
MULTICAMINHO, PERDA DE CICLOS E HORAS COLETADAS POR SESSÃO, NOS DADOS GPS DAS ESTAÇÕES DA REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO NO ESTADO DE MINAS GERAIS.

GRAZIELA FERREIRA COSTA
ANTONIO SIMÕES SILVA
VERÔNICA MARIA COSTA ROMÃO

Universidade Federal de Viçosa
Departamento de Engenharia Civil
Setor de Engenharia de Agrimensura
grazielaferreira@ufv.br asimoes@ufv.br

Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Engenharia Cartográfica
vcosta@ufpe.br

RESUMO - A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) estabelecida como rede de referência ativa desde 1996 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) recebe dados que são coletados e usados para a realização de uma série de atividades que necessitam de posicionamento. Devido a grande aplicabilidade dos dados da RBMC, faz-se necessário uma avaliação prévia sobre a qualidade dos dados adquiridos pelos receptores GPS uma vez que estes não estão livres de fatores que interferem em sua precisão. Tal controle de qualidade será realizado com o emprego de software Translate, Edit, Quality Check (TEQC). O TEQC gera indicadores de qualidade que são armazenados em arquivos de extensões diversas. Dentre estes arquivos serão analisados os valores de multicaminho. Os dados analisados são dados relativos às bases da RBMC situadas no Estado de Minas Gerais e se encontram nas seguintes cidades: Governador Valadares (GVAL), Montes Claros (MCLA), Uberlândia (UBER), Varginha (VARG) e Viçosa (VICO). Os resultados deste trabalho consistem em tabelas e gráficos anuais referentes ao ano de 2007, que ilustram o efeito do multicaminho da fase portadora L1 e L2, o número de perdas de ciclos por sessão de observação e o número total de horas coletadas por sessão.

ABSTRACT - The Brazilian Net of Continuous Monitoring (RBMC) established as net of active reference since 1996 for the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) receives data that are collected and used for the accomplishment of several geodetic and cartographic of activities. Due to great applicability of the data collected by the RBMC, it is necessary a previous evaluation about the quality of the acquired data for the receivers GPS once these are not free from factors that interfere in its precision. Such quality control will be accomplished with the software Translate, Edit, Quality Check (TEQC). TEQC generates quality indicators that are stored in files of different extensions. Among these files the multipath effects will be analyzed. The analyzed data are from the RBMC located in the State of Minas Gerais and they are in the following cities: Governador Valadares (GVAL), Montes Claros (MCLA), Uberlândia (UBER), Varginha (VARG) and Viçosa (VICO). The results of this work consist of tables and graphs regarding the year of 2007, that illustrate the effect of the multipath of the phase carrier L1 and L2, the number of cycles slip for observation session and the total number of hours collected by session.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho desenvolvido sob a égide do GEPiG – Grupo de Estudo e Pesquisa em Ciências Geodésicas - UFV trata do estudo da relação entre o multicaminho e as perdas de ciclos nas observações GPS das estações mineiras da RBMC. Posicionamentos que

requerem rapidez, precisão e economia são na maioria das vezes realizados com o Global Positioning System, mais conhecido como GPS. Como o nome sugere, o GPS é um sistema de abrangência global que vem facilitando todas as atividades que necessitam de posicionamento, fazendo com que algumas concepções antigas sejam postas em prática.

Existem duas observáveis básicas presentes no sistema GPS que permitem determinar posição, velocidade e tempo. Estas observáveis são a pseudodistância a partir do código e a fase da onda portadora ou diferença de fase da onda portadora.

Segundo Monico (2000) as observáveis GPS, tal como todas as outras observáveis envolvidas nos processos de medidas, estão sujeitas aos erros aleatórios, sistemáticos e grosseiros. Para obter resultados confiáveis, o modelo matemático (funcional e estocástico) estabelecido deve ser válido para a realidade física que se tenta descrever, e capaz de detectar problemas. Dessa forma, as fontes de erros envolvidas nos processos de medidas devem ser bem conhecidas. Erros sistemáticos podem ser parametrizados ou eliminados por técnicas apropriadas de observação. Erros aleatórios, por sua vez, não apresentam nenhuma relação funcional com as medidas e são, normalmente, as discrepâncias remanescentes nas observações, depois que todos os erros grosseiros e sistemáticos foram eliminados ou minimizados. Eles são inevitáveis, sendo, portanto, considerados uma propriedade inerente da observação.

Apesar do sistema GPS contar com uma alta precisão para posicionamento, ele está sujeito a fontes de erros que geram algum efeito sobre as observáveis. As principais fontes de erro nesse sistema estão relacionadas à propagação do sinal, ao satélite, ao receptor/antena e às estações de referência.

