

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

**MODELAGEM NUMÉRICA DA SUPERFÍCIE COMO
INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL NA
PRESERVAÇÃO DE MANANCIAL DE ÁGUA**

LUCIANO NARDINI GOMES

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Irrigação e Drenagem

Botucatu – SP
Janeiro – 2006

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

**MODELAGEM NUMÉRICA DA SUPERFÍCIE COMO
INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL NA
PRESERVAÇÃO DE MANANCIAL DE ÁGUA**

LUCIANO NARDINI GOMES
Engenheiro Agrônomo

Lincoln Gehring Cardoso
Orientador

Valdemir Antonio Rodrigues
Co-orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Irrigação e Drenagem

Botucatu – SP

Janeiro – 2006

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

G633m Gomes, Luciano Nardini, 1979-
Modelagem numérica da superfície como instrumento de
avaliação de curvas de nível na preservação de manancial
de água / Luciano Nardini Gomes. - Botucatu : [s.n.],
2006.
v, 76 f. : il., gráfs, tabs.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006
Orientador: Lincoln Gehring Cardoso
Co-Orientador: Valdemir Antonio Rodrigues
Inclui bibliografia.

1. Solos - Conservação. 2. Erosão. 3. Topografia. 4. Ter-
raços - Agricultura. 5. Sistema de Informação Geográfica.
I. Cardoso, Lincoln Gehring. II. Rodrigues, Valdemir Anto-
nio. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesqui-
ta Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências
Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "MODELAGEM NUMÉRICA DA SUPERFÍCIE COMO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL NA PRESERVAÇÃO DE MANANCIAL DE ÁGUA"

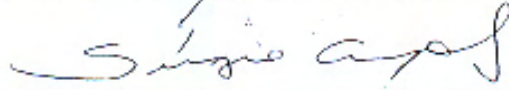
ALUNO: LUCIANO NARDINI GOMES

ORIENTADOR: PROF. DR. LINCOLN GEHRING CARDOSO

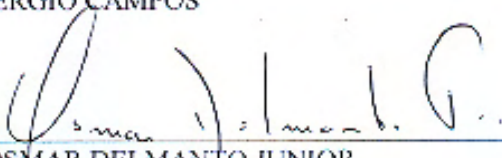
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. LINCOLN GEHRING CARDOSO



PROF. DR. SÉRGIO CAMPOS



PROF. DR. OSMAR DELMANTO JUNIOR

Data da Realização: 27 de janeiro de 2006.

Aos meus pais, João e Dora e meu irmão Eduardo, pelo carinho, amor, dedicação. Pelo exemplo de retidão no comportamento, esperança e capacidade de luta, mesmo quando as adversidades estiveram presentes. Pelo constante estímulo e principalmente pela confiança que sempre depositaram em mim.

Ofereço.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao **Professor Doutor Lincoln Gehring Cardoso**, pela orientação firme, cuja programada atitude de não paternalismo, contribuiu sobremaneira com minha autoconfiança, principalmente nos momentos de pouca inspiração.

AGRADECIMENTOS

- À Deus, pela oportunidade da vida, pela luz nos momentos difíceis e por me permitir chegar até aqui.
- Ao Professor Doutor Sérgio Campos, Professor Doutor Zacarias Xavier de Barros e ao colega do Departamento de Engenharia Rural, Geógrafo Ronaldo Alberto Pollo pela amizade e sugestões pertinentes para o desenvolvimento deste estudo.
- A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo fomento deste trabalho.
- Ao programa de Pós Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem da FCA – UNESP, com especial atenção ao Professor Doutor João Carlos Cury Saad e Professor Doutor Raimundo Leite Cruz, coordenadores do curso, que sempre se mostraram solícitos a fim de dirimir possíveis problemas.
- Ao Departamento de Engenharia Rural por intermédio de seus funcionários a citar Rita, Rosângela, Fátima, Giba e Silvio.
- Ao Engenheiro Agrimensor Vilmar Antônio Rodrigues, pelo auxílio técnico no levantamento do banco de dados inicial.
- Aos colegas De Lucca, Cristian, Noku, Bobby, Romão e Shoiti, que colaboraram na árdua etapa de estaqueamento e coleta dos dados de campo, sempre com bom humor.
- Ao colega Engenheiro Agrônomo Roberto Aparecido De Lucca, pela convivência, amizade e cobranças: e essa dissertação sai ou não?
- A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram com mais uma etapa de minha vida, deixo aqui meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABELAS	V
RESUMO	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 Processos erosivos	7
2.2 Bases cartográficas e métodos de obtenção	9
2.3 Modelagem numérica do terreno	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Material	15
3.1.1 Área de estudo	15
3.1.2 Equipamentos topográficos e softwares	16
3.2 Métodos	16
3.2.1 Preparo inicial da área experimental	16
3.2.2 Posicionamento das estacas	17
3.2.3 Levantamento planialtimétrico	18
3.2.4 Tratamento dos dados obtidos em campo	19
3.2.4.1 Processamento dos dados de levantamento por taqueometria	19
3.2.4.2 Obtenção dos dados para análise	22
3.2.4.3 Processamento das plantas	24
3.2.4.4 Processamento dos perfis longitudinais	25
3.2.4.5 Tratamento final das plantas e perfis	26
3.2.4.6 Cálculo do volume admissível dos canais	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Comparação entre as plantas planialtimétricas	28

4.2 Comparação entre os perfis longitudinais	34
4.3 Cálculo da diminuição da capacidade de acúmulo de enxurradas nos cordões de contorno	62
5 CONCLUSÕES	70
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 – Representação esquemática do posicionamento das estacas em campo	18
2 – Tela de configurações da planilha no programa DataGEOSIS	20
3 – Tela de processamento dos cálculos no programa DataGEOSIS	21
4 – Tela de cálculo de superfícies no programa DataGEOSIS	23
5 – Tela de cálculo do modelo digital do terreno no programa DataGEOSIS	23
6 – Tela de construção de curvas de nível no programa DataGEOSIS	24
7 – Tela de configuração de perfil longitudinal no programa DataGEOSIS	26
8 – Representação planialtimétrica utilizando pontos do relevo natural – 12/2003	29
9 – Representação planialtimétrica utilizando pontos do relevo natural – 12/2004	31
10 – Representação planialtimétrica utilizando pontos do canal – 12/2003	32
11 – Representação planialtimétrica utilizando pontos do canal – 12/2004	33
12 – Representação planialtimétrica utilizando pontos do camalhão – 12/2003	35
13 – Representação planialtimétrica utilizando pontos do camalhão – 12/2004	36
14 – Representação gráfica do perfil A1	38
15 – Representação gráfica do perfil A2	39
16 – Representação gráfica do perfil A3	41

17 –	Representação gráfica do perfil A4	42
18 –	Representação gráfica do perfil A5	43
19 –	Representação gráfica do perfil A6	44
20 –	Representação gráfica do perfil A6	45
21 –	Representação gráfica do perfil B1	46
22 –	Representação gráfica do perfil B2	48
23 –	Representação gráfica do perfil B3	49
24 –	Representação gráfica do perfil B4	50
25 –	Representação gráfica do perfil B5	51
26 –	Representação gráfica do perfil B6	52
27 –	Representação gráfica do perfil B7	53
28 –	Representação gráfica do perfil C1	55
29 –	Representação gráfica do perfil C2	56
30 –	Representação gráfica do perfil C3	57
31 –	Representação gráfica do perfil C4	58
32 –	Representação gráfica do perfil C5	59
33 –	Representação gráfica do perfil C6	60
34 –	Representação gráfica do perfil C7	61
35 –	Representação esquemática da seção do canal em dezembro de 2003	64
36 –	Representação esquemática da seção do canal em dezembro de 2004	66
37 –	Representação esquemática da seção do canal em dezembro de 2004	69

LISTA DE TABELAS

		Página
1 –	Comprimentos dos cordões	63
2 –	Valores de distância horizontal entre as estacas “A” e “C” nos 7 cordões de contorno	63
3 –	Capacidade de acúmulo de água dos cordões de contorno em dezembro de 2003	64
4 –	Valores de acúmulo de sedimentos nos canais e desgaste do camalhão	65
5 –	Redução da capacidade de retenção de água dos cordões de contorno provocadas pelo acúmulo de sedimentos no canal até dezembro de 2004	67
6 –	Redução da capacidade de retenção de água dos cordões de contorno provocadas pelo desgaste do camalhão no canal até dezembro de 2004	67
7 –	Capacidade de acúmulo de água dos cordões de contorno em dezembro de 2004	67
8 –	Comparação dos volumes entre 2003 e 2004	68

RESUMO

A instalação de processos erosivos em solos agricultáveis, além do prejuízo ambiental e produtivo da área, pode comprometer o ambiente à jusante, pelo transporte de sedimentos, o que se em mananciais de água, provoca seu assoreamento parcial ou até total. A construção de curvas de nível utilizando arado convencional é uma prática conservacionista bastante utilizada. Em terrenos com sulcos de erosão, mesmo após uniformização por gradagem, o trator altera constantemente seu percurso na busca do nível definido pelas estacas, gerando desuniformidade na profundidade de corte, conseqüentemente no nível da curva construída, podendo comprometer sua vida útil. Considerando curvas de nível construídas nas condições acima, em área de quatro hectares, erodida e à montante de mananciais de água, foram efetuados levantamentos topográficos detalhados, sendo um imediatamente após a construção dos canais e outro após a estabilização dos mesmos. Os dados foram processados pelo software Datageosis, com o objetivo de verificar a validade da utilização da modelagem numérica da superfície na caracterização da movimentação de solo nos canais. Com base na metodologia adotada foi possível concluir que a modelagem numérica da superfície, apoiada em pontos não

regularmente espaçados, não permitiu avaliar o volume de solo movimentado quando considerados todos os dados de campo. A avaliação foi possível somente através da comparação de perfis homólogos, construídos isoladamente, com base nos dados de cada uma das três feições de canais estudadas (relevo natural à montante, fundo do canal e camalhão), quando se constatou que o principal responsável pela diminuição da capacidade de retenção de água pelos canais foi o desgaste e empolamento do camalhão.

Palavras – chave: Modelagem numérica de superfície, conservação de solo

NUMERICAL SURFACE MODELING AS A TOOL TO EVALUATE THE LEVEL CURVES IN THE PRESERVATION OF THE SPRINGS OF WATER. Botucatu, 2006. 77 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: LUCIANO NARDINI GOMES

Adviser: LINCOLN GEHRING CARDOSO

SUMMARY

The erosive process causes environmental damage and productive prejudice in farm areas, and in addition they endanger with sediment transport the environment under this area, which provokes partial or total deposition of sediments in the rivers. The construction of level curves using conventional plow is a very widespread conservative practice. In lands with erosion gullies, even after for harrowing, the tractor constantly alters its course searching for the stakes which defines the level, generating variation in the court depth, consequently in the level of the built curve, reducing its useful life. Considering level curves built in the conditions above, in area of four hectares, with erosion above the springs of water, detailed topographical works were made, one before the construction of the channels and another after the stabilization of the same ones. The data were processed by the software DataGEOSIS, with the objective of verifying the validity of the use of the numerical surface modeling to characterize the soil movement in the channels. We concluded that the numerical surface modeling, supported in points not regularly spaced didn't allow evaluating the soil volume in all field data. The evaluation was only possible through the comparison of the same profiles, built separately, based on the data of each one of the three studied features of channels, when it was verified that the

main responsible for the decrease of the capacity of retention of water in the channels was the soil compactation of the bedding.

Keywords: Numerical surface modeling, soil conservation

1. INTRODUÇÃO

O manejo inadequado do solo realizado por uma intensa mobilização vem perdendo espaço gradativamente para novas técnicas que visam principalmente a conservação, como o plantio direto que proporciona a mínima interferência na estrutura do solo. Porém, essas novas práticas agrícolas conservacionistas necessitam de novos investimentos em equipamentos, não estando ao alcance dos pequenos e médios produtores rurais que dispõem ainda de equipamentos convencionais. A conservação do solo também é do interesse do produtor menos tecnificado, que percebeu ao longo dos tempos, que áreas com terras expostas às intempéries perdem produtividade. Atualmente, mesmo produtores rurais com pouco conhecimento tecnológico tem ciência dos processos erosivos, que se iniciam em pequenos sulcos e podem atingir grandes proporções, bem como os prejuízos ambientais e econômicos relacionados a danos a mananciais de água.

A preocupação inicial dos pequenos e médios produtores se restringia à gradativa perda de área que as erosões do tipo voçoroca provocavam pela falta de uma prática conservacionista. A conscientização de que áreas agricultáveis sem um

manejo adequado perdem em produtividade quando submetida às ações do intemperismo ocorreu mais recentemente.

Dentro desse contexto o presente estudo, se justifica como contribuição não apenas ao conhecimento do comportamento altimétrico de curvas de nível em áreas com as mesmas condições reais encontradas bem como avalia a possibilidade da utilização modelagem numérica de superfície para caracterização da situação.

Por se tratar de uma situação efetivamente existente em campo, em condições absolutamente reais, poderá também definir, como recomendação a ser divulgada, se a metodologia foi ou não válida, parcial ou totalmente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Processos erosivos

Erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento. A erosão do solo constitui sem dúvida, a principal causa do depauperamento acelerado das terras. As enxurradas, provenientes das águas de chuva que não ficam retidas sobre a superfície, ou não infiltraram, transportam partículas de solo em suspensão e elementos nutritivos essenciais em dissolução, reduzindo, quase que totalmente a capacidade de produção desse solo (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

Lemos & Bahia (1992) consideram o estudo das previsões das taxas de erosão e da produção de sedimentos nas bacias hidrográficas indispensáveis ao planejamento conservacionista do solo e da água, e merece toda a atenção quando da elaboração de projetos de engenharia em agronomia. Já para Roque et al (1999), no momento de se planejar, projetar, construir ou manter medidas de conservação de solos, torna-se necessário o envolvimento direto com os aspectos relacionados à erosão.

Dificuldades tem sido encontradas na avaliação quantitativa do processo erosivo, sendo que a mais séria é o próprio processo erosivo. Para que as taxas de erosão possam ser seguramente previstas, todas as variáveis envolvidas precisam ser levadas em consideração.

Os sedimentos, em geral provenientes do incorreto uso da terra no que concerne a metodologia conservacionista, prejudicam os organismos aquáticos e a vida silvestre, obstruem rodovias e canais de drenagem, aumentando os riscos de inundação. Em consequência, elevados são os custos do processo de recuperação de fontes de suprimento de água para consumo urbano, agrícola e industrial (Silva, 1978).

A erosão hídrica do solo tem suas consequências diretas na produtividade das culturas e no desenvolvimento da pecuária, afetando a sócio-economia do setor. No entanto, a situação se torna mais complexa quando se avalia o problema fora da propriedade rural e constata-se que o material retirado pela erosão esta poluindo mananciais, provocando inundações, assoreamento de reservatórios e comprometendo a fauna e flora que deles dependem. Neste âmbito de visão, o problema atinge a todos e deve ser estudado, visando a busca das ações mais adequadas, Campos (2001).

Simões (2001) cita o Decreto Federal nº 50.877, de 1961, que define a poluição dos recursos hídricos como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas das águas, que possa importar em prejuízo à saúde, à segurança e ao bem estar das populações e ainda comprometer sua utilização para fins agrícolas, industriais, comerciais e, principalmente, à existência normal da fauna aquática”.

Paiva et al. (2003) concluíram que em análises geoambientais, os trabalhos de campo tornam-se de suma importância, na comprovação das evidências dos processos de erosão e assoreamento dos cursos d'água. Os autores ainda destacam as facilidades geradas pelo Sistema de Informação Geográfica neste tipo de estudo geoambiental, permitindo a integração e análise de um volume considerável de dados.

Segundo Santos (2004), os instrumentos de planejamento, uso e ocupação de terras, são meios importantes, de se ter boas bases para o desenvolvimento, sem que haja agressão aos recursos naturais, pois, tendo-se um bom planejamento, com certeza obterá um correto uso e ocupação do solo. Com este instrumento, pode-se observar se estamos preservando e protegendo o solo de ações degradadoras, como: erosões, voçorocas, desmatamentos desnecessários, perda da capacidade de produção do solo,

influindo na quantidade e qualidade da água. Enfim, estes instrumentos influenciam diretamente nas atividades que se desenvolvem numa área.

Ainda no que se diz respeito ao planejamento do uso e ocupação de terras com intuito de preservação do meio ambiente, evitando perdas de solo por erosão, Rocha (1997) concluiu que o conhecimento do uso da terra é cada vez mais importante para uma nação solucionar os problemas decorrentes do hábito do desenvolvimento ao acaso, de maneira incontrolada, provocando assim a deterioração ambiental, destruição dos solos e de terras agriculturáveis e a perda do habitat da fauna silvestre. Ainda o mesmo autor, relata que o levantamento do uso do solo é uma etapa indispensável para o planejamento físico rural de uma região, pois é um dos melhores indicativos das propriedades do solo. E este levantamento, consiste em mapear tudo que existe sobre a litosfera, e para facilitar a identificação dos elementos de uso do solo, esses devem ser convencionados utilizando uma simbologia adequada, prática e objetiva.

Segundo Oliveira & Perez Filho (1993), o uso indevido do solo, sem levar em consideração sua aptidão agrícola, bem como a retirada de matas ciliares que desempenham importantes funções hidrológicas e contribuem para evitar o assoreamento dos mananciais. Além disso, a implantação de culturas agrícolas em locais inadequados como próximo às nascentes dos rios podem contaminar a rede de drenagem com agrotóxicos.

Abe et al. (2004) caracterizaram morfologicamente quatro voçorocas situadas no oeste do Estado de São Paulo, tendo como objetivo obter subsídios para auxiliar os trabalhos de contenção da erosão. Os autores citaram que as principais medidas preventivas utilizadas na região são o terraceamento em curvas de nível, o estabelecimento de espécies vegetais nas paredes das voçorocas e o isolamento das áreas através de cercas, o que impede o trânsito de animais, facilitando a estabilização do sulco erosivo.

2.2 Bases cartográficas e métodos de obtenção

A utilização de cartas, mapas, plantas, é de elevada importância em projetos rurais e ambientais. Partindo do princípio da confiabilidade do material, o

planejador poderá utilizá-lo como base cartográfica para diferentes finalidades, como dimensionamento de terraços, espaçamento entre cordões de contorno e demais práticas conservacionistas. Dependendo do objetivo a ser alcançado, poderá ser utilizadas simplesmente uma planta com a representação apenas dos limites da área, ou pode ser necessária a representação da planialtimetria do local.

A necessidade de mapas tem acentuado o desequilíbrio entre a produção e a demanda de documentos cartográficos, e que os esforços se concentram na realização de mapas no menor tempo possível, e as conquistas futuras incidirão em aspectos operacionais (Loureiro, 1975).

Segundo Gama (1988), o aparecimento de equipamentos de computação, dotados de capacidades gráficas interativas, que permitissem os processamentos de dados cartográficos, desde a entrada e aquisição automática dos dados, passando pelo seu tratamento através de algoritmos apropriados, até a sua representação final. A possibilidade de interferência do usuário em qualquer fase desses processamentos, torna o uso de tais equipamentos extremamente eficaz, além de rápido e econômico. Ainda de acordo com Gama (1988), as principais fases do tratamento numérico de superfícies cartográficas, com ênfase no desenvolvimento de software com as características de digitalização de plantas topográficas e interpolação de cotas sobre malhas regulares; criação de bancos de dados topográficos; realização de mapeamentos automáticos diversos, curvas de isovalores, plantas de localização, traçado de perfis do terreno e elaboração de perspectivas tridimensionais, podem ser descrito através destes equipamentos.

Para o correto uso do solo como recurso natural, foi desenvolvido o Sistema de Capacidade de Uso (Lepsch et al., 1991), que consiste na integração dos mapas de solo com o de declividade, obtendo-se informações combinadas do potencial agrícola e do risco de erosão, bem como dados climáticos e disponibilidade de água. Com o mesmo intuito, Ramalho Filho & Beek (1994), desenvolveram o sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das terras, processo interpretativo que visa orientar a utilização dos recursos do solo no planejamento regional ou local, levando em conta o nível tecnológico de manejo vigente na terra abordada.

Pirolí (2002) elaborou o mapa de capacidade do uso das terras para o Município de Botucatu, SP, cruzando mapas de classe de solos, classe de declive e do uso

atual do solo através dos SIGs Idrisi for Windows 2.1, Idrisi for Windows 3.2 e Arc-View 3.2. Os resultados obtidos pelo autor demonstraram que a integração das ferramentas de geoprocessamento facilitam o trabalho de coleta e processamento dos dados, melhorando o resultado final, por permitir o armazenamento digital, o que facilita o trabalho no caso de necessidade de alterações nas bases de dados.

