

Análise qualitativa de Modelos Digitais de Terreno oriundos de diferentes Levantamentos GPS

Fabiani Miranda, MSc
Karoline Jamur, MSc
Prof. Dra. Cláudia Krueger

UFPR – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
81.531-970 Curitiba PR
{fabi.miranda, karol.mestrado, ckrueger}@ufpr.br;

Resumo: Análise qualitativa dos Modelos Digitais de Terreno (MDT) gerados a partir das coordenadas geodésicas procedentes de diferentes levantamentos GPS em uma área de estudo. Os levantamentos foram realizados empregando-se o método de posicionamento cinemático com e sem período de inicialização e com receptores GPS com dupla ou mono frequência. Dos MDTs gerados, o que mais se aproximou da topografia do terreno foi o modelo oriundo dos levantamentos com receptor Ashtech Z-12, com inicialização. Por sua vez, os modelos obtidos sem período de inicialização não condizem com a realidade de campo.

Palavras chaves: Modelos Digitais de Terreno, GPS.

Abstract: Qualitative analysis of the Digital Terrain Models (DTM) generated from the geodesic coordinates originating different surveys GPS in a study area. The surveys had been carried through using the method of kinematic positioning with and without period of initialization and with receivers GPS with dual or single frequency. Of the DTM generated what more it was close to the topography of the land was the deriving model of the surveys with receiver Ashtech Z-12, with initialization. In turn, the models have gotten without period of initialization do not of agreement with the field reality.

Keywords: Digital Terrain Model, GPS.

1 Introdução

Os Modelos Digitais de Terreno representam uma grandeza que varia continuamente no espaço e podem estar associados a várias informações como, por exemplo: unidades geológicas, teor de minerais, mas o mais comum é estarem relacionados à altimetria (BURROUGH, 1986).

Partindo-se dessa idéia, pode-se dizer que a altimetria de uma região pode ser representada através de um MDT, sendo esse uma representação matemática da distribuição espacial da característica de um fenômeno vinculada a uma superfície real. A superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado (BURROUGH, 1986).

Vários métodos e programas vem sendo empregados para a geração e a análise dos MDTs, porém ressalta-se que a aquisição dos dados tem custo elevado e consome tempo. Sabe-se que a qualidade dos produtos cartográficos gerados, a partir de levantamentos, por exemplo: GPS, dependem essencialmente da precisão por eles obtida. Os métodos de posicionamento, os equipamentos e os intervalos de gravação dos dados empregados, bem como, o programa utilizado no processamento dos dados podem refletir na precisão e na qualidade dos produtos finais gerados.

Este artigo apresenta uma análise qualitativa dos MDTs gerados a partir de coordenadas geodésicas procedentes de diferentes levantamentos GPS realizados em uma área de estudo.

2 Metodologia

Visando-se atingir os objetivos propostos escolheu-se uma área de estudo situada no Campus do Centro Politécnico, da Universidade Federal do Paraná. Os levantamentos de campo realizados podem ser divididos em duas etapas: o levantamento dos limites e da área em estudo. Na seqüência apresenta-se uma descrição destes levantamentos.

2.1 Levantamento dos Limites da Área

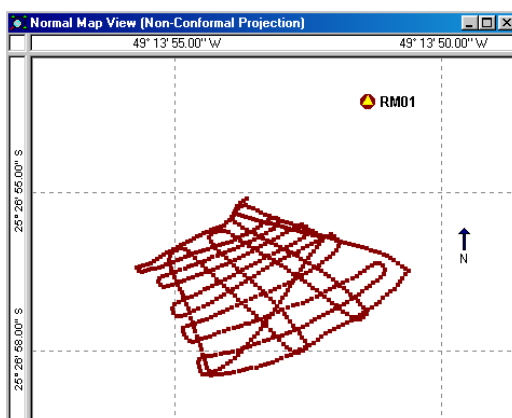
Escolheu-se cinco pontos no terreno. Eles materializam os limites da área em estudo impossibilitando desta forma que os modelos de terreno gerados sofram extrapolação acarretando assim em uma representação mais fiel do terreno. Estes pontos também foram empregados como controle para a verificação da qualidade dos modelos.

Os pontos escolhidos foram posicionados com o método relativo estático rápido empregando-se um intervalo de gravação dos dados de 15s e uma máscara de elevação de 10°. O tempo de ocupação nos pontos foi igual a 30 minutos. Na estação base foi instalado o receptor Trimble 4000 SSi e para o posicionamento dos pontos empregou-se dois receptores Promark II.