O multicaminho é um dos efeitos que ocorrem nestas prováveis fontes de erros, podendo este aparecer em duas das fontes: na estação e na propagação do sinal. Podem também, ocorrer nos satélites, mas é menos comum.

O efeito provocado pelo multicaminhamento é bem descrito pelo próprio nome. O receptor pode em algumas circunstâncias, receber além do sinal que chega diretamente à antena, sinais refletidos em superfícies vizinhas a ela, tais como construções, carros, árvores, massa d'água, cercas etc. Então durante a propagação do sinal entre o satélite e a antena do receptor pode ocorrer um desvio, também chamado de reflexão, fazendo com que o sinal chegue à antena do receptor por dois caminhos distintos, um que é direto do satélite e outro que foi "desviado" por algumas dessas superfícies vizinhas, causando assim o aparecimento do multicaminho. Fazan (2002) realizou um trabalho visando o controle de qualidade dos dados GPS das estações da RBMC instaladas no território brasileiro até o ano de 2002. O controle de qualidade tem sido feito visando a fonte de erro multicaminho relacionando-o com a elevação do satélite.

Devido à presença do multicaminho, se faz necessário um controle de qualidade dos dados obtidos usando a tecnologia GPS. Neste trabalho será realizado este controle de qualidade, nas bases da RBMC situadas em Governador Valadares (GVAL), Montes Claros

(MCLA), Uberlândia (UBER), Varginha (VARG), e Viçosa (VICO) todas no estado de Minas Gerais, com o intuito de analisar o efeito do multicaminho na propagação do sinal e na estação, relacionando-o com a geometria dos satélites assim como serão usadas observações de diversas épocas do ano para estudar a influência destas no efeito multicaminho.

Para tanto, será utilizado o software de domínio público TEQC (Translate, Edit, Quality Check), desenvolvido pela UNAVCO, University NAVSTAR Consortium, que permite obter, dentre outros parâmetros, os valores de MP1 e MP2, que se referem respectivamente ao multicaminho em L1 e L2, possibilitando também a geração de gráficos, tornando possível analisar separadamente os efeitos que geram erros nas observações GPS.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 - Erros nas Observáveis GPS

Erros aleatórios, sistemáticos e grosseiros podem acontecer em quaisquer observáveis envolvidas em processos de medidas, o que não é diferente com as observáveis GPS. Portanto para que se obtenham resultados confiáveis segundo Monico (2000), o modelo matemático (funcional e estocástico) a ser empregado deve ter a capacidade de detectar problemas existentes e para isso há a necessidade de se conhecer os erros e suas fontes que estão envolvidos neste processo.

Os erros podem ser agrupados de acordo com suas fontes e estão listados a seguir:

- Satélite que pode gerar erro da órbita, do relógio, da relatividade e do atraso entre as duas portadoras no hardware do satélite;
- Propagação do sinal pode gerar erro de refração troposférica, refração ionosférica, perdas de ciclos, multicaminhamento e erro pela rotação da terra;
- Receptor/Antena pode gerar erro do relógio, erro entre os canais, erro do centro de fase da antena;
- Estação pode gerar erro nas coordenadas, multicaminhamento, erro devido às marés terrestres, erro devido ao movimento do Pólo, erro devido à carga dos oceanos e devido à pressão da atmosfera.

Como o presente trabalho tem como objetivo analisar a relação entre os efeitos do multicaminho e da perda de ciclos, esses erros serão detalhados e descritos a seguir.

2.2 – Multicaminho

Define-se multicaminho como o fenômeno pelo qual o sinal que chega à antena do receptor é o resultado não só do sinal vindo diretamente do satélite, mas também de sinais secundários, provenientes da reflexão do sinal direto em objetos mais ou menos próximos da antena ou da linha receptor-satélite (FARRET, 2000).

A chegada de mais de um sinal gera problemas na detecção do pico da função de correlação (correlação máxima = 1) entre o sinal que chega à antena e sua réplica gerada no receptor, ocasionando um erro na distância receptor-satélite medida (FARRET, 2000).

Os sinais gerados por reflexões possuem um tempo de propagação maior, o que causa distorção no sinal emitido afetando, dessa forma, a qualidade do posicionamento. Destaca-se, entretanto, que o efeito do multicaminho está relacionado também com a geometria dos satélites observados, sendo esta modificada em função do tempo. Portanto, é mais provável que o sinal do GPS sofra maior efeito do multicaminho quando o satélite se encontrar mais próximo ao horizonte (HOFMANN-Wellenhof et al., 1994).

