

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**PRECISÃO DE PLANTA PLANIALTIMÉTRICA GERADA POR
MODELAGEM NUMÉRICA DE SUPERFÍCIE A PARTIR DE
COORDENADAS UTM PLANO RETANGULARES COLETADAS EM
RECEPTOR GPS TOPOGRÁFICO.**

RAMON JULIANO RODRIGUES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
– Área de concentração em Energia na
Agricultura.

**BOTUCATU – SP
Dezembro – 2006**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PRECISÃO DE PLANTA PLANIALTIMÉTRICA GERADA POR
MODELAGEM NUMÉRICA DE SUPERFÍCIE A PARTIR DE
COORDENADAS UTM PLANO RETANGULARES COLETADAS EM
RECEPTOR GPS.**

**RAMON JULIANO RODRIGUES
MATEMÁTICO**

Orientador: Prof. Dr. Lincoln Gehring Cardoso

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para
obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área
de concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP
Dezembro – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

R696p Rodrigues, Ramon Juliano, 1982
Precisão de planta planialtimétrica gerada por modelagem numérica de superfície a partir de coordenadas UTM plano retangulares coletadas em receptor GPS topográfico / Ramon Juliano Rodrigues..- Botucatu : [s.n], 2006.
v, 70 f. : il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2006
Orientador: Lincoln Gehring Cardoso
Inclui bibliografia

1. Topografia. 2. Sistema de posicionamento global. 3. Planialtimetria 4. Modelagem numérica de superfície. I. Cardoso, Lincoln Gehring. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "PRECISÃO DE PLANTA PLANIALTIMÉTRICA GERADA POR
MODELAGEM NUMÉRICA DE SUPERFÍCIE A PARTIR DE
COORDENADAS UTM PLANO RETANGULARES COLETADAS
EM RECEPTOR GPS TOPOGRÁFICO"

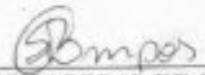
ALUNO: RAMON JULIANO RODRIGUES

ORIENTADOR: PROF. DR. LINCOLN GEHRING CARDOSO

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. LINCOLN GEHRING CARDOSO



PROF. DR. SERGIO PASCOAL DE CAMPOS



PROF. DR. RUTÊNIO JOSÉ LATANZE

Data da Realização: 07 de dezembro de 2006.

Aos meus pais, Osvaldo e Vera.

Pela dedicação, exemplo de vida, apoio e amor dedicados por toda vida.

Dedico

A Jocilene. Pelo amor, paciência, incentivo e compreensão.

Aos meus irmãos Hudson, Robson e Willian, que me incentivaram e me apoiaram durante toda minha jornada estudantil e pessoal.

Aos meus Avós (in memoriam). Onde quer que estejam, sei que estão orgulhosos.

As minhas lindas sobrinhas Ana Luiza e Maria Júlia, pelos sorrisos que encantam.

Ofereço!

Ao **Professor Doutor Lincoln Gehring Cardoso** por demonstrar confiança e amizade, cuja ajuda foi imprescindível nos momentos difíceis e pela orientação tornando possível a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

- Ao Professor Doutor Sérgio Campos, Professor Doutor Zacarias Xavier de Barros, pela amizade e pelos momentos de inspiração.

- Aos amigos e colaboradores Luciano Nardini Gomes, Ronaldo Alberto Pollo e José Israel Ramos pela convivência e amizade.

A Ascana, na pessoa de seus funcionários e diretores, que tanto me apoiaram e tornaram possível a realização do experimento em campo. E pela disponibilização do tempo necessário para os estudos deste trabalho.

Ao programa de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração em Energia na Agricultura da FCA – UNESP.

Ao Professor Doutor Kléber Pereira Lanças, pela amizade e confiança.

A DEUS pela saúde e pela minha família.

SUMÁRIO

RESUMO	1
SUMMARY	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 Histórico da evolução da Topografia	7
2.2 A Topografia	8
2.3 Noções de GPS	9
2.3.1 Posicionamento do Satélite.....	10
2.3.2 Receptores	10
2.3.3 Correção Diferencial.....	11
2.3.3.1 Correção Diferencial em Tempo Real	12
2.3.3.2 Correção Diferencial Pós-Processado	12
2.3.4 Precisão dos Dados GPS.....	12
2.3.5 Procedimentos e configurações para Coleta de Dados	13
2.3.6 Máscara de Elevação	14
2.3.7 Datum e Sistemas de Coordenadas.....	14
2.3.8 Coletando posições 3D.	15
2.4 Utilização da Altimetria.....	15
2.5 Aplicações do GPS na Agricultura.....	16
2.6 Outras Aplicações.....	16
2.7 Modelagem Numérica de Superfície.	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1.Área de estudo: localização e caracterização.	19
3.1.1 Equipamentos utilizados.....	22
3.1.2 Locomoção e coleta de dados.....	22
3.1.3 Microcomputador	22
3.1.4 Programas Computacionais	23
3.1.5 Base de correção de dados.....	23
3.2 Coleta de dados com receptor GPS	24
3.2.1 Baixando arquivos da estação de Base.....	25
3.2.2 Transferência de dados.	27
3.2.3 Correção dos dados de campo	30
3.2.4 Exportação dos dados corrigidos (Pós-processado)	33
3.3 Geração de plantas planialtimétricas	35
3.3.1 Cálculo de superfície plana e inclinada com uso do TOPOEVN	40
3.3.2 Geração de superfície 3D	41
3.3.3 Tratamento final de plantas	43
3.3.4 Cálculo da área considerando a superfície plana e inclinada	44
3.3.5 Avaliação dos cálculos de superfície entre o TOPOEVN e o método Manual.	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1 Resultado da planialtimetria calculada	49

4.2	Resultado do mapa de declividade	50
4.3	Resultados entre os dois métodos de cálculo.....	52
4.4	Discussão	53
5	CONCLUSÕES	55
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
	ANEXOS.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas em UTM, SAD 69 que formam o perímetro da área em estudo.....	22
Tabela 2 - Classes de declive, área plana e área inclinada.	51
Tabela 3 - Valores encontrados nos dois métodos de cálculos.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 2 – Mapa ilustrando os terraços existentes em campo	21
Figura 3 – Localização das Estações de Referência.	24
Figura 4 – Estações de Base de referência.	26
Figura 5 – Dados da estação de base de Rio Claro.....	27
Figura 6 – Tela de transferência de arquivo.	28
Figura 7 – Nomes dos arquivos existentes no coletor de dados.	29
Figura 8 – Tela inicial do Pathfinder com os pontos coletados em campo.	30
Figura 9 – Tela de correção diferencial.	31
Figura 10 – Tela de confirmação dos dados a serem processados diferencialmente.	32
Figura 11 – Relatório final da correção diferencial concluída.	32
Figura 12 – Exportar arquivo.	34
Figura 13 – Informações geradas no arquivo com extensão cor.	35
Figura 14 – Pontos coletados em campo, próximos aos terraços.	36
Figura 15 – Triangular pontos.	37
Figura 16 – Intervalo de Cotas selecionadas.	37
Figura 17 – Pontos com a triangulação feita.	38
Figura 18 – Tela de definição das curvas de nível.	39
Figura 19 – Curvas de nível geradas pelo MDT.....	40
Figura 20 – Definição das classes de declive.	41
Figura 21 – Tela de o comando editar Polilinha.....	42
Figura 22 – Confirmação dos grids a serem calculados.	43
Figura 23 – Representação 3D da superfície.	43
Figura 24 – Mapa planimétrico da área em estudo.....	44
Figura 25 – Comando distância e azimuth do Topoevn.	46
Figura 26 – Excel com a fórmula de Heron.....	47
Figura 27 – Perímetro utilizado pelos dois métodos.	48
Figura 28 – Planialtimetria criada a partir dos pontos coletados por GPS.....	50
Figura 29 – Mapa com as classes de declive.	52

RESUMO

O Planejamento de atividades em áreas, notadamente em áreas extensas como o caso canaviais, rurais é inegavelmente melhor dimensionado quando se tem em mãos acuradas plantas planialtimétricas. Em que use a existência de cartas oficiais, como são exemplos as cartas do IBGE e as cartas do plano Cartográfico do Estado de São Paulo, não raras vezes o planejador necessita de maior acuracidade no que diz respeito à equidistância vertical entre curvas.

O tradicional levantamento topográfico convencional embora apresente excelente resultado, tem como inconveniência o tempo dispendido e custos.

Dentro desse contexto, foi desenvolvido o presente projeto que teve como objetivo constatar a acurácia de carta de relevo obtida pelo sistema de posicionamento global, tendo como testemunha cordões de contorno precisamente locados através de método geométrico.

Paralelamente o presente projeto teve também por objetivo comparar diferenças de área segundo superfície em plano e inclinado calculado segundo métodos eletrônico e manual e a possível influência do relevo na estimativa de produção de cana-de-açúcar.

Os resultados obtidos mostram, que os dados coletados por um receptor GPS topográfico Pró XR Trimble permitiram a geração de planta planialtimétrica com equidistância vertical de 1,0 metro cuja precisão foi compatível com o relevo real de campo, pelo que se pode sugerir a utilização do método como sustentação ao planejamento de projetos agrícolas. Foi também possível constatar que as metodologias adotadas para cálculo de área considerando plano inclinado (X Y Z) nos métodos manual e eletrônico, proporcionaram os mesmos resultados sendo que ambos apresentaram diferença de 0,27% com relação à respectiva projeção horizontal o que não explica a diferença entre a produção estimada e real geralmente ao redor de 5,0 %, segundo a Associação dos Plantadores de Cana do Médio Tietê.

Palavras-chave: Topografia, Sistema de Posicionamento Global, Planialtimetria, Modelagem numérica de superfície.

PRECISION OF PLANTS PLAIN ALTIMETRY GENERATED FOR MODELING NUMERICAL OF SURFACE FROM COLLECTED RECTANGULAR COORDINATES IN RECEIVER GPS. Botucatu, 2006. 70p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: RAMON JULIANO RODRIGUES

Adviser: LINCOLN GEHRING CARDOSO

SUMMARY

The planning of activities in agricultural areas, especially in extensive areas as the canaviais, undeniably it is better calculated when there are improved altimetric plain plants. Where it uses the existence of official letters, as the letters of IBGE and the letters of the Cartographic plan of the State of São Paulo are examples, not rare times the planner needs bigger exactness in relation to the equality of vertical distance between curves.

The traditional conventional topographical survey, even so presents excellent result, has as inconvenience the spent time and costs.

Inside of this context, the present project was developed that had as objective to evidence the exactness of the relief letter gotten for the global positioning system, having as witness laces of contour necessarily leased through the geometric method.

Parallel, the present project had also for objective to compare differences of area as surface in plan and inclined, calculated as eletronic and manual methods and the possible influence of the relief in the estimate cane-of-sugar production.

The gotten results show that the data collected for a topographical receiver GPS Pró XR Trimble had allowed the generation of altimetric plain plant with

equality of vertical distance of 1,0 meter whose precision was compatible with the real relief of field, for what it can suggest the use of the method as sustenance to the planning of agricultural projects. It was also possible to evidence that the methodologies adopted for calculation for area considering plain inclined (X, Y, Z) in the manual and electronic methods, had provided the same results, being that both had presented difference of 0,27% with regard to the respective horizontal projection, what does not explain the difference of between the esteem and real production, generally around of 0,5% according to Association of the Planters Sugar cane of the Tiête Medium.

Key-words: Topography, Global Positioning System, Plain altimetry, Numerical modeling of surface.

1. INTRODUÇÃO

A vitalidade do Brasil Agroindustrial é indiscutível. Ano após ano batendo recordes de produção em grãos, óleos vegetais, açúcar e álcool, graças a um conjunto de fatores que estão levando o Brasil a uma posição de liderança mundial nos campos da agricultura alimentar e energética.

É preciso enaltecer entre esses conjuntos de fatores, uma gama de produtos de alta tecnologia disponível no mercado brasileiro, como exemplo o sistema de posicionamento global (GPS), bem como serviços especializados que dão suporte ao agro-negócio.

O GPS foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos originalmente com fins militares estratégicos. A partir de meados da década de setenta o seu uso foi estendido para aplicações civis, tendo passado por uma contínua evolução desde então.

A partir da geração de mapas de produtividade é possível constatar a variabilidade espacial da produção em áreas agrícolas, evidenciando-se que uma área não é homogênea, o que leva as produtividades distintas, por consequência a rentabilidade econômica variável.

A variação entre a estimativa e a produção encontrada pode estar correlacionada a diversos fatores, um desses fatores pode ser resolvido pela topografia, quando utilizando o cálculo do relevo da superfície plantada, onde geralmente é utilizado o cálculo planimétrico para se obter a área. Uma vez que não se utiliza a área inclinada nos cálculos.

Nesse contexto, este trabalho foi desenvolvido objetivando mensurar a acurácia do sistema GPS na obtenção de áreas considerando a superfície inclinada a fim de conhecer o relevo através da geração de curvas de nível a partir de dados coletados com o GPS, fazendo com que o uso da planialtimetria possa ser cada vez utilizado como ferramentas em projetos agrícolas.

É objetivo também criar um mapa de relevo com as classes de declive e o cálculo da superfície quando comparadas suas projeções plano e inclinada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico da evolução da Topografia

Os egípcios, os gregos, os árabes e os romanos nos legaram, instrumentos e processos que, embora primitivos, serviram para descrever, delimitar e avaliar propriedades rurais (DOMINGUES, 1979).

Contudo, somente nos últimos séculos a topografia teve uma orientação analítica passando do empirismo às bases de uma autêntica ciência, graças aos desenvolvimentos notáveis que tiveram a matemática e a física (FERREIRA 1986).

Os aperfeiçoamentos tecnológicos da mecânica de precisão e da ótica introduzidos nos instrumentos topográficos contribuíram eficientemente para o progresso crescente da precisão dos trabalhos topográficos, tendo-se ainda o surgimento das fotogrametria terrestre e aérea, esta última dominando hoje em dia a maioria dos grandes levantamentos topográficos (RODRIGUES, 2003).

Ainda, Rodrigues (2003) comenta que nos últimos quinze anos, a topografia convencional e a análise espacial de dados sofreram profundas modificações, basicamente marcadas pelo advento da informática possibilitando o uso generalizado de

sistemas computacionais para desenho, consultas, armazenamento e ligações de dados espaciais.

2.2 A Topografia

Segundo Garcia e Piedade (1983), a palavra topografia origina-se do grego “*TOPOS*” que significa lugar, terreno, região, e do verbo “*GRAFHEIN*” que por sua vez significa escrever, descrever. Logo, de acordo com os elementos que compõem o vocábulo, TOPOGRAFIA quer dizer: descrição de um determinado lugar.

A topografia se incumba da representação, por uma projeção ortogonal cotada, de todos os detalhes da configuração do solo. É uma ciência aplicada de âmbito restrito, baseada na geometria e na trigonometria. É um capítulo da Geodésia cujo objetivo é o estudo da forma e dimensões da Terra (GARCIA e PIEDADE, 1983).

Ainda Segundo Garcia e Piedade (1983), a topografia tem por finalidade representar graficamente o contorno, as dimensões, e a posição relativa de uma pequena parte da superfície terrestre, fornecendo a sua área e a sua posição altimétrica. A esta representação, fiel e expressiva em projeção horizontal, do terreno estudado dá-se o nome de planta topográfica.

Ao conjunto de métodos empregados para colher o dado necessário para o traçado da planta dá-se o nome de topometria, que pode ser dividida em planimetria e altimetria. A planimetria trata da representação, em projeção horizontal, dos detalhes existentes na superfície (GARCIA e PIEDADE, 1983).

A altimetria é medição da altura relativa dos pontos, parte que envolve o relevo, elemento de capital importância para projetos de uso e ocupação do solo. A planialtimetria é a combinação da planimetria e altimetria, sendo, portanto o estudo mais completo (SÁ e MOLINA, 1995).

O levantamento topográfico com o sistema de posicionamento global – GPS é, atualmente, a alternativa mais eficaz quando consideradas as variáveis custo e produtividade. Obtendo simultaneamente dados planimétricos e altimétricos, sua comparação com os métodos de levantamento convencionais permite um ganho da ordem de 3/1 em tempo e redução substancial das equipes de campo (GOMES et al., 2001).

2.3 Noções de GPS

Segundo Leick (1990), Vettorazzi et al (1994), o GPS é um sistema de posicionamento baseado nos dados fornecidos por satélites operados pelo Departamento de Defesa (DoD) dos E.U.A. Os satélites em operação fornecem informações sobre posição e horário 24 horas ao dia, a qualquer tempo e a nível mundial.

Para Bueno (1995), existem diversos métodos de utilização do sistema GPS, e todos têm por princípio a medida da distância entre o satélite e o receptor.

O sistema GPS vem provando, ao longo dos últimos anos, que é uma técnica efetiva de posicionamento, proporcionando a obtenção de coordenadas com precisão, principalmente as coordenadas geográficas latitude e longitude (SEGANTINI, 1999).

Para Rodrigues (2003), o sistema GPS pode ser aplicado para gerar posicionamento em tempo-real e fornecer precisões suficientes para os mais diversos usos, utilizando-se de receptores adequados em cada uso. É um sistema economicamente competitivo na maioria dos casos. Estas características permitem vislumbrar o alto potencial desta tecnologia e as ilimitadas possibilidades de aplicações na Geodésia, na navegação e nos mais diferentes tipos de áreas, como por exemplo: Levantamento de controle; levantamento de cadastro; geodinâmica; monitoramento de obras de engenharia (barragens, pontes, edifícios, etc.), navegação de precisão; fotogrametria; sistemas de informação geográfica (SIG); geodésia marinha e glacial.

Ainda Rodrigues (2003) comenta que outras aplicações, que não eram possíveis com métodos convencionais, podem ser agora realizados com o GPS. Dentre esses tipos de aplicações, podemos citar, levantamentos aéreos; medidas da rotação da Terra; posicionamento marinho de alta precisão; medida da velocidade; mapeamento gravitacional vetorial através de um veículo em movimentos; aerotriangulação sem pontos de controle terrestre; levantamento e locação de pontos geométricos de projetos de vias; levantamentos topográficos; controle de deslocamento de obras civis, entre outras.

Segundo Newcomer e Asce (1990), alguns aspectos têm evidenciado o sistema GPS em relação a outros métodos convencionais de levantamentos topográficos, entretanto é importante salientar o trabalho tridimensional, permitindo alta precisão de

medidas, e a não exigência de intervisibilidade entre os pontos, fator requerido entre os equipamentos topográficos convencionais.