O Promark II é um receptor de simples frequência que coleta observações da fase em L_1 e código C/A. O receptor geodésico Trimble 4000SSi aplica uma técnica própria, denominada *Super-track*, a qual permite a este receptor coletar observações das duas portadoras, código C/A e código P.

2.2 Levantamento da Área

Visando posteriormente gerar os modelos digitais da área em estudo, realizou-se um posicionamento relativo cinemático com um intervalo de gravação dos dados igual a 1s e máscara de elevação de 10°. O caminhamento foi realizado de forma a cobrir toda a área em estudo (Figura 01).



f1 : Cobertura das linhas dos caminhos percorridos

Neste levantamento foram empregados receptores GPS geodésicos (dois Ashtech Z-12 e um Trimble 4000 SSi) e topográficos (dois Promark II). O receptor Ashtech Z-12 aplica a técnica P-W tracking que o torna capaz de realizar medidas de fase completas em L_1 e L_2 , do código P_{L1} e P_{L2} , além do código C/A.

A estação base utilizada foi o marco RM01, de coordenadas geodésicas conhecidas e indicadas na Tabela 1:

Tabela 1 – Coordenadas geodésicas da Estação RM01 (WGS-84)

Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
RM01	-25° 26' 53,22607"	-49° 13' 51,34281"	925,223

Segundo Krueger (2007), os métodos cinemáticos contínuos necessitam do conhecimento das ambiguidades inteiras para que se obtenha precisão nos posicionamentos. Nestes casos há necessidade

de se empregar algum método de inicialização visando a posterior determinação destas ambigüidades no processamento dos dados coletados.

Visando realizar alguns estudos no que tange a influência do período de inicialização na determinação das coordenadas geodésicas que irão compor o MDT, optou-se por efetuar os procedimentos indicados na Tabela 2. Nessa tabela encontram-se indicados a denominação a ser aplicada ao longo desse artigo para o procedimento empregado, a descrição desse procedimento e o receptor utilizado.

Tabela 2 – Procedimentos de inicialização nos posicionamentos relativos cinemáticos

Denominação	Procedimento	Receptor
ASCI	com inicialização de 5 minutos	Ashtech Z-12
ASSI	sem inicialização	Ashtech Z-12
PMCI	com inicialização de 20 minutos	Promark II
PMSI	sem inicialização	Promark II

3 Processamento dos dados

Os dados coletados nos diferentes levantamentos descritos na seção 2, foram processados com o programa comercial Ashtech Solutions v.2.6. Na seqüência serão apresentados os resultados obtidos para cada um dos procedimentos realizados e indicados na Tabela 2.

A Tabela 3 mostra um trecho de um arquivo de saída com as coordenadas geodésicas calculadas pelo programa após o processamento dos dados brutos coletados. A primeira coluna indica o ponto da trajetória percorrida; as coordenadas geodésicas (latitude, longitude e altitude) calculadas estão indicadas nas colunas 2, 3 e 4 respectivamente; nas colunas 5 à 7, tem-se os desvios-padrão destas coordenadas. A coluna 8, apresenta o QA, fator este indicativo da qualidade dos resultados. Ele está diretamente ligado a precisão almejada indicada na definição do projeto. Na coluna 9, pode-se observar o tipo de solução alcançada quanto a resolução das ambigüidades. O programa empregado fornece três tipos de solução (ASHTECH SOLUTIONS, 2001):

- “FIXED” – os inteiros das ambigüidades foram resolvidos;
- “PARTIAL” – mais de 50% das ambigüidades tiveram seus inteiros determinados;
- “FLOAT” – menos de 50% das ambigüidades tiveram seus inteiros determinados.