Conforme Hofmann-Welnhof et al., (1994) a diferença entre o sinal direto e o sinal indireto é proporcional ao comprimento do caminho percorrido entre o satélite e o receptor.

Weill (1997) afirma que o multicaminho pode ser atenuado por técnicas espaciais e técnicas de processamento de sinal. As técnicas espaciais baseiam-se na geometria de propagação do sinal. As técnicas de processamento de sinal são referentes ao “software” no receptor. Essas técnicas visam reduzir o efeito do multicaminho no “tracking Loop”, atuando principalmente na função de correlação. Também se pode minimizar o problema do multicaminho fazendo-se um rastreamento por um período de tempo maior, utilizando de maneira estratégica a variação na geometria do satélite. Outras técnicas podem ser usadas como, por exemplo, o uso de antenas que propiciam uma redução deste efeito (Choke-ring) e evitar, se possível, locais onde a ocorrência do multicaminho é mais propícia (áreas com estruturas metálicas, árvores, etc), entre outras técnicas (FAZAN, 2002).

2.3 Perdas de ciclos

Em uma sessão de observação, as medidas da fase da onda portadora, na maioria dos casos são contínuas. No caso da ocorrência de uma descontinuidade na medida de fase da onda portadora, ocorre o que se chama perda de ciclo. Perdas de ciclos podem ocorrer devido a diversos fatores, tais como: bloqueio do sinal, aceleração da antena, variações bruscas na atmosfera, problemas com o receptor e software do mesmo, entre outros. Quando ocorrem perdas de ciclos, a contagem do número inteiro

de ciclos sofre um salto, permanecendo correta somente a sua parte fracional. A Figura 1 exemplifica a ocorrência de perdas de ciclos, porém tem apenas caráter ilustrativo.

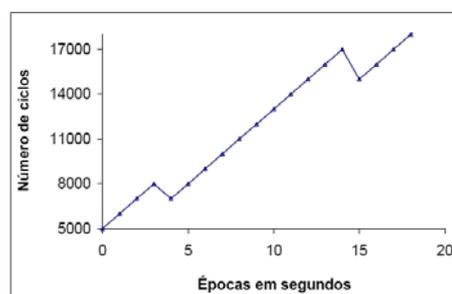


Figura 1: Ilustração de perdas de ciclos.

A ocorrência de perdas de ciclos prejudica a solução da ambigüidade. Existem diversas técnicas desenvolvidas com o intuito de solucionar esse problema, uma delas é a opção de introduzir uma nova ambigüidade como incógnita no modelo de ajustamento (MONICO, 2000).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 O Software TEQC

O TEQC é um software desenvolvido e constantemente atualizado pela UNAVCO (University NAVSTAR Consortium). Este software permite manipular tanto dados NAVSTARGPS, como GLONASS ou TRANSIT (NNSS - Navy Navigation Satellite System). Nesse trabalho os dados utilizados são de receptores NAVSTAR-GPS.

O TEQC é um software simples e está disponível, no site da UNAVCO (<<http://www.unavco.ucar.edu/>>), o software realiza o controle usando dados diários de uma estação por vez, os dados submetidos ao controle de qualidade podem estar no formato RINEX, cujos arquivos são os de observação e navegação, sendo o último opcional e os resultados são apresentados na forma de arquivos, com as seguintes extensões:

- YYS: Sumário com um resumo do controle de qualidade, sendo YY o ano do qual foram feitas as coletas de dados;
- MP1: Efeito de multicaminhamento em L1 para observações dos códigos C/A ou P1;
- MP2: Efeito de multicaminhamento em L2 para observações do código P2;
- ION: Efeito da ionosfera na fase da portadora L1 e L2;
- IOD: A razão do atraso devido a ionosfera;
- ELE: Ângulo de elevação dos satélites;
- AZI: Azimute dos satélites;
- SN1: Razão Sinal Ruído na portadora L1; e

- SN2: Razão Sinal Ruído na portadora L2.

As médias dos resultados do controle de qualidade são apresentadas na forma alfanumérica pelo arquivo sumário.

Os arquivos que apresentam as extensões MP1, MP2, ION, IOD, AZI, ELE, SN1 e SN2, são considerados arquivos gráficos, pois através da utilização dos softwares QCVIEW e/ou QCV podem ser elaborados gráficos dos resultados contidos nesses arquivos. Porém o conteúdo desses arquivos é alfanumérico, isso implica que tais informações podem ser verificadas utilizando-se um simples editor de texto, ou pode-se elaborar um programa para leitura e análise de tais informações.