Gomes et al. (2001) concluíram que para o correto planejamento é fundamental educar o tempo efetivo de levantamento e eliminar redundâncias e preocupações desnecessárias durante as medições. Informações como infra-estrutura cartográfica da região, pontos de apoio geodésico, referências de nível, imagens de satélite, etc devem ser consideradas

Os estudos voltados à preservação do solo tomam como referência bases cartográficas, planialtimétricas, as quais podem ser oriundas de restituição aerofotográfica ou de levantamento topográfico de campo. Nesse particular, com o advento de novos equipamentos e softwares, a coleta de dados de campo e seu processamento cada vez mais rápido e preciso, vêm permitindo a obtenção de bases cartográficas de indiscutível confiabilidade. Rodrigues (2003), Coelho (2003), trabalhando em diferentes áreas, sob diferentes condições, utilizaram estação total e receptores GPS, na determinação de cotas. Gomes et al. (2003) utilizaram modelagem numérica de superfície na geração da planialtimetria de área, como instrumento para avaliação da precisão de equipamentos e procedimentos topográficos.

Gaspari et al. (2003), para estudar a erosão hídrica superficial do solo, consideraram o material cartográfico como referência básica indispensável.

2.3 Modelagem numérica do terreno

Os métodos de planejamento agrícola vêm passando por constante evolução, conforme evidenciado pelos sucessivos aprimoramentos metodológicos incorporados a estes sistemas de classificação de solos (Valeriano, 1999). A utilização dos SIG – Sistema de Informação Geográfica, permitindo automatização dos processamentos dos dados, possibilitou ganho de tempo e possibilidade de atualização das informações de uma referida área.

Segundo Rafaelli (2004), o manuseio e interpretação de grandes conjuntos de dados de forma diversificada têm levado os pesquisadores a utilizarem sistemas computacionais, não somente para o armazenamento dos dados, mas que possibilitem a sua análise conjunta ou integrada. Esta necessidade conduziu ao desenvolvimento e operacionalização de aplicativos computacionais denominados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ou Geographical Information Systems (GIS).

Os valores altimétricos de uma área natural apresentam continuidade e organização. A ação do homem realizando o preparo do solo de maneira convencional dificilmente provocaria alteração no grau de organização dos valores de cotas de determinada área agricultável, o que viabiliza a utilização da geoestatística pela dependência espacial dos pontos.

Para a representação do valor de um dado em um local não amostrado, é necessário que os valores dos dados de locais conhecidos sofram algum tipo de interpolação, que pode ser automatizada quando se utiliza o geoprocessamento, atualmente considerada ferramenta indispensável na elaboração de projetos agrícolas. O entendimento da tecnologia de geoprocessamento requer uma descrição dos diversos tipos de dados utilizados em SIGs e suas representações computacionais. Entre os principais tipos de dados, destaca-se o Modelo Numérico de Terreno (MNT), que é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço (Câmara & Medeiros, 1998; citado por Bucene et al. 2003).

Caporal et al. (2002) compararam interpoladores digitais que trabalham com grades de pontos regulares (INTERCON) com outro que trabalha com grades triangulares de pontos (TIN), na elaboração de modelagem numérica de terreno (MNT) para o estudo da altimetria em área rural. Os autores concluíram que os dois métodos utilizados na interpolação de curvas de nível foram satisfatórios, embora o segundo (malhas triangulares) tenha caracterizado um pouco melhor o relevo em função da incorporação da descontinuidade do terreno.

Segundo Oliveira et al. (2003) o modelo do tipo de Rede Triangular Irregular (TIN – Irregular Triangulated Networks) reproduz com maior exatidão elevações ao local pontos em vértices de triângulos, mas a Grade Regular Retangular tem

visual mais realista e é mais indicada para estudar tendências, variabilidade e dependências espaciais.

Segundo Rodrigues et al. (2000), os estudos ambientais de qualquer característica ou propriedade que possuam uma distribuição espacial, principalmente aqueles cujas variáveis sejam dependentes ou influenciadas pela sua posição geográfica (coordenadas e altitude), necessitam de um modelo digital de terreno (modelagem numérica de superfície) que represente a superfície real da forma mais adequada possível. A análise espacial, como parte integrante de um SIG, oferece uma ampla e flexível variedade de ferramentas para locais não amostrados. Os autores argumentaram também que nenhum método de modelagem é melhor que outros em um aspecto geral. O mérito relativo de qualquer método depende das características dos dados amostrados e do contexto no qual o modelo de superfície será utilizado. A precisão das medições dos pontos levantados, bem como a frequência e distribuição destes pontos, influenciam a escolha da técnica de interpolação a ser aplicada a estes dados. Os autores verificaram ainda que o método da rede irregular triangular (TIN) demonstrou uma grande capacidade de representar a continuidade dos valores de altitude de forma satisfatória.

Para Rocha (2000), além da modelagem numérica do terreno, o SIG é um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a uma banco de dados alfanuméricos.

Estudando o rigor da interpolação utilizada na modelagem numérica de superfície visando obtenção de planta planialtimétrica, Cardoso et al. (2004) concluíram que malhas triangulares de mediano rigor utilizadas na modelagem numérica de superfície são suficientes para representação, visto que as malhas de rigor muito baixo culminam com representações estéticas inaceitáveis.

Campos & Cardoso. (2004) avaliando a eficiência do sistema de informação geográfica IDRISI, na classificação das terras da microbacia hidrográfica Água da Cachoeira – Paraguaçu Paulista – SP, concluíram que os fatores de maior apreço fornecidos pelos sistemas de informações geográficas são a segurança e a rapidez na obtenção de dados, a partir de operações com informações originais.

A busca de procedimentos e critérios objetivando eficaz proteção do solo contra agentes erosivos vem sendo constantemente atualizada. Paralelamente a disponibilização de novos e modernos implementos acopláveis a tratores, novos métodos de instalação de culturas com mínima movimentação do solo, maior agilidade na locação e construção de curvas de nível, ocorrem dúvidas que devem ser sanadas pela pesquisa e experimentação.

Técnicas de modelagem de superfície, geoprocessamento, entre outras, aplicadas a dados obtidos tanto por sensores remotos como por procedimentos e equipamentos topográficos de campo cada vez mais precisos, conforme atesta a literatura, vem se constituindo num importante banco de dados que pode fornecer soluções aplicáveis à preservação do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Área de estudo

A área localizada no Bairro Faxinal, Município de Botucatu – SP entre as coordenadas UTM 750.452 7.468.987 e 750.734 7.468.796, fuso 22, faixa de latitude K. O clima predominante é Cfa: úmido mesotérmico, de acordo com a classificação de Köppen (Ayodade, 1986). A temperatura média da região, segundo Simões (2001), é de 20,5° C, sendo que a temperatura média do mês mais frio está abaixo de 18°C e do mês mais quente igual ou superior a 22°C. A precipitação média anual está ao redor de 1.447 mm, sendo a precipitação média no mês mais chuvoso e mais seco de 223,4 mm e 37,8 mm, respectivamente (Piroli, 2002). O local está entre 837 e 858 metros de altitude.

De acordo com Almeida (1964), a área pertence ao Planalto Ocidental Paulista, caracterizado por relevo uniforme, extensos espigões de perfis convexos e cimos ondulados, com terminações laterais lombadas, constituindo baixas e amplas colinas que avançam em direção aos vales dos principais rios.

A referida área é composta por dois polígonos irregulares com 1,369 e 1,527 ha, à montante de mananciais de água (uma represa de 1500 m², proveniente de minas d'água e um córrego à jusante). Essa área, incluída em área maior de 11 ha, durante os últimos quinze anos foi explorada com pastagem de maneira predatória, sem qualquer ação conservacionista. O contínuo caminhar de gado, na busca de água no córrego abaixo, provocou ao longo dos anos, o estabelecimento de sulcos. Enxurradas fluindo por esses sulcos, agravaram a situação, chegando os mesmos a cerca de um metro de largura por mais de meio metro de profundidade. A situação, se não controlada, poderia em poucos anos gerar erosões do tipo voçoroca, dada a ocorrência de solo arenoso profundo, classificado segundo Piroli (2002) como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd₁) – textura média. A declividade local se situa entre 12 e 13 %.

O novo proprietário, ao construir à jusante dessa área a referida represa, com o intuito de propiciar proteção à mesma e ao córrego, bem como recuperar a área objeto desta pesquisa, gradeou-a para uniformização do terreno e destruição dos sulcos de erosão, tendo construído cordões de contorno segundo técnicas topográficas precisas, segundo Garcia & Piedade (1983), utilizando-se arado de discos convencional na sua construção.

3.1.2 Equipamentos topográficos e softwares

- Nível de precisão Carl Zeiss NI 050 e acessórios;
- Estação total ELTA R 55, Carl Zeiss, precisão angular 01' e acessórios;
- Microcomputador Pentium 233, 64 MB RAM, HD 4.2 GB;
- Software topográfico DataGeosis – Versão 2.3 professional
- Software Auto CAD 2000
- Software Excel

3.2 Métodos

3.2.1 Preparo inicial da área experimental

Inicialmente, utilizando arado convencional os sulcos de erosão foram eliminados, havendo a necessidade, em muitos casos de o trator atingir alguns sulcos

com tração a ré, visto a impossibilidade de seu trânsito ser efetuado a vante pela dimensão e profundidade desses sulcos. Em seqüência esses locais exigiram gradagem para uniformização.

Após essas operações e seguindo critérios descritos em Garcia & Piedade (1983) foram locados sete cordões de contorno, com intuito de conservação de solo e proteção de mananciais. Na seqüência, foram levantados os cordões, com a utilização de trator e arado de discos convencional, únicos equipamentos disponíveis pelo proprietário e que retrata com fidelidade a situação da maioria dos pequenos e médios produtores rurais da região, no que diz respeito a máquinas e implementos agrícolas. Considerando que mesmo após a eliminação dos sulcos de erosão, a feição do terreno não se alterou, e onde anteriormente ocorriam sulcos ficaram definidas em campo, suaves calhas que exigiriam contínuas e abruptas alternâncias de direção do trator, situação impossível na prática, impondo a necessidade de definir traçado de curvas que nem sempre se posicionavam absolutamente em nível.

Apesar de se tratar de uma área agrícola de pequenas dimensões, apresenta situações ambientais caracterizadas por condicionantes naturais e antrópicos, singulares à realidade dos cenários pretérito e atual da região, com solo e pastagem degradados bem como presença de obstáculos (árvores que não podem ser suprimidas de acordo com o Código Florestal Brasileiro), que dificultam o trajeto uniforme do trator na construção dos cordões de contorno, situações que geram desuniformidade no nível do canal.

3.2.2 Posicionamento de estacas

Para definir os pontos topográficos de interesse, foram cravadas estacas ao longo de cada cordão de contorno, visando representar as possíveis alterações do relevo. As estacas não apresentaram distribuição regular, porém, em cada cordão, a cada 20 metros aproximadamente, foram colocadas estacas conforme a Figura 1: uma representando o relevo original (A), uma no sulco (B) e outra no camalhão (C) levantado pelo arado culminando com 300 estacas no total.

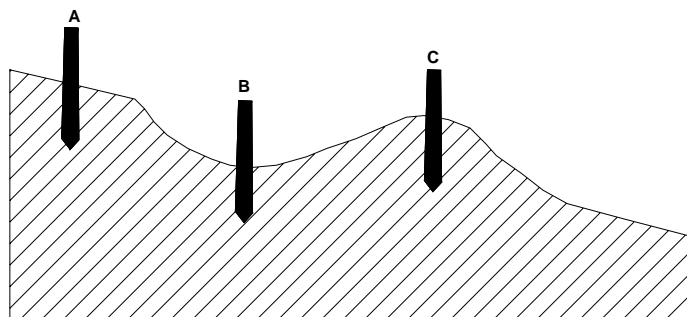


Figura 1: Representação esquemática do posicionamento das estacas em campo.

As estacas utilizadas foram devidamente tratadas a fim de resistirem às ações do tempo.

3.2.3 Levantamento planialtimétrico.

O levantamento inicial foi realizado em dezembro de 2003 utilizando-se estação total, e obedeceu critérios para levantamentos taqueométricos descritos em Garcia & Piedade (1983). Foi considerado o processo de caminhamento sobre poligonal de base interna a área. A partir dos pontos dessa poligonal foram amarrados por irradiação os 300 pontos já estaqueados, além de outros pontos em posições intermediárias, no interior dos sulcos, locais considerados importantes para a caracterização do relevo. O processamento dos dados desse levantamento se constituiu na base cartográfica de referência inicial para o estudo proposto.

A área foi visitada periodicamente objetivando constatar possíveis danos nas estacas e também possíveis aporte de sedimentos nos sulcos, que exigissem intervenção, garantindo a integridade do experimento e dos cordões locados.

Decorridos doze meses foi realizado o levantamento final em dezembro de 2004, seguindo os mesmos critérios do primeiro, verificando assim, a variação altimétrica ocorrida no período.

3.2.4 Tratamento dos dados obtidos em campo

3.2.4.1 Processamento dos dados dos levantamentos por taqueometria

Os dados dos levantamentos com estação total foram submetidos ao software DataGeosis para a obtenção de cotas e posterior obtenção de planialtimetria. Para realizar a inserção dos dados, foi necessário abrir uma planilha para cada levantamento. Por se tratar de estação total, seria possível descarregar os dados diretamente para um arquivo do software utilizado, todavia foi detectado um defeito na memória do equipamento, o que inviabilizou esse procedimento, sendo necessária à digitação manual dos dados de campo. Para cada levantamento planialtimétrico por taqueometria foi criado um arquivo, digitada uma planilha e foram calculadas as respectivas poligonais, obtendo-se erro relativo de fechamento de 1:46.968 para o levantamento inicial e de 1:51.538 para o final. Julga-se interessante ressaltar que os erros relativos de fechamento obtidos estão em conformidade com os limites de tolerância recomendados pela NBR 13.133 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Segundo estas normas o erro relativo máximo permitido para propriedades rurais é de 1:5.000. O sistema está programado para fechamento linear da ordem de 1:500, o que pode ser alterado pelo usuário no comando *Configurações iniciais*.

Em síntese o procedimento para a abertura de uma nova planilha foi:

- Página inicial do programa - Barra de ferramentas: - Planilhas - Nova Planilha.

Realizada esta seqüência, o programa nos forneceu a tela *Configurações da Planilha*, conforme a Figura 2.



Figura 2: Tela de configurações da planilha no programa DataGEOSIS.

Como o levantamento foi apoiado em poligonal de base fechada, nas *Configurações da Planilha* (Figura 2), no item *Sistema da Poligonal*, foi utilizado o método *Fechada*.

Como *Ponto de partida*, utilizou-se: Estação MP, sendo este o primeiro estacionamento do equipamento, e Ré em X, último estacionamento do equipamento, definindo assim a poligonal de base.

O valor de cota inicial do sistema (Z) foi alterado para 100,000, para que após as seqüências dos cálculos efetuadas pelo software, os valores dessas cotas não fossem negativos, sabendo-se de antemão que a diferença entre a menor e a maior cota da área é inferior a esse valor.

Depois de aberta a planilha foi necessário inserir os dados de campo seguindo-se a seqüência:

Selecionar planilha (primeiro ícone na barra de ferramentas da tela inicial):

horário

a zenital

fios

horizontal

O caminhamento foi realizado em sentido horário.

Como o levantamento foi efetuado com a estação total, utilizou-se a opção *horizontal* pelo fato do aparelho fornecer diretamente o valor da distância horizontal.

Depois de digitada a planilha, foi necessário calcular a poligonal para a obtenção das cotas. Em síntese a seqüência de procedimentos para o cálculo de poligonal de uma nova planilha é:

- Página de abertura do programa - Barra de ferramentas: - Planilhas - Nova Planilha.

Realizada esta seqüência, o programa nos forneceu a tela de processamento de cálculos, conforme a Figura 3.

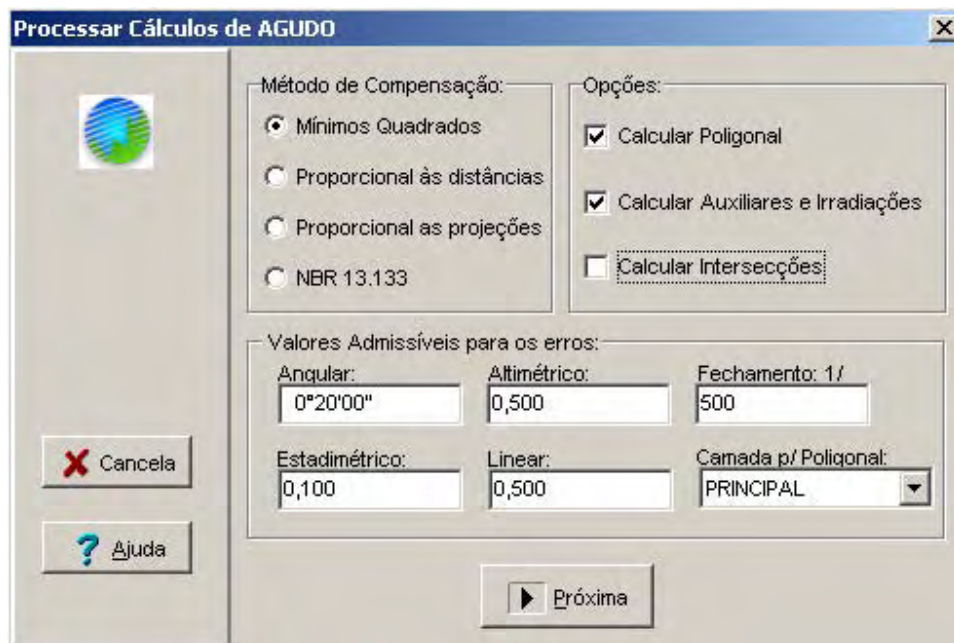


Figura 3: Tela de processamento de cálculos no programa DataGEOSIS

Como método de compensação, utilizou-se os *Mínimos Quadrados*.

No item *Opções*, foram selecionados *Calcular poligonal, auxiliares e irradiações*. Optou-se por não calcular intersecções pelo fato de não ter sido realizado esse tipo de visada no levantamento.

Como *Valores Admissíveis para os erros*, foram utilizados valores sugeridos pelo sistema.

Finalizada esta etapa, foram determinados os valores das cotas (Z). Para possibilitar a comparação entre os valores de cota de ambos levantamentos foi necessário que a estaca de origem de cálculos fosse a mesma nos dois arquivos, de tal maneira que tivessem valores de cota decrescente a partir do valor 100,000 do ponto de maior elevação. Para a realização disso foi necessário seguir a seguinte seqüência:

- Saber o valor da cota da estaca A10 de uma planta (ex: 104,197);
- Subtrair 100 desse valor ($104,197 - 100,00 = 4,197$);
- Substituir o valor obtido do valor de cota inicial do sistema ($100,00 - 4,197 = 95,803$);
- Substituir o valor de cota dos dados iniciais de 100,00 por 95,803.

3.2.4.2 Obtenção dos dados para análise

Em cada um dos dois arquivos foi calculada a Modelagem Numérica do Terreno, que consiste na geração de valores de cota em toda a superfície medida. A realização de tal etapa foi possível pelo fato de sistema Datageosis ser dotado do interpodor *Voronoi*, que com base em no mínimo três pontos é capaz de determinar o valor de cota de todo o espaço intermediário entre os pontos, e o número de pontos intermediários a serem determinados fica na dependência da malha triangular utilizada. Os dois arquivos foram submetidos a malhas considerando a menor distancia entre os triângulos (1,0 m.), sendo o produto final obtido com a maior precisão oferecida pelo software DataGeosis. Para isso seguiu-se a seqüência:

- Página inicial do programa - Barra de ferramentas: - *Projeto* - *Superfícies* - *Criar / Editar Modelos...*

Realizada esta seqüência, o programa nos forneceu a tela de superfície e cálculo do modelo digital do terreno, conforme a Figura 4.

