento por Satélite – Comunidade Européia). Dentre os sistemas GNSS, o mais utilizado é o GPS, devido a sua melhor acurácia. O GLONASS é similar ao GPS, e não possui limitação quanto ao AS (*Anti-Spoofing* – não permissão do código P). Porém, o GLONASS não tem recebido manutenção necessária em sua constelação, assim, não apresenta competitividade com o GPS.

No GNSS existem alguns efeitos que degradam a acurácia no posicionamento. Alguns desses efeitos são: a refração atmosférica, o erro do relógio e vários outros que podem ser minimizados quando se faz o posicionamento relativo com uma linha de base curta. No entanto, um erro que, geralmente, não recebe a devida atenção nos trabalhos de levantamento e que não é eliminado na dupla diferença, é o efeito do multicaminho. Esse efeito ocorre quando o sinal GNSS sofre reflexões em obstáculos localizados nas proximidades do levantamento antes de chegar à antena do receptor.

O multicaminho não é eliminado no processo de dupla diferenciação porque é um efeito altamente dependente do ambiente do levantamento. Esse efeito afeta as medidas de pseudodistância e fase da onda portadora, conseqüentemente, deteriora a acurácia do posicionamento.

O multicaminho tem representado um desafio para a pesquisa, pois, existem técnicas que minimizam esse efeito, porém não há nenhuma que o elimina por completo. Dessa forma, em aplicações de cadastro, é muito importante dispor de algum método de redução desse efeito, principalmente, quando se trata de estações de referência.

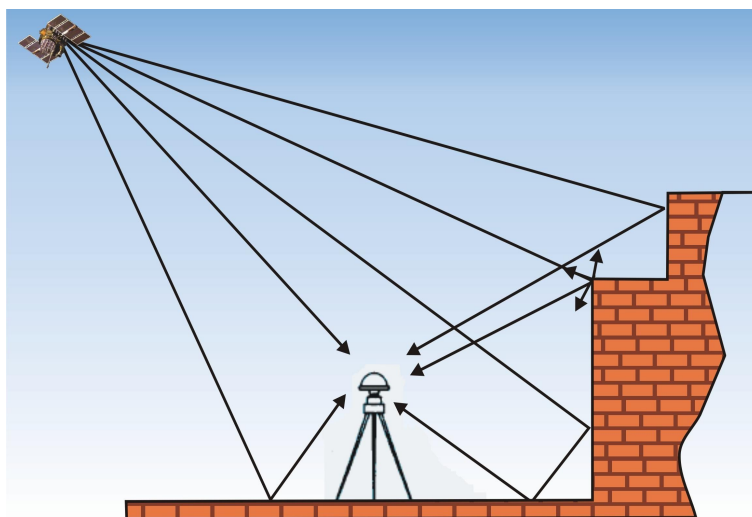


Figura 1: Efeito do Multicaminho

2. Multicaminho

Os sinais recebidos pela antena de um receptor GNSS podem ser divididos em dois grupos: os sinais recebidos diretamente dos satélites e os sinais enviados pelos satélites que atingiram um corpo qualquer e, após sofrerem reflexões (desvios), atingiram a antena do receptor (figura 1).

Os sinais GPS podem ser refletidos por superfícies inclinadas, verticais ou horizontais, como por exemplo: ruas, árvores, lagos, veículos, etc. Dessa forma, deve-se ter cautela na localização dos receptores durante a coleta de dados, em especial, em estações de referência (Ray 1999).

Tais sinais refletidos chegam atrasados quando comparados aos sinais que chegam diretamente no receptor, pois, os caminhos percorridos são mais longos, devidos às reflexões.

Os sinais refletidos são, geralmente, mais fracos que os sinais diretos, devido à atenuação no objeto refletor. Esta atenuação depende do material do refletor, do ângulo incidente da reflexão e da polarização do sinal. Em geral, reflexões com ângulos de incidência muito baixos, praticamente não sofrem atenuação.

Esta é umas das explicações para o fato de satélites em baixos ângulos de elevação gerar fortes incidências de multicaminho (Leick 1995).