Tabela 3 – Trecho de um arquivo resultante do processamento dos dados brutos

SITE	Latitude	Longitude	Altitude (m)	sx (m)	sy (m)	sz (m)	QA	Sol.
ATG7	-25,44888256	-49,23104754	921,392	0,037	0,061	0,106	Fail	Partial
ATG8	-25,44887924	-49,23105935	921,401	0,037	0,061	0,106	Fail	Partial
ATG9	-25,44887502	-49,23107152	921,201	0,149	0,055	0,149	Fail	Partial
ATGD	-25,44886491	-49,23111437	920,328	2,534	0,198	1,331	Fail	Float
ATGE	-25,44886116	-49,23112792	920,503	2,538	0,198	1,333	Fail	Float
ATGF	-25,44885621	-49,23114395	920,480	0,039	0,061	0,110	Fail	
ATGG	-25,44885187	-49,23115508	920,485	0,037	0,061	0,106	Fail	
ATGH	-25,44884773	-49,23116622	920,486	0,037	0,061	0,106	Fail	

Pela Tabela 3 percebe-se que se a solução das ambigüidades é *FLOAT*, os desvios-padrão das coordenadas geodésicas são mais elevados, no caso da ordem de metros. A solução *PARTIAL* apresenta, por sua vez, desvios-padrão mais baixos (poucos centímetros), porém ele pode estar superestimando a solução. E a solução *FIXED* (mostrada em branco na coluna 9) apresenta desvios-padrão de poucos centímetros.

3.1.1 Procedimento ASCI

Dentro dos procedimentos indicados na Tabela 2, sabe-se que este deverá gerar as coordenadas geodésicas mais precisas em face de que ele emprega um receptor GPS de dupla freqüência e o período

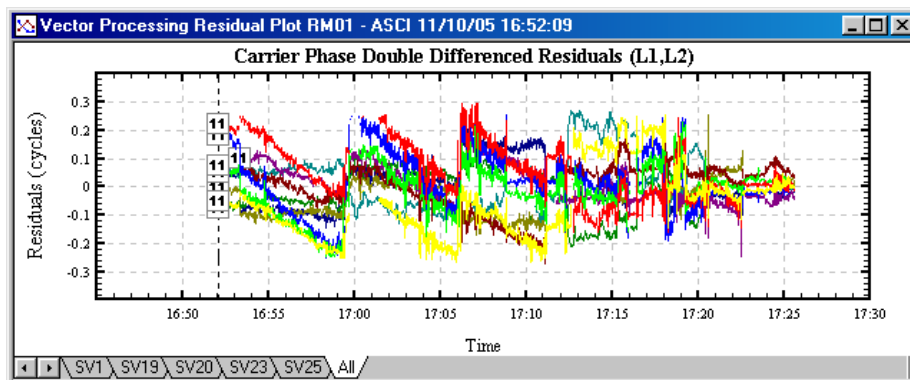
de inicialização é suficiente para o comprimento médio desta linha de base (cerca de 8 metros). Empregou-se o receptor Ashtech Z-12 e este foi inicializado por 5 minutos antes de se proceder ao caminhamento na área em estudo (Figura 01).

Com o processamento dos dados coletados obtiveram-se 2011 vetores, sendo que: 709 vetores apresentaram uma solução *PARTIAL* (35,3%), 19 vetores solução *FLOAT* (0,9%) e 1283 vetores solução *FIXED* (63,8%), conforme indicado na Tabela 4.

Tabela 4 – Procedimento ASCI – Vetores Processados

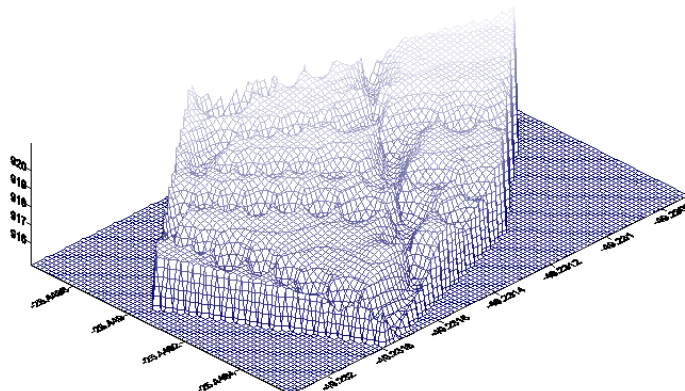
Solução	Número de Vetores	% de Vetores
Partial	709	35,3
Float	19	0,9
Fixed	1283	63,8
Total	2011	100,0

A Figura 02, mostra os resíduos das duplas diferenças de fase para as ondas portadoras L_1 e L_2 resultantes do processamento dos dados. Observa-se que os resíduos não foram superiores a 0,3 ciclos e o satélite 11 foi adotado como satélite de referência no processamento.



f2 : Resíduos das duplas diferenças de fase (DDF) para o procedimento ASCI

Após a análise dos resultados deste processamento foram realizados alguns testes na geração do DTM. Empregou-se todos os vetores processados, incluindo os que obtiveram solução *PARTIAL* e *FLOAT*. Verifica-se na Figura 03 alguns picos que na realidade não existem no terreno. Verificou-se que eles são provenientes de uma linha de base processada em que as ambigüidades não tiveram os seus inteiros determinados.



f3 : DTM gerado com todas as coordenadas geodésicas para o ASCI

Desta forma optou-se por eliminar em todos os procedimentos, listados na Tabela 2, os vetores que obtiveram solução *FLOAT* e os vetores com desvios-padrão maiores que 0,50 m para todas as soluções *PARTIAL*.