2.3.1 Posicionamento do Satélite

Segundo Coelho (2003), o sistema é constituído por 24 satélites NAVSTAR em operação, orbitando a Terra e passando em um dado ponto a cada 12 horas a altitude de cerca de 12.600 milhas náuticas (20.200 km). Quatro órbitas são percorridas pelos satélites em cada um dos seis planos inclinados 55° ao equador. Na altitude em que se encontram os satélites sofrem pouca resistência atmosférica e sua órbita é muito estável.

Os satélites são constantemente monitorados pelo DoD. Cada satélite contém vários relógios atômicos de alta precisão e constantemente transmite sinais de rádio usando seu próprio código de identificação. O DoD tem quatro estações monitoras com base na Terra, três estações de transferência, e uma estação de controle central. As estações monitoras rastreiam os satélites continuamente e fornecem dados para a estação de controle central. A estação de controle central calcula os caminhos dos satélites e coeficientes de correção do relógio e envia-os para uma estação de transferência. As estações de transferência transmitem os dados para cada satélite pelo menos uma vez por dia (HURN, 1989).

2.3.2 Receptores

Os receptores GPS calculam posições a cada segundo e fornecem posições que vão de menos de um metro a 5 metros com processamento de correção diferencial. Os receptores variam em tamanho, peso, número de posições que armazenam e número de canais que usam para rastrear satélites (MANUAL DE OPERAÇÃO, 1997).

Ainda segundo o Manual de Operação (1997), ao atravessar ou permanecer fisicamente em um lugar, o receptor recebe sinais dos satélites GPS e então computa uma posição. As computações da posição são visualizadas como coordenadas no visor do coletor de dados. Os receptores GPS também computam velocidade e direção, permitindo a navegação entre posições. Cada sistema cartográfico do GPS é fornecido com um

software de processamento. Após retornar do campo, o software pode transferir dados da posição e informações de características do coletor de dados para o computador.

Segundo o Manual de Operação (1997), os receptores GPS são divididos em duas categorias baseadas em como são processados os sinais. Existem os receptores de código C/A que usam a informação contida nos sinais de satélite para calcular posições, e os receptores de *carrier phase* que utilizam o próprio sinal de rádio para calcular a posição.

Receptores de código C/A têm precisão que pode variar de menos de um metro a 5 metros com correção diferencial. Receptores que utilizam o código C/A são mais recomendados para trabalhos em ambientes hostil para coleta de dados, como no caso de estar sob árvores (SEEBER, 1993).

No Manual de Operação (1997), indica que receptores de *carrier phase* requerem técnicas de processamento simultâneo entre outros receptores. Normalmente, estes receptores têm a precisão de um centímetro. Receptores de *carrier phase* possuem requisitos mais elaborados de pós-processamento e de coleta de dados, não recomendado para trabalhos de pouca visibilidade para os satélites e devem trabalhar constantemente com o mínimo de quatro satélites.

Para que se tenha um bom resultado durante a coleta dos dados, deve haver ao menos quatro satélites visíveis para calcular uma posição 3D (latitude, longitude e altitude). Para posições 2D, são necessários três satélites visíveis (latitude, longitude). Quando se coleta posições 3D é desejável ter cinco ou mais satélites visíveis. Quando cinco ou mais satélites estão disponíveis, o receptor GPS pode usá-los todos para calcular matematicamente uma solução melhor. Estes satélites extras também servem como reforços para assegurar que as posições 3D também possam ser coletadas se a antena carece de boa visibilidade (HOFMANN-WELLENHOF, 1994).

2.3.3 Correção Diferencial

Segundo o Manual de Operação (1997), a correção diferencial é uma técnica que aumenta a precisão dos dados GPS coletados. Isto envolve o uso de um receptor e um lugar conhecido, a estação de base e a coleta de posições GPS em lugares desconhecidos

com outros receptores, móveis e remotos. Os dados coletados no lugar conhecido são usados para determinar que erros estejam contidos nos dados do satélite. A informação da estação de base é então aplicada aos dados coletados pelos receptores móveis e as diferenças de desvio são usadas para remover erros das posições do receptor de campo.

Há dois métodos para realizar a correção diferencial, em tempo real e pós-processado.

2.3.3.1 Correção Diferencial em Tempo Real

De acordo com Monico (2000), a correção diferencial pode ser obtida em tempo real, através de rádio transmissor na base fixa e de um rádio receptor no GPS de campo.

Em GPS diferencial em tempo real, a estação de base calcula e transmite (através de sinais de rádio) o erro de cada satélite enquanto recebe os dados. Essa correção é recebida pelo receptor de campo, que aplica a correção para a posição que está calculando. Assim a posição vista no visor é a posição corrigida diferencialmente. Isto é muito útil quando se precisa saber onde se está quando se encontra no campo, e muito usado também em sistemas de lavouras quando aplicada à agricultura de precisão, comenta Alberbo e Thylen (1997).

2.3.3.2 Correção Diferencial Pós-Processado

No Manual de Operação (1997), em GPS diferencial pós-processado, a estação de base registra o erro para cada satélite diretamente em um arquivo de computador. O receptor de campo registra suas próprias posições em um arquivo. Depois de retornar do campo, os dois arquivos são processados e o resultado é um arquivo de campo corrigido diferencialmente.

2.3.4 Precisão dos Dados GPS

A precisão GPS pode variar desde menos de um centímetro a mais de 100 metros, dependendo do equipamento, técnicas de processamento de dados e outros fatores. Deve-se lembrar que as coordenadas horizontais derivadas de um GPS são normalmente de 2 a 5 vezes mais precisas que as coordenadas verticais de qualquer posição GPS dada. Quando as técnicas e equipamento produzem uma medida de um centímetro horizontalmente, a precisão vertical associada é da ordem de 2 a 5 centímetros (MANUAL DE OPERAÇÃO, 1997).

Segundo Gomes et al, 2001, o PDOP (Diluição da Posição da Precisão) é uma figura sem unidades que expressa a relação entre o erro na posição do usuário e o erro na posição do satélite. Indica o momento em que a geometria do satélite pode facilitar os resultados mais exatos. O melhor tempo para recolher os dados pode ser selecionado baseado em relatórios gráficos que mostram o PDOP. É o resultado de um cálculo que considera a situação da cada satélite em relação aos outros satélites da constelação. Um DOP baixo indica uma maior probabilidade de precisão. Um DOP alto indica uma menor probabilidade de precisão. Um DOP de 4 ou inferior fornece posições excelentes. Um DOP entre 5 e 8, é aceitável e maior que 9 é um sinal pobre. Pode-se estabelecer um parâmetro como mascara PDOP no receptor para ignorar as constelações que tem um PDOP superior a ao limite que se especifica.

2.3.5 Procedimentos e configurações para Coleta de Dados

Segundo Monico (2000), a acurácia do sistema depende de vários fatores, como a configuração da constelação dos satélites visados no momento do posicionamento, a frequência do sinal utilizado para o posicionamento (L1 e L2) a configuração do receptor e o método utilizado para a correção diferencial (satélites, rádio, pós-processado).

No modo cinemático a coleta de dados é feita com o receptor em movimento. Com isso uma linha é formada por uma serie de pontos conectados. É unidimensional, possuindo comprimento, mas não largura, (HOFFMANN-WELLENHOF, 1994).

Ainda Hoffmann 1994, já na coleta de dados pelo modo estático é constituído por um ponto que representa uma só característica para a qual se necessita uma localidade geográfica. Como exemplo, um poste, ninho de pássaros ou ate mesmo poços.

2.3.6 Máscara de Elevação

Segundo o Manual de Operação (1997), a máscara de elevação é o ângulo de elevação acima do horizonte, abaixo do qual os satélites não são utilizados. Para aplicações baseadas na Terra onde há obstruções locais (como folhagens, edifícios, etc.), o funcionamento do sistema obtém melhores resultados com uma máscara de elevação de 15 e 20° acima da linha do horizonte.

Numa elevação mais baixa, em graus, na qual o receptor pode rastrear um satélite. Os sinais dos satélites de baixa elevação tendem a refletir em superfícies próximas, de forma que se recebe tanto os sinais originais como os refletidos. Este efeito tem o nome de *multipath* (multicaminho), é a maior contribuição para erros no receptor GPS e não é corrigido pela correção diferencial (MANUAL DE OPERAÇÃO, 1997)

É bom lembrar que o aumento da máscara de elevação limita o número de satélites que o receptor rastreia e podem resultar em Pdops maiores.

2.3.7 Datum e Sistemas de Coordenadas

Datum é um modelo matemático projetado para melhor descrever o geóide, definido pela relação entre um elipsóide e um ponto da superfície topográfica estabelecida como origem de *datum*. As coordenadas também chamadas *Earth Centered*, é um sistema de coordenadas tridimensionais utilizado para o posicionamento do satélite (MANUAL DE OPERAÇÃO, 1997).

A forma e tamanho da Terra podem ser fisicamente descritos de duas maneiras. Uma considera o terreno real da terra, incluindo superfícies com água, colinas e montanhas e a segunda mede a gravidade. Um geóide é uma representação da superfície da terra sobre a qual a gravidade terrestre é constante. Se o valor da gravidade terrestre no geóide é valor aproximado da gravidade sobre o nível médio do oceano, considera-se que o geóide

representa o nível médio do mar. A posição vertical de uma característica sobre a superfície terrestre tem sido identificada ao medir a gravidade e ao compará-la com a gravidade do nível médio do mar (GORGULHO, 2002).

Ainda Gorgulho (2002), um *Datum* representa um modelo de referência da Terra, mas não especifica como se identifica uma zona em particular da terra. Uma vez que se seleciona um Datum, deve-se decidir como representar um ponto da terra com respeito a esse datum. As coordenadas geográficas são comumente utilizadas já que os dados existentes em um SIG (Sistemas de Coordenadas Geográficas), utilizem posições expressadas em um sistema de coordenadas local, é importante entender que existe uma diferença entre o datum WGS 84 muito utilizado mundialmente e outros como o SAD 69 utilizado no Brasil.

2.3.8 Coletando posições 3D.

Quando se coleta dados 3D, são necessários quatro ou mais satélites visíveis. As posições são calculadas somente quando há pelo menos quatro satélites que possam ser utilizados (satélites que excedem a força do sinal e máscara PDOP). A utilização de posição 3D permite ao receptor efetuar comprovações de integridade no cálculo de posições. (MANUAL DE OPERAÇÃO, 1997).

A altitude coletada em campo é elemento indispensável para a modelagem matemática de uma superfície.

2.4 Utilização da Altimetria

De acordo com Krummel e Su (1996), há influência da altimetria do terreno na produtividade, havendo correlação com a retenção de água do solo, disponibilizando mais ou menos água para as plantas, e que afeta diretamente a produção, proporcionando assim produtividades distintas em um mesmo talhão.

Yang et al, (1998) encontram de 13 a 35% de respostas à variabilidade na produção de algumas culturas devido a fatores relacionados com a altimetria.

Pennock et al, (1999) propuseram fertilizações diferentes, de acordo com o relevo do terreno. Os autores ainda relataram a influência da disponibilidade de nutrientes às plantas.

Kravchenko et al, (2000) afirmam que 20% das variáveis de produção estão correlacionadas à altimetria do terreno, como depressões, declives, morros e bacias de retenção de água.

Kutcher et al, (1999) ressaltam a importância do levantamento altimétrico dos campos de produção. Em estudos relacionados com algumas culturas, constataram que a severidade de doenças se relaciona com o relevo. Assim propõe tratamentos com aplicações de defensivos agrícolas em doses variadas de acordo com o relevo.

2.5 Aplicações do GPS na Agricultura

Os sistemas cartográficos GPS são usados para uma variedade de aplicações. Eles criam e atualizam bancos de dados em disciplinas tão diversas como ciências dos recursos naturais, desenvolvimento urbano, agricultura, ciências sociais entre vários outros usos civis (Manual de Operação, 1997).

Em decorrência da exatidão proporcionada pelo NAVSTAR/GPS e do grande desenvolvimento das tecnologias envolvidas na fabricação dos receptores GPS, uma grande comunidade usuária emergiu nas mais variadas aplicações civis (LEICK, 1990).

Segundo Pessoa (1997) o sistema de mapeamento GPS ajuda a delinear características de campo para agropecuária. Fornece mapas precisos para estimativas de produção de lavouras na compra de insumos e fertilizantes, etc..

Buick e Callaghan (1997) salientam que a posição do trator ou do avião e os dados sobre o solo podem ser correlacionados, de modo que os produtos químicos sejam aplicados somente onde necessários. A tecnologia GPS tem ajudado os agricultores a manter um histórico preciso da análise individual do campo para determinar os efeitos de tipos diferentes de práticas agrícolas.

2.6 Outras Aplicações

Especialista em recursos naturais, tais como engenheiros florestais, geólogos, geógrafos e biólogos, usam o sistema cartográfico GPS para registrar informações de interesse. Por exemplo, engenheiros florestais registram informações sobre idade, saúde, tipo e quantidade de madeira. Biólogos por exemplo localizam habitat de vida selvagem, mapeiam e registram populações de animais e outros atributos, (DOMINGUES, 1979).

Ainda Domingues (1979), outras aplicações em recursos naturais incluem cartografia da localização de poços, registro de tamanho e condições de lagos, zonas pantanosas e comprimento de córregos, vegetações e climas entre outras.

Segundo o Manual de Operação (1997), as aplicações urbanas incluem cartografia de infra-estrutura de utilidade e transporte, ruas e estradas são digitalizadas dirigindo pelas estradas enquanto se gravam as posições GPS. Condições de estrada, perigos e áreas que precisam de reparos entram como atributos para uso em inventários e programas GIS. Arqueólogos e historiadores utilizam sistemas cartográficos GPS para dirigir-se e registrar pontos não marcados. Para proteger os lugares do vandalismo, são dados codinomes aos pontos coletados. Quando o ponto previamente calculado é encontrado, dados completos são registrados para sua entrada em um GIS e outro banco de dados.

Os Sistemas cartográficos podem ser usados para qualquer aplicação que requeira informações precisas sobre tempo, posição e qualquer outra característica. O resultado final não é limitado a desenhos e mapas. Os registros de posição e tempo podem também ser transferidos para programas de software que requeiram a informação para funções de modelo (Avellar et al, 2002).

A capacidade de navegação do sistema ajuda equipes de busca e resgate, departamentos de polícia, bombeiros e investigadores, ajudando-os a encontrar lugares específicos rapidamente.

Em razão da alta acurácia proporcionada pelo sistema e do grande desenvolvimento da tecnologia envolvida nos receptores GPS. Uma grande comunidade usuária emergiu dos mais variados segmentos da comunidade civil (RODRIGUES, 2003).

2.7 Modelagem Numérica de Superfície.

Um modelo numérico de terreno é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real. A superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado

A modelagem de superfície pode ser definida como sendo um conjunto de pontos amostrados da superfície real, com coordenadas espaciais (X, Y, Z) determinadas num dado referencial e algoritmos que possibilitem construir um modelo matemático que reproduza de melhor maneira possível o comportamento altimétrico da superfície real (OSTMAN, 1987).

Conforme Pettinati (1983), a elaboração do modelo matemático de uma superfície consiste no agrupamento dos pontos que descrevem a superfície real, em unidades lógicas denominadas de estruturas de dados e na determinação de funções de interpolação, de forma que todo o conjunto simule de modo idealizado o comportamento da superfície original.

Segundo Diniz (2002), qualquer forma contínua de representação das variações do relevo no espaço, armazenada em formato digital para uso em computadores, é chamado de Modelo Digital do Terreno (MDT).

Para a representação de uma superfície real no computador, é indispensável a elaboração e criação de um modelo digital, que pode estar representado por equações analíticas ou uma rede (grade) de pontos, de modo a transmitir ao usuário as características espaciais do terreno, a criação de um modelo numérico de terreno corresponde a uma nova maneira de enfocar o problema da elaboração e implantação de projetos. A partir dos modelos (grades) pode-se calcular diretamente volumes, áreas, desenhar perfis e secções transversais, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar mapas de declividade e aspecto, gerar fatiamentos nos intervalos desejados e perspectivas tridimensionais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1.Área de estudo: localização e caracterização.

A área de estudo está localizada no município de Pratânea Estado de São Paulo, na fazenda Palmeira da Serra a aproximadamente 10 km do centro do município de Pratânea, tendo sua posição central definida pelas coordenadas plano retangulares, sistema UTM 733.368,2560m 7.477.404,736m com uma altitude média de 730 metros e adotado como Datum o SAD 69.

A Figura 1 ilustra o posicionamento da área em relação as principais estradas e municípios da região.

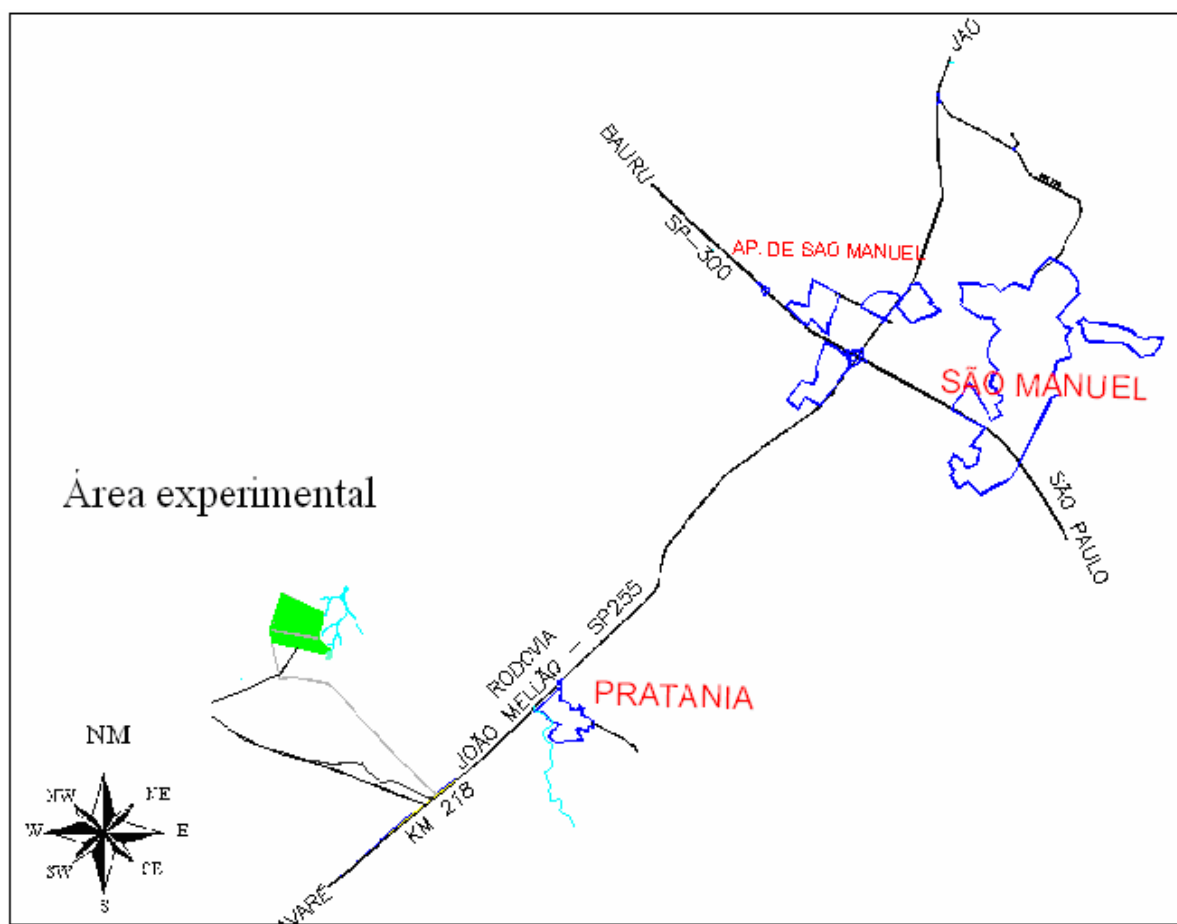


Figura 1 – Posicionamento da área em relação às rodovias regionais

A área de estudo possui 132,14ha (1.321.400,00 m²), com declividades variando de 0 a 20%, cultivada em toda sua extensão com cana-de-açúcar. A mesma possui terraços e carreadores na sua totalidade conforme demonstrada na figura 2.