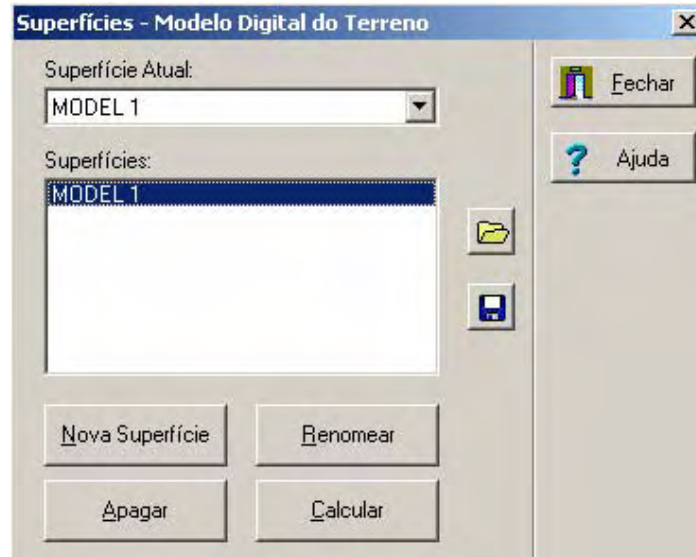


Figura 4: Tela de cálculo de superfícies no programa DataGEOSIS

Primeiramente, foi necessário criar e calcular uma *Nova Superfície*. Na seqüência, foi calculado *Modelo Digital do Terreno*, conforme a Figura 5:
- Página inicial do programa - Barra de ferramentas: - *Projeto* - *Superfícies* - *Gerar Malha Triangular...*

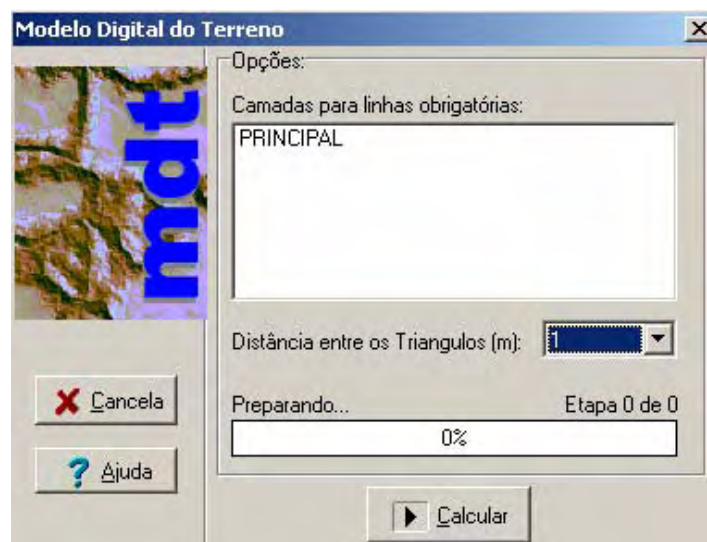


Figura 5: Tela de cálculo de modelo digital do terreno no programa DataGEOSIS

No cálculo do modelo digital do terreno, foi utilizada malha com menor rigor de triangulação (1 metro), a fim de representar com maior fidelidade a planialtimetria da área.

3.2.4.3 Processamento das plantas

A Modelagem Numérica do Terreno possibilitou a geração das curvas de nível nas plantas, tendo-se definido a equidistância vertical de 0,50 metros.

Para isso seguiu-se a seqüência:

- Página inicial do programa - Barra de ferramentas: - *Projeto* - *Curvas de nível* ...

Realizada esta seqüência, o programa nos forneceu a tela de construção e configuração das curvas, conforme a Figura 6.

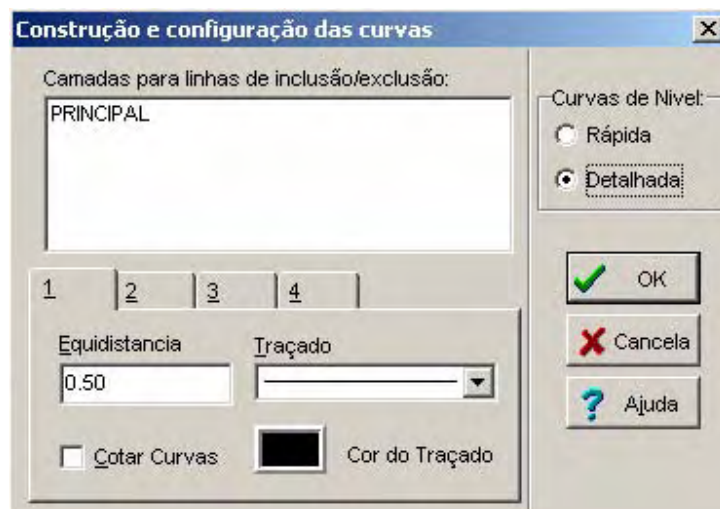


Figura 6: Tela de construção de curvas de nível no programa DataGEOSIS

Nota-se que foi utilizada equidistância vertical de 0,5 metros entre as curvas geradas pelo sistema. Optou-se pelas *Curvas de Nível - Detalhada*, por apresentar traçado suavizado, quando comparado com *Rápida*, que por sua vez apresenta curvas com inflexões abruptas em seu traçado.

Tal procedimento foi realizado com os arquivos dos dois levantamentos taqueométricos, obtendo-se como produto final seis plantas planialtimétricas da área, sendo três referentes ao levantamento realizado em 12/2003 e três referentes ao

levantamento de 12/2004. Para cada um dos dois levantamentos, foram geradas três plantas: uma utilizando apenas os pontos do relevo natural antes do corte para definição do canal (estacas A), uma utilizando os pontos do centro do canal (estacas B), e uma utilizando os pontos do camalhão (estacas C). Não foram consideradas plantas planialtimétricas utilizando todos os pontos, pelo fato de que o estaqueamento não foi realizado para visar tal representação e sim para acompanhar o deslocamento dos sedimentos individualmente em cada canal.

3.2.4.4 Processamento de perfis longitudinais

Após a elaboração das plantas planialtimétricas, foram criados três perfis longitudinais para cada canal (um considerando as estacas A, outro considerando as estacas B e outro considerando as estacas C) representando assim todas as feições mapeadas. Adotou-se o trajeto dos cordões de contorno como linha para a definição dos trajeto dos perfis. Para realizar esta etapa, seguiu-se a seguinte seqüência:

- Página inicial do programa - Barra de ferramentas: - *Criar um novo alinhamento para perfil...*
- Criar Perfil Longitudinal
- Selecionar linha para definição do trajeto do perfil
- Nome - Perfil 01 - OK
- Configurar Perfil Longitudinal

Realizada esta seqüência, o programa nos forneceu a tela de construção e configuração das curvas, conforme a Figura 7

Nota-se escala vertical de 50:1, o que indica exagero de 50 vezes.

Nas demais configurações da Figura 7, foram adotadas as sugestões do programa para a realização dos perfis.

Foram então gerados 42 perfis longitudinais, sendo 21 referentes ao levantamento de 2003 e 21 ao levantamento de 2004.

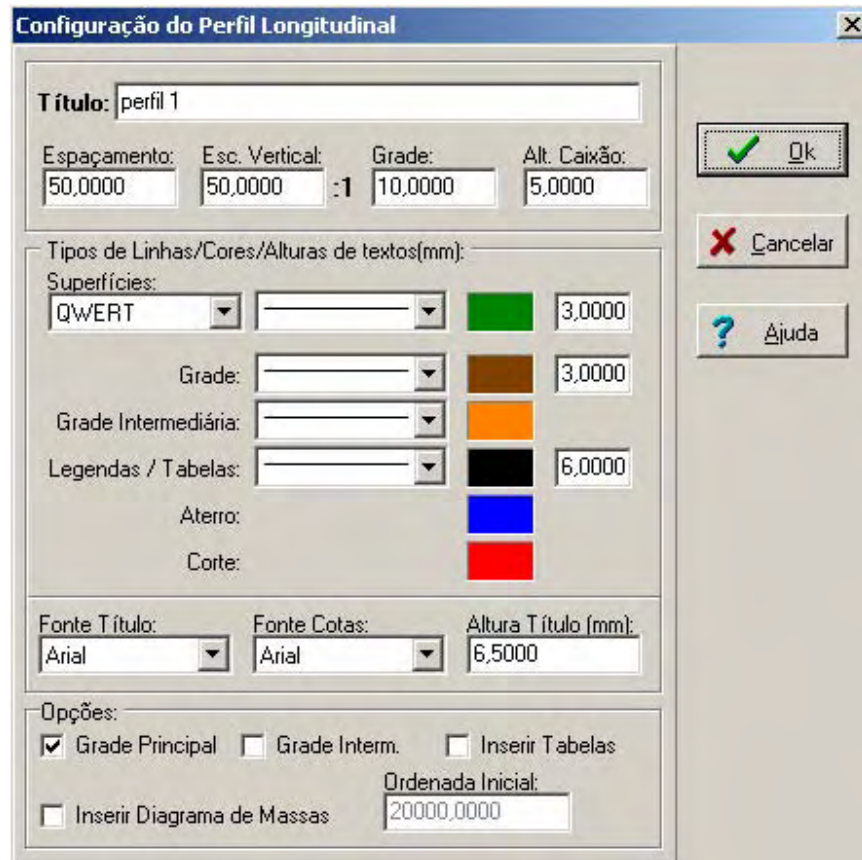


Figura 7: Tela de configuração de perfil longitudinal no programa DataGEOSIS

3.2.4.5 Tratamento final das plantas e perfis

Elaboradas as plantas planialtimétricas e os perfis longitudinais realizou-se o tratamento final dessas representações, utilizando-se o software Auto Cad. Esta etapa se justifica pelo fato desse programa fornecer maior quantidade de recursos para acabamento de plantas, quando comparado ao Software DataGEOSIS. Além desses recursos, por se constituir num programa elaborado basicamente para desenho, proporciona maior velocidade no processamento das plantas e demais representações. Dentro deste contexto, todas as representações que foram elaboradas através do sistema DataGEOSIS, foram salvas em formato DXF (arquivo – salvar como – formato – DXF) para o referido tratamento no AutoCAD, a fim de se apresentarem com estética mais aceitável e melhor visualização. Ressalta-se que nenhum tratamento de modelagem foi realizado no Auto CAD.

3.2.4.6 Cálculo do volume admissível nos canais

Para esta etapa os dados de cotas das estacas, referentes aos levantamentos de 2003 e 2004 foram inseridos em planilhas do Excel. Foram realizadas operações matemáticas básicas, a fim de obter os resultados desejados. Julgou-se conveniente detalhar melhor essas etapas no Item 4 do presente trabalho, por se constituir no resultado propriamente dito.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comparação entre as plantas planialtimétricas

A Figura 8 apresenta a planialtimetria da área apoiada nos pontos do relevo natural, antes do corte para a definição do canal (na Figura 1 – estaca A), relativo ao levantamento efetuado em dezembro de 2003. Na referida Figura, nota-se a conformação geral da área experimental, bem como o relevo, representado pelas curvas de nível com 0,50 m de equidistância vertical. Constatase também nessa figura que o experimento foi dividido em duas áreas distintas, uma ao Sul, com quatro cordões de contorno, e outra ao Norte com três cordões, pelo fato de entre as duas sub-áreas o proprietário ter planejado uma estrada interna, o que impossibilitou o estudo em área contínua.

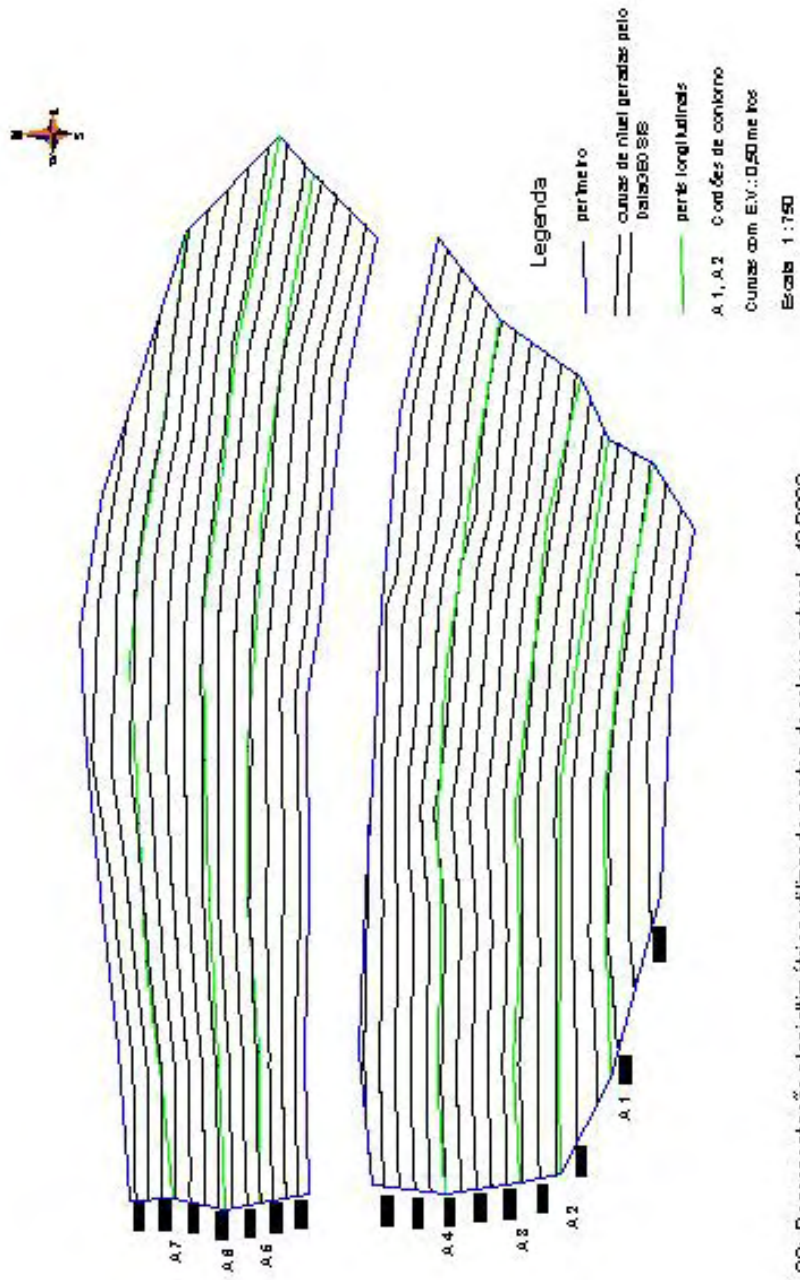


Figura 08: Representação planialtimétrica utilizando pontos do relevo natural - 12/2003

A mesma situação pode ser observada na Figura 9, apoiada nas mesmas estacas, em levantamento efetuado em dezembro de 2004. No decorrer do período (um ano), ocorreu variação no valor altimétrico de várias dessas estacas, todavia esse valor foi de pequena monta, quase imperceptível nas plantas geradas, considerando a equidistância vertical adotada para o traçado das curvas de nível (0,50 m.). Cogitou-se diminuir o valor da equidistância vertical das curvas, visando melhorar a comparação, mas a representação ficaria com excesso de traçados, não colaborando com o intuito principal do trabalho. Apesar de pouca valia no que tange comparação, julgou-se conveniente a inclusão dessa representação a fim de apresentar todas as etapas seguidas para a obtenção das conclusões.

As pequenas variações nas representações também podem ser justificadas pelo fato das mesmas serem oriundas do relevo natural obtidas segundo as estacas codificadas como A (Figura 1), região da área em que a movimentação do solo é mínima, não estando sujeita ao aporte de sedimentos (interior do canal), bem como ao empolamento (camalhão).

As Figuras 10 e 11 representam a planialtimetria apoiado em pontos do fundo do canal (estaca B da Figura 1), considerando os levantamentos efetuados em dezembro de 2003 e dezembro de 2004 respectivamente. Através da comparação visual, é possível notar pequenas diferenças entre as representações, todavia, não é possível quantificar essa variação. Nota-se que na Figura 10 o cordão B1 passa praticamente sobrepondo a curva 98.50, fato que não se repete na Figura 11, na qual o cordão se encontra entre as curvas 98.50 e 99.00, o que denunciando o aporte de sedimentos para o interior do canal no decorrido período (doze meses). A mesma situação se repete nos demais cordões (B2, B3, B4, B5, B6 e B7), o que permite concluir, antes mesmo da quantificação, que ocorreu aporte de sedimentos para o interior do canal, proporcionando diminuição da capacidade de acúmulo de águas pluviais, notadamente se for considerando solo em capacidade de campo.

Apesar da impossibilidade em quantificar visualmente o aporte de sedimentos para os canais, pela comparação do traçado dos cordões em relação ao traçado das curvas, nota-se maior diferença nos cordões B1 e B2, que se situam na parte mais elevada da área experimental.



Figura 09: Representação planialtimétrica utilizando pontos do relevo natural - 12/2004