O efeito do multicaminho pode ser dividido em duas classes: estática e cinemática. Para um receptor estacionário, a geometria de propagação muda lentamente, fazendo com que os parâmetros de multicaminho sejam os mesmos por vários minutos. Entretanto, para um posicionamento cinemático, o efeito do multicaminho muda rapidamente devido à alteração na geometria entre a antena e os objetos refletores existentes nos arredores.

O efeito do multicaminho acarreta um erro na medida da fase da onda portadora de até 1/4 do comprimento da onda, ou seja, aproximadamente 5 cm. Na pseudodistância, o comportamento desse efeito é similar ao da fase, entretanto, apresenta mais variações e pode atingir até 150 metros (Ray 1999). Se combinações lineares forem feitas, esses valores podem ser ainda maiores (Souza 2004).

2.1. Repetibilidade do multicaminho em diferentes dias

O multicaminho depende de vários fatores incluindo o satélite, o refletor, o receptor e seus respectivos movimentos. Mas se o receptor está fixo num ponto e o ambiente fica inalterado, o que ocorre nas estações de referências, então o multicaminho muda somente devido ao movimento dos satélites.

O satélite GPS tem um período orbital de meio dia sideral onde um dia sideral é igual a 23 h, 56 min e 4.009054 s (Spilker/Parkinson 1996). Como a órbita da Terra em torno do Sol é elíptica e a velocidade de translação da Terra em torno do Sol não é constante, ocorre uma variação diária de 1° 6' (4 min e 27 s) em dezembro e 53' (3 min e 35 s) em junho. Dessa forma, o erro de multicaminho se repete depois de um dia sideral, ou seja, quase quatro minutos a menos que um dia solar médio.

3. Posicionamento GPS utilizando estações de Referência

No GPS podem ser utilizados três métodos de posicionamento: absoluto, relativo e em forma de rede. No posicionamento absoluto são determinadas as coordenadas de um ponto associadas a um referencial geocêntrico. Esse método é o mais simples e barato, porém, tem a menor precisão dentre os três métodos. O posicionamento relativo é determinado a partir das diferenças de coordenadas entre dois pontos, sendo necessária a coleta de dados em pelo menos dois receptores simultaneamente. Esse método também é simples e barato, apresenta uma precisão muito boa e será o utilizado nesse trabalho. O posicionamento em forma de rede utiliza vários receptores, sendo o método mais caro e mais preciso.

No caso do posicionamento relativo, existem as estações de referência pertencentes os Sistemas de Controle Ativo (SCA) que rastreiam continuamente os satélites visíveis e os dados podem ser acessados, geralmente, via Internet. Trata-se de uma facilidade para o usuário, o qual pode realizar o posicionamento relativo tendo apenas um receptor e acessar os dados de uma estação de referência pertencente ao SCA.

Em 1996, a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) implantou uma rede ativa de referência, a RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo). A implementação e manutenção da RBMC contam com o apoio de várias instituições (IBGE 2005).

No Brasil, existem várias estações de referência GPS ativas ou de monitoramento contínuo. Porém, a RBMC é a rede de referência ativa mais importante no país e de acesso gratuito. Existem outras, como por exemplo, a RIBaC (Rede INCRA de Bases Comunitárias do GPS), Redes GPS ativas do Estado de São Paulo e de empresas particulares como a rede SightGPS e a rede GPS Santiago e Cintra. Nesse trabalho será analisado o efeito do multicaminho na estação UEPP pertencente à RBMC.

A RBMC está em funcionamento desde 1996. Porém, os dados GPS vêm sendo coletados de maneira contínua no Brasil desde 1994.

Os dados da RBMC em formato RINEX (*Receiver Independent Exchange format*) são coletados por receptores de dupla frequência com taxa de coleta das observações de 15 segundos. Os dados são coletados pelas estações em sessões que se iniciam às 0h 01min (TU) e são finalizadas às 24 horas (TU), tendo duração de 23 h e 59 min.