Para estudo do multicaminho, utilizaram-se arquivos base em formato RINEX das estações RBMC (GVAL), (MCLA), (UBER), (VARG) e (VICO). Foram utilizados 364 arquivos de observação e 364 de navegação. Todos com um intervalo de gravação de 15 em 15 segundos. Os dados são do dia 01 do mês janeiro ao dia 31 do mês de dezembro de 2007. Poderia ter sido escolhido outro ano. Escolheu-se 2007 pela disponibilidade de dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estação VICO

A Tabela 1 mostra os valores mínimos, as médias e os valores máximos dos indicadores de qualidade analisados para a estação VICO da RBMC.

Tabela 1 - Mínimo, média e máximo, dos indicadores de qualidade da estação VICO

VICO	MP1 (m)	MP2 (m)	Perda de ciclo	Nº. horas coletadas
Mínimo	0.07	0.26	0	3.00
Média	0.18	0.58	47	22.34
Máximo	0.51	1.29	331	23.00

Os gráficos a seguir ilustram o multicaminho na fase L1 e L2 e a perda de ciclos por sessão de observação para a estação VICO da RBMC. Desta forma pode-se analisar o multicaminho juntamente com a perda de ciclos.

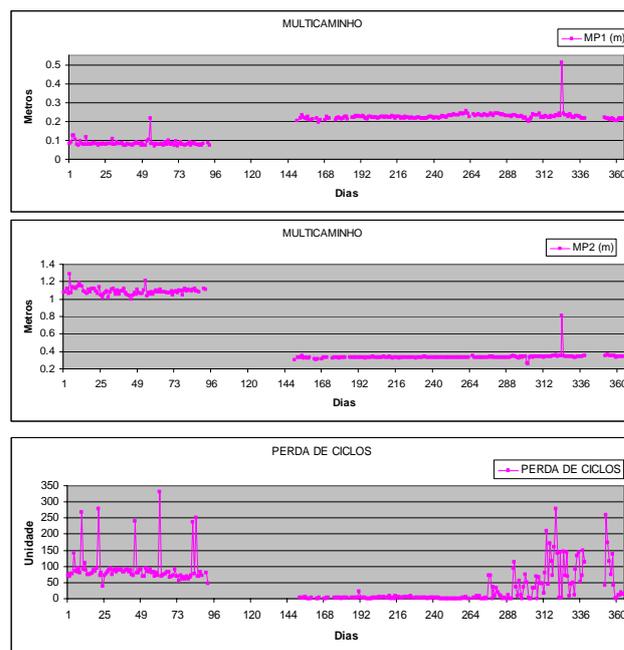


Figura 2 – Indicadores de qualidade da estação VICO.

Ao analisar os gráficos de multicaminho nota-se uma diferença muito grande entre os valores de MP1 e MP2 do dia 01 ao dia 92. A partir do dia 124 essa diferença entre os valores de MP1 e MP2 diminuiu. Nota-se também que os valores de MP1 e MP2 do dia 01 ao dia 92, ocorrem sem se afastar muito da sua média. Do dia 93 ao dia 123, os dados não estão disponíveis devido à inoperância da estação VICO. A partir do dia 124, quando a estação voltou a ser ativada, os valores de MP1 apresentaram-se bem acima dos que vinham ocorrendo.

Verificando as possíveis causas constatou-se que ocorreu troca de antena e receptor na estação VICO no dia 3 de abril, a antena até então usada era do tipo DORNE MARGOLIN T (TRM 29659.00), com número de série 070171 e altura 0.0160 m (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena). O receptor era do tipo TRIMBLE 4000SSI, com número de série 3631A16595 e Versão do Firmware 7.01. A partir do dia 93 a antena passou a ser do tipo ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2 (TRM 55971.00), com número de série 30278433 e altura igual a 0.0080 m (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena), já o receptor passou a ser do tipo TRIMBLE NetR5, com número de série 4651K03571 e Versão do Firmware 3.50. O que provavelmente foi a causa da mudança de comportamento nos valores de MP1 em tal época.

Observando a Tabela 2 pode-se ver os piores resultados de MP1 e MP2 da estação VICO. Percebe-se que nesses dias ocorreram distúrbios nos dados, pois os resultados são ruins. Porém nesses casos, não ocorreu correlação entre os indicadores. Logo, pode-se afirmar que os valores de MP1 e MP2 sofreram influências externas, ou seja, do meio ao redor da antena.