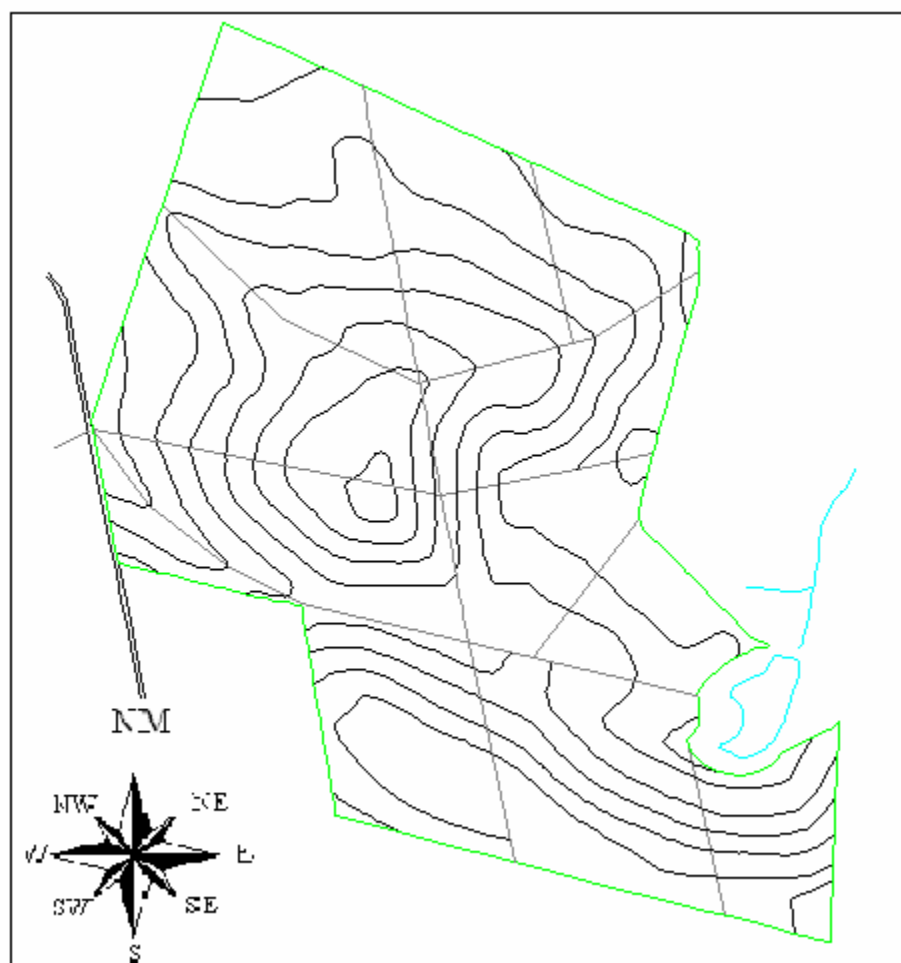


Figura 2 – Mapa ilustrando os terraços existentes em campo

O perímetro da área é composto de 27 vértices e pode ser encontrado nas coordenadas UTM, SAD 69, que formam a Tabela 1.

Coordenadas eixo X	Coordenadas eixo Y
7.334.239.190	74.783.611.800
7.343.091.790	74.779.542.380
7.343.140.950	74.778.614.710
7.342.042.110	74.774.494.840
7.342.058.940	74.774.293.280
7.342.151.100	74.774.118.840
7.344.484.660	74.771.927.810
7.343.997.450	74.771.798.070

7.343.710.720	74.771.634.290
7.343.440.830	74.771.423.790
7.343.177.650	74.771.027.140
7.343.165.380	74.770.717.070
7.343.170.370	74.770.425.170
7.343.065.500	74.769.972.790
7.343.335.070	74.769.683.720
7.343.697.040	74.769.517.540
7.344.117.410	74.769.529.650
7.344.524.280	74.769.701.340
7.344.803.690	74.769.989.660
7.345.188.900	74.770.178.130
7.345.481.510	74.770.310.300
7.345.782.750	74.770.415.270
7.345.624.040	74.766.401.920
7.336.351.320	74.768.788.870
7.335.749.920	74.772.694.180
7.332.284.710	74.773.510.990
7.331.773.100	74.776.077.070

Tabela 1 - Coordenadas em UTM, SAD 69 que formam o perímetro da área em estudo.

3.1 1 Equipamentos utilizados

Receptor GPS PATHFINDER TRIMBLE, modelo PRÓ XR, portadora L1 e código C/A, 12 canais. Coletora de dados DATALOGGER (TDC1).

Aparelho de nível marca NIKON, modelo AX 2S, com precisão de 2,5 mm em até 1 km com aproximação de 20 vezes e foco mínimo de até 0,75 cm de distância.

3.1.2 Locomoção e coleta de dados

Foi utilizado um automóvel marca Gol geração 3 motor 1.0 para transporte do receptor de dados GPS, e deslocamento do receptor durante a coleta de dados.

3.1.3 Microcomputador

Notebook Acer Aspire 3003 WLCI, móbile AMD sempron processador 3000+, HD 80GB com 512 MB de memória RAM.

3.1.4 Programas Computacionais

TopoEVN fácil 5.4 CAD.

Autodesk Map 2004.

Surfer 8.0.

Microsoft Office Excel 2003.

GPS Pathfinder Office 3.00. Este software fornece todas as funções necessárias para correção diferencial, visão e edição dos dados do GPS coletados em campo, e exporta os mesmos para em um formato conveniente para um GIS ou um sistema de ambiente CAD.

3.1.5 Base de correção de dados

Para a correção dos dados coletados em campo foi utilizada a estação de referência de Rio Claro, localizado nas dependências do laboratório de estudo de Bacias no Campus da Unesp de Rio Claro.

A base fornece arquivos com uma hora de rastreio. A mesma pode ser encontrada na posição de referência pelo *Datum* WGS 84, na Latitude 22°23'48,46756"S, na Longitude 47°32'55,25328"W e na Altitude 631,510. A estação está homologada ao sistema Geodésico Brasileiro pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), com o vértice nº 93971.

Abaixo a Figura 3 mostra a localização das Estações de referência. Os dados para correção diferencial de arquivos de campo estão disponíveis diariamente pelo site da empresa Santiago & Cintra (www.santiagoecintra.com.br).

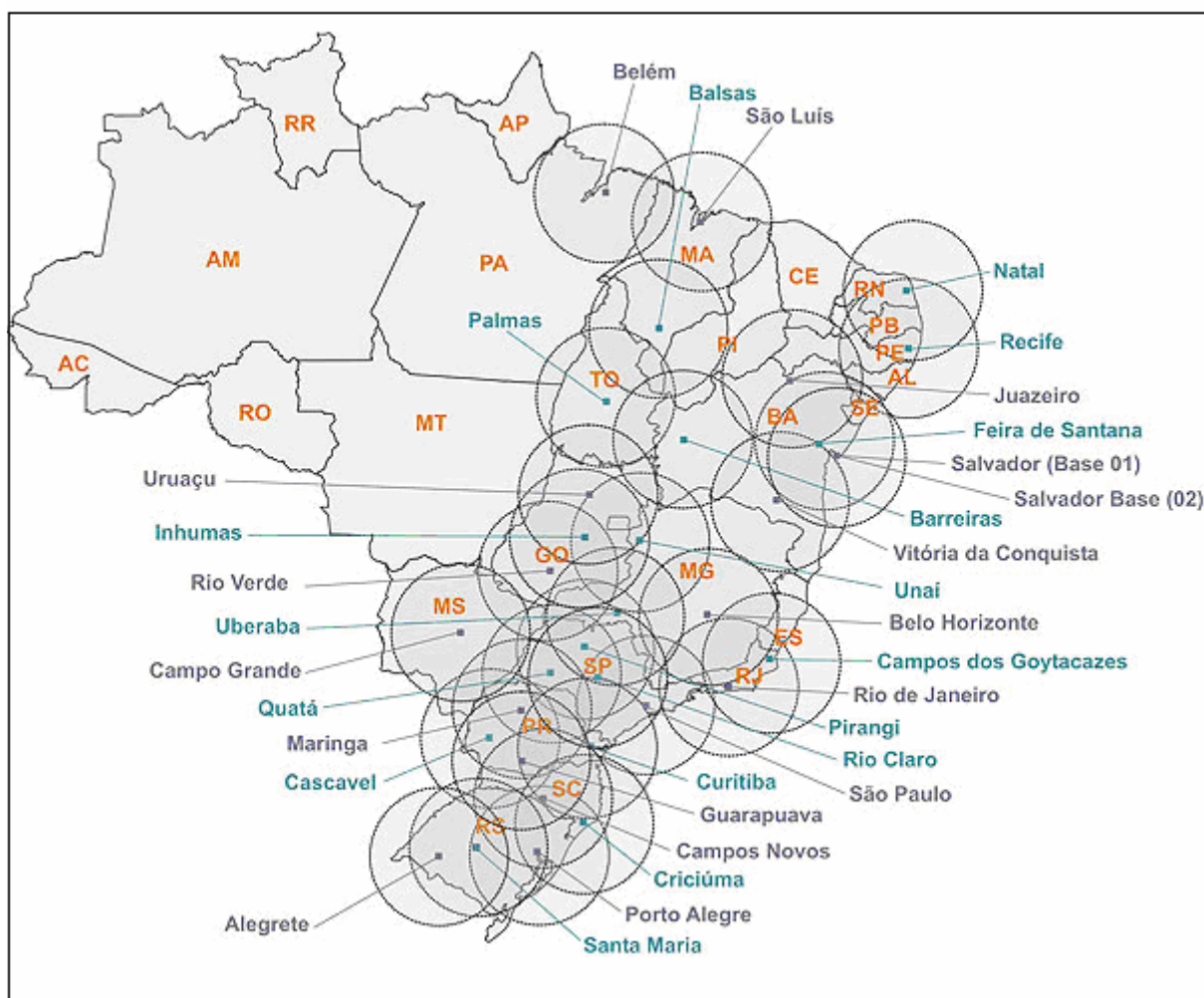


Figura 3 – Localização das Estações de Referência.

3.2 Coleta de dados com receptor GPS

Como já citado durante a revisão, a precisão do GPS pode variar desde menos de centímetro a mais de 100 metros, dependendo do equipamento, técnicas de processamento de dados e outros fatores como erros de satélites, receptor, interferências ionosféricas, etc.

Com o intuito de melhorar a acurácia do sistema, foram realizadas algumas configurações no coletor de dados.

Quando se coleta dados em posições 3D é desejável ter cinco ou mais satélites visíveis, por esse motivo a coleta de dados foi realizada quando o software GPS do receptor de dados mostrou uma constelação de satélites igual ou superior a cinco bem como a melhor geometria dos satélites.

Outra configuração realizada foi quanto ao PDOP, o receptor através da coletora de dados estabelece um parâmetro conhecido como máscara PDOP no receptor para ignorar as constelações que tem um PDOP superior ao limite que se especifica, ou seja, só registra posições quando o PDOP for igual ou inferior ao valor 4, informado ao coletor de dados antes da coleta.

A máscara de elevação adotada para a coleta dos dados de campo foi de 15° acima do horizonte, abaixo do qual os satélites não são utilizados.

Para a coleta das posições foi utilizado o sistema de levantamento cinemático, ou seja, coleta de dados com o receptor em movimento, armazenando posições a cada três segundos.

Para a captura dos dados tomou-se como referência no caminhar da coleta dos pontos, as curvas de nível existentes no campo como também os carregadores e estradas externas.

Durante o trabalho foi utilizado um automóvel como meio de transporte para percorrer os locais dos pontos a serem coletados.

A antena do receptor estava localizada na parte superior do veículo e encontrava-se a uma altura de 1,50m do nível do chão, altura esta também indicada na configuração do receptor.

O veículo percorreu todo caminho com uma velocidade média de 30 km/h, durante a coleta dos pontos.

3.2.1 Baixando arquivos da estação de Base

Para baixar os arquivos das estações de base para a correção diferencial dos arquivos de campo, foi necessário entrar no site da empresa Santiago e Cintra que é a representante dos receptores TRIMBLE no Brasil, e acessar os dados das bases pelo site (www.santiagoecintra.com.br).

Uma vez dentro do site, foi escolhida a base para correção dos dados.

O sistema de bases de GPS, mantido pela Santiago e Cintra. São bases GPS gerenciadas pelo software TRS e possuem receptores PRÓ XR, da Trimble e gravam código C/A e portadora L1 a uma taxa de 5 segundos em arquivos de 1 hora.

Na Figura 4, temos as estações de base de referência encontradas em diversas áreas do país.

Escolha a localização da Estação de Referência:	
▶ Alegrete - RS	▶ Balsas - MA
▶ Barreiras - BA	▶ Belém - PA
▶ Belo Horizonte - MG	▶ Campo Grande - MS
▶ Campos dos Goytacazes - RJ	▶ Campos Novos - SC
▶ Cascavel - PR	▶ Criciúma - SC
▶ Curitiba - PR	▶ Feira de Santana - BA
▶ Guarapuava - PR	▶ Inhumas - GO
▶ Juazeiro - BA	▶ Maringá - PR
▶ Natal - RN	▶ Palmas - TO
▶ Pirangi - SP	▶ Porto Alegre - RS
▶ Quatá - SP	▶ Recife - PE
▶ Rio Claro - SP	▶ Rio de Janeiro - RJ
▶ Rio Verde - GO	▶ Salvador - BA (Base 01)
▶ Salvador - BA (Base 02)	▶ Santa Maria - RS
▶ São Luís - MA	▶ São Paulo - SP
▶ Uberaba - MG	▶ Unai - MG
▶ Uruaçu - GO	▶ Vitória da Conquista - BA

Figura 4 – Estações de Base de referência.

Escolhida a estação de base de referência, tem-se a visualização completa dos arquivos, dia e hora dos dados coletados pela estação de base.

Os horários dos arquivos a serem baixados foram os mesmos no dia e hora da coleta dos dados de campo.

A Figura 5 ilustra os arquivos visualizados com os horários de coleta dos dados, e o processo de download dos arquivos.

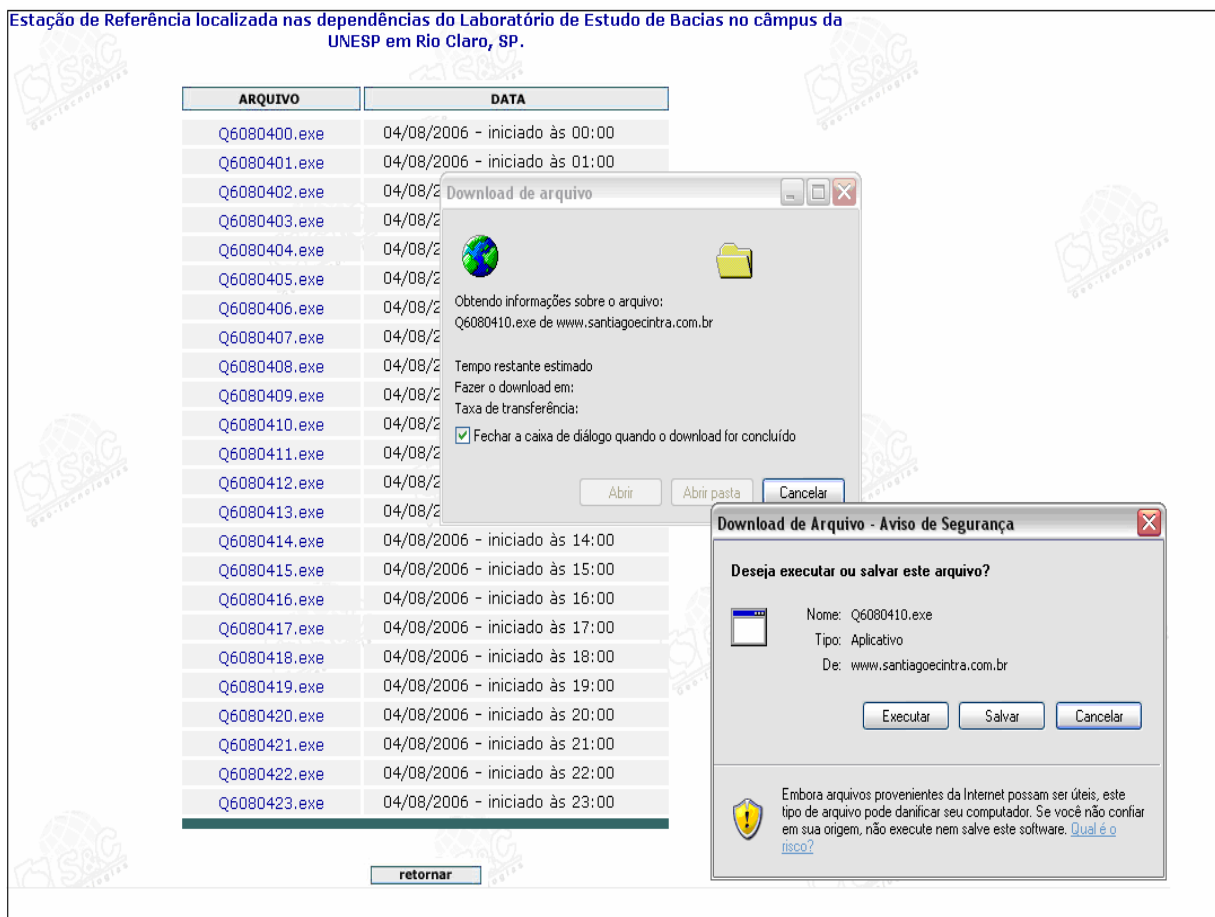


Figura 5 – Dados da estação de base de Rio Claro.