Com o passar do tempo, a necessidade de maior precisão e a alta demanda dos dados GPS, devido as mais variadas aplicações, contribuíram para o estabelecimento de novas estações de modo que nenhum

ponto no território brasileiro tivesse uma distância maior do que cerca de 500 km de qualquer uma das estações que viesse compor a rede.

Dessa forma, devido à importância das estações contínuas no posicionamento relativo, é interessante o desenvolvimento de técnicas que minimizam os erros e aumentem a confiabilidade de tais estações.

4. Método para Detecção do Multicaminho em Estações de Referência

Para detecção do efeito do multicaminho em estações de referência, é interessante que o mesmo seja determinado diretamente nas observações da fase da onda portadora e pseudodistância. Tal procedimento é descrito na seção seguinte.

4.1. Estimativa do Multicaminho

Para a estimativa do efeito do multicaminho em estações contínuas, foram instalados dois receptores em locais com coordenadas conhecidas, próximos da estação UEPP, que não tivessem superfícies refletoras significativas nas proximidades. Por se tratar de linhas de base curtas, os erros atmosféricos resultantes na dupla diferenciação são insignificantes. Conseqüentemente, o efeito do multicaminho torna-se a fonte de erro predominante no posicionamento. Os receptores instalados nas proximidades da estação UEPP foram considerados como “livres” de multicaminho; logo, o efeito de multicaminho na medida de dupla diferença (DD) é, principalmente, proveniente da estação de referência UEPP.

No processamento das linhas de base, os receptores “livres” do multicaminho foram considerados como base. Após realizar o processamento, os resíduos das DDs são utilizados na estimativa do erro do multicaminho. A equação dos resíduos das DDs $(\Delta \nabla V_{a,b}^{S1,S2})$ tanto para a fase como para a pseudodistância pode ser dada por (Monico 2000)

$$\Delta \nabla V_{a,b}^{S1,S2} = \Delta V_{a,b}^{S1} - \Delta V_{a,b}^{S2}, \quad (1)$$

onde:

- Δ representa a diferença entre os receptores; (rever)
- ∇ representa a diferença entre os satélites; (rever)
- a representa o receptor base;
- b indica a estação de referência;
- $S1$ e $S2$ representam os satélites envolvidos nas DDs.

Os resíduos das DDs dados pela equação 1 são, então, utilizados na estimativa do erro do multicaminho na estação UEPP. Considerando que o efeito do multicaminho é a fonte de erro dominante nos resíduos, tem-se

$$\Delta \nabla V_{a,b}^{S1,S2} = M_a^{S1} - M_b^{S1} + M_b^{S2} - M_a^{S2} + v, \quad (2)$$

onde:

- M_i^j é o erro de multicaminho na estação i e em relação ao satélite j ,
- v representa demais erros contidos no resíduo.

Para verificar qual dos resíduos das DDs da fase e pseudodistância estão contaminados por esse efeito, as componentes dos resíduos relativas ao multicaminho nas medidas observadas pelos receptores “livres” do multicaminho (M_a^{S1}) e (M_a^{S2}) devem ser consideradas nulas. Logo, a equação 2 se reduz a

$$\Delta \nabla V_{a,b}^{S1,S2} = M_b^{S1} - M_b^{S2} + v. \quad (3)$$

Considerando que em uma determinada época t , tem-se u satélites e n resíduos das DDs, resulta-se em um sistema de n equações e u incógnitas para cada linha de base. No caso em que se têm duas linhas de base, obtém-se $2n$ resíduos de DDs, ou seja, $2n$ equações com $2n-u$ graus de liberdade. Esse

procedimento é o mesmo para a fase e para a pseudodistância. Pode-se então realizar um ajustamento utilizando os valores dos resíduos das DDs como observações e estimar o erro do multicaminho nas medidas da fase e da pseudodistância para cada satélite visível na estação de referência.

Entretanto, o sistema de equações analisado no ajustamento é singular (deficiência de posto = 1), o que requer injunções adicionais. Para resolver tal problema, o sinal do satélite com maior ângulo de elevação (utilizado como satélite base) é considerado isento do efeito do multicaminho e o multicaminho relativo a esse satélite é considerado nulo.