Tabela 2 – Indicadores de qualidade

Dia	MP1 (m)	MP2 (m)	Nº horas coletadas	Perda de ciclo
54	0.22	1.21	23:59:30	84
324	0.51	0.81	23:59:45	3

4.2 Estação GVAL

Para a estação GVAL também se obteve os valores mínimos, as médias e os valores máximos dos indicadores de qualidade que serão analisados. Esses valores são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Mínimos, médias e máximos, dos indicadores de qualidade da estação GVAL

GVAL	MP1 (m)	MP2 (m)	Perda de ciclo	Nº. horas coletadas
Mínimo	0.23	0.21	0	0.22
Média	0.30	0.33	14	22.35
Máximo	0.34	0.40	60	23.00

Na Figura 3 são apresentados os gráficos que ilustram o multicaminho na fase L1 e L2 e a perda de ciclos por sessão de observação para a estação GVAL.

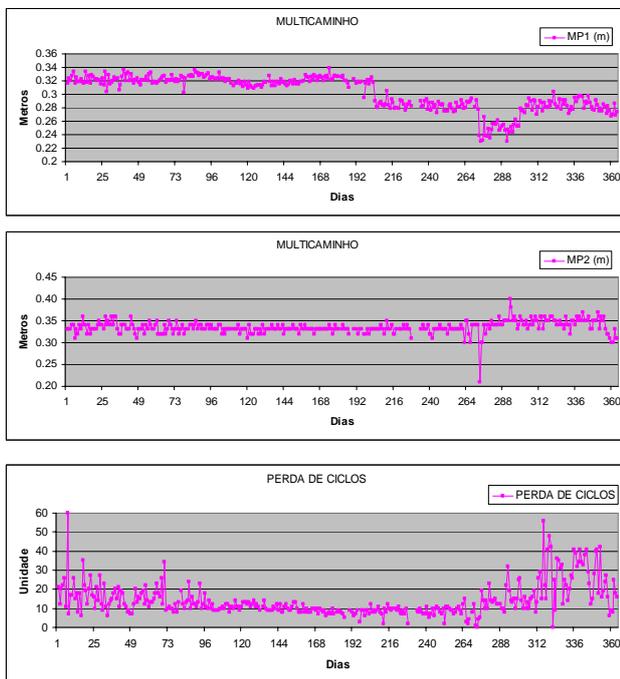


Figura 3 – Indicadores de qualidade da estação GVAL.

Para a estação GVAL percebe-se uma diminuição nos valores de MP1 a partir do dia 204, nesse mesmo período percebe-se um aumento na incidência de picos nos valores de MP2, porém os valores de MP2 apresentam um comportamento mais constante que os valores de MP1, não se afastando muito de sua média.

Nos dias 273, 274 e 275 percebe-se um pico de melhora significativa nos valores de MP2 e uma melhora nos valores de MP1, ao analisar as possíveis causas constatou-se correlação entre os valores de MP1 e MP2 com o número de horas coletadas. A Tabela 4 mostra os valores para os indicativos de qualidade nos dias em que MP1 e MP2 apresentam melhora nos resultados.

Tabela 4: Indicadores de qualidade

Dia	MP1 (m)	MP2 (m)	Nº horas coletadas	Perda de ciclo
273	0.24	0.21	0:13:30	0
274	0.23	0.30	10:59:45	4
275	0.23	0.30	10:59:45	5

Observa-se pela Figura 3, que a estação GVAL apresenta perdas de ciclos dentro da média das estações mineiras, o que fica bem evidente é que nos meses de abril a agosto a ocorrência de perdas de ciclo foi menor (aproximadamente entre os dia 100 e 260). O principal motivo desta ocorrência se deve, provavelmente, ao fato das perturbações da ionosfera ser maior entre os meses de setembro a março, para a região do Brasil.

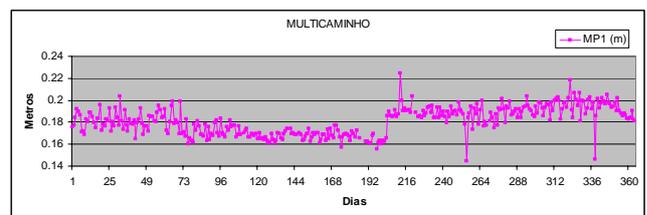
4.3 Estação MCLA

Para a estação MCLA também se obteve os valores mínimos, as médias e os valores máximos dos indicadores de qualidade que serão analisados. Esses valores são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Mínimos, médias e máximos, dos indicadores de qualidade da estação MCLA

MCLA	MP1 (m)	MP2 (m)	Perda de ciclo	Nº. horas coletadas
Mínimo	0.14	0.11	0	0.42
Média	0.18	0.19	5	22.22
Máximo	0.22	0.35	35	23.00

Na Figura 4 são apresentados os gráficos que ilustram o multicaminho na fase L1 e L2 e a perda de ciclos por sessão de observação para a estação MCLA.