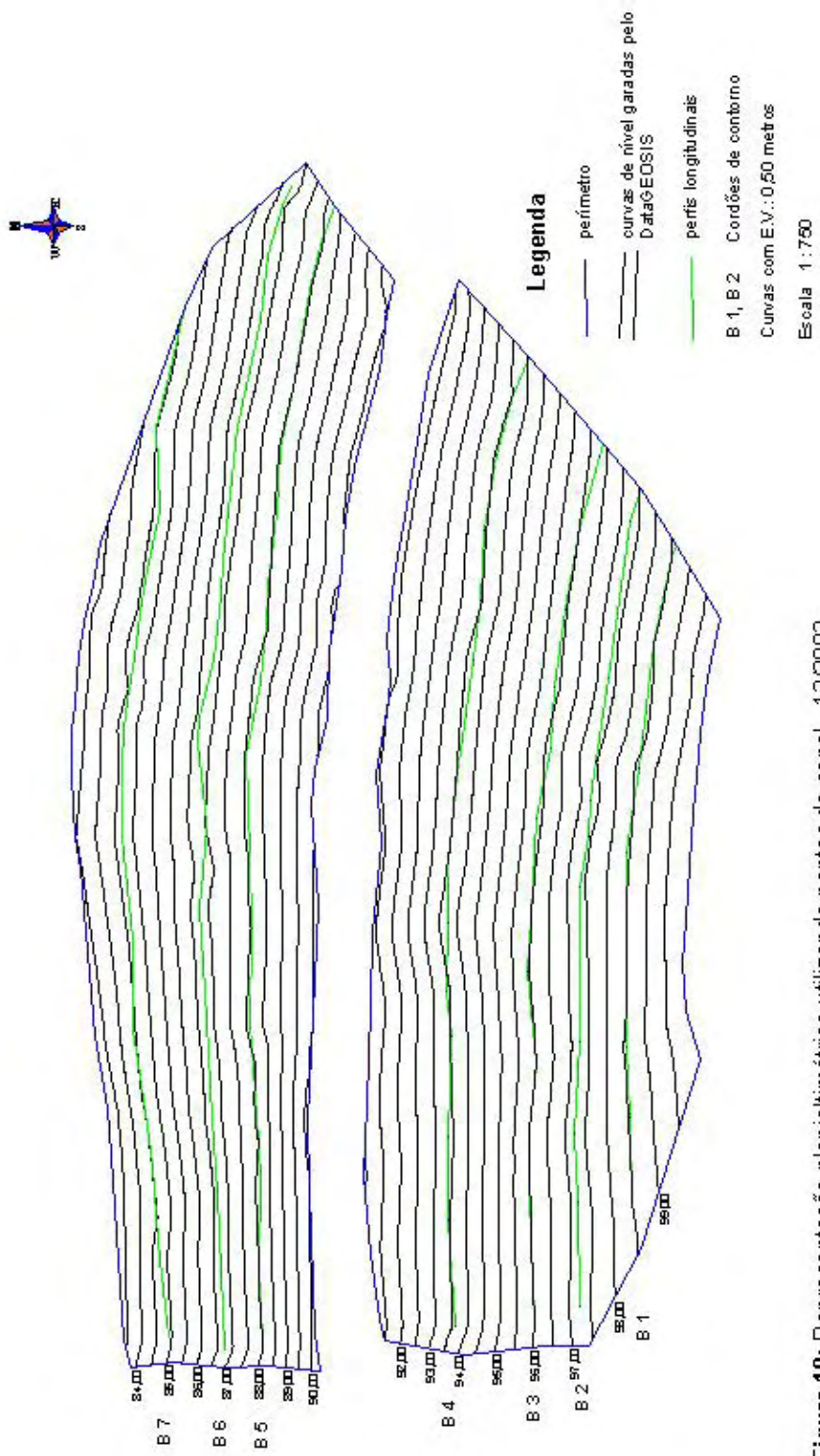


Figura 10: Representação planialtimétrica utilizando pontos do canal - 12/2003

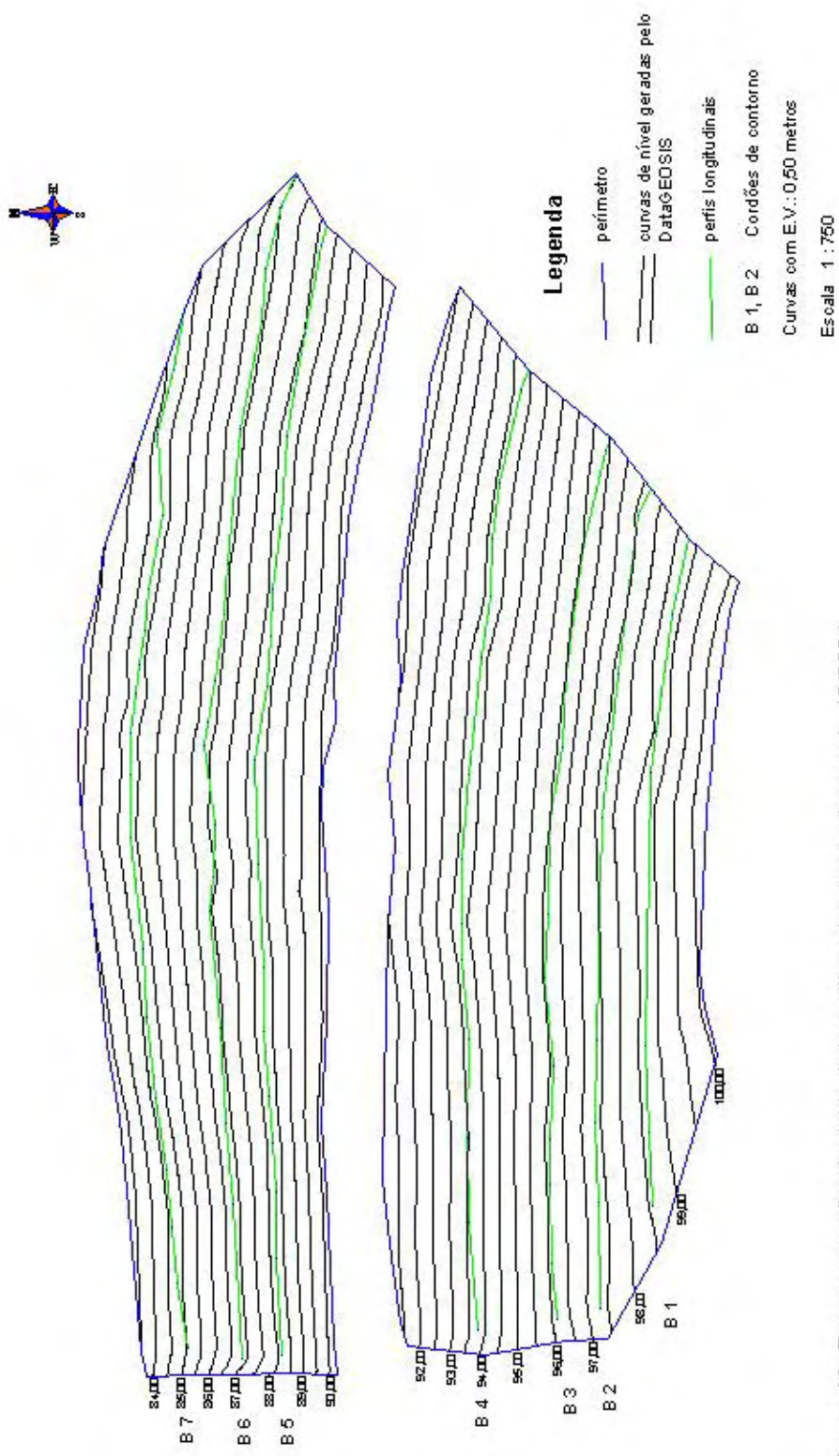


Figura 11: Representação planialtimétrica utilizando pontos do canal - 12/2004

As Figuras 12 e 13 representativas da planialtimetria obtida segundo as estacas C, posicionadas no camalhão quando comparadas entre si apresentam situação intermediária entre o constatado para as estacas A e B, com maior variação que as estacas A e menor que as Figuras relativas às estacas B. A interpretação dessa Figuras, permite inferir que a variação ocorrida está associada ao empolamento e desgaste do camalhão no decorrer do período, por se tratar de terra movimentada, ou seja, sem a estabilidade e compactação de uma área natural (relevo natural – estaca A) ou uma área de corte (canal – estaca B).

Quando comparadas às representações das estacas A, B e C, nota-se variação no traçado do perímetro, proporcionada pelas três diferentes referências utilizadas como limite. pois nas plantas planialtimétricas embasadas nas estacas A, as referências de limite eram as estacas A localizadas nos pontos extremos da área. Tal procedimento se repetiu nos outros dois casos (plantas oriundas das estacas B e C). A variação do perímetro não interferiu nas comparações, pois estas foram realizadas apenas entre plantas elaboradas com as mesmas estacas A (2003) x A (2004); B (2003) x B (2004) e C (2003) x C (2004).

4.2 Comparação entre os perfis longitudinais

A comparação visual realizada com as representações planialtimétricas possibilitou constatar que as principais variações altimétricas ocorreram no canal (estacas B), seguidas do camalhão (estacas C), e as variações de pequena monta foram notadas no relevo natural (estacas A). Ainda que notadas variações, com base nas representações planialtimétricas, não é possível quantificar essas variações. Com intuito de se obter o valor dessas variações, foram gerados através de modelagem numérica de superfície, perfis longitudinais, seguindo o traçado dos cordões de contorno. Foram gerados 42 perfis, sendo:

- 14 considerando as estacas A do levantamento de 12/2003 e 12/2004
- 14 considerando as estacas B do levantamento de 12/2003 e 12/2004
- 14 considerando as estacas C do levantamento de 12/2003 e 12/2004



Figura 12: Representação planialtimétrica utilizando pontos do camalhão - 12/2003

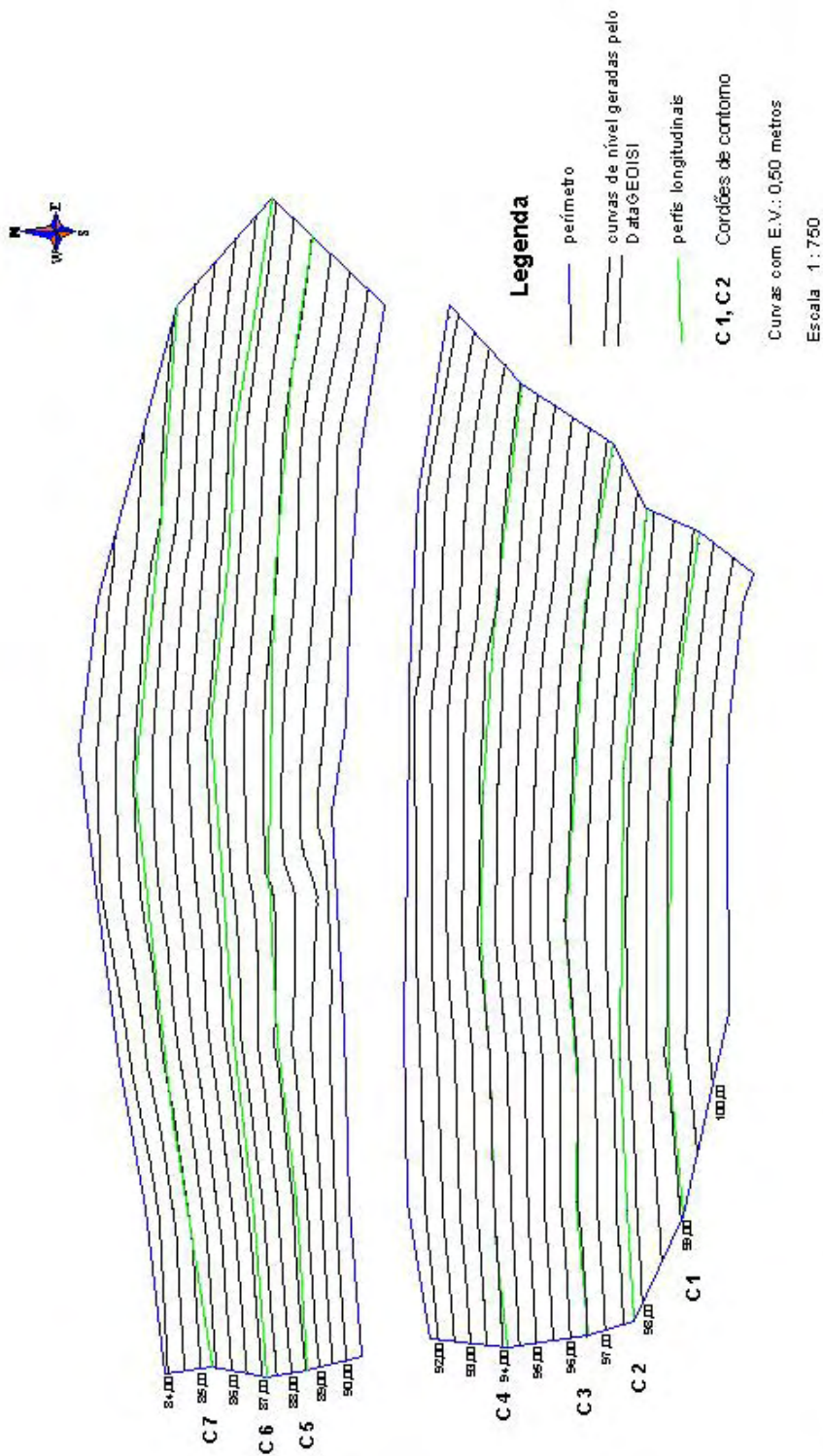


Figura 13: Representação planialtimétrica utilizando pontos do camalhão - 12/2004

Os perfis a serem comparados, como por exemplo o perfil das estacas A (2003) e o perfil das estacas A (2004), foram plotados na mesma representação gráfica, culminando com 21 representações com 2 perfis cada, o que facilitou a visualização da diferença altimétrica ocorrida no período.

Foram gerados perfis com exagero vertical de 50 vezes para facilitar a visualização das variações altimétricas ocorridas ao longo dos perfis. Optou-se por definir para o sistema DataGEOSIS a elaboração de perfis obedecendo estaqueamento de 20 em 20 metros para uniformização das representações e localizar os locais de maior de interesse para discussão.

Adotou-se a seguinte legenda para a representação dos perfis:

- a representação gráfica do perfil A1 é referente ao cordão de contorno A1, de acordo com as figuras 8 e 9 (área de relevo natural);
- a representação gráfica do perfil B1 é referente ao cordão de contorno B1, de acordo com as figuras 10 e 11 (canal);
- a representação gráfica do perfil C1 é referente ao cordão de contorno C1, de acordo com as figuras 12 e 13 (camalhão).

Na apresentação que se segue, são informados valores em cm relativos às maiores variações de cota ocorridas no período, para cada alinhamento de perfil estudado e considerando a dificuldade de visualização dessa situação, os valores conforme informados são apresentados também nos respectivos perfis. Adotou-se esse procedimento para evitar excesso de detalhamento nos perfis, o que poderia prejudicar sua análise visual.

A Figura 14 refere-se à representação gráfica do perfil A1. No início deste perfil, ocorre aumento do valor altimétrico proporcionado pelo acúmulo de 6 cm de sedimentos oriundos da área a montante. O acúmulo de sedimentos tende a diminuir no decorrer do cordão de contorno, culminando com desgaste de 6,5 cm (menor valor altimétrico) na porção final.

Na Figura 15 (perfil A2), ocorreu estabilidade no início do cordão de contorno, seguido de acúmulo de 12,4 cm na porção central e desgaste de 8,2 cm no final.

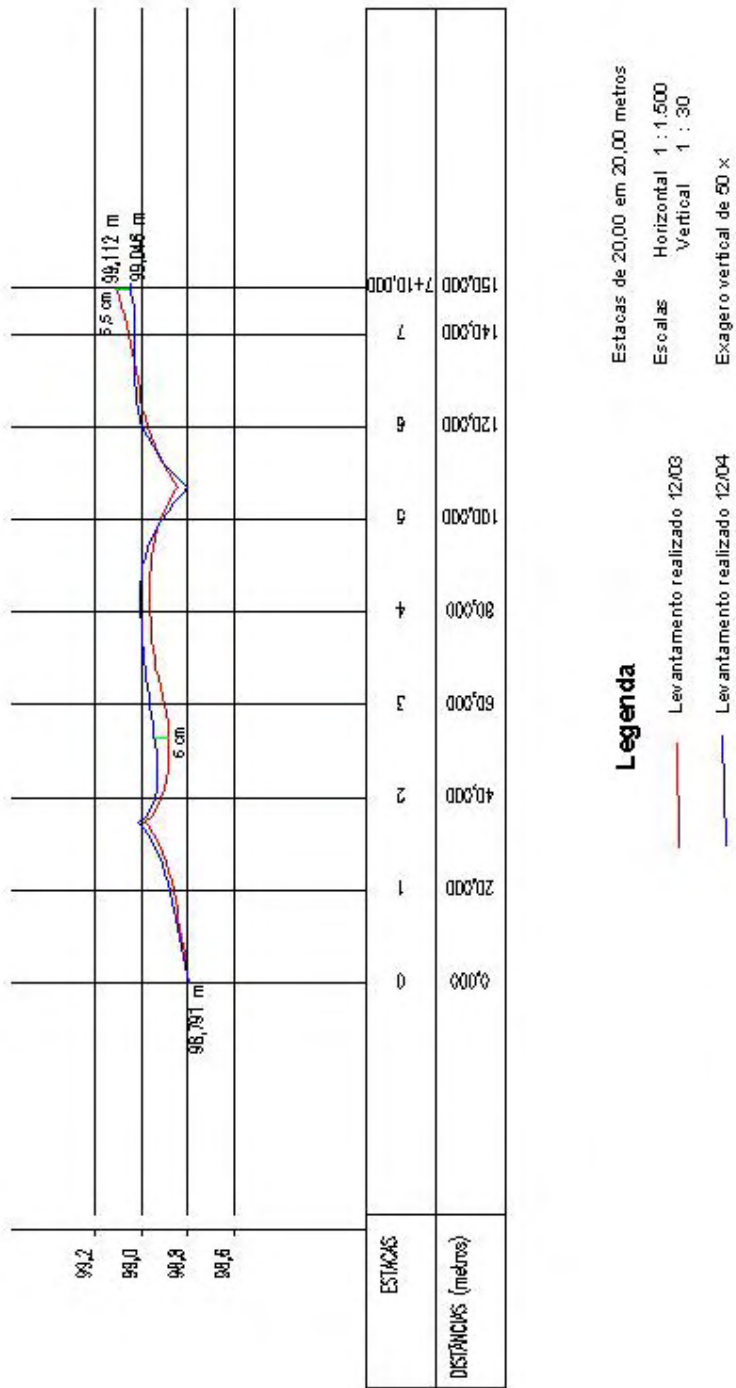


Figura 14: Representação gráfica do perfil A1

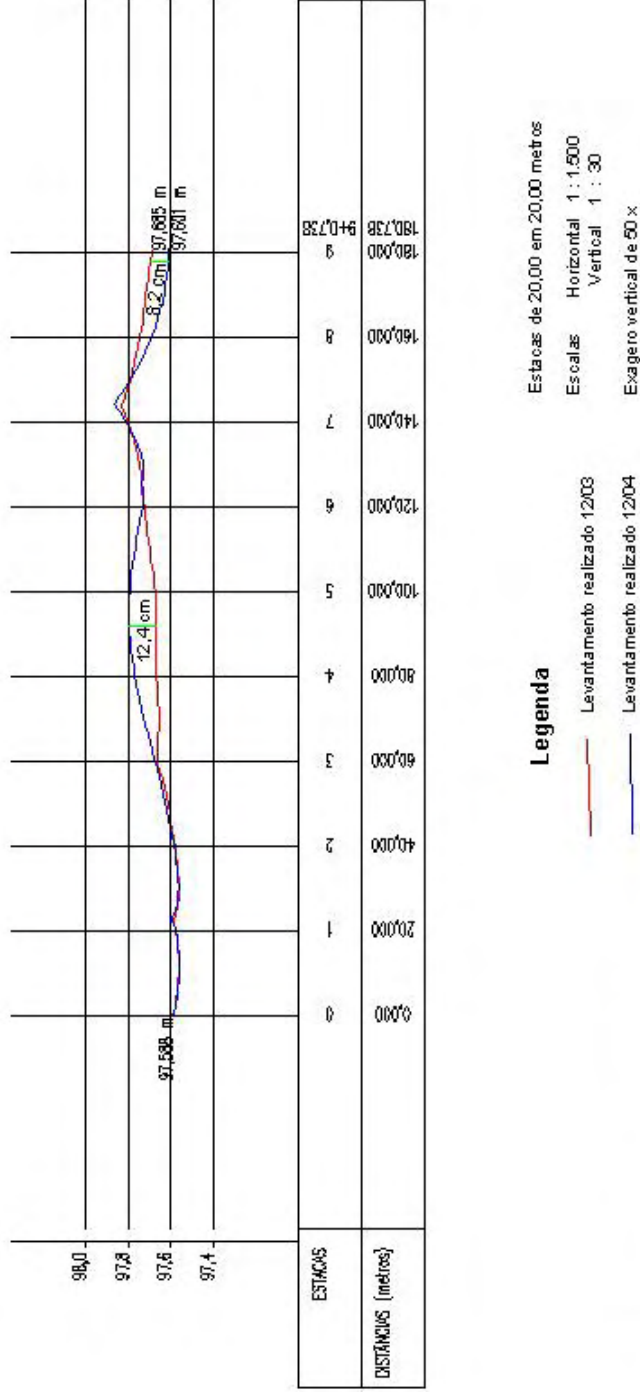


Figura 15: Representação gráfica do perfil A2

A Figura 16 (perfil A3) mostra que a área não sofreu alteração até a estaca 6 e a partir desta iniciou um processo de desgaste de 4 cm denunciado pela diminuição altimétrica, provocado pela presença do canal (estacas B) na seqüência (Figura 1).

Na Figura 17 (perfil A4) é possível visualizar que ocorreu desgaste de 5 cm no início do cordão, até a estaca 5. Entre as estacas 8 e 9 foi notado o acúmulo de 9 cm.

As Figuras 18 e 19 (perfis A5 e A6) apresentaram comportamento semelhante, com aporte de sedimento. Esse aporte é justificado pelo fato desta área estudada (estacas A1, A2,... e A7), se constituir de relevo natural e se encontram no mesmo patamar que a área à montante, porém possuindo menor valor altimétrico. O acúmulo foi na média de 4 cm no perfil A5 e de 7 cm no perfil A6.

Na Figura 20 (perfil A7) ocorreu pouca variação altimétrica, caracterizada pela grande proximidade dos traçados ocorrendo um aporte médio de 2 cm de sedimentos, definida pela similaridade do traçado dos perfis. Ressalta-se que esse valor médio não pode ser visualizado na Figura, uma vez que é calculado com base em diferentes valores de cota obtidos ao longo da representação dos dois perfis.

As representações gráficas dos perfis, considerando as estacas A, possibilitaram melhor visualização das variações altimétricas, bem como a localização dos locais de variação ao longo do cordão de contorno. Todavia, por se tratar de uma área de relevo natural e o solo se encontrar estabilizado, poucas variações ocorreram, pois mesmo utilizando exagero vertical de 50 vezes, os perfis embasados em levantamento realizado em dezembro de 2003 apresentaram traçado com pouca diferença visual quando comparado aos de dezembro de 2004.

Na Figura 21 (perfil B1) nota-se duas grandes áreas com elevada variação altimétrica. No trecho entre as estacas 2 e 5, ocorreu aporte de sedimentos, culminando com a variação de 37 cm na altimetria do canal na estaca 4. Entre as estacas 6 e 7 também foi notado o acúmulo de sedimentos no canal, com o valor de 28,4 cm na estaca 6, definido pelo espaçamento entre os perfis.