Uma vez obtidos os valores dos erros do multicaminho para a fase e para a pseudodistância em relação a cada satélite na estação de referência, deve-se realizar a análise dos resultados para verificar se há predominância do efeito do multicaminho na estação de referência.

Repetindo o ajustamento em diversos dias e se os valores obtidos para os erros do multicaminho apresentam repetibilidade, têm-se indicativos de que a metodologia proposta é eficiente na detecção do efeito do multicaminho.

Para aplicar a metodologia proposta, desenvolveu-se um *software* chamado EMR (Estimador de Multicaminho em estação de Referência) em linguagem C/C++.

Para verificar a eficiência da metodologia proposta na correção do efeito do multicaminho, uma opção é realizar o posicionamento relativo envolvendo linhas de base curtas utilizando os dados da estação base (UEPP) com e sem a correção do efeito do multicaminho. Os resíduos do ajustamento advindos de ambas as situações podem ser comparados. Devido a grande quantidade de dados, o erro médio quadrático (EMQ) pode ser calculado para comparar os resíduos estimados nos vários dias processados.

4.2. Cenário do experimento

O experimento foi realizado nos dias 01 a 09 de maio de 2005 no terraço do LGE na FCT/UNESP utilizando dois pilares de aproximadamente 2 m de altura, formando duas linhas de base de aproximadamente 19 m e 20 m em relação ao pilar 1 (P1-UEPP) e ao pilar 2 (P2-UEPP), respectivamente. Dois receptores do modelo Trimble 4600 LS de simples frequência foram colocados em cada um dos pilares. Devido à altura e localização dos pilares, bem como a máscara de elevação utilizada de 10°, pode-se desconsiderar o efeito do multicaminho proveniente de reflexões em objetos no horizonte.

Na figura 2 é ilustrado cenário do experimento.

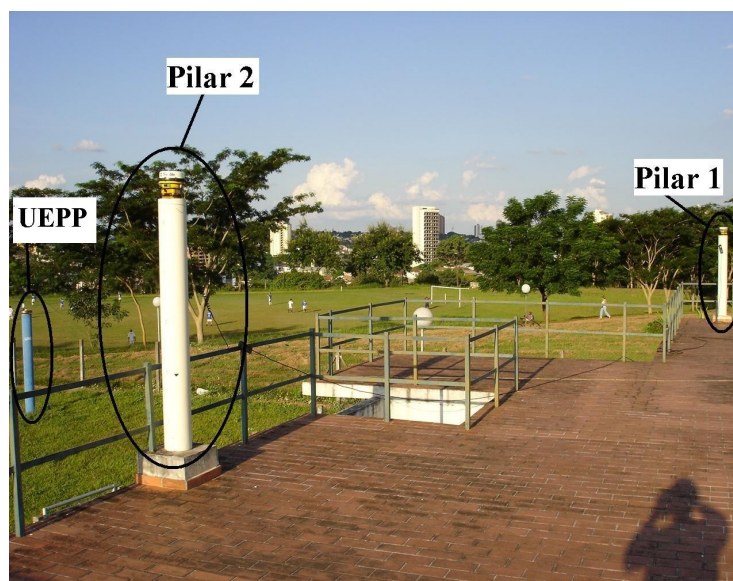


Figura 2: Cenário do Experimento

Os dados foram coletados durante o dia todo, porém, para facilitar as análises, serão apresentados os resultados somente para um período, ou seja, uma sessão de 200 épocas. Para as demais sessões, os resultados foram semelhantes. Devido ao curto comprimento da linha de base, considerou-se que os efeitos atmosféricos foram praticamente eliminados na dupla diferenciação, conseqüentemente, o efeito do multicaminho é a fonte de erro predominante nos resíduos das DDs. Esses dados foram coletados em dias consecutivos para que a repetibilidade do efeito do multicaminho fosse verificada. Adotou-se a variação de 4 min a menos para o processamento de cada dia devido à diferença entre o dia solar médio e o dia sideral.