3.1.2 Procedimento ASSI

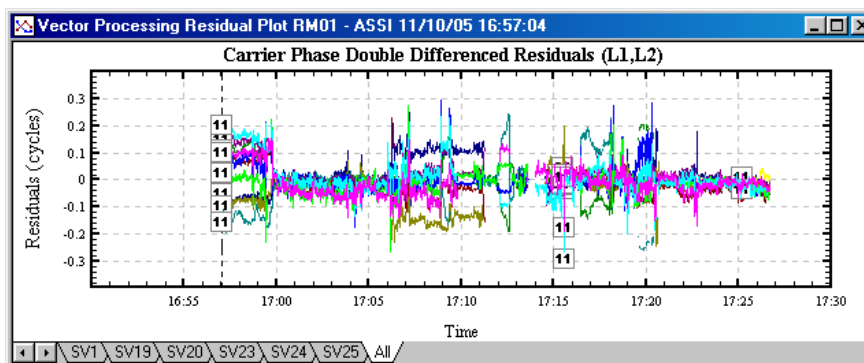
Constata-se que neste procedimento foi empregado o receptor Ashtech Z-12 e não houve qualquer período de inicialização (Tabela 2).

Na Tabela 5, indica-se as soluções alcançadas no que tange a resolução das ambigüidades para os vetores gerados. Verifica-se que de um total de 1726 vetores processados, 709 deles tinham solução *PARTIAL* (41,1%), 82 vetores com soluções *FLOAT* (4,8%) e os vetores restantes (935), que representam 54,2% dos dados apresentam solução *FIXED*.

Tabela 5 – Procedimento ASSI – Vetores Processados

Solução	Número de Vetores	% de Vetores
Partial	709	41,1
Float	82	4,8
Fixed	935	54,2
Total	1726	100,0

Os resíduos das DDF para este procedimento foram inferiores a 0,2 ciclos, porém nota-se que houve pequenos picos ao longo do tempo do levantamento cinemático (seção 2.2), ver Figura 04.



f4 : Resíduos das duplas diferenças de fase (DDF) para o procedimento ASSI

3.1.3 Procedimento PMCI

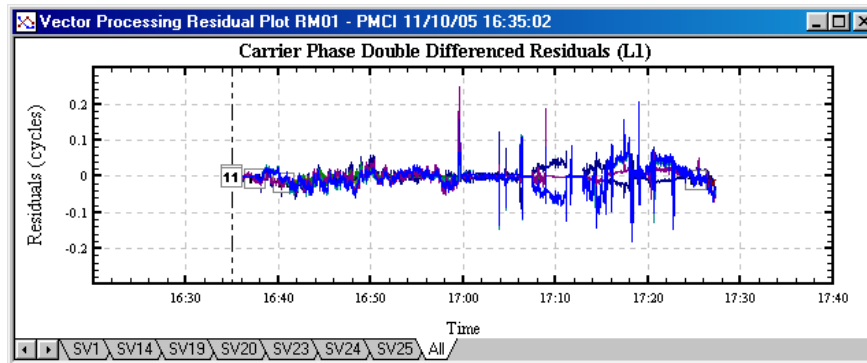
No procedimento PMCI, o receptor de simples frequência Promark II foi inicializado durante 20 minutos, antes de se proceder ao caminhamento na área em estudo (Figura 01).

Na Tabela 6, indica-se as soluções alcançadas para os vetores gerados. Verifica-se que de um total de 3137 vetores processados, 723 deles tiveram solução *PARTIAL* (23,0%), 188 vetores apresentaram soluções *FLOAT* (6,0%) e os vetores restantes (2226), que representam 71,0% dos dados obtiveram solução *FIXED*.