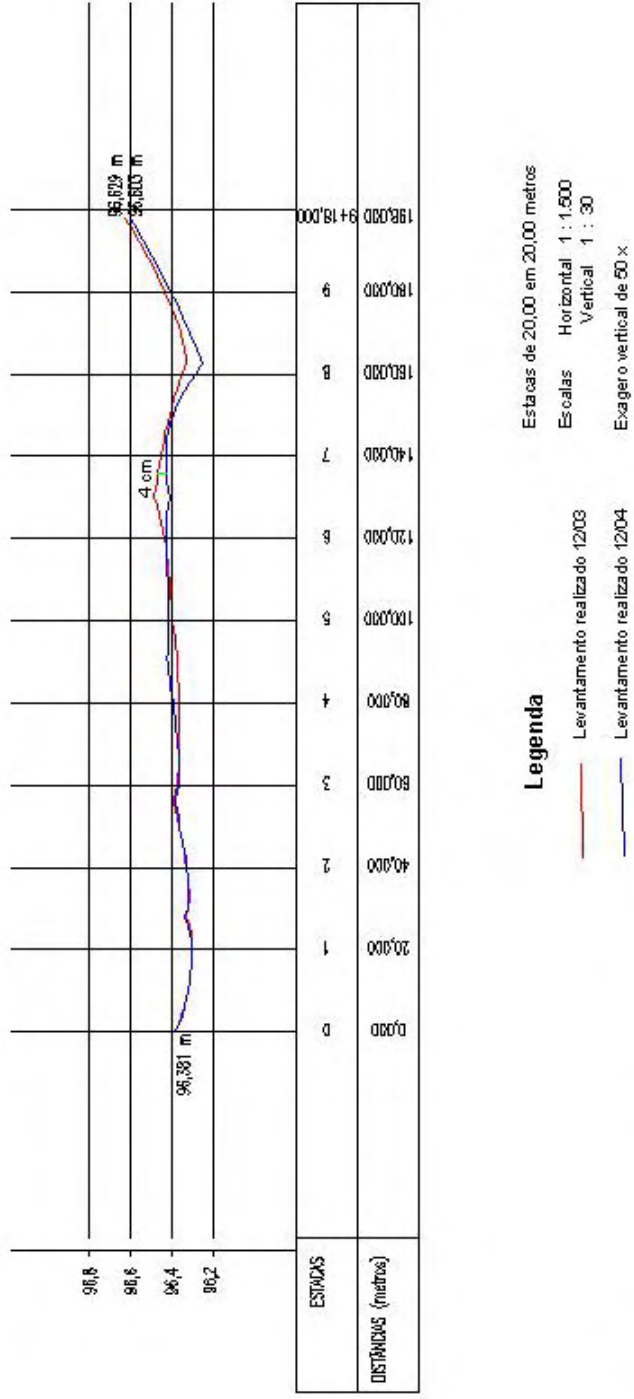


Figura 16: Representação gráfica do perfil A3

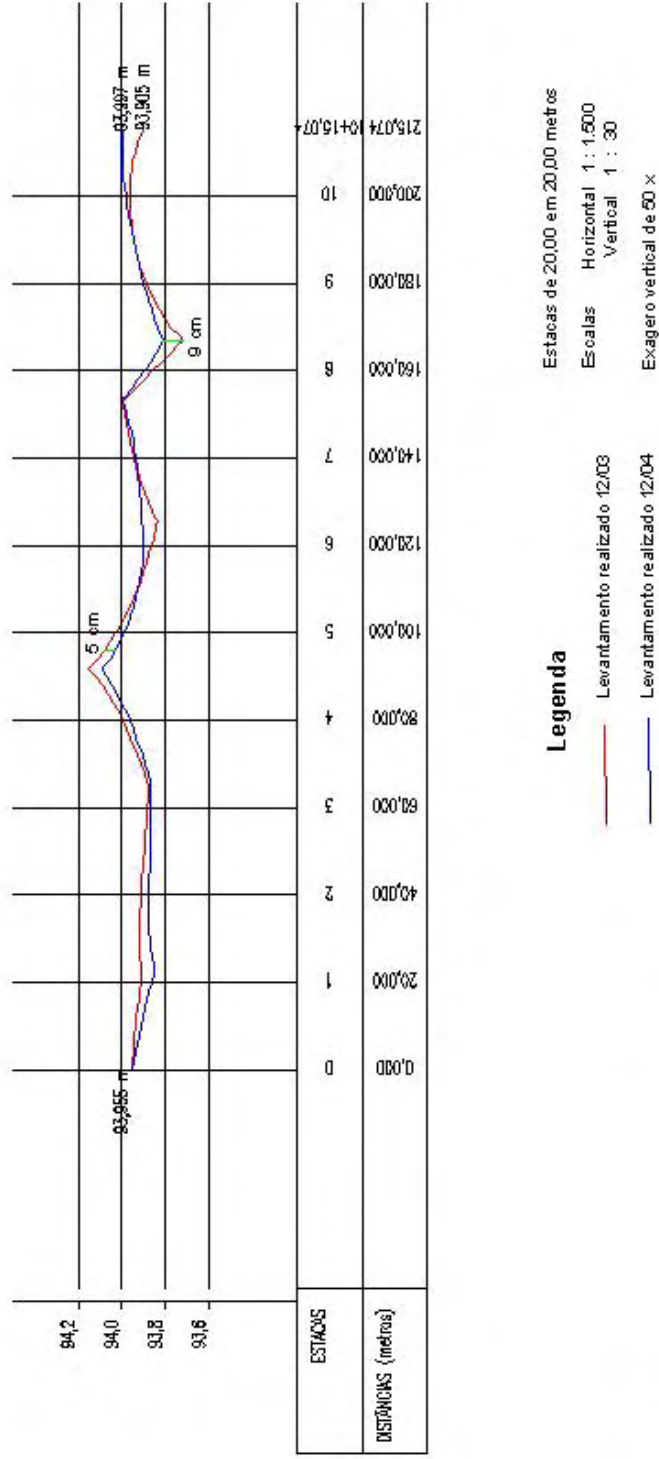


Figura 17: Representação gráfica do perfil A4

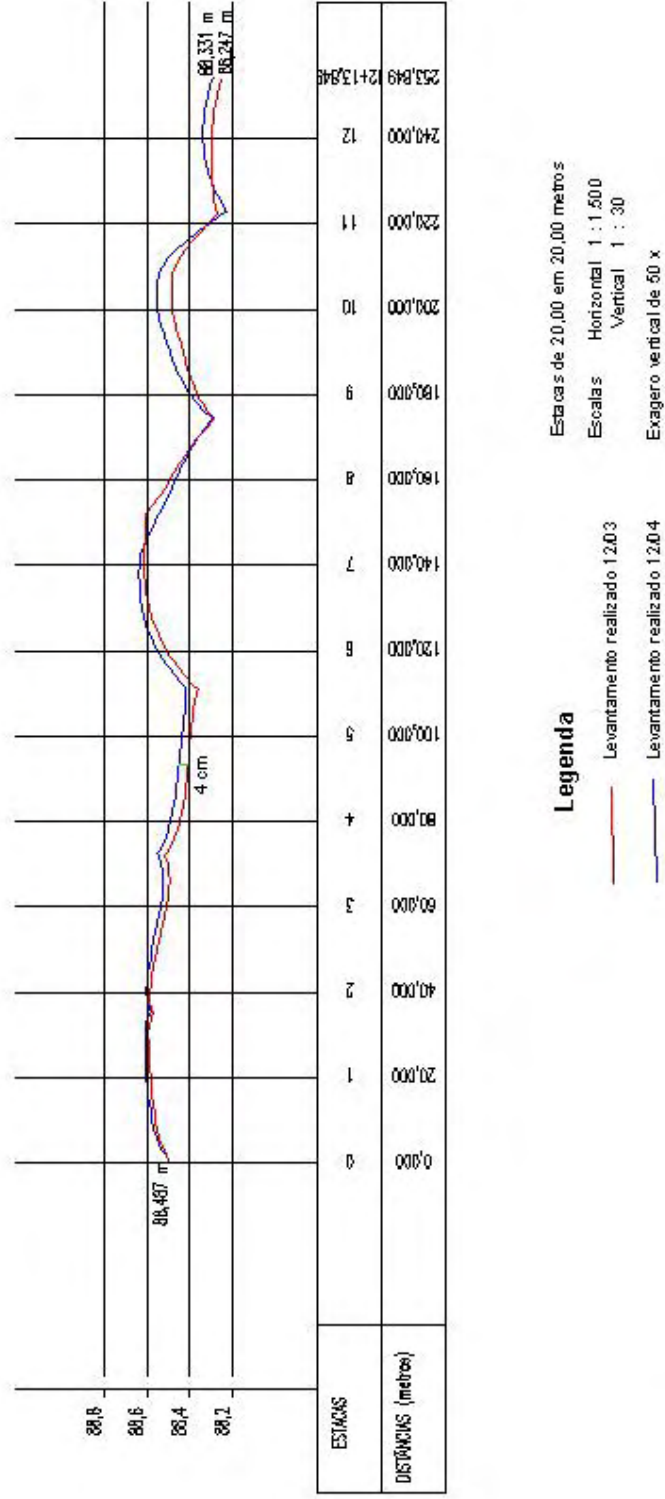


Figura 18: Representação gráfica do perfil A5

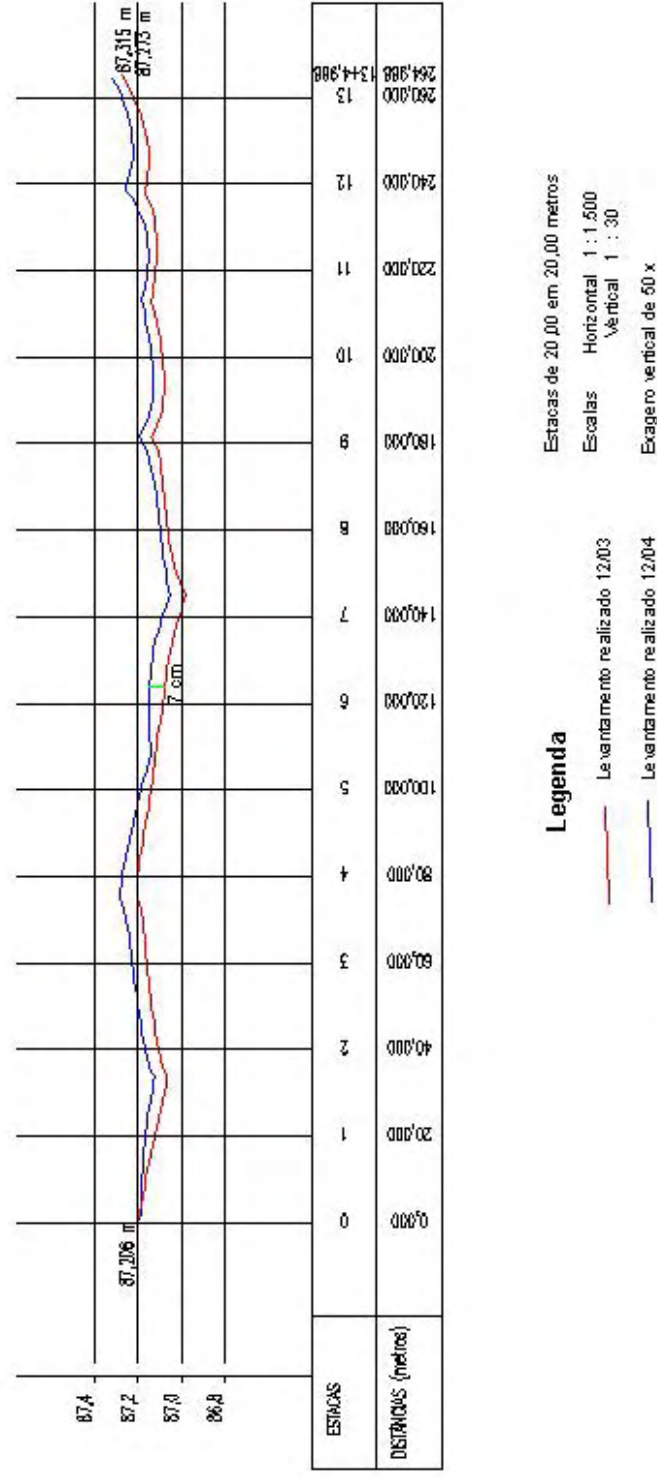


Figura 19: Representação gráfica do perfil AG

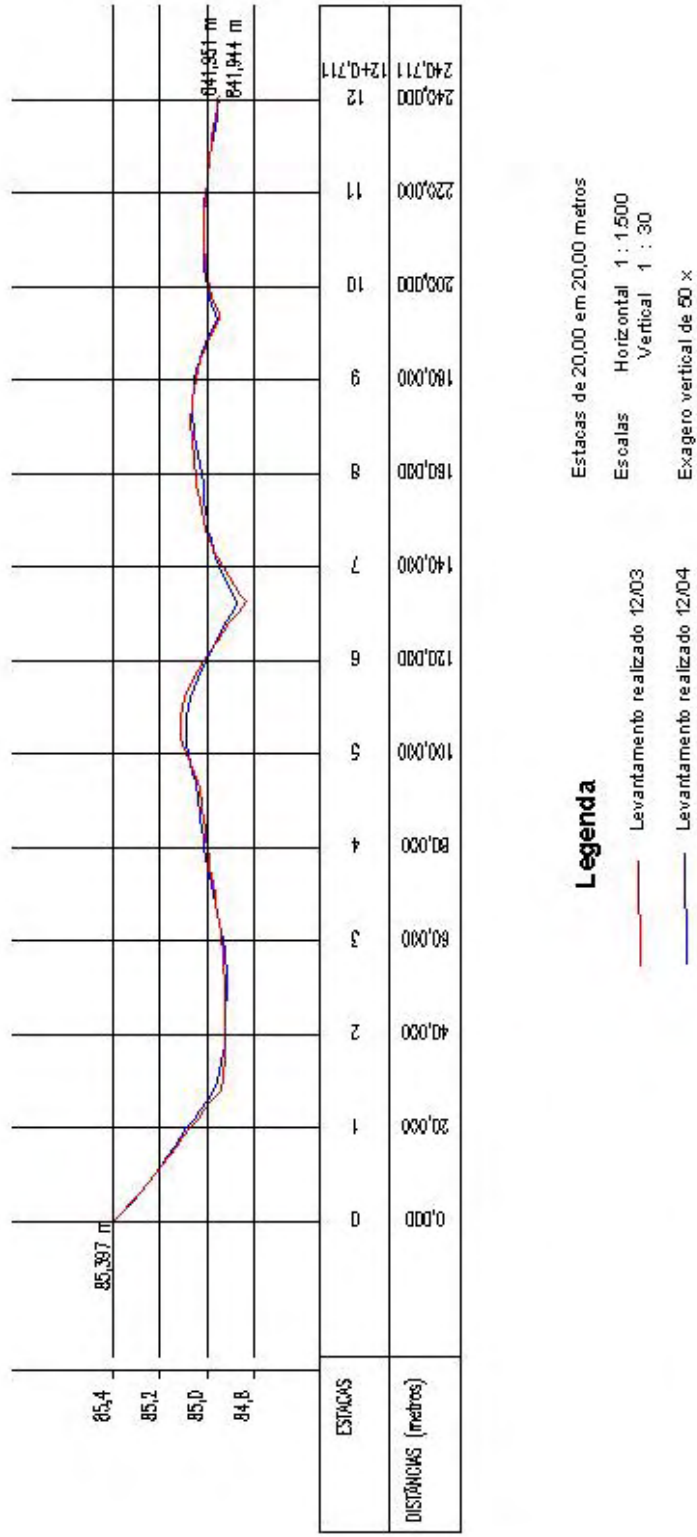


Figura 20: Representação gráfica do perfil A7

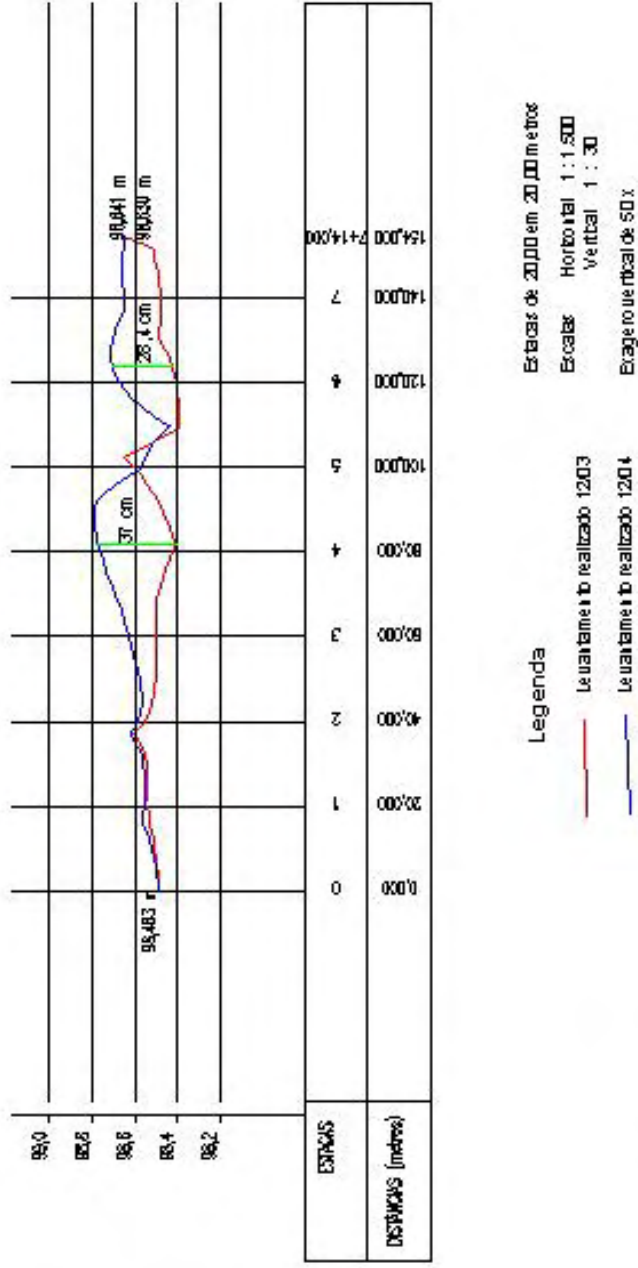


Figura 2-1: Representação gráfica do perfil B1

A Figura 22 (perfil B2) mostra que a área do canal apresentou acúmulo gradativo de sedimentos, a partir da estaca 3, culminando com o valor de 39,1 cm nas imediações da estaca 6. O acúmulo de sedimentos sofreu uma redução (6,8 cm.) na estaca 8, tendendo a aumentar para 28,5 cm após a estaca 9. Essa situação pode ser justificada pelo fato já descrito da dificuldade do trator manter um trajeto absolutamente em nível quando da construção dos cordões, culminando com a ocorrência de locais de menor cota no interior do canal, para onde naturalmente os sedimentos carregados pela enxurrada irão se acomodar.

Na Figura 23 (perfil B3), ocorreu acúmulo de 3 cm ao longo do cordão de contorno, salvo entre as estacas 6 e 7 e na estaca 9, onde ocorreu desgaste. Essa situação de acúmulo em um local e desgaste em outro pode também ser justificado pela situação acima descrita. Atente-se também para o fato de estando o canal recebendo água e sedimentos e o solo em capacidade de campo ocorre naturalmente uma tendência à nivelamento através do desgaste nos pontos de cota mais alta e acúmulo nos pontos de cota mais baixa.

Na Figura 24 (perfil B4), nota-se acúmulo de 14,6 cm nas proximidades da estaca 4 e 8 cm entre as estacas 8 e 9. Entre as estacas 4 e 5, foi notada a ocorrência de um desgaste de 5 cm.

A Figura 25 (perfil B5) fica caracterizado pela variação de acúmulo de sedimentos no decorrer do canal, com 11 cm na estaca 1, atingindo 16 cm na estaca 5. A partir da estaca 9, ocorre diminuição do valor de acúmulo de sedimentos, culminando com um desgaste de 3,6 cm na estaca 12.

Na Figura 26 (perfil B6) ocorre acúmulo de 5 cm de sedimentos entre as estacas 3 e 4 e de 5,2 cm na estaca 7. Nota-se também, que entre as estacas 2 e 3, na estaca 9 e entre 10 e 11, ocorreu desgaste do canal, pelo fato do traçado do perfil apoiado no levantamento de 2003 possuir maior valor altimétrico em relação ao perfil apoiado em dados do levantamento de 2004.

A Figura 27 (perfil B7) apresenta desgaste no início, até a estaca 3. A partir da referida estaca, inicia-se o acúmulo de sedimentos, que atinge o valor de 13,6 cm entre as estacas 8 e 9.