5. Resultados

No processamento dos dados utilizou-se o PRN 18 como satélite base por ter o maior ângulo de elevação (60° a 85°) no período considerado. Escolheu-se a DD 18-15 para mostrar os resultados, pois o satélite 15 apresentava um baixo ângulo de elevação (25° a 40°) em comparação aos demais satélites observados no período da coleta de dados. Essa escolha se deve ao fato de satélites em baixos ângulos de elevação serem mais sujeitos a causar reflexões dos sinais.

Nas figuras 3a e 3b são ilustrados os resíduos da DD 18-15 nos dias 01, 02, 04, 05, 07 e 09 de março de 2004 para as linhas de base P1-UEPP para a fase e para a pseudodistância (código), respectivamente.

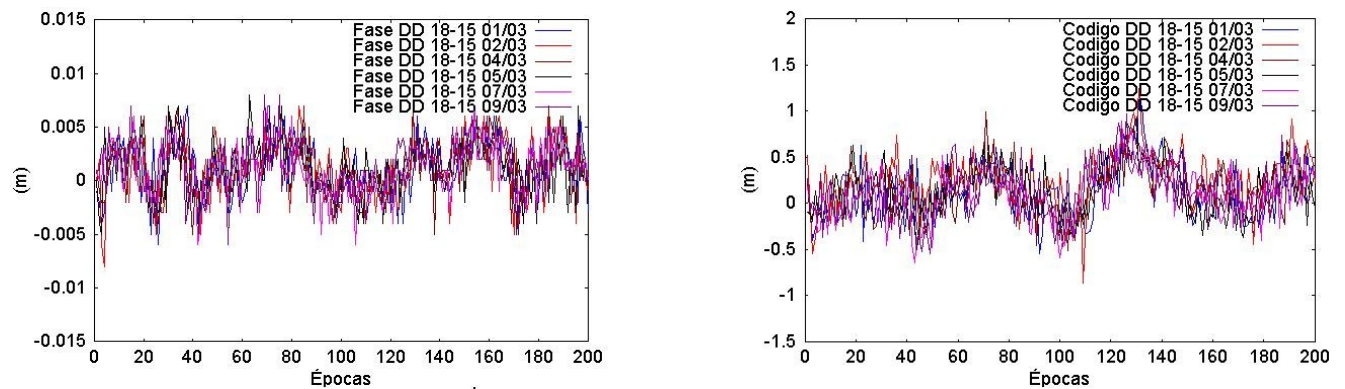


Figura 3: Resíduos para a DD 18-15 em relação à linha de base P1-UEPP – sem correção, a) fase, b) código

Observa-se nos resíduos da DD 18-15 da fase e do código apresentados nas figuras 3a e 3b que o comportamento similar do efeito do multicaminho se repetiu entre os dias em que foi realizado o experimento para a linha de base P1-UEPP.

Analogamente, analisando a linha de base P2-UEPP, os resíduos da DD 18-15 para a fase e para o código são apresentados nas figuras 4a e 4b, respectivamente.