Os arquivos visualizados são compreendidos assim:

Q-arquivo da estação de base de Rio Claro.

6-ultimo digito do ano corrente.

08-mês corrente.

04-dia corrente dos dados.

10-hora do dia.(Horário de Greenwich).

3.2.2 Transferência de dados.

Para a correção diferencial dos dados coletados em campo foi utilizado o software GPS Pathfinder Office 3.00.

Na tela inicial do programa GPS Pathfinder Office 3.00, têm-se:

Barra de ferramentas – utilidades – transferência de arquivo.

Após esta seqüência, uma nova tela é aberta para conectar o coletor de dados GPS com o computador para a transferência do arquivo.

Na Figura 6, têm-se a tela para transferência de arquivo.

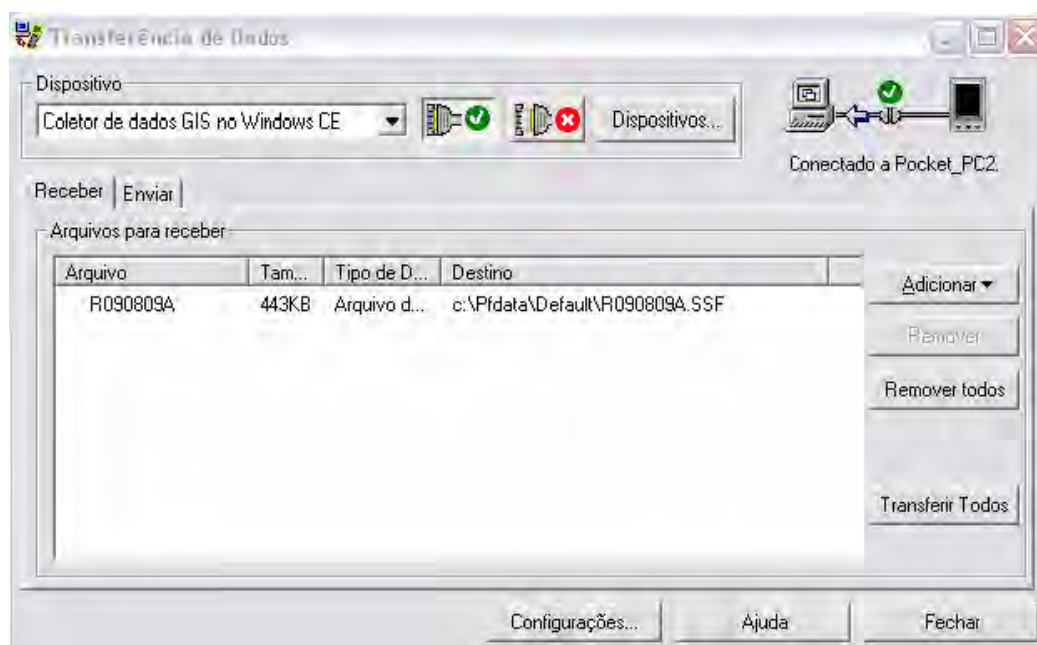


Figura 6 – Tela de transferência de arquivo.

Concluído a transferência dos arquivos existentes no coletor de dados GPS, uma nova tela com os nomes dos arquivos que foram transferidos é exibida. Como mostra a Figura 7.

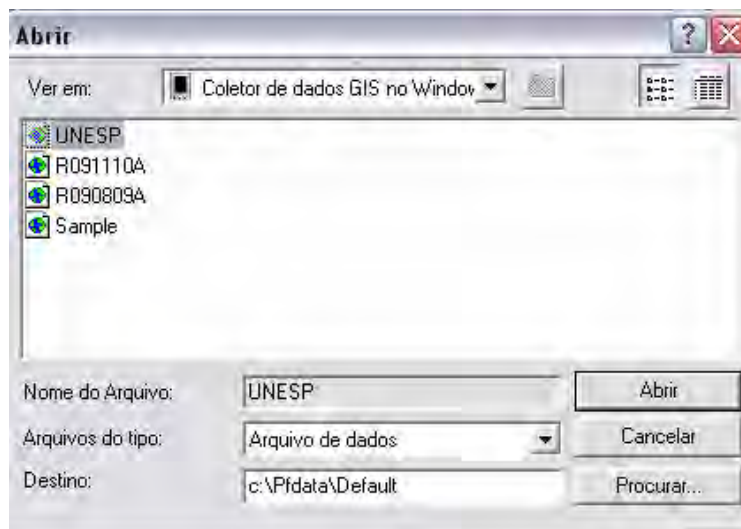


Figura 7 – Nomes dos arquivos existentes no coletor de dados.

Após transferido os dados de campo para o programa de correção, foi possível visualizar os pontos coletados mesmo não tendo feita a correção diferencial dos dados.

Na Figura 8, têm-se a tela inicial do GPS Pathfinder, e ao centro da tela, a visualização dos pontos coletado em campo.

Como o levantamento de campo foi realizado no método cinemático, têm-se a imagem de uma linha ao invés de pontos. Mas ao posicionar com o cursor em qualquer lugar da linha têm-se diferentes coordenadas tanto na horizontal como na vertical.

Na figura 8, mostra para cada ponto em campo, a forma que ele foi coletado: Quando no método estático, aparece o local do ponto, e quando no método cinemático aparece uma linha contínua que ao clicarmos nela em qualquer posição o programa nos fornecerá as coordenadas tridimensionais, ou seja, X, Y e Z.

Lembrando que essas coordenadas informadas ainda precisam da correção diferencial para que a acurácia da posição desejada seja mais precisa.

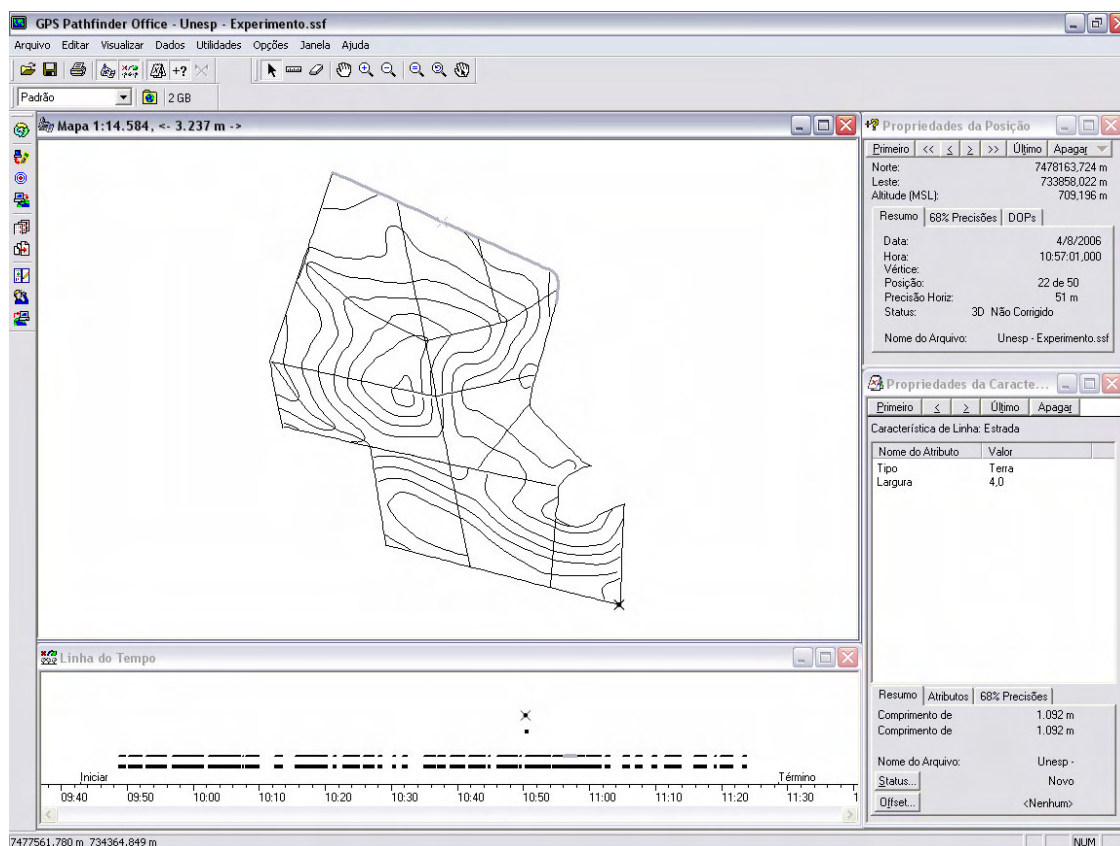


Figura 8 – Tela inicial do Pathfinder com os pontos coletados em campo.

3.2.3 Correção dos dados de campo

Com a transferência dos dados de campo para o computador, agora todo trabalho é realizado em escritório.

O passo seguinte é a correção diferencial dos dados.

Na tela inicial do programa:

Barra de ferramentas – utilidades – correção diferencial.

Após essa sequência de comandos uma nova janela é exibida, onde alguns itens devem ser seguidos para a correção dos dados. Na Figura 9, a janela de correção diferencial.

Na janela aberta. Em procurar, o arquivo a ser corrigido é indicado.

Ainda na tela de correção, na busca local foi aberto os arquivos da estação de base de referência pré-definidos anteriormente no site da Santiago e Cintra.

Lembrando que a base de referência adotada neste trabalho foi a de Rio Claro, motivo pelo feito de a mesma encontrar-se a uma menor distância da área em estudo do que as demais bases do estado de São Paulo.

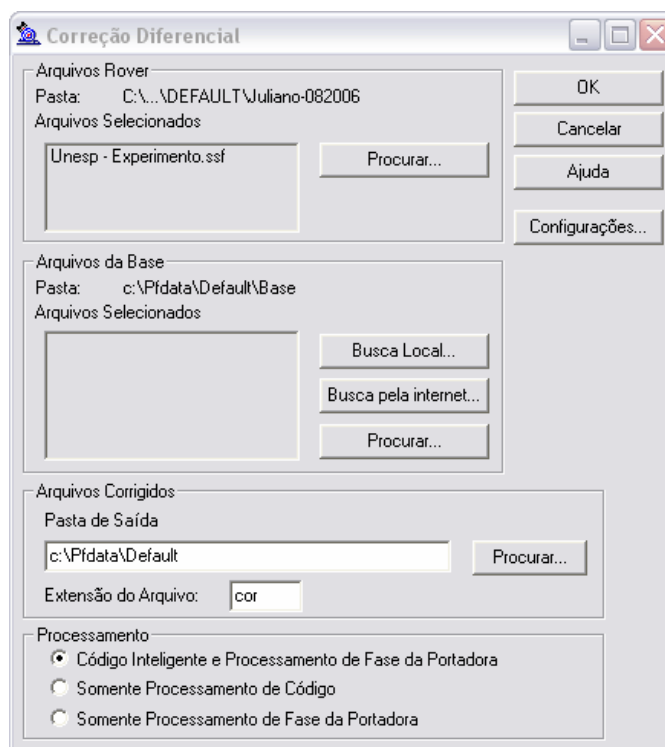


Figura 9 – Tela de correção diferencial.

Após a escolha do arquivo a ser processado, como mostra na figura 9, o programa está pronto para processar e calcular os dois arquivos para correção, os dados da estação de base e o arquivo do receptor GPS com os dados coletados em campo.

A tela que se abre após o processo de correção dos arquivos selecionados mostra a hora inicial e final da coleta dos dados de campo, a cobertura dos dados dos dois arquivos, ou seja, os mesmos satélites que o receptor de campo trabalhou recebendo informações foram os que também enviaram informações para a estação de base. Tela de correção de dados vista na figura 10.

Com 100% dos sinais recebidos pela base e pelo rover foi feito então o processo de correção pelo software GPS Pathfinder.



Figura 10 – Tela de confirmação dos dados a serem processados diferencialmente.

Assim que a correção é concluída, um relatório dos cálculos ilustra o número de posições corrigidas como também o numero de posições gravadas durante a coleta dos pontos. Como mostra a Figura 11.

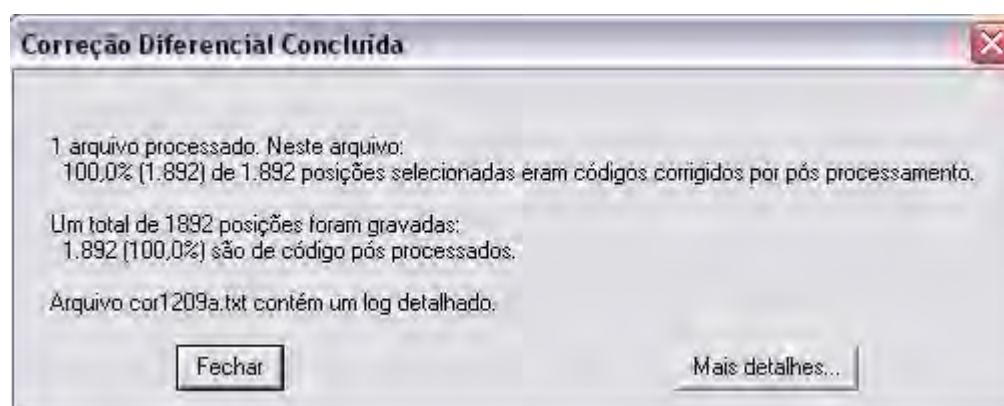


Figura 11 – Relatório final da correção diferencial concluída.

Ao todo 1892 posições selecionadas estavam na forma de códigos corrigidos por pós-processamento.

Um total de 1892 posições foram gravadas, ou seja, todos os pontos coletados em campo foram corrigidos.

Isso se dá ao fato de que no momento da coleta dos dados de campo, um grande número de satélites estava com elevação superior à escolhida tanto pela base como o do rover.

Outro fator importante para a obtenção dos 100% dos dados corrigidos diferencialmente, é que na configuração do coletor de dados do rover foi adotado como critério para receber sinais apenas de satélites que estivessem a uma elevação superior a 15°. Como a elevação da estação de base é de 10°, logo a certeza de que os sinais recebidos pelo receptor não teria nenhuma influência de obstáculos naturais (árvores, etc.) para efeito de multicaminhamento dos sinais recebidos pelo rover.

3.2.4 Exportação dos dados corrigidos (Pós-processado)

Com os dados corrigidos o passo a seguir foi de exportar o arquivo para um ambiente CAD para geração de plantas planialtimétricas entre outros.

Ainda na tela inicial do pathfinder: barra de ferramentas – utilidades – exportar.

Dado esta sequência, uma nova janela é aberta em seguida procurar pelo arquivo que acabara de ser corrigido.

Ao exportar o arquivo corrigido ele vai ganhar uma extensão DXF, apropriada para trabalhar com programas de ambientes CAD.

Na Figura 12 temos a tela com o comando exportar, ou seja, todos os pontos coletados em campo agora estarão corrigidos e prontos para serem trabalhados em programas especiais para desenhos, e todas as posições agora informadas pelos programas estarão corrigidas e, portanto todas elas com precisões submétricas.

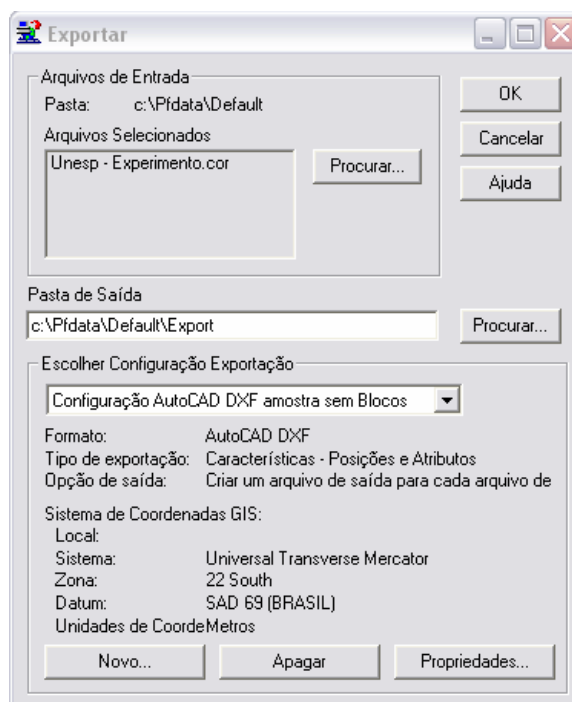


Figura 12 – Exportar arquivo.

Ainda antes de exportar o arquivo, com a sequência de comandos no software Pathfinder na janela exportar:

Propriedades – sistema de coordenadas.

Seguindo os comandos acima descritos foram adotadas algumas diretrizes para os dados a serem exportados. Os arquivos exportados a partir dessa configuração terão o sistema UTM (Universe Transverse Mercator) de coordenadas, Zona 22 South, o datum correspondente SAD 69 (Brasil), unidade de coordenadas em metros, unidade de altitude em metros e exportar coordenadas como X, Y e Z.

O arquivo (**.cor**) gerado com a correção diferencial pode mostrar a precisão horizontal e vertical de cada ponto coletado, como também o número de satélites que enviaram informações para a geração desse ponto (coordenada). Mostra ainda quais os satélites que estiveram aptos segundo as configurações do coletor de dados e junto de cada posição os valores do PDOP, HDOP, VDOP e TDOP, no momento da coleta. Ilustrado na Figura 13, a seguir.