Tabela 6 – Procedimento PMCI – Vetores Processados

Solução	Número de Vetores	% de Vetores
Partial	723	23,0
Float	188	6,0
Fixed	2226	71,0
Total	3137	100,0

Os resíduos das DDF da onda portadora estão ilustrados na Figura 05. Eles foram da ordem de 0,1 ciclos chegando em alguns instantes a 0,2 ciclos.



f5 : Resíduos das duplas diferenças de fase (DDF) para o procedimento PMCI

3.1.4 Procedimento PMSI

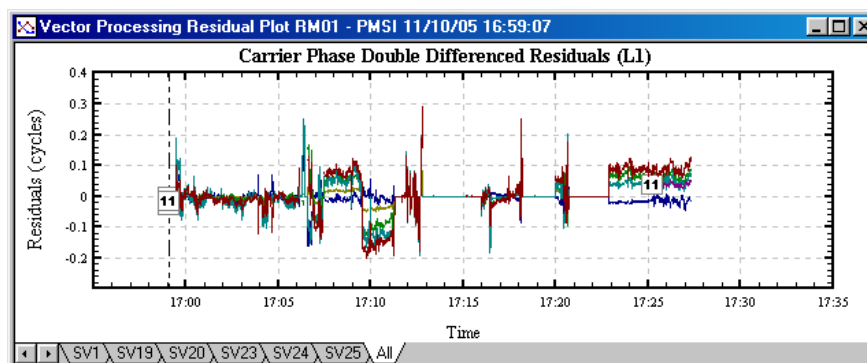
A última estratégia consistiu no processamento dos dados medidos com um receptor Promark II com onda portadora L_1 e sem inicialização.

Observando-se a Tabela 7, percebe-se que as ambigüidades inteiras foram resolvidas para apenas 53,5% do total de vetores calculados, e que o número de soluções *FLOAT* foi maior que as soluções *PARTIAL*. Este resultado era esperado pelo fato de que este receptor possui apenas a fase da onda portadora L_1 e que não houve um período de inicialização conforme indica o manual de instruções do equipamento (PROMARK 2, 2001).

Tabela 7 – Procedimento PMSI – Vetores Processados

Solução	Número de Vetores	% de Vetores
Partial	340	20,1
Float	448	26,4
Fixed	906	53,5
Total	1694	100,0

Na Figura 06, percebe-se que os resíduos da dupla diferença de fase foram inferiores a 0,2 ciclos. Contudo constata-se que ocorreram alguns problemas, como por exemplo, das 17:13 às 17:18 horas. Neste período houve perdas de sinal.



MirandaJf6.gif: Resíduos das duplas diferenças de fase (DDF) para o procedimento PMSI

3.2 Levantamento dos Limites da Área

O processamento dos dados coletados conforme descrito na seção 2.1 foi realizado com o programa Ashtech Solutions v2.60.

Analisando-se os relatórios obtidos com o processamento dos dados brutos, constatou-se que as soluções alcançadas no que tange a resolução das ambigüidades para os vetores formados foram *FIXED*, ou seja,

os inteiros das ambigüidades foram resolvidos.

Na Tabela 8, apresenta-se as coordenadas geodésicas em WGS-84 dos cinco pontos posicionados.

Tabelas 8 – Coordenadas geodésicas dos pontos que definem o limite da área (WGS-84)

Ponto	Latitude	Longitude
1	-25° 26' 56,50364"	-49° 13' 50,75042"
2	-25° 26' 55,28037"	-49° 13' 53,76385"
3	-25° 26' 56,46747"	-49° 13' 55,44160"
4	-25° 26' 58,49557"	-49° 13' 54,42018"
5	-25° 26' 57,77121"	-49° 13' 52,20227"

4 Modelo Digital de Terreno

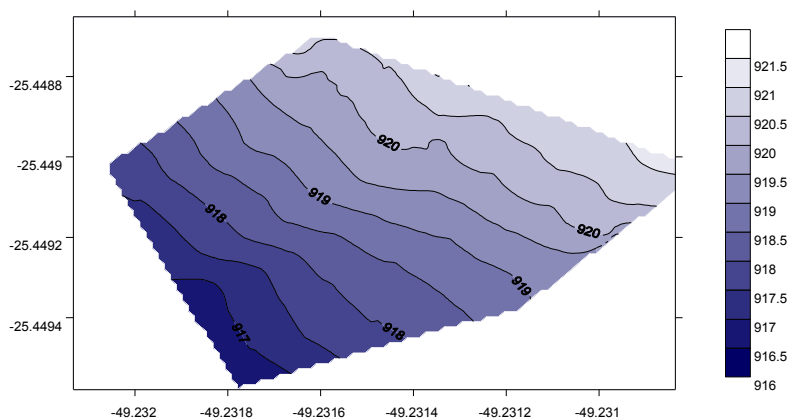
Após o processamento dos dados (seção 3), partiu-se para a elaboração das Curvas de Isolinhas, dos Modelos Digitais de Terreno e Mapas de Superfície, para tanto foram utilizados os recursos do Software Surfer 8.0.