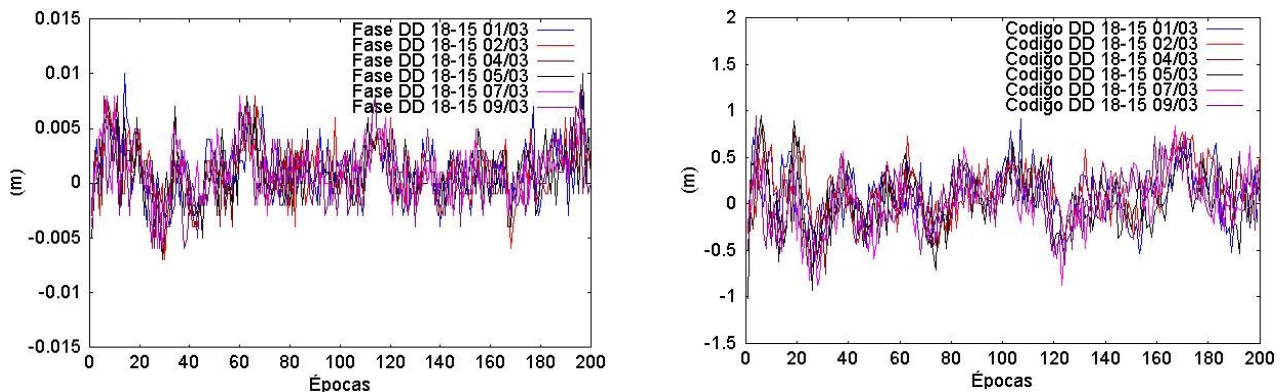


Figura 4: Resíduos para a DD 18-15 em relação à linha de base P2-UEPP – sem correção, a) fase, b) código

Da mesma forma que na linha de base P1-UEPP, verifica-se nas figuras 4a e 4b que o comportamento similar do efeito do multicaminho se repetiu entre os diferentes dias consecutivos para a linha de base P2-UEPP.

A partir dos valores de resíduos das DDs para a fase e o código e considerando que no pilar 1 e pilar 2 não há efeitos do multicaminho, foi realizado um ajustamento pelo método paramétrico e calculado o valor de multicaminho para cada observável e satélite conforme a equação 3 (seção 4.1). Nas figuras 5a e 5b, são mostrados os valores de multicaminho para as observações da fase e do código para o satélite 15 na estação UEPP.

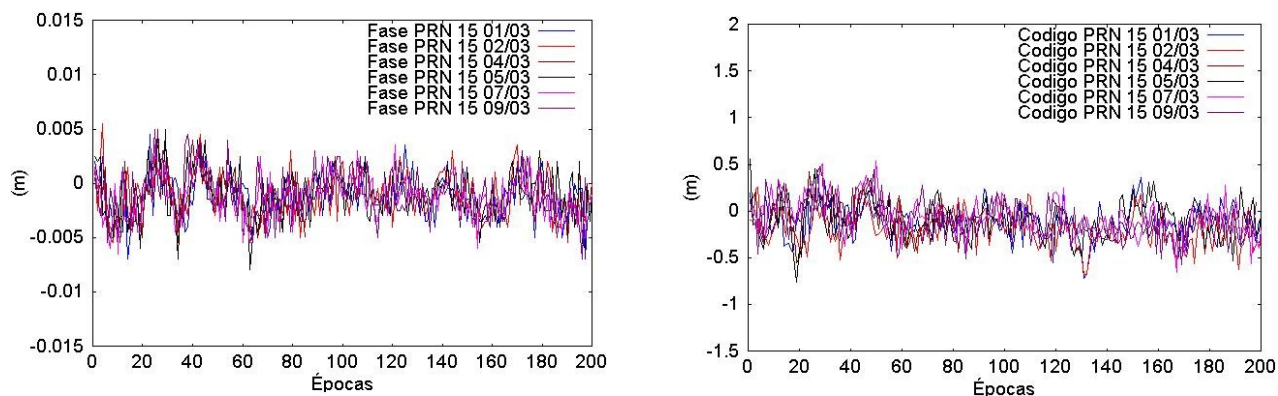


Figura 5: Multicaminho da UEPP - satélite 15, a) fase, b) código

Assim, obteve-se a partir do ajustamento dos resíduos das duas linhas de base processadas (figuras 3a, 3b, 4a e 4b) o erro de multicaminho estimado em relação à fase e ao código para cada época e satélite (figuras 5a e 5b). Nota-se que repetindo o ajustamento nos demais dias, verifica-se a repetibilidade e o comportamento similar do multicaminho entre os diferentes dias analisados (figuras 5a e 5b).

Com o intuito de verificar se a metodologia proposta melhora a qualidade das observações, realizaram-se novos processamentos, utilizando nesta etapa as linhas de base UEPP-P1 e UEPP-P2.

Na tabela 1 são apresentados os valores do Erro Médio Quadrático (EMQ) dos resíduos das DDs da fase sem a correção do efeito do multicaminho (SCM) e com a correção do mesmo (CCM), bem como as porcentagens de melhoria para as linhas de base UEPP-P1 e UEPP-P2.