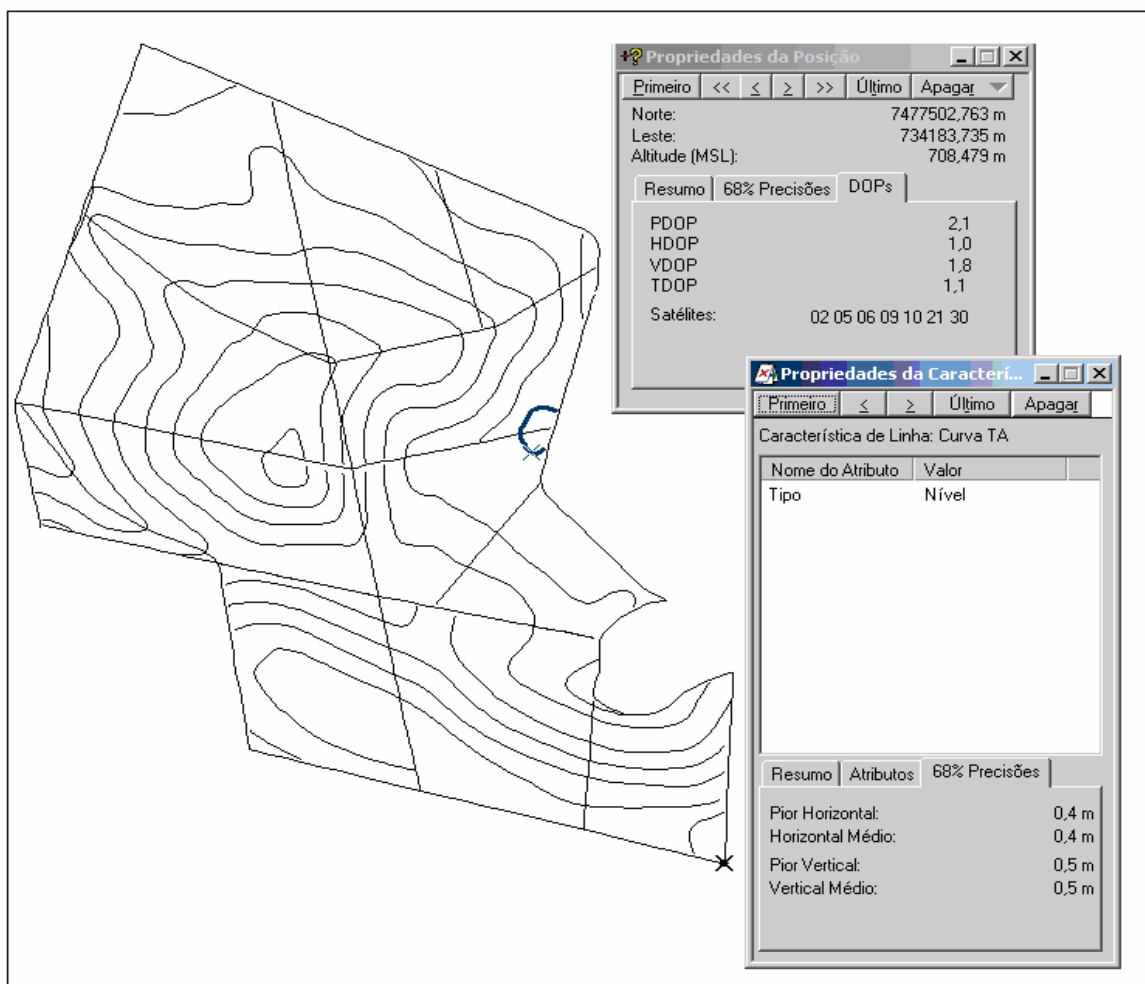


Figura 13 – Informações geradas no arquivo com extensão cor.

3.3 Geração de plantas planialtimétricas

Após a correção e exportação dos dados em um arquivo DXF, eles vão ser trabalhados por um software topográfico para geração de plantas planialtimétricas.

A Figura 14 ilustra os pontos exportados, para o TOPOEVN.

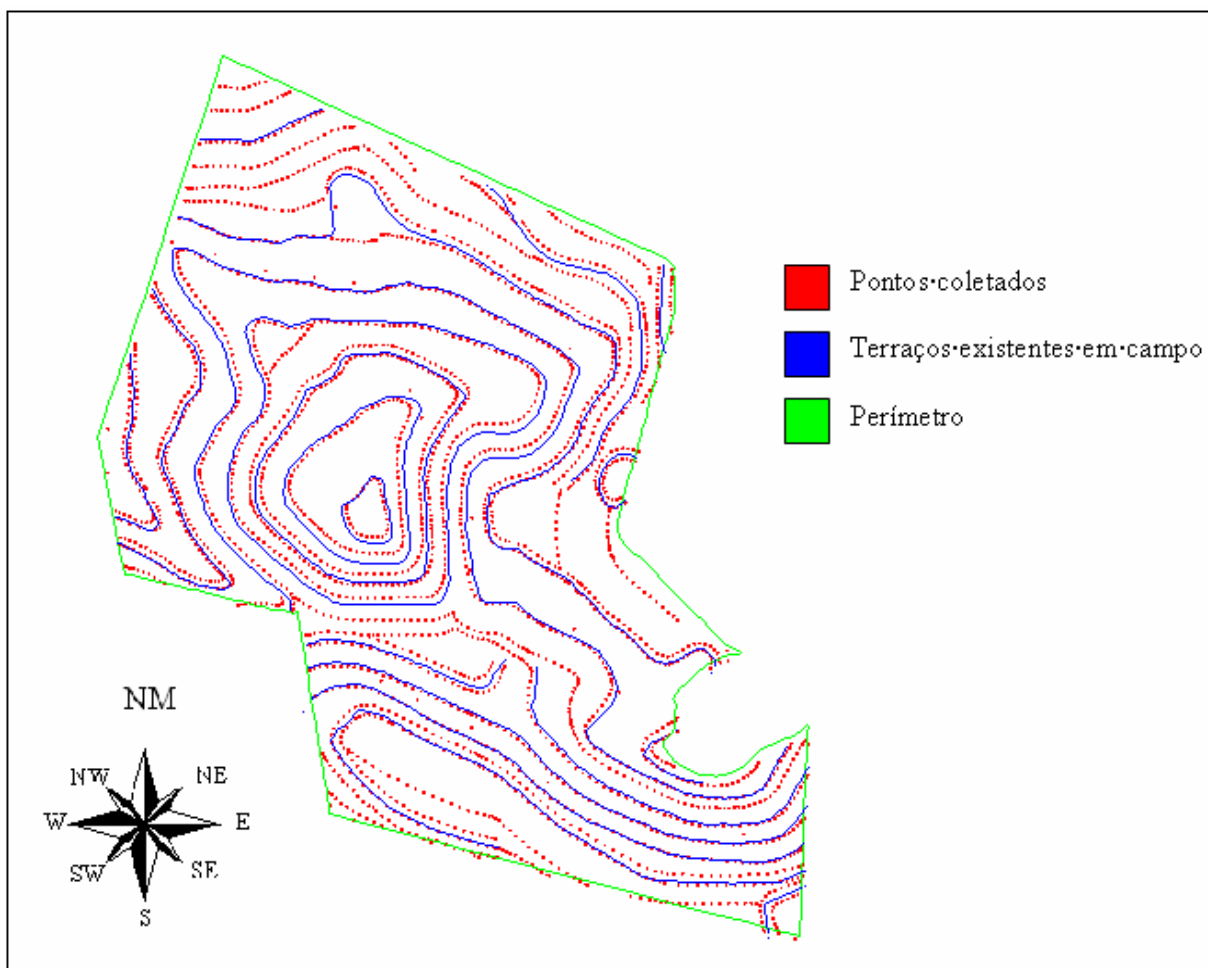


Figura 14 – Pontos coletados em campo, próximos aos terraços.

Os dados obtidos através do receptor GPS, depois de transformado em coordenadas UTM, foram exportados para o topoevn e assim iniciado o processo de triangulação dos pontos para criação do MDT (Modelo Digital do Terreno).

A ferramenta triangular pontos permite criar um MDT (MODELO DIGITAL DO TERRENO) utilizando as entidades pontos do desenho.

Na Figura 15, após acionar o comando triangular pontos foi selecionado os pontos que foram coletados em campo para triangulá-los e assim criar o MDT.

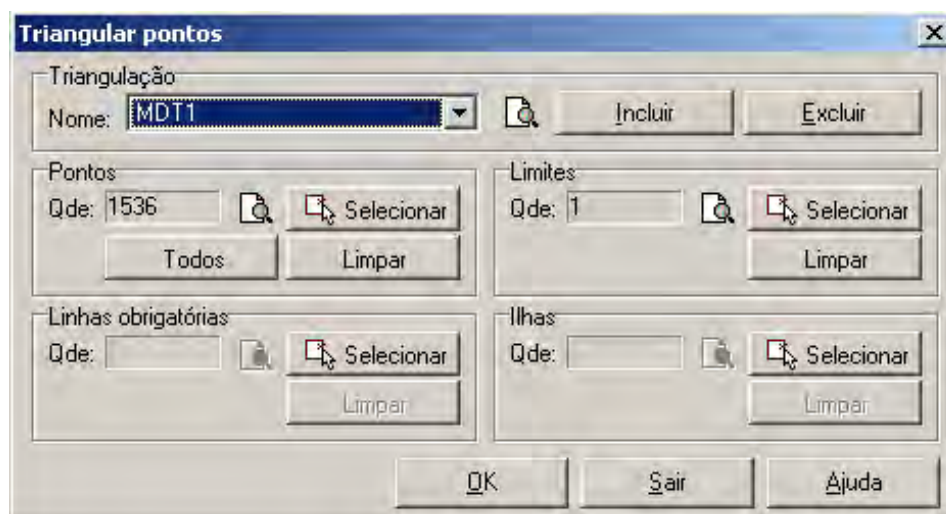


Figura 15 – Triangular pontos.

Para criar um novo MDT, foi criada uma nova entidade com o nome de triangulação.

Pontos é a quantidade de entidades “pontos” do desenho que irão fazer parte do MDT. Todos os pontos coletados em campo foram utilizados.

Limites é a definição de até onde deverá ser feita a triangulação. O limite escolhido foi o perímetro do lote em estudo.

Assim selecionados os pontos e o limite da triangulação, foi definido o intervalo de cotas para os pontos coletados que serão considerados na triangulação. Ilustrado na Figura 16.

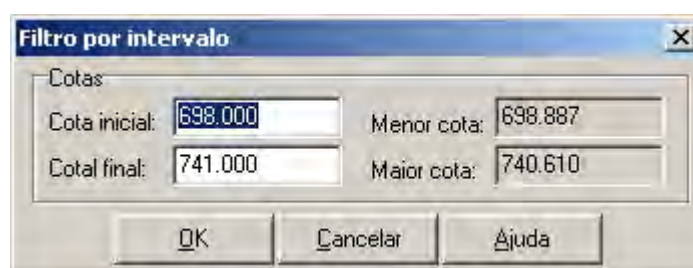


Figura 16 – Intervalo de Cotas selecionadas.

Terminado os cálculos é possível a visualização da triangulação feita. Como mostra a Figura 17.

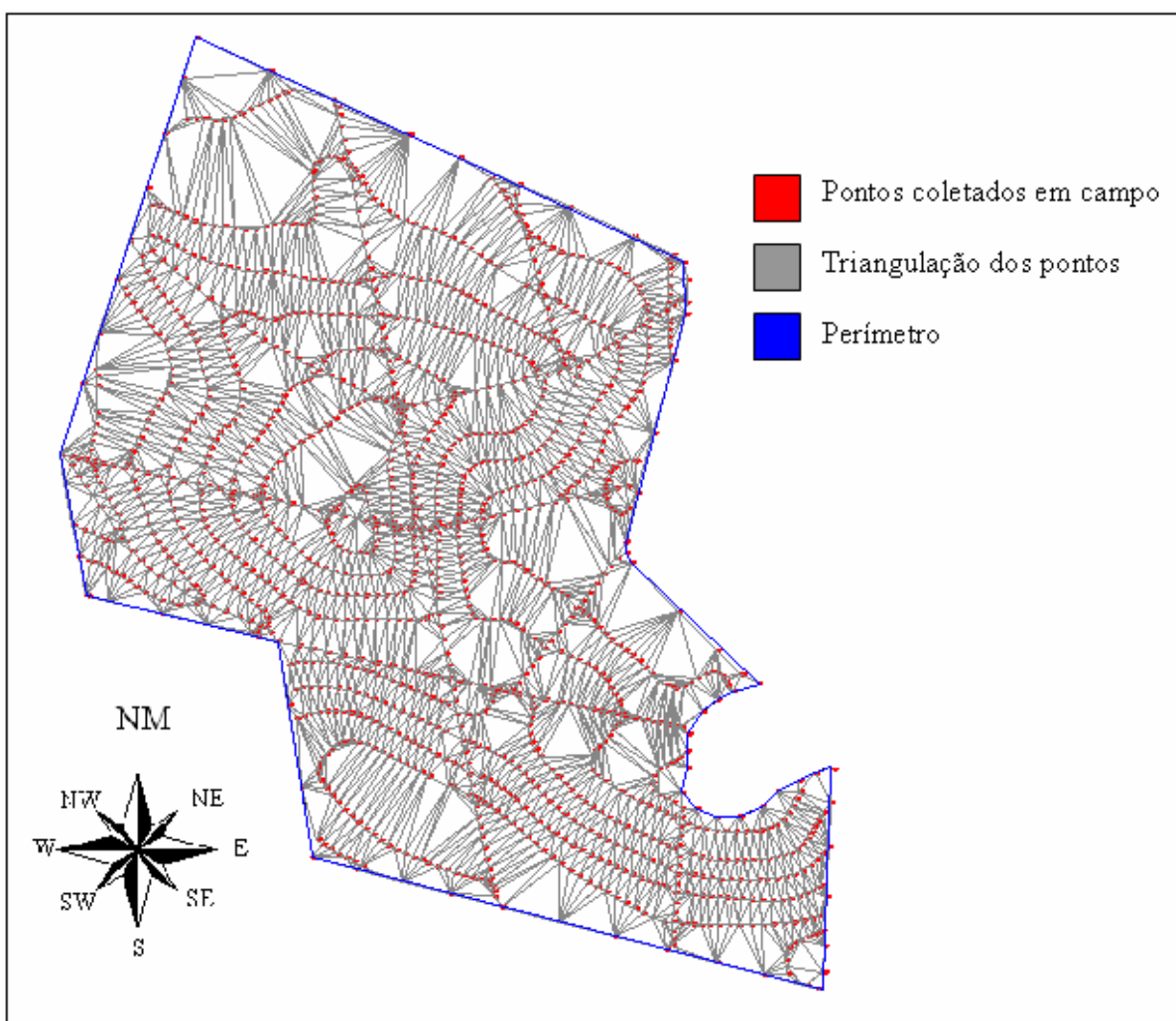


Figura 17 – Pontos com a triangulação feita.

A ferramenta curvas de nível gera automaticamente as linhas de curva de nível a partir de um MDT existente no desenho.

Realizada esta sequência de processos o próximo passo foi a criação da curvas de nível a partir dos pontos coletados.

Sequência: Página inicial do programa-barra de ferramentas: - MDT – curvas de nível.

Realizada esta sequência, o programa mostra a tela definição das curvas de nível, conforme a Figura 18.

Definição das curvas de nível

Triangulação
 Nome: MDT1

Cotas
 Cota inicial: 699.000 Menor cota: 698.887
 Cota final: 740.000 Maior cota: 740.610

Curvas
 Intervalo: 1.000 m Cor: 2 (Amarelo)

Curvas mestre
 A cada: 5 m Cor: 10

Prolongamento
☒ Prolongar o final das curvas em: 10.000 m

Calcular Sair Ajuda

Figura 18 – Tela de definição das curvas de nível.

Como a triangulação foi feita com a entidade MDT 1, no item triangulação é selecionado o MDT calculado. O programa informa as cotas com o valor mínimo e máximo das curvas que ele pode desenhar. Em seguida é definida a equidistância das curvas e também a cor de cada entidade criada.

Para as curvas mestres é definido também um intervalo e uma cor diferente das demais, o prolongamento é a quantidade de deslocamento que a linha criada possa ultrapassar o limite do MDT.

Assim terminado a geração das curvas de nível do terreno, temos a representação planialtimétrica. Conforme apresentado na Figura 19.

Como mostra a figura 19, as curvas mestre são utilizadas como referência para se ter uma melhor idéia no terreno e fácil entendimento da planta.

As curvas mestres estão cotadas com as altitudes locais de cada uma, com as cotas é possível perceber melhor como se comporta o relevo da propriedade em estudo.

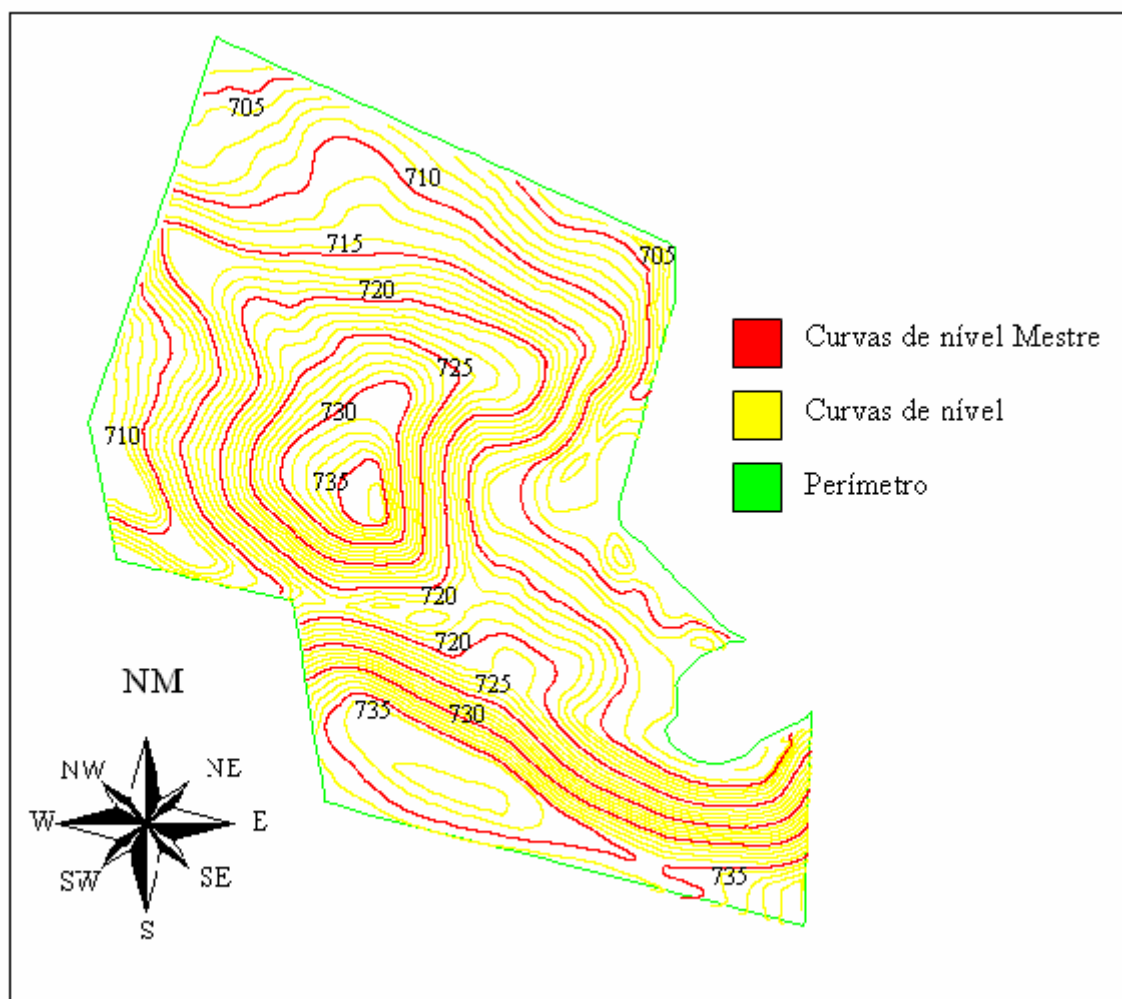


Figura 19 – Curvas de nível geradas pelo MDT.