Um fator que foi levado em consideração no momento de gerar os modelos foi o de que quando a grade é gerada, a área de interesse sofre uma “extrapolação” para toda a grade, “mascarando” de certa forma, a verdadeira área a ser modelada/representada. Diante desse problema, buscou-se investigar um recurso do *software* Surfer e criar os chamados arquivos *blanked* ou vazios, os quais possibilitam delimitar a área de interesse dentro da grade gerada. Ressalta-se que a área no modelo foi delimitada pelas coordenadas geodésicas dos cinco pontos (seção 3.2). De posse então da nova área delimitada, foi realizada uma nova interpolação, utilizando os mesmos critérios descritos anteriormente e gerando como saída uma nova grade a qual permitiu representar com mais fidelidade à área em estudo, isto é, a trajetória percorrida sem qualquer extrapolação na grade.

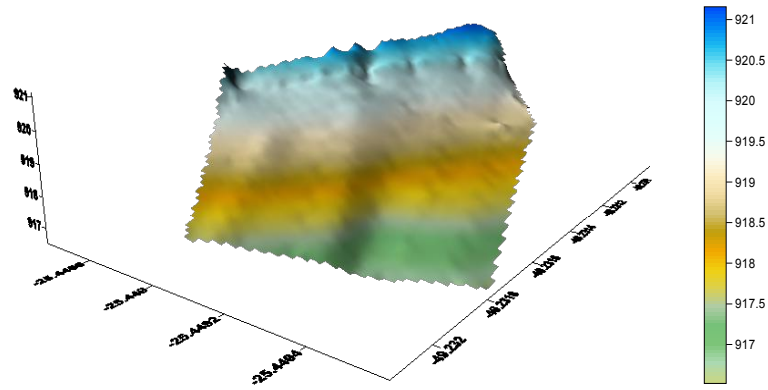
A seguir serão apresentadas as Curvas de Isolinhas e os Mapas de Superfícies gerados a partir dos levantamentos realizados na área em estudo segundo os diferentes procedimentos indicados na Tabela 2.

4.1 Ashtech Z-12 com inicialização (ASCI)

A Figura 07 mostra as curvas de isolinhas obtidas com as coordenadas geodésicas calculadas para os 1283 vetores utilizados (Tabela 4). Neste levantamento foi empregado o receptor Ashtech Z-12 e houve um período de inicialização de 5 minutos. Na Figura 08, tem-se o Mapa de Superfície.



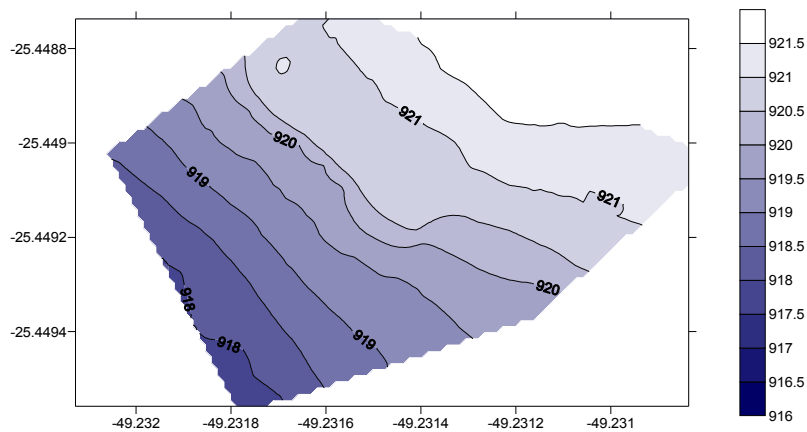
f6 : Curvas de Isolinhas – para 1283 coordenadas geodésicas do ASCII