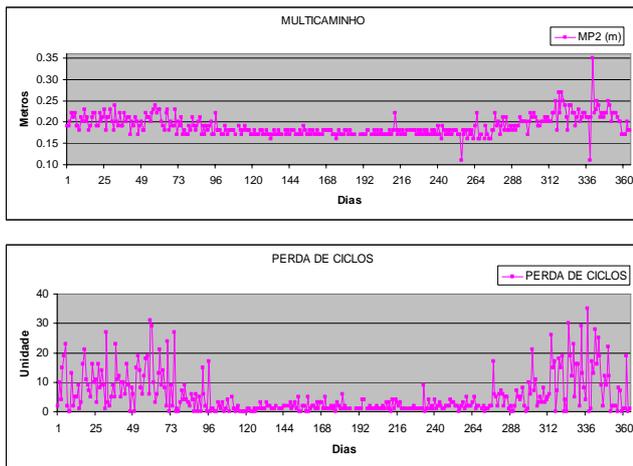


Figura 4: Indicadores de qualidade da estação MCLA.

Para a estação MCLA ao se analisar o gráfico de MP1, nota-se que a partir do dia 204 ocorre um notável aumento nos seus valores.

Já os valores de MP2 mostram alta correlação com os valores de perda de ciclo que novamente apresentam menor ocorrência nos meses de abril a agosto (aproximadamente entre os dias 100 e 230), e apresentam maior ocorrência de setembro a março. O principal motivo desse aumento nos valores de perda de ciclo, como dito antes, se deve provavelmente, ao fato das perturbações da ionosfera ser maior entre os meses de setembro a março, para a região do Brasil.

Os valores de MP1 e MP2 apresentam melhora significativa em dois dias, os dias 255 e 338. Ao se analisar as possíveis causas vê-se que os valores de MP1 e MP2 estão relacionados com o tempo de coleta de dados. Foi constatado que esses dias apresentaram sessões de observação menores que os demais. A Tabela 6 mostra os valores para os indicativos de qualidade nos dias em que MP1 e MP2 apresentam os melhores resultados.

Tabela 6: Indicadores de qualidade

Dia	MP1 (m)	MP2 (m)	Nº horas coletadas	Perda de ciclo
255	0.14	0.11	00:25:15	0
338	0.15	0.11	00:40:45	0

4.4 Estação UBER

Para a estação UBER também se obteve os valores mínimos, as médias e os valores máximos dos indicadores de qualidade que serão analisados. Esses valores são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Mínimos, médias e máximos, dos indicadores de qualidade da estação UBER

UBER	MP1 (m)	MP2 (m)	Perda de ciclo	Nº horas coletadas
Mínimo	0.17	0.18	0	0.23
Média	0.29	0.28	12	22.37

Tabela 7: Mínimos, médias e máximos, dos indicadores de qualidade da estação UBER

UBER	MP1 (m)	MP2 (m)	Perda de ciclo	Nº horas coletadas
Máximo	0.36	0.37	61	23.00

Na Figura 5 são apresentados os gráficos que ilustram o multicaminho na fase L1 e L2 e a perda de ciclos por sessão de observação para a estação UBER.

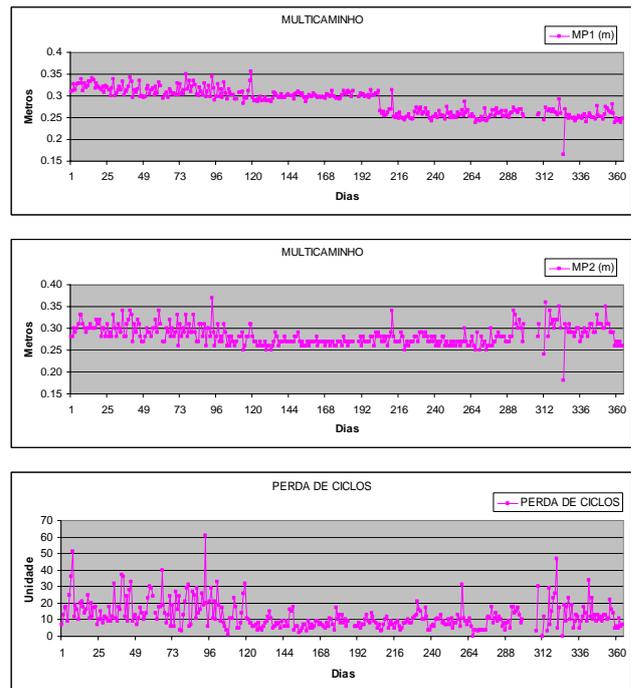


Figura 5: Indicadores de qualidade da estação UBER

Para a estação UBER ao analisar o gráfico de MP1, nota-se que seus valores apresentam uma queda a partir do dia 119, apresentando um comportamento bem constante até o dia 203, onde ocorre outra mudança de comportamento. A partir do dia 203 foi verificada uma notável melhora nos valores de MP1.