Linha verde representa o contorno do lote.

Linhas amarelas são as curvas de níveis geradas através do MDT calculado, elas se encontram a uma distância de 1 metro em desnível vertical.

Linhas em vermelho são as curvas de níveis geradas através do MDT calculado, porém com uma cor diferente para identificar uma equidistância exigida que neste caso foi de 5 metros de desnível vertical chamadas de curvas mestre.

3.3.1 Cálculo de superfície plana e inclinada com uso do TOPOEVN

Acionando a ferramenta mapa de declividade de um MDT, é aberta uma tela para a definição das classes de declive que você deseje trabalhar.

Página inicial do programa – barra de ferramentas: MDT – mapa de declividade. Seguindo esta sequência uma tela é aberta como encontrado na Figura 20.

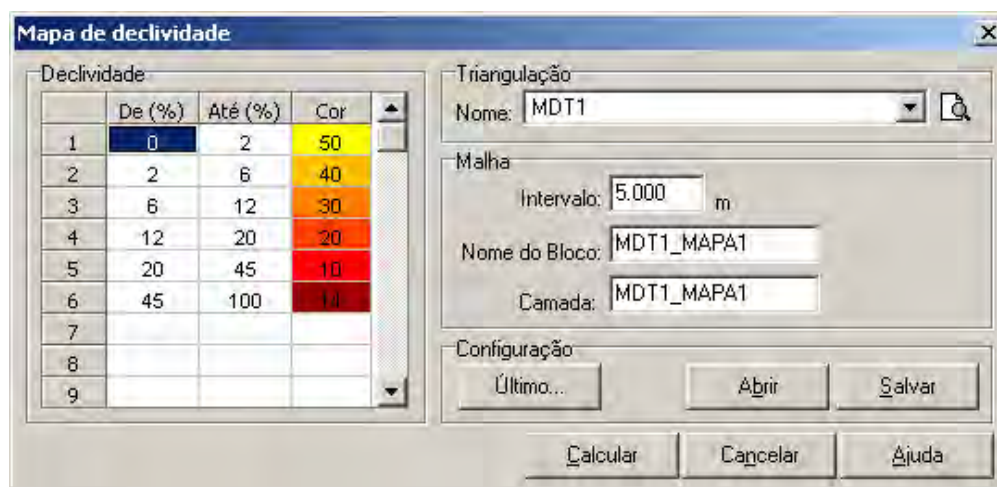


Figura 20 – Definição das classes de declive.

Classes de declividade foram definidas de acordo com as classes pré-definidas pelo programa. Em seguida com o comando calcular é dado início ao processo de cálculos. Finalizado os cálculos é criado um mapa de declividade com a área de cada classe pré-determinada na tela mapa de declividade.

3.3.2 Geração de superfície 3D

Ao exportar os dados coletados em campo para o Topoevn, e após selecionar uma das linhas com as coordenadas (X, Y e Z), e acionar o comando editar polilinha, é aberta uma tela com as coordenadas existentes nos vértices da entidade selecionada.

A seguir a Figura 21, mostra a tela com as coordenadas encontradas na entidade layer GPS que foi exportada do GPS Pathfinder para o Topoevn.

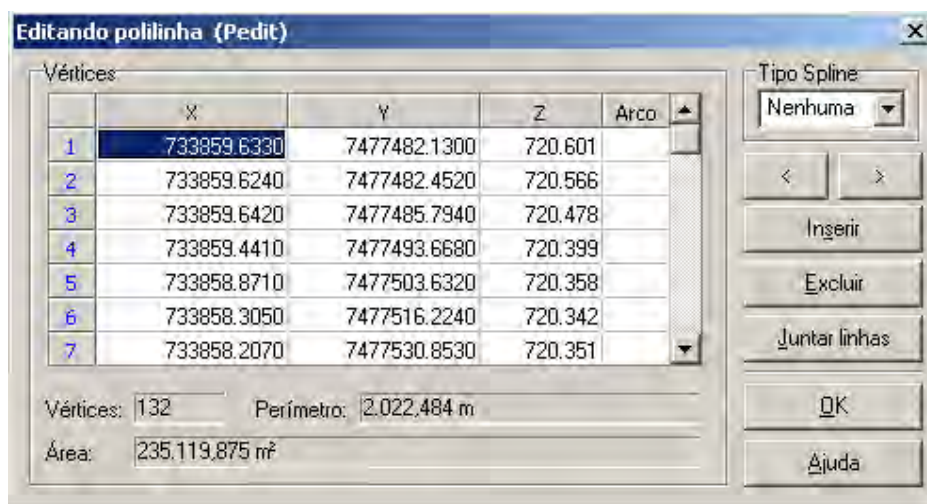


Figura 21 – Tela de o comando editar Polilinha.

Agora é possível transferir as coordenadas para uma planilha em Excel.

O passo seguinte deu início ao processo de geração da superfície em 3D, utilizando o software Surfer para modelagem e visualização da área. Seguindo a sequência: Página inicial - barra de ferramentas – Grid – Data – e posteriormente a escolha do arquivo com a planilha dos pontos com as coordenadas coletadas em campo.

Depois desse processo uma nova tela é aberta. Em seguida foi indicado nas colunas quais as coordenadas X, Y e Z.

Na Figura 22, na parte inferior da tela está indicado os valores extremos, ou seja, os valores máximos e mínimos encontrados nas coordenadas inseridas na tabela.

Para modelagem da superfície não foram utilizados todos os pontos coletados em campo, foram utilizados somente os pontos que se encontravam no interior do perímetro utilizado como referência. Foi utilizado um total de 1573 pontos, todo com coordenadas tridimensionais (X, Y e Z).

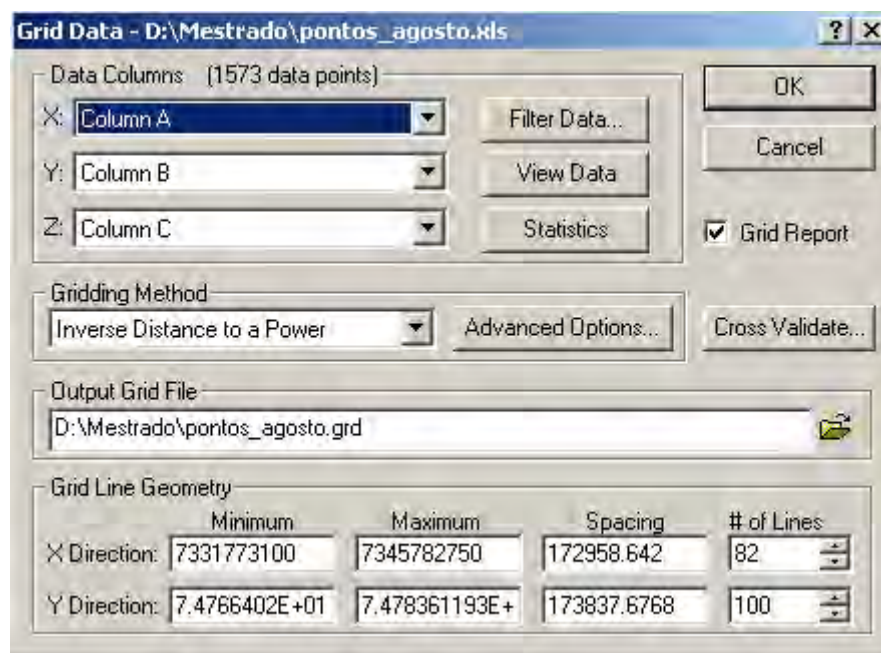


Figura 22 – Confirmação dos grids a serem calculados.

A figura 23 representa o relevo da área em estudo, a superfície vista é o resultado final da modelagem feita pelo Software Surfer.

A visualização em 3D da superfície permite uma melhor visualização do relevo encontrado na área.

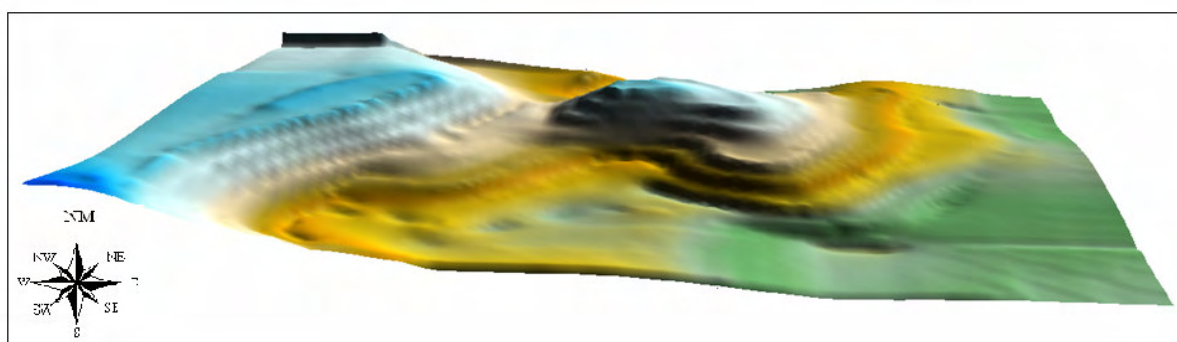


Figura 23 – Representação 3D da superfície.

3.3.3 Tratamento final de plantas

Usando o software Autocad, foi dado o tratamento final da planta. Com o mapa finalizado, em cada característica foi criado um *layer* para representa - lá.

Na Figura 24, podemos visualizar o mapa na projeção horizontal com suas características. As linhas vistas em vermelho são as projeções horizontais dos terraços existentes em campo, na cor cinza, o zoneamento dos carreadores internos ao lote.

Na cor verde o perímetro da propriedade.

É possível também visualizar a área em hectares de cada quadra do lote.

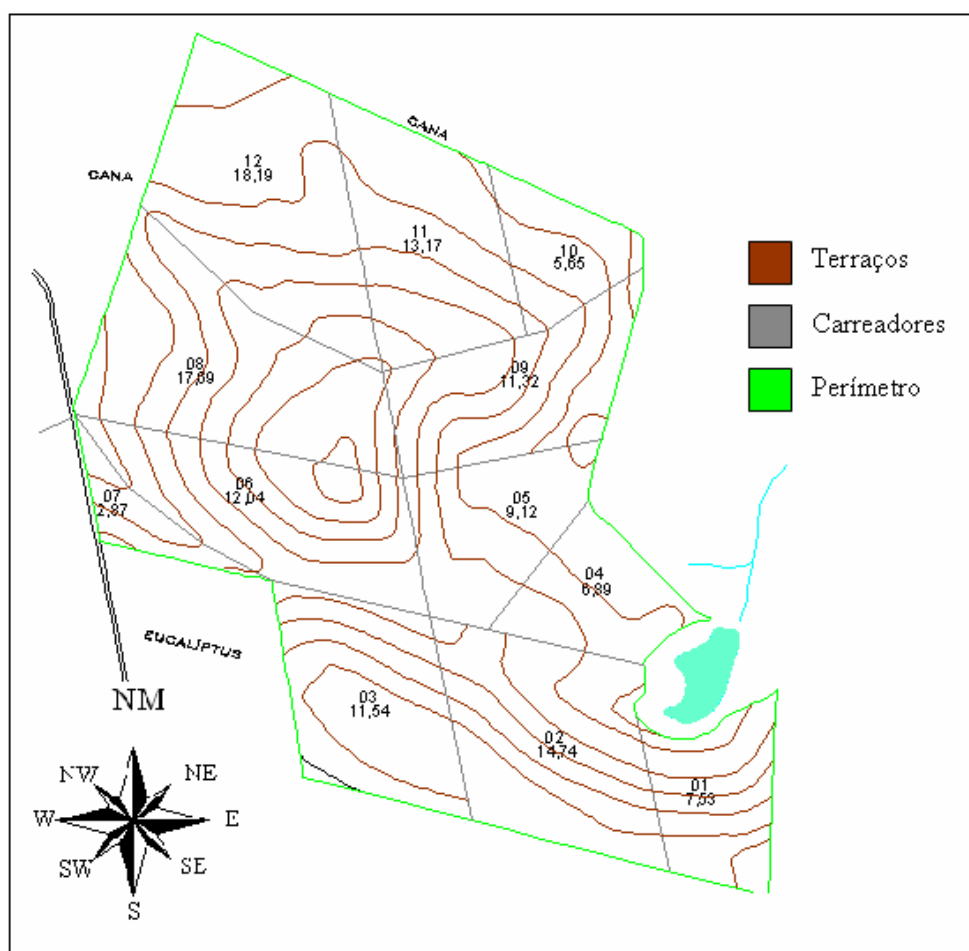


Figura 24 – Mapa planimétrico da área em estudo.

3.3.4 Cálculo da área considerando a superfície plana e inclinada

Os cálculos realizados considerando o relevo da superfície e não somente a projeção horizontal dos pontos coletados foi feito com base em cálculos manuais utilizando um teorema matemático conhecido por Teorema de Heron.

$$A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

A fórmula é representada por:

S – representa o semi-perímetro do triângulo

a, b, c – representa o comprimento dos lados do triângulo

Tomando por base esse teorema, foi retirada de alguns dos pontos coletados em campo a distância plana e inclinada entre eles, para formar uma triangulação que é o modelo digital mais empregado na representação matemática de superfícies. Consiste num poliedro de faces triangulares onde os vértices dos triângulos são os pontos amostrados a superfície.

Para obter a distância plana e inclinada dos pontos citados é necessário o uso do software topográfico Topoevn.

No software Topoevn, com a sequência na barra de menus: ferramentas – obter – distância e azimuth.

Depois de realizada a sequência acima descrita o comando distância e azimuth é acionado, possibilitando então obter a distância e o azimuth entre dois pontos desejados. Além da distância nas projeções nos eixos x (Dx) e y (Dy), é possível obter também as coordenadas x e y dos pontos informados, como mostra a Figura 25.

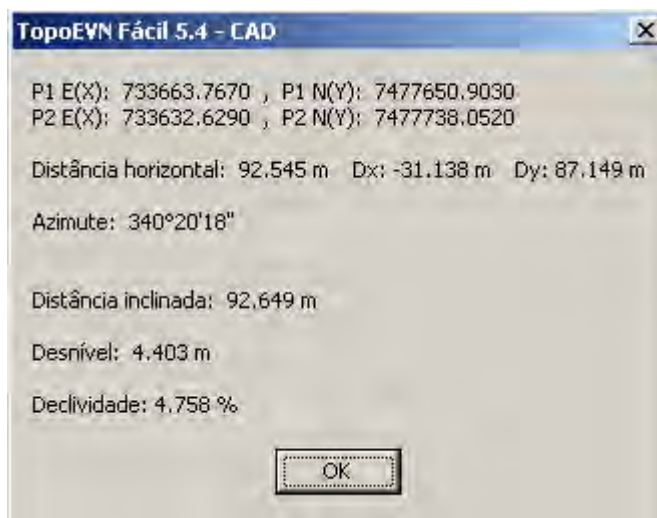


Figura 25 – Comando distância e azimuth do Topoevn.

Assim transformando os pontos em triângulos, e sabendo seus respectivos lados. O desenho da área pode ser visualizado como mostra a Figura 27.

Para a realização da triangulação é necessário escolher entre os pontos coletados em campo com ajuda do receptor GPS, os pontos que mais representam o relevo da área em estudo, passando por bacias, depressões no terreno e também topos de morro que se encontram na área.

Logo a representação do relevo como também a área da superfície inclinada dependerá diretamente dos pontos selecionados na triangulação manual. Processo esse não usado pelo Topoevn, pois o mesmo utiliza todos os pontos coletados em campo para modelar a triangulação pedida.

Após a triangulação manual dos pontos e medida seus respectivos lados, utilizando o software Excel foram calculados a área dos triângulos obtidos.

Para cada triângulo foi calculada a área plana e inclinada do mesmo, tendo assim a área na projeção horizontal como na vertical.

Na Figura 26, em linguagem computacional têm-se a fórmula do teorema de Heron programada para calcular a área dos triângulos após ter sido inserida a distância de cada lado do mesmo.

	A	B	C	D	E	F
1		Valores				
2	A	10				
3	B	15				
4	C	20				
5						
6	Semi-Perímetro		22,5			
7	Área		72,61844			
8						

Figura 26 – Excel com a fórmula de Heron.

Terminado o processo de cálculo dos triângulos tanto na projeção horizontal como na vertical, constata-se diferença entre as áreas encontradas, o que pode ser visto no anexo B.

3.3.5 Avaliação dos cálculos de superfície entre o TOPOEVN e o método Manual.

Como avaliação final dos cálculos realizados, os dois métodos utilizados para calcular a superfície inclinada o Topoevn e o método manual apresentaram excelentes resultados quanto a sua representação plana e inclinada.

Quando comparados os métodos utilizados nos cálculos, foi encontrada uma diferença na área da projeção horizontal dos dois métodos.

No método manual a área plana calculada foi de 130.7505 ha. Enquanto que no método automático com o Topoevn a área encontrada foi de 132.1400 ha. Uma diferença de 1.3895 ha, isso se deve pelo motivo de que o topoevn utilizou para cálculo de área todos os pontos coletados em campo enquanto que no método manual o perímetro utilizado não foi relativamente o mesmo.

Apenas por motivo estético na formação dos triângulos não foi utilizado o mesmo perímetro em todos os pontos, mas foram coincidentes em boa parte deles.

A Figura 27 mostra os perímetros utilizados nos dois métodos. A linha em vermelho indica o perímetro utilizado pelo Software Topoevn e a linha em cinza é o perímetro utilizado no cálculo manual.