Tabela 1: Valores do EMQ para os resíduos - fase

Dias	UEPP - P1 – fase			UEPP - P2 – fase		
	EMQ - SCM	EMQ - CCM	Melhoria	EMQ - SCM	EMQ - CCM	Melhoria
01/03	0,00276	0,00265	4,15%	0,00271	0,00261	3,83%
02/03	0,00291	0,00282	3,19%	0,00277	0,00267	3,75%
04/03	0,00271	0,00251	7,97%	0,00352	0,00330	6,67%
05/03	0,00281	0,00280	0,36%	0,00280	0,00273	2,56%
07/03	0,00265	0,00264	0,38%	0,00287	0,00263	9,13%
09/03	0,00267	0,00250	6,80%	0,00280	0,00259	8,11%
Média	0,002752	0,002653	3,71%	0,002912	0,002755	5,69%

Na tabela 1 observa-se que o EMQ nos resíduos ficou melhor quando a metodologia proposta foi aplicada, ou seja, o efeito do multicaminho foi corrigido na estação de referência UEPP. Isso mostra que os valores dos resíduos foram menores e, conseqüentemente, melhorou a precisão e a qualidade das coordenadas finais.

A tabela 2 apresenta os valores do EMQ dos resíduos no código para as linhas de base UEPP - P1 e UEPP - P2 e as porcentagens de melhoria.

Tabela 2: Valores do EMQ para os resíduos - código

Dias	UEPP - P1 – código			UEPP - P2 – código		
	EMQ - SCM	EMQ - CCM	Melhoria	EMQ - SCM	EMQ - CCM	Melhoria
01/03	0,32517	0,22254	46,12%	0,30108	0,22380	34,53%
02/03	0,37343	0,22521	65,81%	0,31355	0,22035	42,30%
04/03	0,29597	0,22813	29,74%	0,34352	0,23814	44,25%
05/03	0,31147	0,23780	30,98%	0,32653	0,26109	25,06%
07/03	0,30030	0,22529	33,29%	0,30907	0,22529	37,19%
09/03	0,30478	0,21738	40,21%	0,30719	0,22181	38,49%
Média	0,31852	0,22606	40,90%	0,31682	0,23174	36,71%

Nota-se na tabela 2 que as porcentagens de melhoria para o código foram maiores do que para a fase (tabela 1), atingindo uma melhoria de quase 66%. Como o esperado, a metodologia tem melhor desempenho no código do que na fase, pois o efeito do multicaminho é maior no código do que na fase.

O teste estatístico *Global Overall Model* (GOM) detecta erros globais não modelados, como é o caso do multicaminho. A tabela 3 apresenta os valores do teste estatístico GOM para as linhas de base UEPP-P1 e UEPP-P2.

Tabela 3: Valores do GOM

Dias	UEPP-P1			UEPP-P2		
	GOM - SCM	GOM - CCM	Melhoria	GOM - SCM	GOM - CCM	Melhoria
01/03	2,669	1,717	55,45%	3,353	1,824	83,83%
02/03	3,103	1,696	82,96%	3,608	1,798	100,67%
04/03	2,500	1,376	81,69%	3,272	1,471	122,43%
05/03	3,086	1,644	87,71%	3,919	1,811	116,40%
07/03	2,719	1,525	78,30%	3,595	1,703	111,10%
09/03	3,501	1,583	121,16%	4,495	1,791	150,98%
Média	2,930	1,590	84,24%	3,707	1,733	113,91%

Na tabela 3 pode-se observar que teste estatístico GOM melhorou em todos os dias analisados. Em geral, a qualidade das observações melhorou mais que 85%, alcançando até 151% de melhoria.

Para a linha de base UEPP-P2 a melhoria média do GOM foi 114% quando o efeito do multicaminho foi corrigido. Isso representa que a qualidade das observações melhorou significativamente após a aplicação desta metodologia proposta.