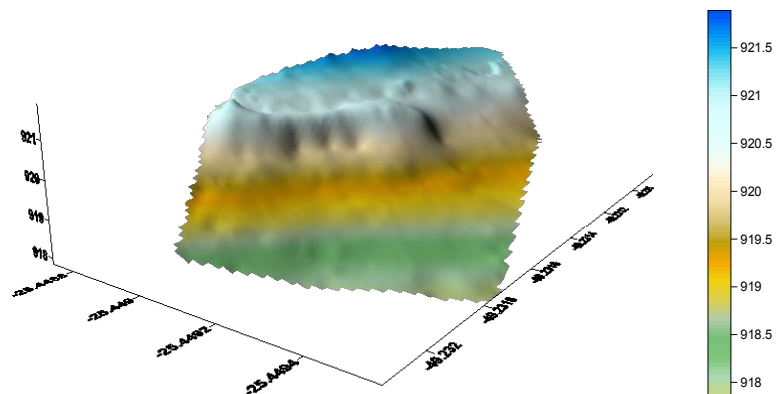
f8 : Mapa de Superfície – para 1283 coordenadas geodésicas do ASCI

4.2 Ashtech Z-12 sem inicialização (ASSI)

A Figura 09, mostra as curvas de isolinhas geradas com as 935 coordenadas geodésicas aceitas para o ASSI e na Figura 10 o respectivo Mapa de Superfície.



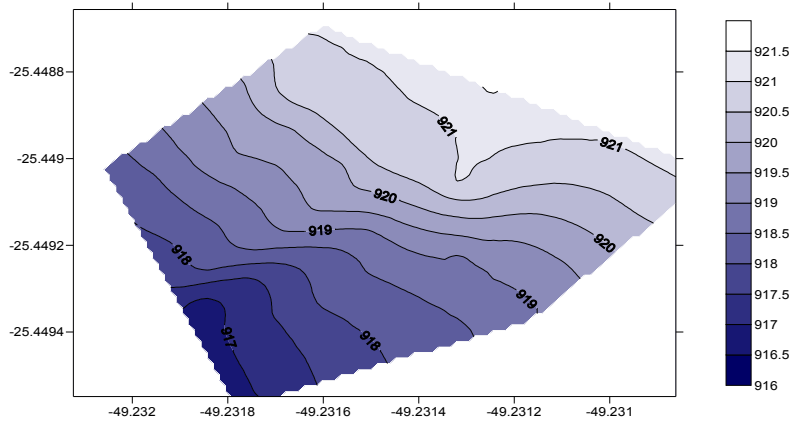
f9 : Curvas de Isolinhas – para 935 coordenadas geodésicas do ASSI



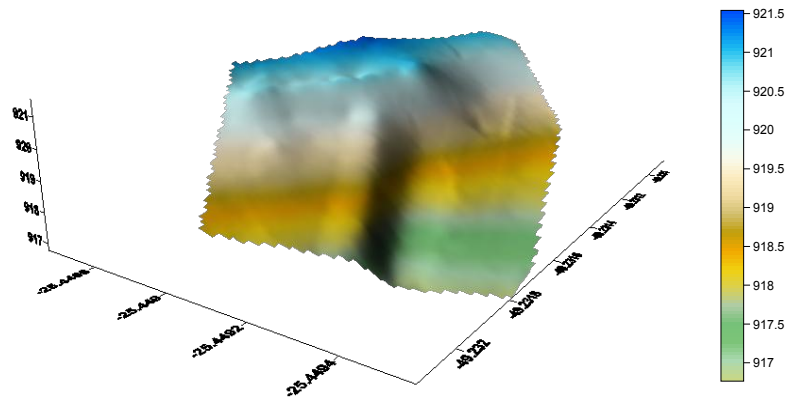
f10 : Mapa de Superfície – para 935 coordenadas geodésicas do ASSI

4.3 Promark II com inicialização (PMCI)

As curvas de isolinhas, obtidas a partir das coordenadas geodésicas calculadas para os 2226 vetores utilizados (Tabela 6), estão representadas na Figura 11 e o Mapa de Superfície na Figura 12.