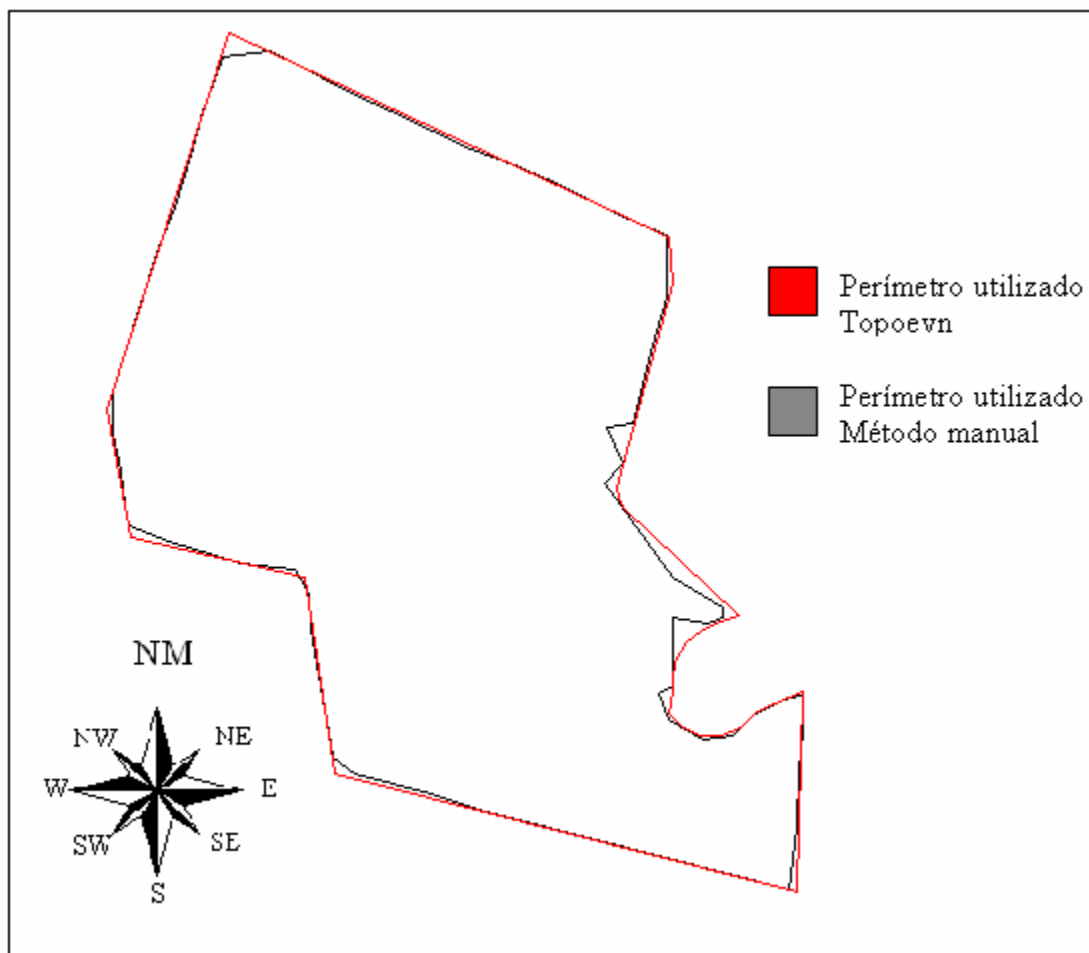


Figura 27 – Perímetro utilizado pelos dois métodos.

A diferença encontrada nos dois métodos foi devido ao perímetro utilizado em ambos não ter sido identicamente o mesmo. A área encontrada nos dois métodos foi correlativa proporcionalmente.

Embora o perímetro utilizado pelos dois métodos não ter sido o mesmo, o resultado final dos dois cálculos foi absolutamente proporcional quanto à porcentagem final das áreas encontradas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultado da planialtimetria calculada

Depois de terminado os cálculos para geração da planialtimetria, as curvas de nível geradas pelo Topoevn quando comparado com os terraços existentes em campo, apresentou boa acurácia no que diz respeito às coordenadas coletadas em campo, tanto quanto as curvas geradas pelo programa.

Na Figura 30 a seguir temos as curvas de nível criadas com os cálculos do programa Topoevn juntamente com as curvas de nível existentes em campo.

As linhas em amarelo foram criadas com os cálculos realizados pelo software, as linhas em azul são as curvas de nível existentes em campo locadas com uso de um aparelho de nível de precisão.

Em cinza podemos visualizar o perímetro utilizado durante os cálculos da planialtimetria.

A semelhança entre os contornos das curvas criadas a partir dos cálculos juntamente com as existentes em campo, nos dá a segurança de severidade dos pontos coletados em campo e certeza de uma planialtimetria condizente com o relevo local.

Servindo também de base para estudos futuros no que diz respeito à geração de cartas de relevo, onde se requer um maior conhecimento da propriedade através das curvas de nível geradas para representar a superfície.

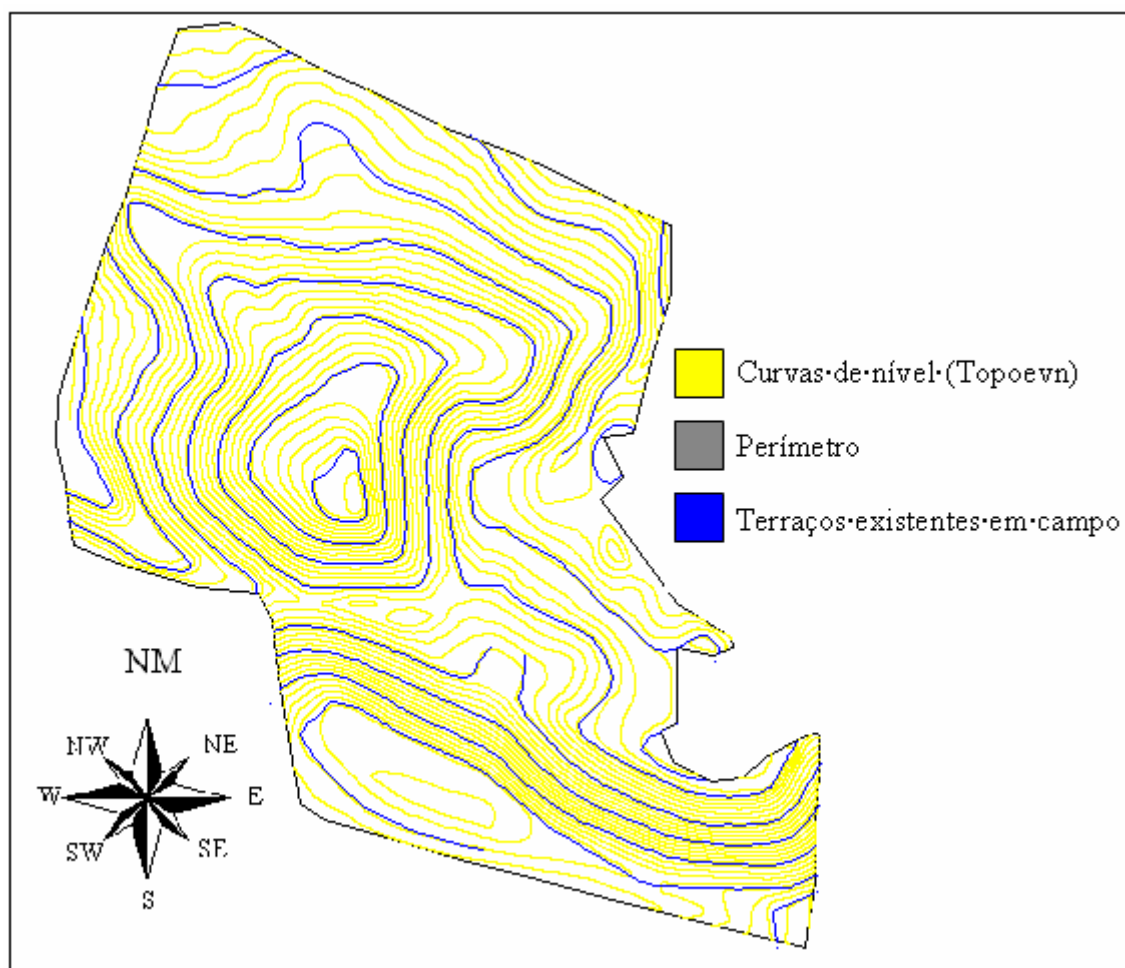


Figura 28 – Planialtimetria criada a partir dos pontos coletados por GPS.

4.2 Resultado do mapa de declividade

Depois de terminado o cálculo de declividade dos pontos coletados em campo, o programa Topoevn fornece uma tabela com as classes de declive juntamente com as respectivas áreas de cada classe existente na propriedade. Tabela 2.

É criado também como mostra na figura 31, o mapa com as classes de declive.

Abaixo a Tabela 2 mostra as porcentagens de cada classe de declive, juntamente com a área encontrada nas duas projeções tanto plana como inclinada.

Ainda na tabela 2, a área encontrada na superfície inclinada quando comparada com a plana foi maior em 3.320,216 m², ou seja, 0,26% a mais de superfície aproveitada para agricultura.

Cor	Declividade	De (%)	Área m ²	% m ²	Superfície inclinada m ²	% Sup
	0%	2%	122.550,000m ²	9,27%	122.567,903m ²	9,25%
	2%	6%	644.975,000m ²	48,81%	645.687,096m ²	48,74%
	6%	12%	533.450,000m ²	40,37%	535.903,205m ²	40,45%
	12%	20%	20.075,000m ²	1,52%	20.263,033m ²	1,53%
	20%	45%	350,000m ²	0,03%	358,979m ²	0,03%
	45%	100%	0,000m ²	0,00%	0,000m ²	0,00%
Total	Total	Total	1.321.400,000m ²	100%	1.324.780,216m ²	100%

Tabela 2 - Classes de declive, área plana e área inclinada.

Na Figura 29, é possível visualizar as diferentes classes de declive encontradas no terreno. Através das cores encontradas no desenho, o software Topoevn criou um mapa com diversas classes de declividade.

Depois de selecionados as classes de declive a serem trabalhadas, o programa calculou a superfície e criou o mapa.

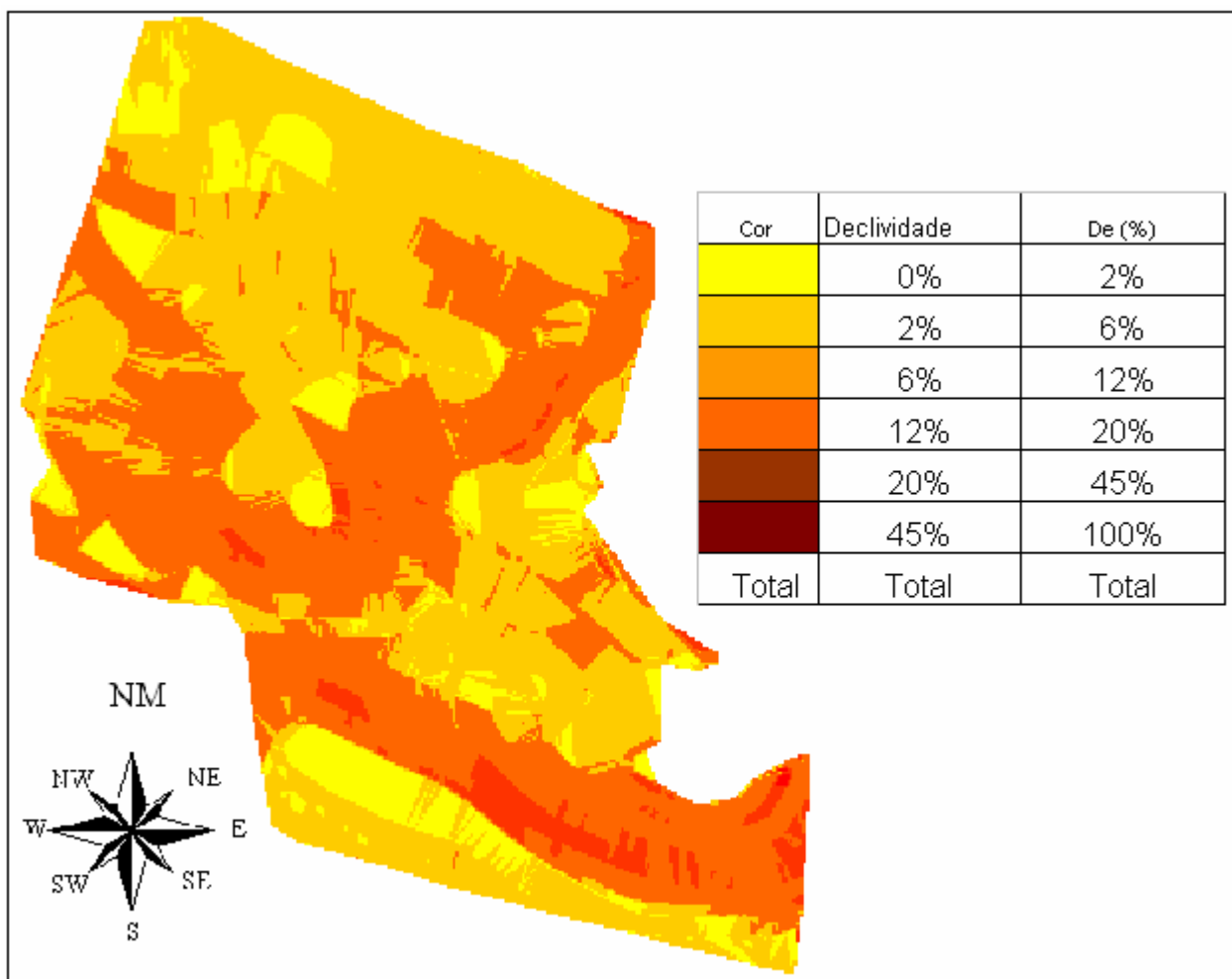


Figura 29 – Mapa com as classes de declive.

O mapa criado com os pontos coletados em campo pode ser muito utilizado para sistematização de colheita mecanizada onde se requer o conhecimento das classes de declive para uso de colhedoras, citado como referência a cana-de-açúcar.

4.3 Resultados entre os dois métodos de cálculo

Em ambos os processos de cálculo (Topoevn e Manual), houve relação direta entre os valores encontrados tanto nos cálculos de área na projeção horizontal como na vertical.

O acréscimo de área que houve nos dois processos quando calculada a área em sua projeção inclinada foi de 0,26% para o primeiro método (Topoevn), e de 0,27%

para o segundo método (Manual pelo Teorema de Heron). Na Tabela 3 encontram-se os valores encontrados com os cálculos realizados no estudo.

	Área plana ha	Área inclinada ha	Aumento m ²	Aumento%
Método manual	130,7505 ha	131,1040 ha	3535,110 m ²	0,27%
Método eletrônico	132,1400 ha	132, 4780 ha	3380,216 m ²	0,26%

Tabela 3 - Valores encontrados nos dois métodos de cálculos.

Os valores acima descritos 0,26 e 0,27% encontrados respectivamente pelos dois métodos de cálculos vêm consolidar as duas metodologias aplicadas para os cálculos de superfície.

A consolidação nos resultados obtidos pelos dois métodos nos da segurança e severidade nos resultados obtidos.

4.4 Discussão

Os métodos convencionais de obtenção de dados de altimetria, como levantamentos através de estação total, ortofotos e outros, são trabalhosos porem apresentam boa acurácia.

A acurácia de dados obtidos com receptores GPS, é muito variável, pois, a qualidade da informação esta ligada a constelação de satélites visados no momento da obtenção dos dados. Por isso se faz necessário a configuração do receptor antes do levantamento.

Os dados de altimetria obtidos neste trabalho obtiveram acurácia necessária para gerar como produto, mapa de elevação do terreno e identificar áreas em um mesmo talhão que possam ser priorizadas afim de melhorar o entendimento da variabilidade na produção agrícola, como também conhecer o relevo local da propriedade, oferecendo ainda os dados de altimetria necessários a geração de um mapa planialtimétrico sem a necessidade de coleta de dados extras, apenas com uma coleta simples de coordenadas para cálculo de área

de talhões, é o suficiente para uma visualização do relevo da propriedade através das curvas de nível geradas pelo sistema, ferramenta muito utilizada em projetos agrícolas, à planialtimetria.

5 CONCLUSÕES

A coordenada Z, informado pelo receptor de GPS pode ser muito bem utilizada em mapas planialtimétricos, em áreas onde se deseja conhecer o relevo através de curvas de nível, como também em planejamentos de estradas onde o declive é fator predominante para seu planejamento.

Em diversos outros ramos onde se faz necessário a representação do relevo por curvas de nível, como mapas de elevação e visualizações em terceira dimensão, a altitude fornecida pelo GPS pode ser muito bem utilizada respeitando seus limites de acurácia.

A metodologia aplicada nesse trabalho pode servir de base para projetos agrícolas onde se requer o conhecimento da altimetria local do terreno, como também na criação de cartas de relevo.

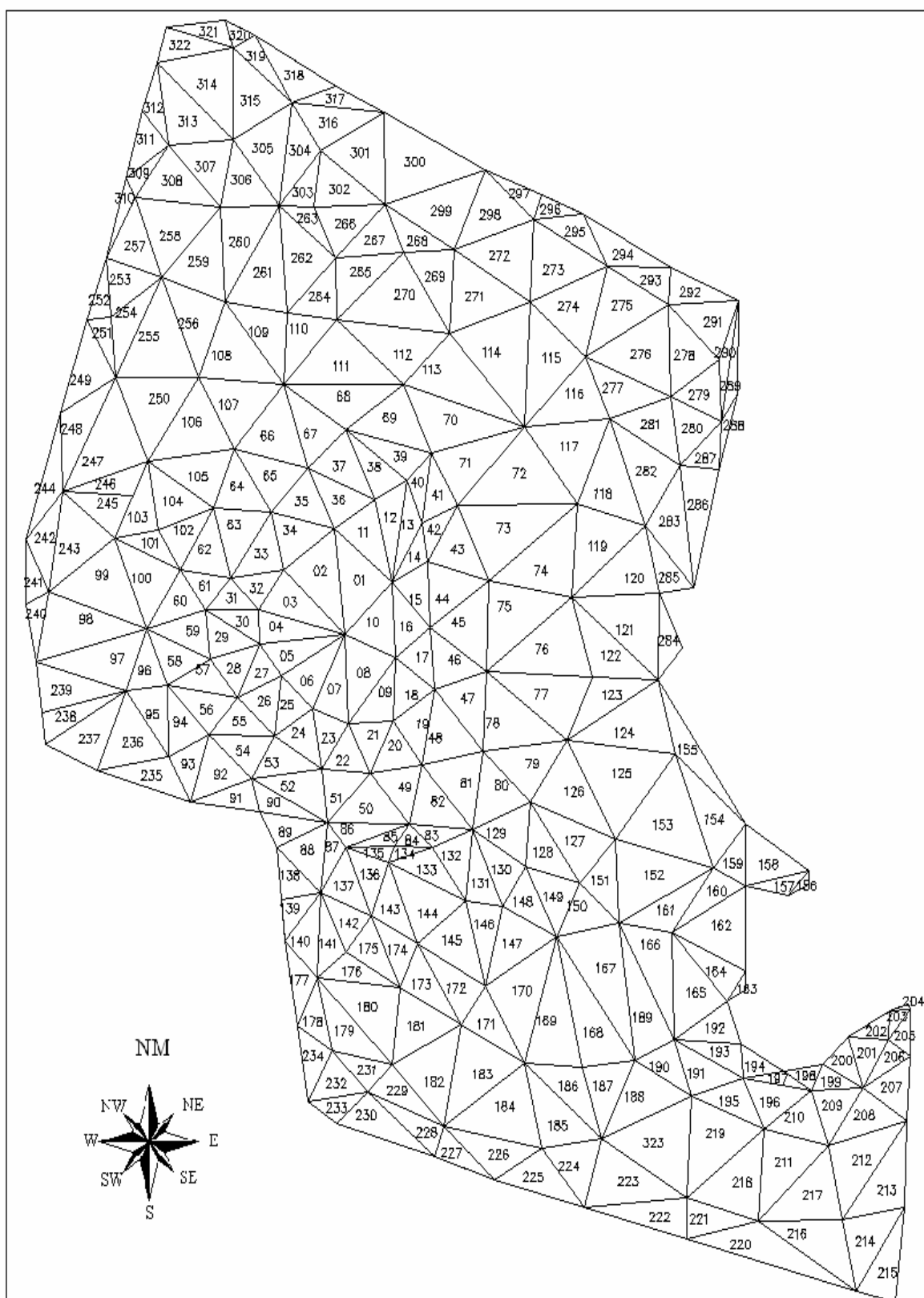
O método de cálculo considerando a superfície inclinada e não somente o perímetro na projeção plana também proporcionou excelente resultado nos dois métodos utilizados (Manual e Eletrônico).