6. Conclusão

Apresentou-se nesse trabalho o efeito do multicaminho em estações de referência, especificamente, na estação UEPP pertencente à RBMC.

Foi verificada a existência do efeito de multicaminho na estação de referência UEPP e o mesmo foi detectado e corrigido diretamente nas observações de fase e pseudodistância.

Os resultados foram comparados sem e com a aplicação da metodologia proposta. Conclui-se que os objetivos propostos em relação à elaboração de uma metodologia capaz de identificar e atenuar o multicaminho em estações de referência estão sendo atingidos.

A repetibilidade do multicaminho foi verificada através do comportamento similar entre os resíduos e também nos valores estimados de multicaminho nos dias consecutivos analisados. Os resultados obtidos também permitem concluir que há uma predominância do erro do multicaminho nos resíduos das duas linhas de bases (P1-UEPP e P2-UEPP).

Aplicando-se a metodologia para corrigir efeito do multicaminho nas observações da estação UEPP, o EMQ dos resíduos melhorou aproximadamente 65% e o teste estatístico GOM indicou melhorias de até 150%. Isso demonstra que tal metodologia melhorou a qualidade das observações na estação UEPP e,

conseqüentemente, dos resultados do posicionamento.

Além disso, a metodologia mostrou-se eficiente devido aos valores estimados estar condizentes com a principal característica que o multicaminho apresenta: a repetibilidade entre os dias siderais.

Esse trabalho é de fundamental importância, pois saber o quanto o efeito de multicaminho está afetando as estações de referência é de interesse da comunidade geodésica em geral. Além disso, esse trabalho pode ser muito importante para que haja a disponibilização de arquivos RINEX de estações de referência corrigidos do efeito do multicaminho. Para gerar tais correções pode-se utilizar também a transformada *wavelets* (Souza 2004). Uma observação importante é que na coleta de dados desse experimento foram utilizados receptores de simples frequência. O ideal seria utilizar receptores de dupla frequência para as estações base (pilares). Pretende-se fazer novos experimentos com receptores de dupla frequência que estão disponíveis na FCT/UNESP e comparar os resultados com e sem a correção do efeito do multicaminho utilizando a metodologia proposta.

7. Agradecimentos

À FAPESP pelo apoio financeiro ao autor (Processo 04/02645-0) e a co-autora (Processo 03/12770-3).

8. Referências Bibliográficas

FORTES, L. P. S. *Operacionalização da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC)*. Dissertação de mestrado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1997, 152p.

GEMAEL, C. *Introdução ao Ajustamento de Observação: Aplicação Geodésica*. Curitiba: Ed. UFPR, 1994.

IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 jul. 2005.

LEICK, A. *GPS Satellite Surveying*. New York: John Wiley & Sons, 1995. 560p.

MONICO, J. F. G. *Posicionamento pelo NAVSTAR - GPS: Descrição, fundamentos e aplicações*, São Paulo: UNESP, 2000, 287p.

RAY, J. *Use of Multiple Antennas to Mitigate Carrier Phase Multipath in Reference Stations*. In: INTERNATIONAL TECHNICAL MEETING, 12, 1999, Nashville. **Proceedings...**Kansas City: The Satellite Division of Navigation, 1999. p. 269-80.

SEEBER, G. *Satellite geodesy: foundations, methods and applications*. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 2003. 586p.

SPILKER, J. J.; PARKINSON, B. W. Overview of Operation and Design. In: PARKINSON, B. W. e SPILKER, J. J. *Global Position System: Theory and Applications*. Cambridge: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1996. v.1, p.29-55.

SOUZA, E. M. *Efeito de multicaminho de alta frequência no posicionamento relativo GPS estático: Detecção e atenuação utilizando wavelets*. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Presidente Prudente. 2004. 140p.

SOUZA, E. M.; POLEZEL, W. G. C.; MONICO, J. F. G.: *Avaliação do Nível de Multicaminho no Posicionamento Relativo GPS e sua atenuação através da análise de Multiresolução*. In: Boletim de Ciências Geodésicas, v.11, nº 2, 2005.