Já os valores de MP2 apresentam variações em diversos dias no decorrer de todo o ano, isso pode ser constatado pela grande incidência de picos no gráfico, porém novamente os valores de MP2 mostram-se fortemente relacionados com a perda de ciclo. Os valores de MP2 mostram uma melhora de março a setembro, e nesse mesmo intervalo os valores das perdas de ciclos também melhoram. Provavelmente devido ao fato das perturbações da ionosfera ser maior entre os meses de setembro e março, para a região do Brasil.

A estação UBER no dia 325 apresenta o melhor resultado de MP1 e MP2, para MP1 0.165375 m e para MP2 0.18 m. Ao analisar as possíveis causas dessa melhora observou-se que para o dia 325 a sessão de coleta durou apenas 14 min. O que provavelmente influenciou a melhora dos resultados de MP1 e MP2.

Observa-se pela Tabela 8, dias de ocorrência de melhora nos valores de MP1 e MP2, nota-se que a melhora desses valores está relacionada a pequenas sessões de observação.

Tabela 8: Indicadores de qualidade

Dia	MP1 (m)	MP2 (m)	Nº horas coletadas	Perda de ciclo
156	0.29	0.26	16:59:45	3
275	0.24	0.25	10:59:45	4
276	0.25	0.26	12:59:45	4
278	0.26	0.30	11:59:45	12
300	0.25	0.31	17:59:45	10
308	0.25	0.28	7:18:30	3
312	0.24	0.24	0:40:15	0
315	0.26	0.28	12:58:45	3
323	0.26	0.30	12:59:45	17
325	0.16	0.18	00:14:00	0

4.5 Estação VARG

Para a estação VARG também se obteve os valores mínimos, as médias e os valores máximos dos indicadores de qualidade que serão analisados. Esses valores são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Mínimos, médias e máximos, dos indicadores de qualidade da estação VARG

VARG	MP1 (m)	MP2 (m)	Perda de ciclo	Nº horas coletadas
Mínimo	0.23	0.16	0	0.43
Média	0.26	0.27	16	22.44
Máximo	0.34	0.39	62	23.00

Na Figura 6 são apresentados os gráficos que ilustram o multicaminho na fase L1 e L2 e a perda de ciclos por sessão de observação para a estação VARG.

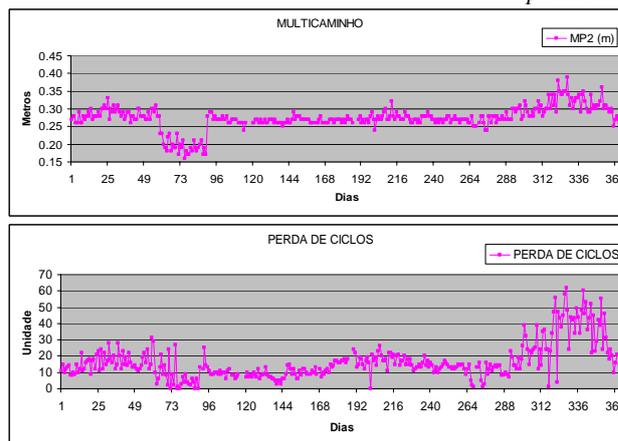
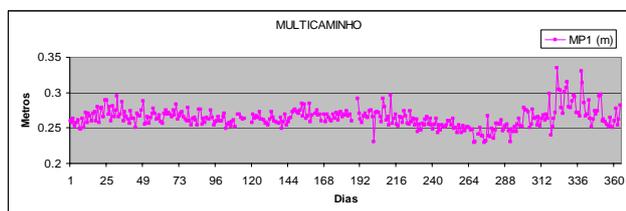


Figura 6: Indicadores de qualidade da estação VARG

Observa-se pelo gráfico de MP1 na Figura 6, que a partir do dia 300 houve um aumento na incidência de picos nos valores de MP1. Ao se fazer uma comparação entre os gráficos de MP1 e MP2, nota-se uma grande semelhança entre eles, os dois gráficos, diferente das outras estações mineiras, durante todo o ano têm valores muito próximos e seguem a mesma tendência. Exceto para o intervalo entre os dias 60 e 90 (mês de março), onde os valores de MP2 sofrem uma queda brusca e o mesmo não se observa nos valores de MP1.