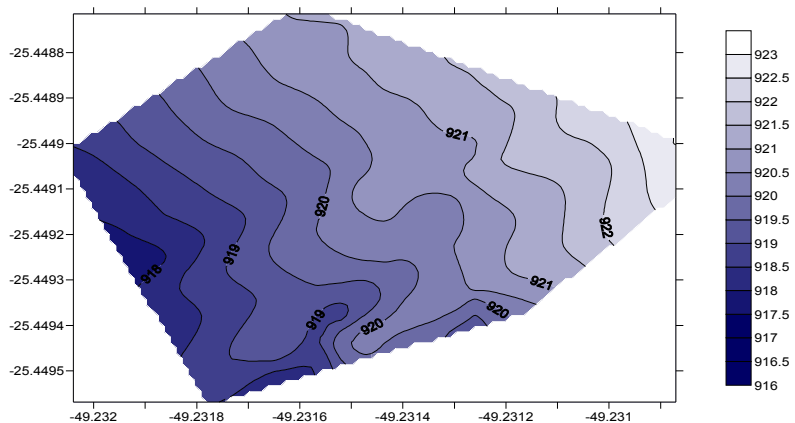
f11 : Curvas de Isolinhas – para 2226 coordenadas geodésicas do PMCI



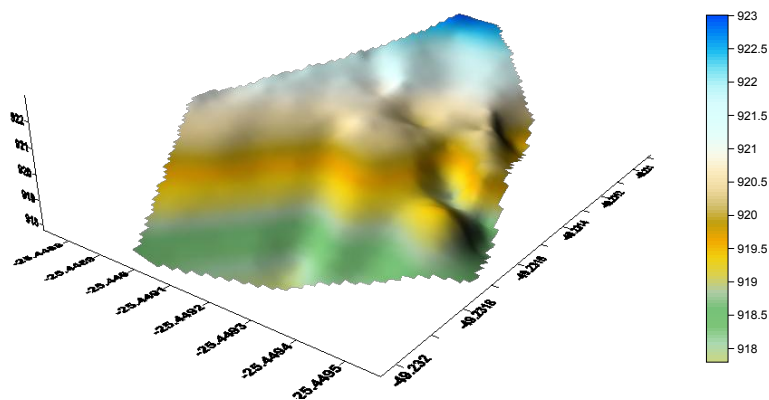
f12 : Mapa de Superfície – para 2226 coordenadas geodésicas do PMCI

4.4 Promark II sem inicialização (PMSI)

Nas Figuras 13 e 14, observa-se as curvas de isolinhas com o Mapa de Superfície, respectivamente. Eles foram gerados a partir das 906 soluções aceitas no procedimento PMSI (Tabela 7).



f13 : Curvas de Isolinhas – para 906 coordenadas geodésicas do PMSI



f14 : Mapa de Superfície – para 906 coordenadas geodésicas do PMSI

5 Análise

Realizando-se uma análise qualitativa, ou seja, apenas uma análise visual dos modelos, constata-se que o que mais se aproximou da topografia do terreno foi o modelo gerado com os dados do receptor Ashtech Z-12, com inicialização, como pode ser visto nas Figuras 07 e 08.

Verifica-se usualmente que os modelos obtidos empregando-se receptores sem o período de inicialização (Figuras 09, 10, 13 e 14) não condizem com a realidade de campo.

6 Conclusões e Recomendações

Mediante os resultados obtidos, pode-se concluir que:

1. a criação dos arquivos *blanked* ou vazios é de fundamental importância. Eles possibilitaram delimitar a área de interesse dentro da grade gerada, normalmente as grades regulares sofrem “extrapolação”, “mascarando” a verdadeira área a ser modelada/representada, principalmente se tratando de trajetórias percorridas, que não abrangem toda a área da grade;
2. tanto a quantidade total de amostras, bem como, a sua distribuição espacial, mostraram-se satisfatórias;
3. alguns erros podem ter sido ocasionados no deslocamento do bastão, já que a altura do mesmo não permaneceu constante em todo o levantamento;
4. os melhores resultados foram obtidos com os receptores que tiveram inicialização (Procedimentos ASCI e PMCI).

7 Referências Bibliográficas

Ashtech Solutions. *User's Guide.* Santa Clara, USA, 2001.

Burrough, P. A. *Principles of Geographic Information System for Land Resources Assessment.* New York: Oxford University Press, 1986, 194p.

Krueger, C. P. *Levantamentos geodésicos em áreas costeiras do estado do Paraná.* In: II Seminário de meio ambiente da UFPR, 2007, Curitiba. II seminário de Meio Ambiente da UFPR, 2007. v. 1. p. 1-1.

Promark 2. *User's Guide.* USA, 2001.