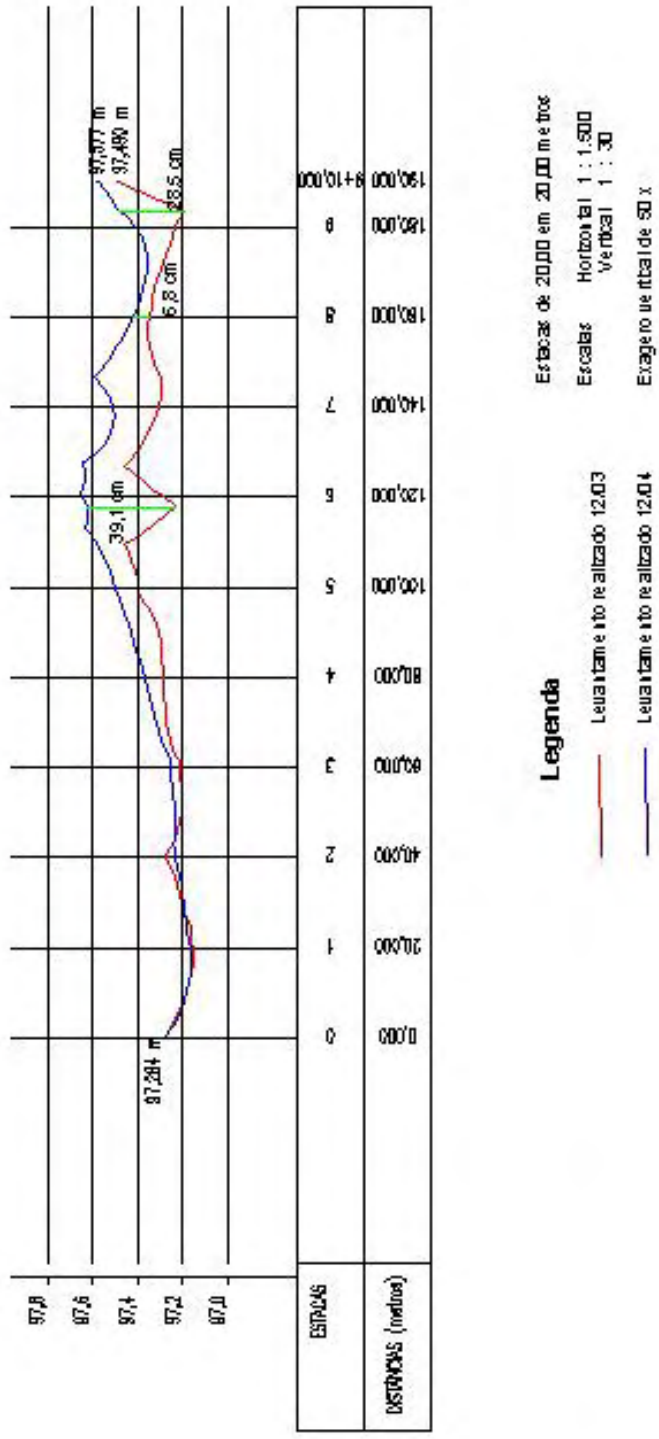


Figura 22: Representação gráfica do perfil B2

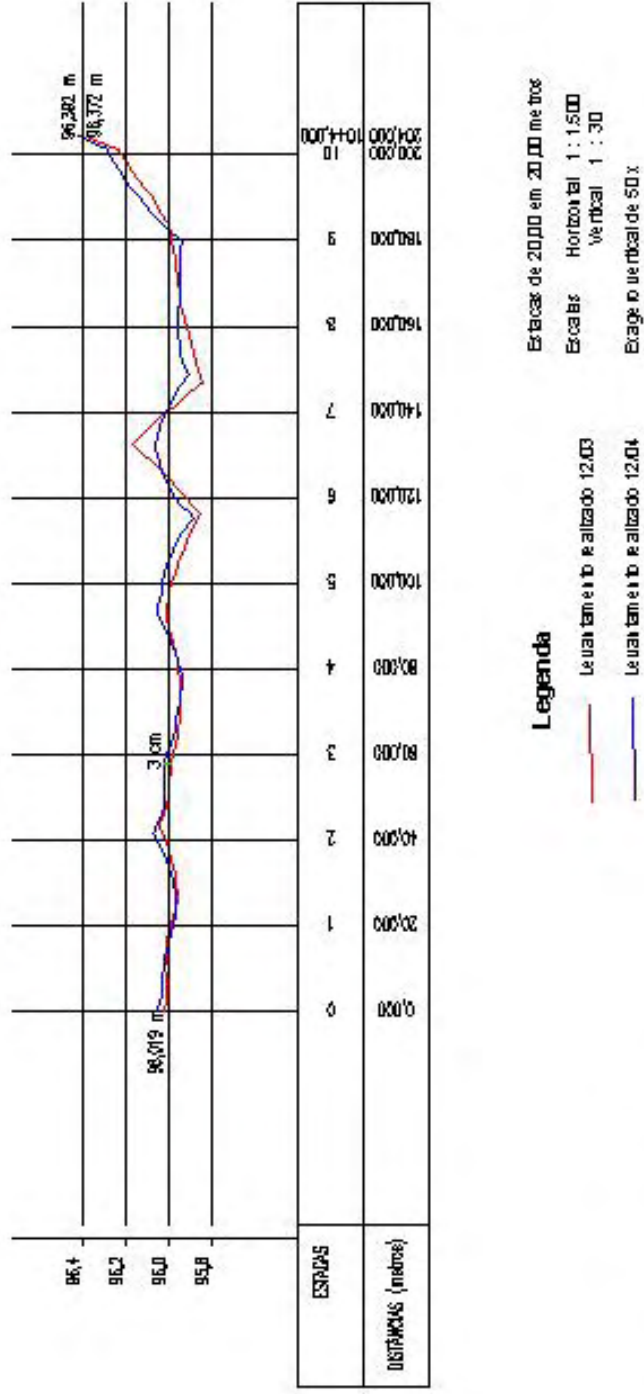


Figura 23: Representação gráfica do perfil B3

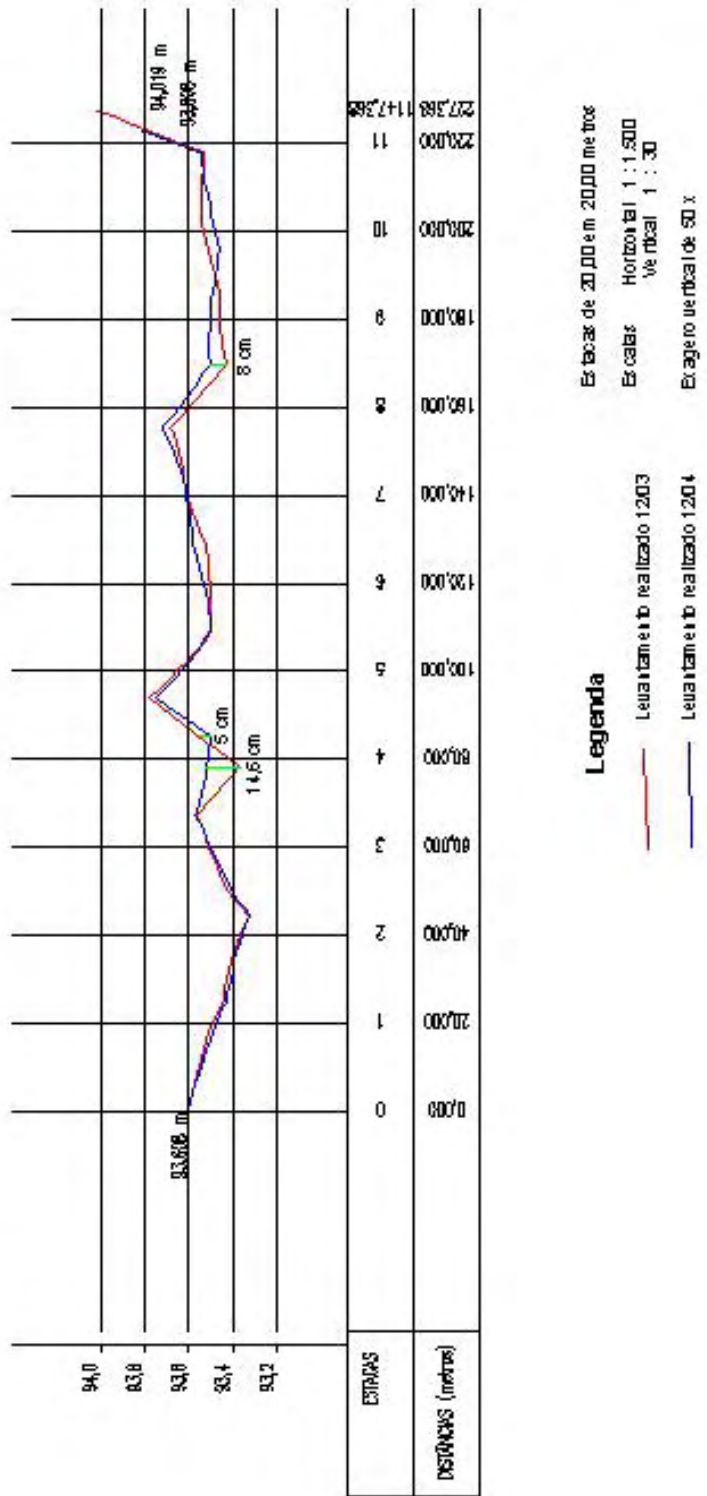


Figura 24: Representação gráfica do perfil B4

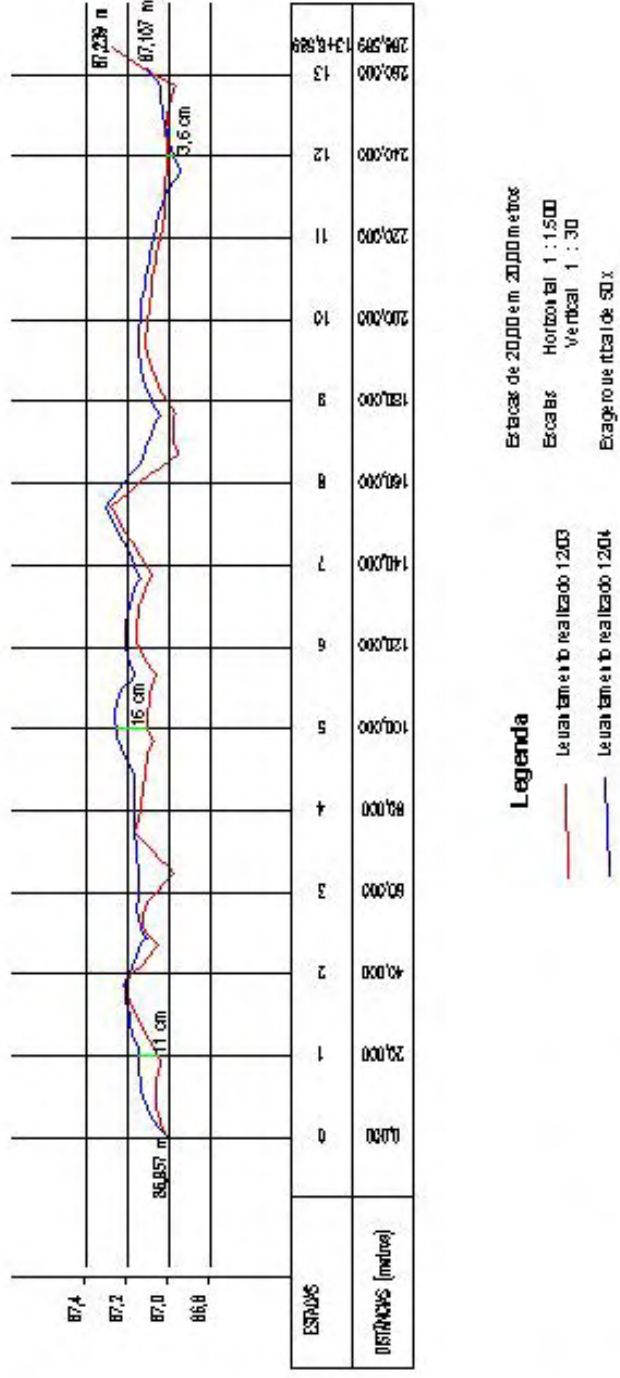


Figura 26: Representação gráfica do perfil B5

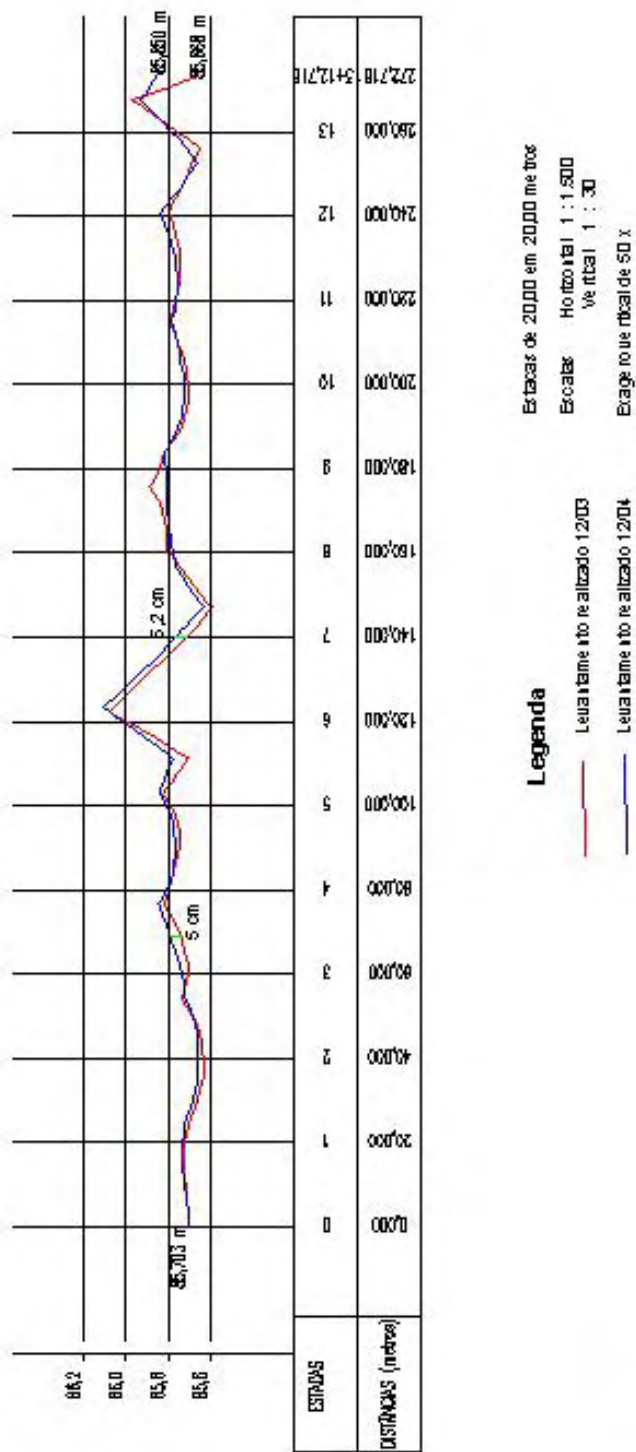


Figura 26: Representação gráfica do perfil B6

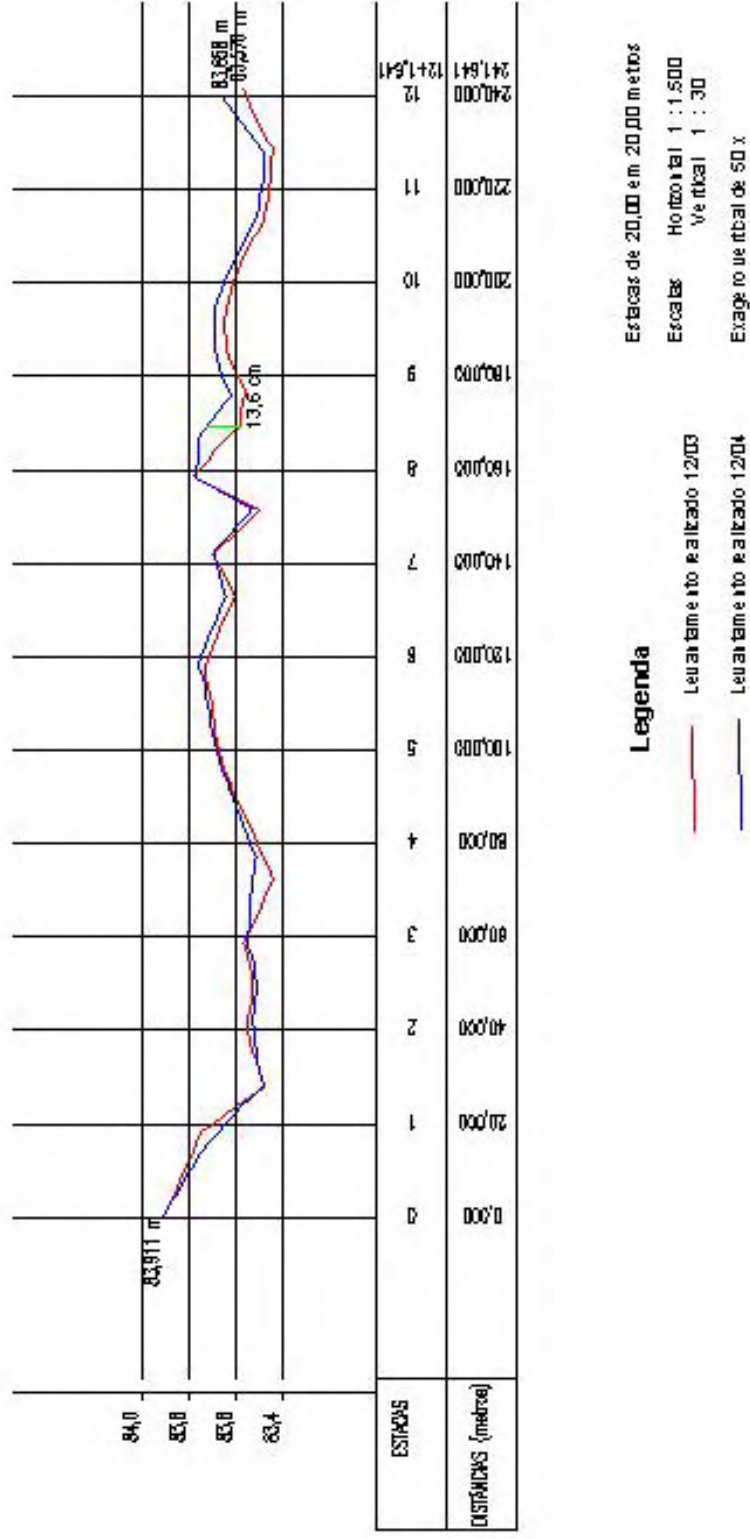


Figura 27: Representação gráfica do perfil B7

De maneira geral observa-se que o comportamento praticamente semelhante constatado entre os perfis “A” não foi observado entre os perfis “B”. Todos perfis obtidos através dos levantamentos das estacas “B”, quando comparados, apresentaram acúmulo de sedimentos, pois a análise das representações mostra a predominância do perfil apoiado em dados de 2004 com valor altimétrico superior ao levantamento de 2003, o que denuncia aporte de sedimentos para o interior do cordão de contorno.

Na Figura 28 (perfil C1) nota-se o desgaste do camalhão, variando de 3 a 7,7 cm até a estaca 5. Entre as estacas 5 e 6 ocorreu um pequeno acúmulo de sedimentos, provavelmente oriundos do próprio camalhão, justificado, conforme visível na figura que nessa região o camalhão originalmente (2003) apresentava cota inferior à média.

A Figura 29 (perfil C2) fica caracterizado pelo desgaste do camalhão em todo o percurso do cordão de contorno, ressaltando que entre as estacas 4 e 5 tal desgaste foi de 9 cm.

O desgaste do camalhão em todo o percurso do cordão de contorno também foi notado na Figura 30 (perfil C3), e a maior diferença altimétrica foi notada entre as estacas 5 e 6, com o valor de 9 cm.

A Figura 31 (perfil C4) representa tendência a estabilidade na maior parte de do percurso, alternando pequenos valores de desgaste e acúmulo de sedimentos, até a estaca 8, onde fica nítido o desgaste do camalhão, atingindo o valor de 17 cm entre as estacas 8 e 9.

Na Figura 32 (perfil C5) observa-se que desde do o início do traçado até a região compreendida entre as estacas 8 e 9 houve desgaste do camalhão com um máximo de 12,6 cm entre as estacas 7 e 8. No restante do traçado ocorreram pequenas alterações de desgaste e aporte.

Na Figura 33 (perfil C6), as maiores variações altimétricas ocorrem entre as estacas 4 e 7, e o maior desgaste do camalhão ocorre na estaca 6, com o valor de 23 cm. Nas demais estacas fica caracterizada similaridade entre os traçados dos perfis.

Na Figura 34 (perfil C7) nota-se desgaste no decorrer do cordão de contorno, variando entre 10 e 3,6 cm.