A área encontrada nos dois métodos utilizados para calcular a superfície inclinada não ultrapassou o valor de 0,27% a mais de área agricultável quando comparada com a área na sua projeção horizontal, portanto os cálculos para estimativas de

produção podem-se utilizar apenas das coordenadas X e Y, uma vez que o acréscimo de área encontrada nos resultados foi de 0,27%, valor este que não deve influenciar em nenhuma tomada de decisão pelo agricultor, uma vez que na própria cultura em estudo a cana-de-açúcar tem se trabalhado com estimativas em torno de 5%.

As coordenadas utilizadas para cálculos podem ser apenas as coordenadas X e Y, pois apresentam uma facilidade muito superior nos cálculos quando comparadas com cálculos da superfície inclinada, e o resultado apresentado na projeção horizontal é tão preciso quanto o da área inclinada. Logo, em cálculos de áreas em condições de relevo que apresentam declives favoráveis a agricultura, o cálculo poderá ser realizado com ajuda apenas das coordenadas X e Y.

ANEXOS



Anexo A: Triangulação realizada pelo método Manual.

Anexo B - Tabela com as áreas dos triângulos criadas pelo método manual.

Os números correspondentes da primeira coluna são dos triângulos formados pela triangulação Manual.

Na segunda coluna podem ser encontrados os valores das áreas dos respectivos triângulos encontrados na projeção horizontal.

A área de cada triângulo criado baseado na sua projeção vertical pode ser encontrada na terceira coluna abaixo.

Numero do triângulo	Área plana em m ²	Área inclinada em m ²
01	5.599,68	5.605,21
02	5.950,62	5.954,42
03	4.133,76	4.137,37
04	3.075,91	3.078,05
05	2.989,92	2.992,86
06	3.434,60	3.438,04
07	3.187,68	3.190,46
08	4.568,44	4.575,10
09	2.835,15	2.835,15
10	3.826,97	3.833,50
11	3.884,56	3.884,67
12	3.155,22	3156,25
13	2.248,79	2.249,70
14	1.555,29	1.565,15
15	2.506,65	2.519,22
16	2.820,92	2.844
17	2.355,70	2.375,64
18	2.616,15	2.637,73
19	2.835,11	2.861,11
20	2.561,65	2.580,16
21	2.300,30	2.316,35
22	2.345,23	2.364,63
23	2.034,72	2.047,68
24	2.617,43	2.637,56
25	2.178,20	2.192,06
26	2.576,10	2.591,21
27	1.934,72	1.944,70
28	2.345,18	2.356,97
29	2.509,17	2.519,25

30	1.876,68	1.883,52
31	1.681,86	1.688,24
32	1.935,65	1.941
33	3.319,86	3.328,17
34	3.584,68	3.591,08
35	3.511,53	3.516,30
36	3.231,55	3.235,74
37	3.847,66	3.852,16
38	2.932,80	2.937
39	2.968,44	2.976
40	1.455,86	1.458,81
41	2.427,11	2.430,44
42	1.501,66	1.507,14
43	4.100,43	4.119,95
44	4.086,74	4.104,82
45	5.292,83	5.316,38
46	3.312,18	3.338,01
47	4.085,50	4.108,94
48	4.499,39	4.512,31
49	3.055,46	3.066,97
50	4.290,91	4.307,97
51	2.714,71	2.722,89
52	3.960,41	3.980,01
53	2.806,68	2.942,57
54	2.897,25	2.913,47
55	2.579,74	2.593,21
56	3.100,76	3.116,96
57	2.396,22	2.407,00
58	2.962,55	2.975,07
59	3.015,31	3.023,93
60	2.986,24	2.996,38
61	1.872,40	1.878,92
62	3.482,28	3.497
63	4.128,85	4.144,38
64	3.622,45	3.632,07
65	4.120,21	4.122,57
66	5.832,13	5.836,72
67	4.220,07	4.223,64
68	5.514,52	5.529,98
69	5.258,38	5.267,53
70	7.259,78	7.274,64
71	5.856,69	5.859,86
72	9.593,22	9.598,87

73	9.317,86	9.349,33
74	7.960,30	7.979,10
75	7.643,06	7.648,25
76	8.576,11	8.587,41
77	6.923,01	6.933,50
78	6.843,51	6.849,19
79	4.911,88	4.918,82
80	4.361,94	4.362,08
81	4.778,52	4.791,53
82	3.976,35	3.989,91
83	1.385,19	1.386,75
84	898,2	898,52
85	1.069,36	1.070,12
86	2.060,62	2.066
87	1.546,85	1.554
88	3.453,50	3.470,49
89	2.319,48	2.323,99
90	2.121,94	2.122,33
91	2.201,12	2.201,27
92	3.747,33	3.747,71
93	2.318,99	2.330,74
94	2.935,17	2.947,09
95	3.075,34	3.091,83
96	2.497,55	2.507,85
97	6.292,42	6.306,49
98	7.523,24	7.537,98
99	7.848,41	7.863,97
100	5.133,88	5.146,37
101	2.015,83	2.020,38
102	2.702,57	2.707,53
103	3.187,42	3.195,71
104	4.012,57	4.020,61
105	4.966,18	4.981,03
106	6.743,00	6.763,54
107	5.856,40	5.857,70
108	6.666,53	6.675,48
109	4.634,87	4.642,18
110	3.698,87	3.704,76
111	7.911,25	7.928,06
112	6.538,38	6.552,83
113	8.317,43	8.329,41
114	10.113,44	10.137,42
115	7.339,40	7.358,71

116	5.535,94	5.550,32
117	7.103,52	7.110,90
118	6.639,91	6.679,65
119	6.643,91	6.688,37
120	6.092,37	6.094,91
121	7.804,28	7.806,78
122	5.360,58	5.366,54
123	4.302,56	4.309,49
124	7.870,12	7.875,45
125	10.385,03	10.406,30
126	6.746,85	6.756,36
127	5.143,67	5.148,93
128	3.733,89	3.736,32
129	3.658,82	3.660,97
130	3.023,69	3.024,63
131	2.751,34	2.752,23
132	2.843,25	2.846,23
133	2.968,48	2.979,45
134	653,45	657,13
135	793,05	797,49
136	2.573,11	2.589,24
137	2.944,31	2.959,79
138	2.133,00	2.143,05
139	1.677,18	1.683,51
140	2.929,11	2.937,52
141	2.398,15	2.409,09
142	2.454,64	2.472,25
143	3.013,93	3.032,93
144	5.274,80	5.302,40
145	5.056,67	5.081,71
146	3.083,66	3.093,59
147	4.952,38	4.967,97
148	2.986,63	2.986,80
149	3.424,35	3.425,52
150	3.082,13	3.083,15
151	3.156,36	3.159,64
152	8.224,83	8.236,76
153	10.420,71	10.442,08
154	5.499,79	5.505,10
155	3.990,58	3.998,35
156	313,15	313,43
157	1.307,15	1.308,66
158	3.980,68	3.985,33

159	2.062,23	2.064,64
160	2.939,77	2.943,41
161	3.927,05	3.932,16
162	6.353,02	6.361,56
163	373,683	373,77
164	3.063,07	3.065,43
165	5.866,58	5.876,47
166	5.776,48	5.781,84
167	9.025,32	9.027,20
168	7.219,83	7.256,86
169	7.629,69	7.672,84
170	7.655,72	7.684,73
171	3.389,47	3.412,90
172	3.671,96	3.697,45
173	3.402,51	3.426,54
174	2.524,12	2.541,98
175	2.875,82	2.893,05
176	2.426,53	2.426,66
177	2.344,48	2.349,55
178	2.227,69	2.227,84
179	4.348,06	4.349,24
180	6.527,20	6.527,83
181	5.135,54	5.135,94
182	6.557,84	6.558,51
183	7.288,86	7.288,93
184	8.056,40	8.056,57
185	5.319,30	5.319,48
186	4.110,21	4.147,81
187	3.947,84	3.978,64
188	5.749,00	5.792,70
189	9.186,41	9.246,79
190	2.648,79	2.665,20
191	3.340,36	3.360,91
192	2.835,93	2.839,81
193	2.381,99	2.398,81
194	1.487,06	1.495,45
195	3.091,63	3.116,79
196	3.295,90	3.315,47
197	969,821	977,29
198	935,438	939,11
199	1.314,39	1.322,72
200	1.732,20	1.738,55
201	2.039,58	2.051,69

202	1.216,69	1.223
203	643,744	646,09
204	125,982	126,56
205	1.031,74	1.032,37
206	1.473,85	1.481,18
207	3.080,04	3.103,01
208	3.764,14	3.802,38
209	2.923,11	2.943,47
210	3.307,36	3.334,53
211	6.153,35	6.193,08
212	6.319,89	6.366,60
213	5.372,81	5.394,43
214	4.643,65	4.644,53
215	3.912,15	3.915,30
216	6.077,28	6.078,40
217	6.491,64	6.540,81
218	6.901,07	6.946,54
219	7.752,83	7.795,07
220	6.927,52	6.928,91
221	2.986,27	2.988,18
222	4.227,91	4.230,52
223	7.130,80	7.133,88
224	4.094,34	4.096,94
225	4.322,17	4.267,39
226	4.238,54	4.242,94
227	2.048,99	2.050,34
228	2.647,42	2.649,13
229	3.046,31	3.048,65
230	4.238,90	4.241,18
231	2.056,84	2.058,24
232	2.867,83	2.868,67
233	1.700,46	1.701
234	2.421,32	2.422,05
235	3.630,62	3.644,90
236	5.393,46	5.397,40
237	4.965,71	4.968,49
238	2.783,42	2.790,93
239	4.498,65	4.515,45
240	1.538,08	1.544,61
241	1.568,27	1.573,08
242	3.087,63	3.092,53
243	5.889,23	5.899,20
244	3.087,22	3.092,41

245	3.166,87	3.170,80
246	2.430,77	2.434,17
247	8.226,06	8.231,16
248	4.607,55	4.609,31
249	4.375,08	4.382,89
250	7.129,35	7.146,42
251	1.528,23	1.538,25
252	1.467,78	1.475,99
253	3.232,49	3.232,23
254	3.425,81	3.430,65
255	8.495,70	8.512,67
256	5.484,75	5.490,78
257	3.979,10	3.990,86
258	6.713,86	6.727,72
259	6.013,54	6.022,13
260	5.828,82	5.836,25
261	6.757,68	6.763,85
262	5.801,97	5.807,49
263	1.689,63	1.690,11
264	3.189,06	3.191,81
265	4.351,64	4.355,30
266	3.730,60	3.731,30
267	3.435,45	3.435,79
268	2.565,07	2.565,60
269	4.319,10	4.324,99
270	8.707,89	8.716,48
271	6.815,62	6.827,53
272	6.666,42	6.672,82
273	6.469,97	6.477,05
274	6.348,36	6.357,69
275	6.410,82	6.418,90
276	7.837,21	7.844,38
277	4.394,80	4.405,41
278	4.707,90	4.723,32
279	3.228,19	3.243,25
280	3.339,22	3.354,63
281	4.503,50	4.510,72
282	5.942,06	5.951,05
283	5.125,10	5.125,53
284	2.081,72	2.082,26
285	2.446,10	2.446,23
286	4.856,28	4.875,84
287	1.886,51	1.893,95

288	740,641	742,53
289	1.624,42	1.628,84
290	1.318,69	1.326,74
291	4.163,18	4.170,82
292	2.688,92	2.695,14
293	2.403,33	2.405,61
294	3.392,30	3.394,24
295	2.848,28	2.852,53
296	1.232,13	1.233,03
297	1.672,03	1.672,69
298	5.523,15	5.527,25
299	7.067,93	7.072,66
300	9.551,84	9.556,79
301	6.045,99	6.048,62
302	4.181,23	4.181,23
303	2.022,64	2.023,15
304	3.620,97	3.622,76
305	5.677,69	5.678,62
306	4.088,34	4.088,98
307	4.403,13	4.527,70
308	4.911,96	4.913,55
309	1.115,28	1.116,41
310	1.085,03	1.087,81
311	2.349,89	2.350,27
312	1.806,87	1.807,15
313	5.533,90	5.770,59
314	7.157,83	7.159,92
315	5.563,15	5.566,29
316	4.174,04	4.177,42
317	1.959,80	1.960,08
318	3.724,62	3.728,63
319	2.056,62	2.058,60
320	738,74	739,26
321	1.749,24	1.750,54
322	2.586,21	2.587,19
323	5.847,19	5.868,40
TOTAL	1.307.505,00	1.311.040,11

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÂNGULO FILHO, R. Avaliação da exatidão de posicionamento planimétrico de um receptor GPS operando sob diferentes condições de cobertura vegetal. Piracicaba, 2001. 150p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

AVELLAR, G. Uso de Sig's no delineamento de zonas de manejo para uso agrícola. IN: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO. VIÇOSA 2002.

BUENO, R.F. Avaliação da precisão do sistema NAVSTAR/GPS. São Paulo, 1995. 209p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

BUICK, R.D.; CALLAGHAN, O.M. Precision Agriculture: an integration of information technologies with farming. IN: NEW ZEALAND PLANT PROTECTION CONFERENCE 1997.

COELHO, A. C. S. **Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras.** 2003. 128 f. Dissertação (Mestrado em irrigação e drenagem) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiros, Universidade de São Paulo, 2003.

DINIZ, M. A. V. **Análise do Relevo para otimização do uso e ocupação do terreno utilizando SIG.** 2002. 29 p. Belo Horizonte.

DOMINGUES, F. A. A. **Topografia e astronomia de posição:** para engenheiros e arquitetos. 1979.

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário da língua Portuguesa.** Editora Nova Fronteira S.A. 2º Edição, revista e aumentada, 1986.

GARCIA, G. J.; PIEDADE, G. C. R. **Topografia aplicada às ciências agrárias.** 4. Ed. São Paulo: Nobel, 1983. 257 p.

GILBERTO, C. Erros em GPS: **O que você pode e o que você não pode corrigir.** Fator GIS., V.S, n.17, p 62 – 63, 1997.

GOMES, E.; PESSOA, L. M. C; SILVA JR., L.B.S. **Medindo Imóveis Rurais com GPS.** Brasília: Editora e Comunicação Ltda., 2001. 136p.

GORGULHO, MIGUEL. **Apostila GPS.** Última atualização 2002.

HOFMANN-WELLENHOF, B. **Global Positioning System.** 3. ed. New York: Springer-Verlag, 1994

HURN, J. GPS. **A guide to the next utility.** Trimble Navigation, Sunnyvale, Estados Unidos, 1989.

KRAVCHENCO, A. N.; BULLOCK, D. G.; BOAST, C. W. **Joint Multifractal analysis of crop yield and terrain slope**. Agronomy Journal, V.4, n.3, p 1279-1290, 2000

KRUMMEL, J.; SU, H. **Topographic Effect and It's Relation to Crop Production**. IN: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., Minneapolis, 1996.

KUTCHER, H. R. MALHI, S.S.; JOHNSON, A. M.; HNATOWICH, G. **Impact of topography and Management on Diseases of Cando and Wheat**. IN: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., Proceedings. Ontario, 1999, p. 559-561.

LEICK, A. **GPS Satellite surveing**. Maine: John Wiley, 1990. 352 p.

MANUAL DE OPERAÇÃO. **Referência geral de sistemas cartográficos**. Trimble Navigation Limited Systems Group. Revisado em Janeiro de 1997.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR – GPS. Descrição, Fundamentos e aplicações**. 1º edição. Presidente Prudente: Editora Unesp, 2000.

NEWCOMER, J. D.; ASCE, M. **GPS as fast surveiying tool**. *Journal of Surveying of Engineering*, v. 116. n. 2, p. 75-81, 1990.

OSTMAN. A. **A Quality Control and Accuracy Estimation of Digital Elevation. Image Correlation and Map Maintenance**. Stockholm, Sweden, 1987. The royal Institutes of Technology – Departament of Photogrametry.

PENNOCK, D. J.; WALLEY, F. L. **Yeild Response of Wheat and Canola to a topographically Based Variable Rote**, IN: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, Minneapolis, 1999

PESSOA, L.M da C. **Efeitos que degradam a precisão GPS**. Fator GIS., V.S, n 17, 1997.

PETTINATI, F. **Modelamento Digital e representação gráfica de Superfícies**. São Paulo, 1983, Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – U.S.P..

RODRIGUES, V.A. **Uso do sistema de posicionamento global na caracterização planialtimétrica para projetos de irrigação e drenagem**. 2003. 96 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SÁ, N.C. & MOLINA. E. C. **O geóide gravimétrico no Estado de São Paulo**: Resultados preliminares. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 1995.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy**. New York: Walter de Gwyter, 1993.

SEGANTINI, P.C.L. **GPS Sistema de Posicionamento Global**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP, Departamento de Transportes, 1999. 181p.

VETTORAZZI, C. A.; ÂNGULO FILHO, R.; COUTO, H. T. Z. **Sistema de posicionamento global – GPS**. Engenharia Rural., v5, n.2, p.61-70, 1994.

YANG, C.; PETERSON, C. L.; SHROPSHIRE, G. J.; OTAWA, T. **Spatial variability of field topography and Wheat yield in the Palouse region of the Pacific Northwest**. Transactions of the ASAE, V. 41, n.1, p. 17 – 28, 1998.