Ao analisar as possíveis causas para a melhora dos valores de MP2 entre os dias 60 e 90 se detectou queda nos valores de perda de ciclo, mas não se detectou correlação com o número de horas coletadas por sessões de observações. Logo, pode-se afirmar que os valores de MP2 foram influenciados pela melhora nos valores de perda de ciclos e/ou sofreram influências externas, ou seja, do meio ao redor da antena.

Observa-se pela Tabela 10 dias em que ocorreu melhora nos valores de MP1 e MP2, nota-se que a melhora desses valores está relacionada a pequenas sessões de observação.

Tabela 10: Indicadores de qualidade

Dia	MP1 (m)	MP2 (m)	Nº horas coletadas	Perda de ciclo
201	0.230546	0.24	1:59:45	0
291	0.230547	0.27	23:58:45	7
267	0.247963	0.25	11:59:45	5
268	0.229319	0.25	10:59:45	2

(Continuação) Tabela 10: Indicadores de qualidade

Dia	MP1 (m)	MP2 (m)	Nº horas coletadas	Perda de ciclo
269	0.230259	0.25	10:59:45	1

5 CONCLUSÕES

Ao observar os valores de MP1 e MP2 de todas as estações, nota-se que os valores de MP1 são sempre melhores que os de MP2. Isso é devido inserção do

código P criptografado (código Y) na L2. Assim, a recuperação da portadora L2 não oferece um resultado com a qualidade daquele de L1. Outro fator que contribui para que os valores de MP2 sejam maiores é o fato da portadora L2 possuir frequência menor que a L1. Isso implica que a portadora L2 sofre maior influência da ionosfera.

Ao analisar as várias figuras verifica-se que as estações apresentam valores de MP1 e MP2 bem próximos (parecidos) entre si, com exceção de VICO que antes da troca de antena apresentava valores de MP1 e MP2 bem distantes. Observa-se ainda, que aproximadamente entre os dias 90 e 260 os valores de MP2 sofrem uma aparente melhora, justamente entre os meses de abril e agosto, quando a influência da ionosfera é menor.

Os valores de MP1 e MP2 estão, em sua maioria, relacionados com o meio que cerca o receptor. Como já exposto anteriormente, locais com muitas construções, ou até mesmo com presença de árvores, fazem com que aumente a incidência de multicaminho. Mas os resultados de MP1 e MP2 também apresentam correlação com as perdas de ciclos e a quantidade de observações utilizadas na estimação dos seus valores.

Observa-se pelos gráficos que as estações mineiras não apresentaram dados em vários dias. Segundo informações do IBGE, nesses dias não houve coleta de dados por diversos motivos.

Observa-se pelos resultados do indicador perda de ciclo, que nos períodos de 1 a 90 (Janeiro a Março) e 261 a 366 (Setembro a Dezembro), a ocorrência de perdas de ciclo foi maior que no período compreendido entre os dias 91 e 260 (Abril a Agosto). O principal motivo desta ocorrência, normalmente, se deve ao fato das perturbações da ionosfera ser maiores entre os meses de Setembro e Março, para a região do Brasil.

Ainda para o indicador perda de ciclo, constatou-se que a estação VICO é a estação mineira que mais sofre perdas de ciclos, principalmente nos meses com maior influência da ionosfera, chegando a perder 331 observações em um dia de coleta de dados.

Observou-se também, em todas as estações, que nos dias em que MP1 e MP2 apresentaram os piores resultados não ocorreu correlação entre os indicadores. Logo, pode-se afirmar que os valores de MP1 e MP2 sofreram influências de outros indicadores não analisados neste trabalho e/ou influências externas, ou seja, do meio ao redor da antena.

REFERÊNCIAS

COSTA, G.F., **Estudo da qualidade das observações de satélites GPS nas estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do Estado de Minas Gerais** Relatório Científico Semestral de Bolsa de Pesquisa de Iniciação Científica – FAPEMIG, Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Engenharia Civil, 2008.

FARRET, J.C. **O Efeito do Multicaminho Estático nas Medidas da Fase das Portadoras GPS**. Tese (Doutorado em Geodésia). Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, 2000.

FAZAN, J.A., MONICO, J.F.G. **Controle de qualidade dos dados GPS da RBMC**, Relatório Científico de Bolsa de Pesquisa de Iniciação Científica – FAPESP (Processo n. 01/03145-2), FCT/UNESP - Departamento de Cartografia, 2002.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. **GPS: Theory and Practice**. 4. ed. Wien: Spriger, 1994.

IBGE. ESPECIFICAÇÕES E NORMAS GERAIS PARA LEVANTAMENTOS GPS. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acessado em 20 novembro de 2007.

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

WEILL, L.R. **Conquering Multipath: The GPS Accuracy Battle**. *GPS World*, p. 59– 66, abril.1997.