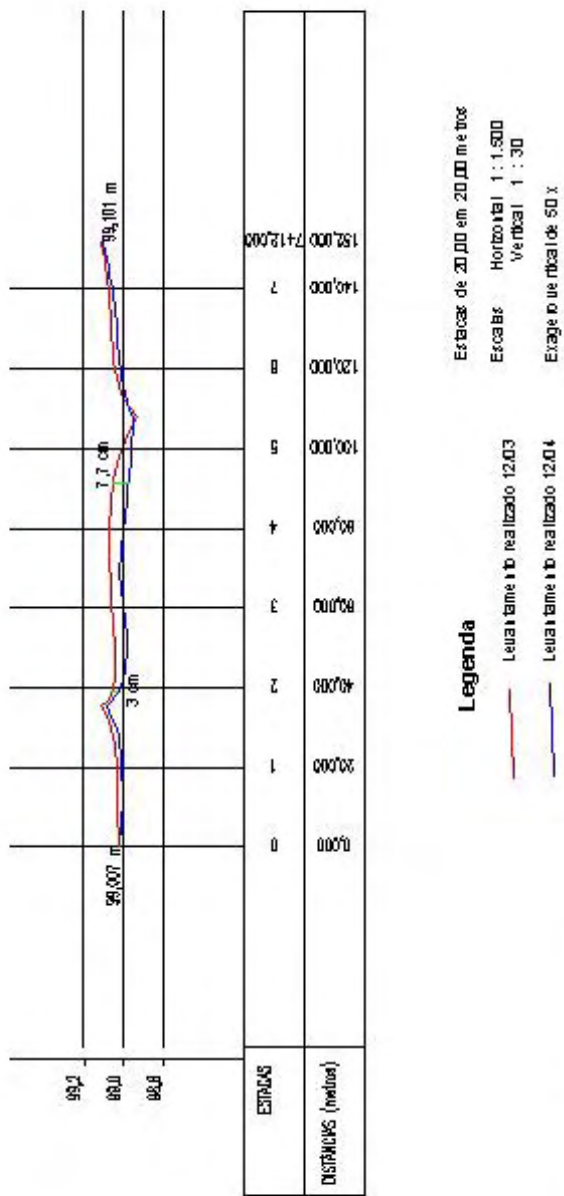
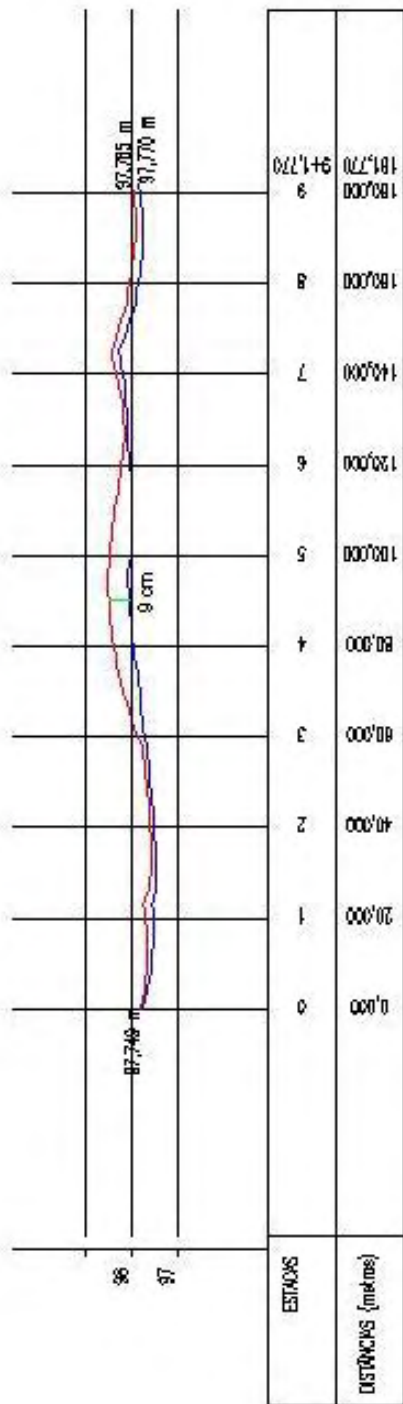


Figura 28: Representação gráfica do perfil C1



Estacas de 20,00 em 20,00 metros
 Escalas Horizontal 1 : 1.500
 Vertical 1 : 30
 Exagero vertical de 50 x

Legenda
 — Levantamento realizado 12.03
 — Levantamento realizado 12.04

Figura 29: Representação gráfica do perfil C2

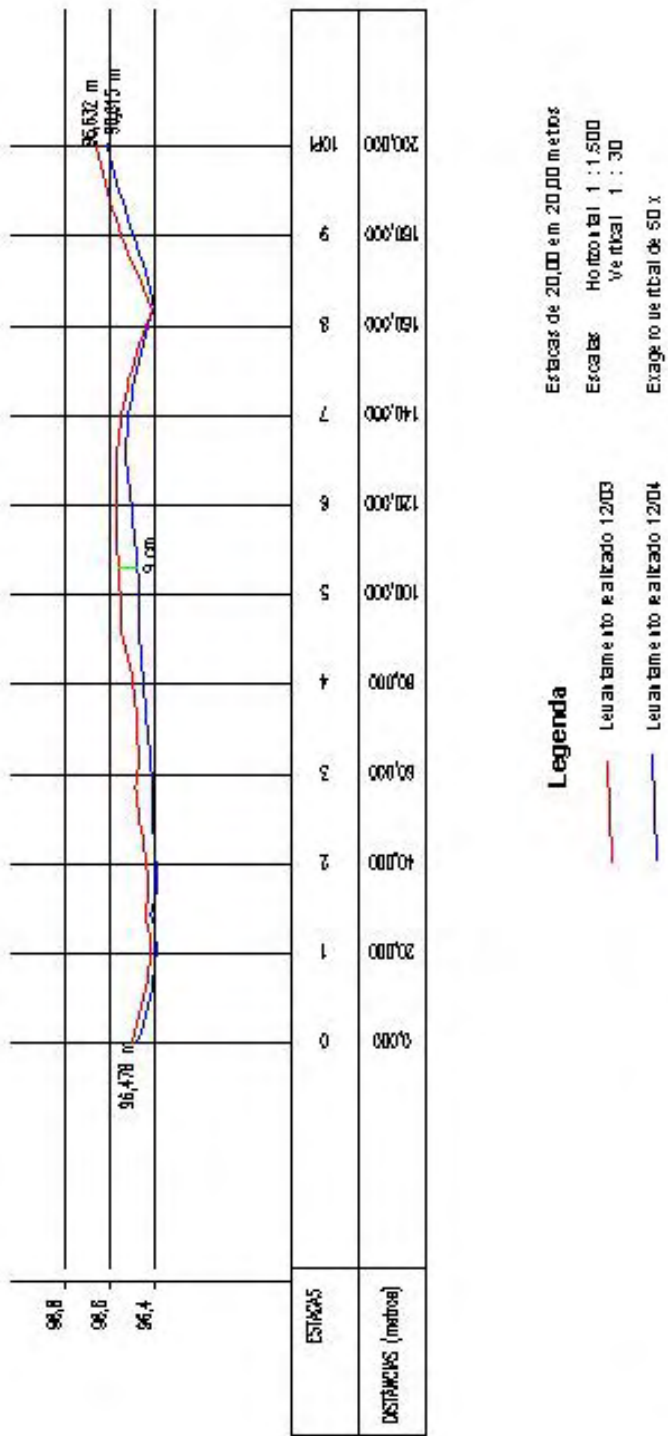


Figura 30: Representação gráfica do perfil C-3

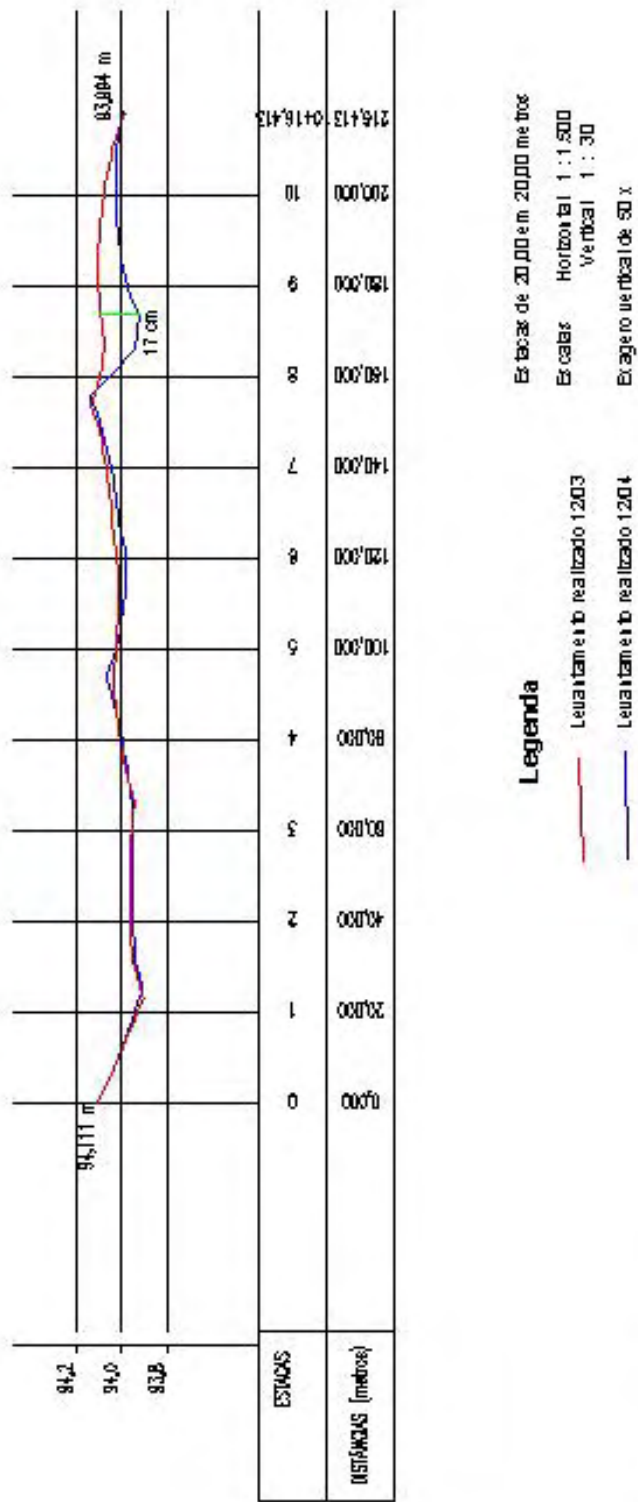


Figura 31: Representação gráfica do perfil C4

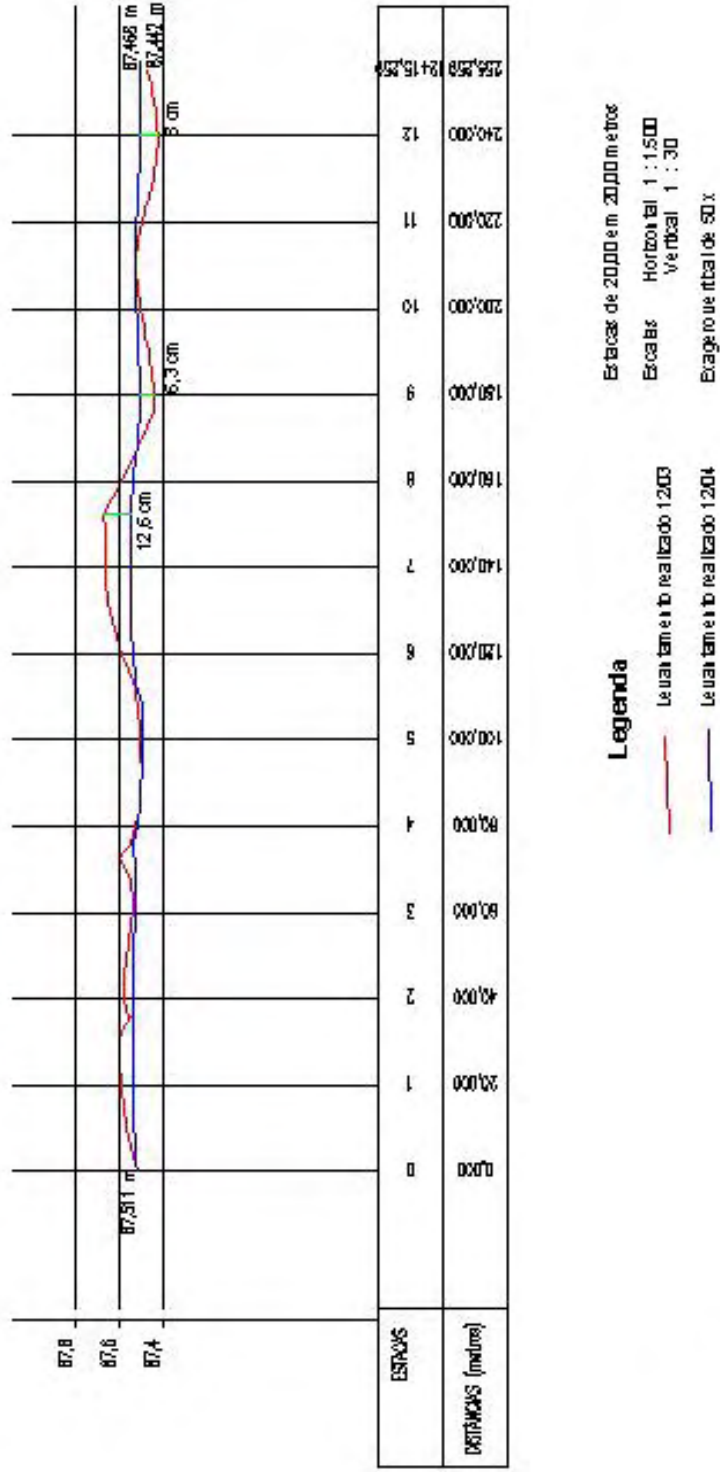


Figura 32: Representação gráfica do perfil C5

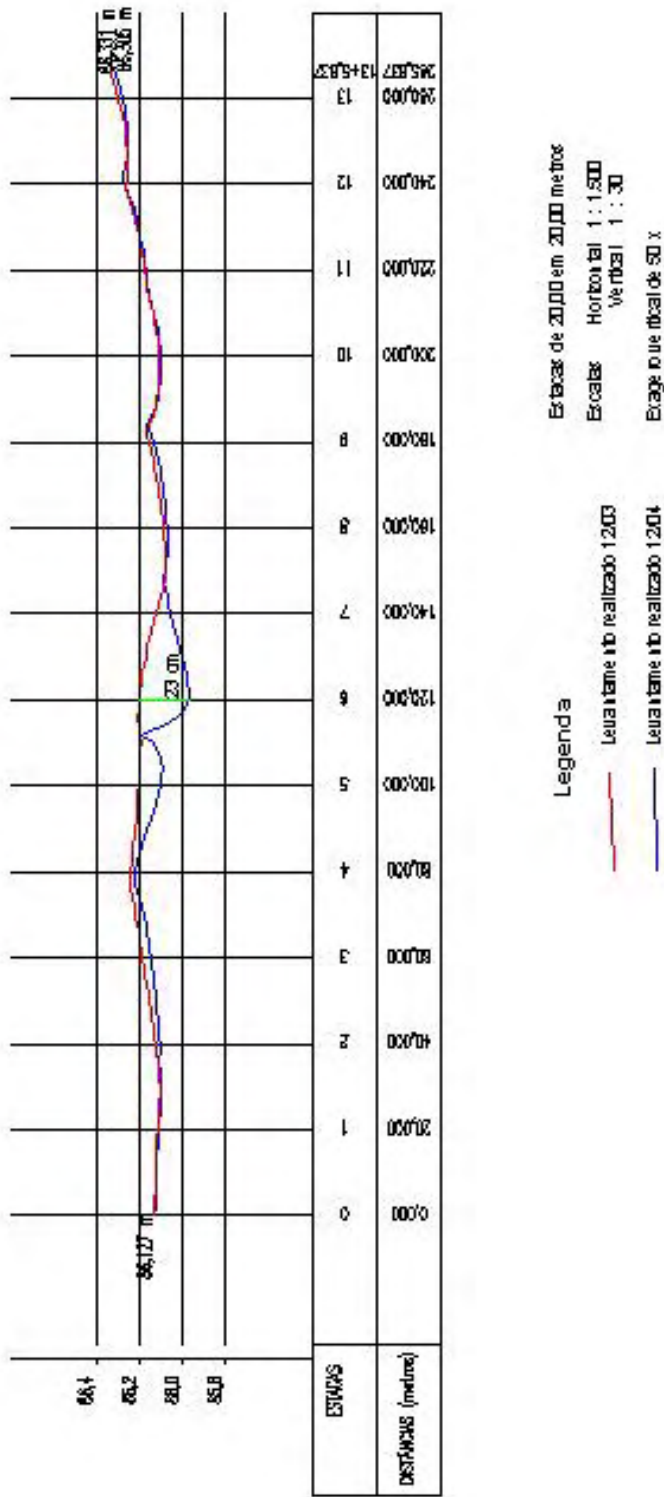


Figura 33: Representação gráfica do perfil C6

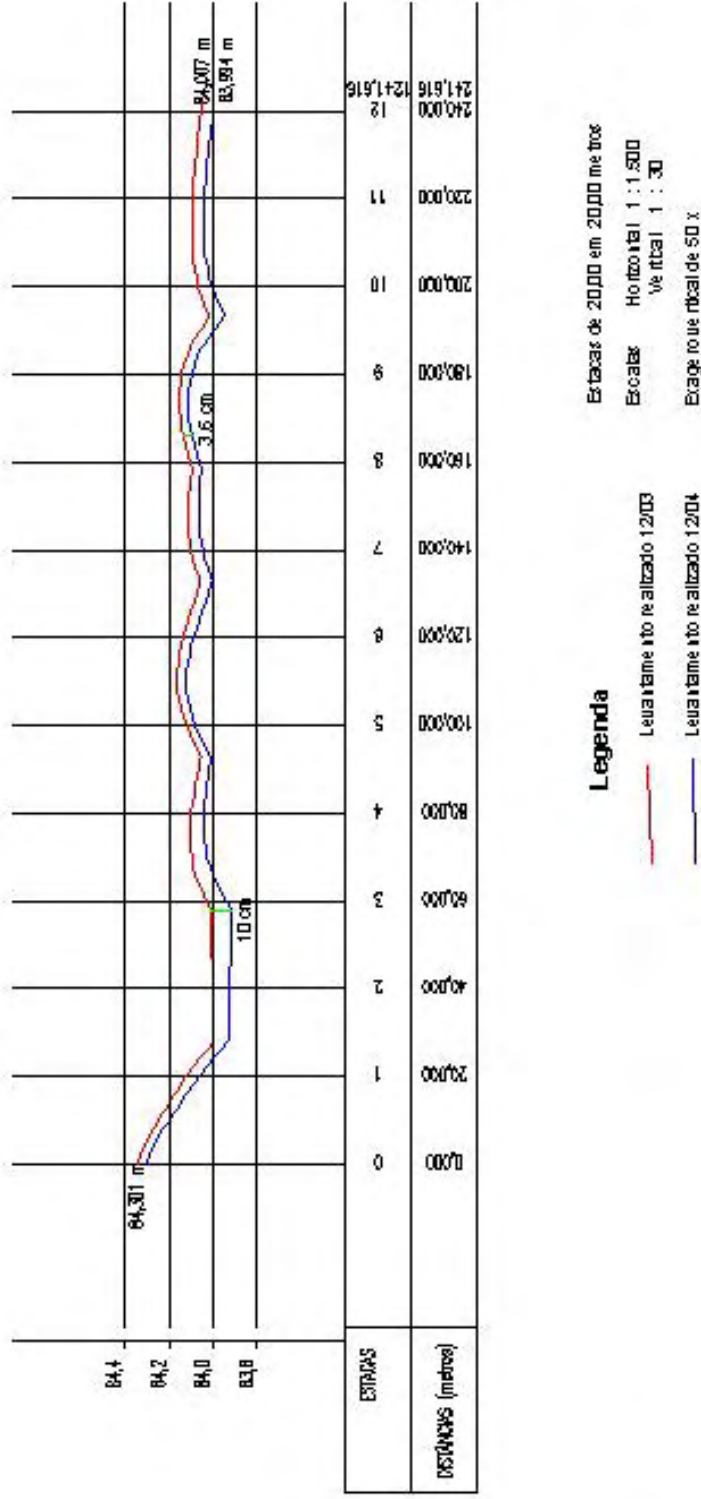


Figura 34: Representação gráfica do perfil C7

Analisando os dados obtidos até então, dentro de um contexto geral, nota-se três distintos comportamentos. As estacas “A”, ou seja, do relevo natural, antes do corte para a definição de canal, apresentaram apenas pequeno desgaste, evidenciado pela quase proximidade do traçado das situações em 2003 e 2004. Nas estacas “B”, localizadas no interior do canal, ocorreu notadamente aporte de sedimentos, que pode ser verificado nas representações planialtimétricas e na comparação entre os perfis. Nas estacas “C” posicionadas sobre o camalhão, ficou caracterizado o desgaste, visualizado principalmente pela comparação entre os perfis longitudinais, que denunciaram a diminuição do valor altimétrico entre os levantamentos.

4.3 Cálculo da diminuição da capacidade de acúmulo de enxurradas nos cordões de contorno

A principal função dos cordões de contorno é diminuir o comprimento dos lançantes, reduzindo assim, a formação de sulcos descendentes em regiões de alta precipitação. O desgaste do relevo natural, e principalmente o acúmulo de sedimentos no canal e o desgaste do camalhão, promovem a diminuição da capacidade de acúmulo de água das enxurradas pelos cordões de contorno. A análise das representações planialtimétricas permitiu visualizar os locais que ocorreram maior deslocamento de sedimentos. A comparação entre os perfis forneceu a variação altimétrica das estacas. Julgou-se conveniente definir a capacidade de acúmulo da água dos cordões de contorno na situação inicial, em dezembro de 2003, quando foram construídos, e em dezembro de 2004.

Para o cálculo da capacidade de acúmulo de água, foi necessário definir inicialmente o comprimento de cada canal para multiplicar com o valor da seção transversal, culminando com o volume acumulado, imaginando solo em capacidade de campo, ou seja, sem absorção de água pelo solo.

No AutoCAD, com o comando *Lenghten*, foi possível determinar o comprimento de cada um dos sete canais, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Comprimentos dos cordões.

Cordão	Comprimento (m)
1	154,47
2	191,21
3	204,58
4	227,36
5	266,59
6	272,71
7	241,64

Para a determinação do volume, foi calculada a seção transversal de cada canal. Os canais apresentavam seção trapezoidal, e a base menor (**b**), que consiste no fundo do canal, foi medido em campo, sendo coletadas oito medidas de cada canal, culminando com 56 medidas, fornecendo média muito próximo a 0,40 m. Portanto, foi adotado **b**= 0,40 m. A Figura 35 ilustra a seção do canal.

Para o cálculo da base maior do trapézio (**B**), com o comando *Lengthen* (AutoCAD), foi definido a distância entre as estacas A e C, ou seja, antes do corte para definição do canal e camalhão. Tal cálculo foi realizado para todas estacas dos sete canais, como pode ser apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Valores de distância horizontal entre as estacas “A” e “C” nos 7 cordões.

Distância entre as estacas A (relevo natural) e C (camalhão) em metros							
	Cordão 1	Cordão 2	Cordão 3	Cordão 4	Cordão 5	Cordão 6	Cordão 7
	2,617	2,318	2,656	2,639	2,481	2,702	2,286
	2,74	2,528	2,298	2,715	2,529	2,479	2,419
	2,545	2,474	2,606	2,648	2,701	2,692	2,184
	2,937	2,495	2,558	2,463	2,643	2,633	2,262
		2,508	2,477	2,42	2,646	2,662	2,376
		2,488	2,465	2,497	2,424	2,379	1,61
		2,75	2,651	2,632	2,598	2,568	2,242
				2,278	2,614	2,515	2,337
						2,442	
Média	2,71	2,51	2,53	2,54	2,58	2,56	2,21
Valor Utilizado(B)	1,91	1,71	1,73	1,74	1,78	1,76	1,41

Do valor calculado entre as estacas A e C, foi subtraído 0,80 metros, a fim de representar com mais fidelidade a base maior (**B**) do trapézio. O valor 0,80 foi definido utilizando o mesmo critério para o cálculo de **b**, ou seja, medidas a campo. A

subtração do valor 0,80 metros justifica-se pelo fato das estacas não se encontrarem fixadas exatamente na extremidade do relevo que define o sulco, o que facilitaria a perda das informações contidas nesse ponto pela ação do trânsito de animais, por se tratar de uma área de formação de pastagem.

Subtraindo o valor da cota da estaca do canal (estaca B) do valor da estaca do camalhão (estaca C), foi obtida a altura do canal **H**.

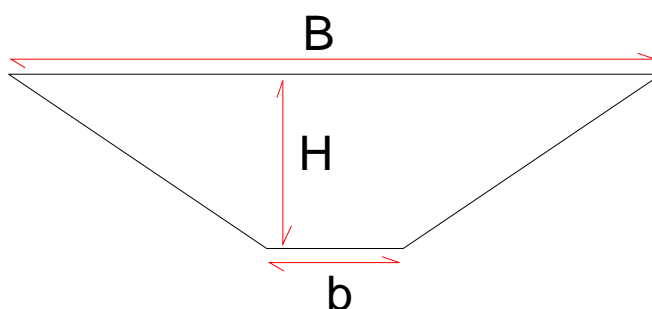


Figura 35: Representação esquemática da seção do canal em dezembro de 2003.

Com base nos três valores (**B**, **b** e **H**) obtidos até então, foi possível calcular a área de seção transversal de cada um dos sete canais com os dados do levantamento planialtimétrico realizado em 2003. Foram criados sete trapézios, no AutoCAD, e através da seqüência *Tools – Inquiry - área - Object*, foi calculada a área das seções, valor que multiplicado pelo comprimento do canal, nos forneceu a capacidade de acúmulo de água em cada canal, considerando situação de capacidade de campo do solo, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Capacidade de acúmulo de água dos cordões de contorno em dezembro de 2003.

Canal	Comprimento (m)	Área da Seção – 2003 (m ²)	Volume (m ³)
1	154,47	0,589	90,98283
2	191,21	0,576	110,13696
3	204,58	0,476	97,38008
4	227,36	0,478	108,67808
5	266,59	0,527	140,49293
6	272,71	0,459	125,17389
7	241,64	0,352	85,05728

Considerando os dados de cota de 12/2004 comparando-se os valores das estacas do canal (estaca B) e do camalhão (estaca C), referentes a 12/2003, foi possível determinar quanto foi aportado de sedimentos em cada canal, e qual o valor de desgaste do camalhão. Ressalta-se que embora esses valores tenham sido obtidos através de comparação de cotas, o resultado é expresso em cm, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Valores de acúmulo de sedimentos nos canais e desgaste do camalhão.

Canal				
Perfil	Cota 2003	Cota 2004	Aporte (cm)	
1	855,524	855,630	10,6	
2	854,285	854,400	11,5	
3	853,049	853,082	3,3	
4	850,573	850,605	3,2	
5	847,038	847,079	4,1	
6	845,768	845,785	1,7	45,69%
7	843,603	843,675	7,2	M = 5,94 cm
Camalhão				
Perfil	Cota 2003	Cota 2004	Desgaste (cm)	
1	856,034	855,955	7,9	
2	854,781	854,707	7,4	
3	853,495	853,424	7,1	
4	851,016	850,966	5	
5	847,553	847,462	9,1	
6	846,189	846,138	5,1	54,31%
7	844,025	843,947	7,8	M = 7,06 cm

A interpretação da Tabela 4 mostra a diferença entre valores de acúmulo de sedimentos no canal e desgaste do camalhão. Aos valores médios de desgaste e aporte, foi aplicado percentual, culminando que o fundo do canal é responsável por 45,69% da variação de nível do sulco, enquanto que o camalhão responde por 54,31% dessa variação.

Baseado na Figura 35 e utilizando-se os dados da Tabela 4, no AutoCAD, com o comando *Offset*, foram lançadas paralelas às bases B (base maior) e b (base menor), que resultaram nos valores B_2 , b_2 e H_2 (Figura 36).

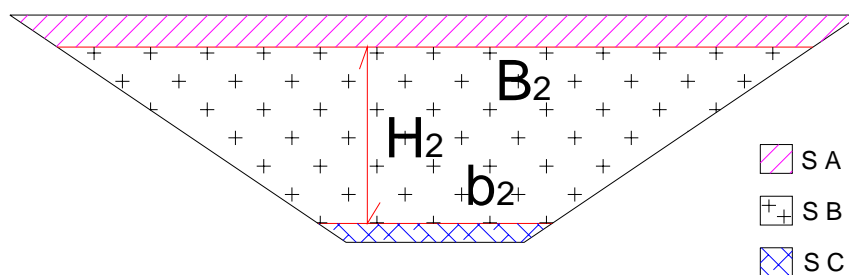


Figura 36: Representação esquemática da seção do canal em dezembro de 2004.

Tal procedimento foi realizado para os sete canais estudados.

Como pode ser observado, a referida Figura 36 apresenta três distintas seções transversais, sendo uma referente ao aporte de sedimentos para o fundo do sulco (S C), uma do desgaste do camalhão (S A) e a seção do canal (S B), que efetivamente acumula água da chuva (relativa à altura H_2), considerando solo em capacidade de campo. Multiplicando o valor das três seções (S A, S B e S C), pelo comprimento de cada um dos canais, foi possível determinar qual a capacidade de acúmulo de água do canal, decorridos 12 meses, bem com quanto o depósito de sedimentos no fundo do sulco e o desgaste do camalhão colaboraram para essa diminuição, como pode ser observado nas Tabelas 5, 6 e 7.

A Tabela 5 apresenta os volumes totais de sedimentos aportados no canal. Na Tabela 6 os volumes refletem a diminuição da capacidade de retenção de água nos canais, provocados pelo desgaste dos camalhões. A Tabela 7 apresenta a capacidade de acúmulo de água nos canais após aporte de sedimentos e desgaste de camalhão.

Tabela 5: Redução capacidade de retenção de água dos cordões de contorno provocada pelo acúmulo de sedimentos no canal até dezembro de 2004.

Cordão	Comprimento (m)	Área da Seção – S C (m²)	Volume (m³)
1	154,47	0,059	9,11373
2	191,21	0,062	11,85502
3	204,58	0,015	3,0687
4	227,36	0,014	3,18304
5	266,59	0,018	4,79862
6	272,71	0,007	1,90897
7	241,64	0,035	8,4574

Tabela 6: Redução capacidade de retenção de água dos cordões de contorno provocada pelo desgaste do camalhão no canal até dezembro de 2004

Cordão	Comprimento (m)	Área da Seção – S A (m²)	Volume (m³)
1	154,47	0,141	21,78027
2	191,21	0,12	22,9452
3	204,58	0,116	23,73128
4	227,36	0,083	18,87088
5	266,59	0,15	39,9885
6	272,71	0,085	23,18035
7	241,64	0,102	24,64728

Tabela 7: Capacidade de acúmulo de sedimentos dos cordões de contorno em dezembro de 2004

Cordão	Comprimento (m)	Área da Seção – 2004 (m²)	Volume (m³)
1	154,47	0,389	60,08883
2	191,21	0,394	75,33674
3	204,58	0,345	70,5801
4	227,36	0,381	86,62416
5	266,59	0,359	95,70581
6	272,71	0,367	100,08457
7	241,64	0,215	51,9526

Essa Tabela, quando comparada com a Tabela 3 permite constatar a diminuição da capacidade de retenção de água pelos canais.

Com intuito de facilitar a visualização e melhorar a comparação entre os volumes obtidos, foi criada a Tabela 8, onde todos os resultados são apresentados concomitantemente.

Tabela 8: Comparação dos volumes entre 2003 e 2004.

Perfil	V 1 - 2003	V 2 - 2004	V 1-V 2	V Canal	V Camalhão	Canal	Camalhão
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	%	%
1	90,98	60,08	30,90	9,12	21,78	29,50	70,50
2	110,13	75,33	34,80	11,85	22,95	34,07	65,93
3	97,38	70,58	26,80	3,06	23,74	11,45	88,55
4	108,67	86,62	22,05	3,18	18,87	14,43	85,57
5	140,49	95,70	44,79	4,80	39,99	10,71	89,29
6	125,17	100,08	25,09	1,90	23,19	7,61	92,39
7	85,05	51,95	33,10	8,45	24,65	25,55	74,45
		Média	31,07	6,05	25,02	19,49	80,51

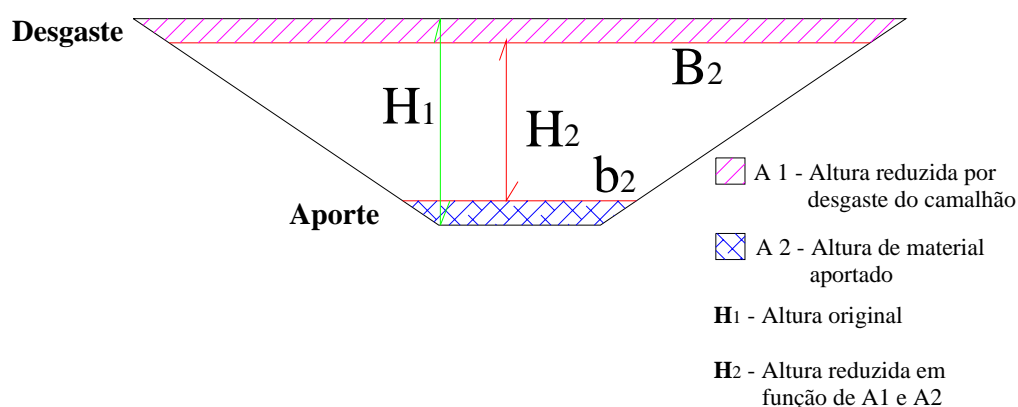
- V 1 – 2003 - Volume de acúmulo de água nos sulcos em 2003;
- V 2 - 2004 - Volume de acúmulo de água nos sulcos em 2004;
- V 1-V 2 - A diminuição da capacidade de acúmulo de água;
- V Canal – Contribuição do aporte de sedimentos no canal para a diminuição da capacidade de acúmulo de água;
- V Camalhão – Contribuição do desgaste do camalhão para a diminuição da capacidade de acúmulo de água;
- Canal – Valor percentual da diminuição do volume proporcionado pelo canal;
- Camalhão – Valor percentual da diminuição do volume proporcionado pelo camalhão;

A redução média da capacidade de acúmulo de enxurradas dos cordões de contorno foi de 31,07 m³. O cordão 4 foi o que apresentou menor redução na capacidade de acúmulo de enxurrada, com 22,05 m³. Já no cordão 5, ocorreu a máxima redução, com 44,79 m³.

Pela Tabela 4, constatou-se que o aporte de sedimentos no canal e o desgaste do camalhão responderam cada um por aproximadamente metade da variação altimétrica relativas ao solo movimentado. No entanto, quando são calculados os volumes, conforme apresentados na Tabela 8, constata-se que o aporte nos canais responderam por 6,05 m³ o que corresponde a 19,49%, em média, da redução da capacidade de acúmulo de enxurradas dos cordões de contorno, enquanto que o desgaste e empolamento do camalhão respondeu por 25,02 m³, o que correspondeu a 80,51% em média, dessa redução de

capacidade. Isso se explica pelo fato do cordão de contorno possuir um formato trapezoidal, de tal forma que conforme ilustrado na Figura 37, uma dada altura de sedimentos aportados ao fundo do canal resultará num menor volume de que aquele oriundo de um desgaste de mesma altura no camalhão.

Figura 37: Representação esquemática da seção do canal em dezembro de 2004.



A seção A1 apresenta área superior à seção A2, independentemente do valor da variação altimétrica ser igual, como no exemplo hipotético. Ressalta-se também que o camalhão é vulnerável ao desgaste, pois mesmo com a compactação promovida pelo rodado do trator, esta área se constitui de terra “movimentada”, sujeita ao empolamento promovido principalmente pelas ações do intemperismo.

5 CONCLUSÕES

Embasados na metodologia adotada, pode-se concluir que:

- As representações planialtimétricas oriundas de modelagem numérica de superfície permitiram apenas inferir sobre a possibilidade de ter ocorrido alteração altimétricas no período de um ano;
- os perfis longitudinais gerados com base nos alinhamentos dos cordões de contorno e oriundos de modelagem numérica de superfície permitiram nítida visualização bem como quantificação das variações altimétricas de aporte e desgaste de sedimentos;
- o desgaste e empolamento do camalhão foi responsável por 80,51 % da diminuição da capacidade de retenção de águas pluviais nos cordões de contorno, sendo sua principal causa;
- o aporte de sedimentos no interior dos cordões foi responsável por 19,94 % da diminuição da capacidade de retenção de águas pluviais nos cordões de contorno.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, K.; KITAHARA, H.; KUDOH, T.; MARQUES, A. F.; MARTINS, M.E.; FRANCISCO, A.; HONDA, E. A. Situação da erosão por voçorocas na região sudeste do estado de São Paulo. **In: Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão/Instituto Florestal.** Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica. 2004 p. 112 – 120.

ALMEIDA, F. F. M. Perfil geológico do Estado. In: IGC, **Geologia do Estado de São Paulo.** Boletim n. 41., p. 254-262, 1964.

AYODADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** São Paulo: DIFEL, 1986, 332p.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

BUCENE, L. C.; ZIMBACK, C. R. L. Comparação de métodos de interpolação e análise espacial em dados de pH, em Botucatu – SP. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 1, p. 21-28, jan-abr, 2003.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em Geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistemas de informações geográficas : aplicação na agricultura. 2. ed. Brasília: serviço de Produção de Informação / Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados / Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária, 1998. p. 3-12.

CAMPOS, S. P. ; CARDOSO, L.G. Geoprocessamento aplicado ao planejamento do uso do solo em bacia hidrográfica. **In: Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão/Instituto Florestal**. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica. 2004. p. 68 – 79.

CAMPOS, S. P. **Planejamento agroambiental de uma microbacia hidrográfica utilizando um Sistema de Informações Geográficas**. 2001. 137 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CARDOSO, L. G.; GOMES, L. N.; BARROS, Z. X. de; CAMPOS, S. Precisão na representação planialtimétrica de uma área em função do rigor da interpolação utilizada na modelagem numérica da superfície. **Educação Gráfica**, Bauru, n. 8, p. 119-126, nov, 2004.

CAPORAL, D. S.; DECIAN, V. S.; MADRUGA, P. R. A.; BOLFE, E. L. Utilização de diferentes interpoladores na modelagem numérica do terreno (MNT) visando à elaboração de cartas clinográficas da Floresta Nacional de São Francisco de Paula. In.: **SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO**, 1, 2002, Aracaju. **Anais** em CD ROM... Aracaju-SE, 2002.

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.

DATAGEOSIS, Manual do usuário. HEZOLINEM, São Paulo, 1999. 214p.

GAMA, C.D. Cartografia digital e sua utilização em microcomputador gráfico interativo. **Geociências**, São Paulo, v. 7, p. 95-114, 1988.

GOMES, E. et al. **Medindo imóveis rurais com GPS.** Brasília: Editora e Comunicação Ltda. 2001. 136p.

GOMES, L.N.; CARDOSO, L.G.; BARROS, Z.X. de; CAMPOS, S. Precisão de plantas planialtimétricas em função do posicionamento de pontos em irradiadas de campo, submetidas ou não á modelagem numérica de superfície. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 55, 2003. Brasil: Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, 2003.CDROM.

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

GASPARI, F.J. at al. Análises cartográficas do território físico e ambiental por erosão hídrica. In:1º CONGRESSO DE CIÊNCIA CARTOGRÁFICA, 1, e SEMANA NACIONAL DE CARTOGRAFI, 8, 2003, Buenos Aires, 25-27, jun. 2003.

LEMOS, M.S.S., BAHIA, V.G. Erosividade da chuva. **Informe Agropecuário**, v. 16, n. 176, p. 25-31, 1992.

LEPSCH, J. F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** Campinas: Sociedade Brasileira da Ciência do Solo, 1991. 175p.

LOUREIRO, C.G.C. Mapas temáticos por computador. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n.13, p. 31-41, 1975.

OLIVEIRA, A. S. C. de; RIBEIRO, C. A. A. S; KANEKO, T; MAEDA, E. E. Delineamento de amostragem visando a modelo digital de terreno (MDT) de relevo montanhoso no Município de Viçosa - MG. In.: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p. 995 – 998.

OLIVEIRA, P.S.G.; PERES FILHO, A. Aplicação da fotografia aérea na recomposição da mata ciliar em bacias hidrográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. **Resumos...** Ilhéus: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, 1993. p. 441 – 455.

PAIVA, C. F. E. de; OLIVEIRA, V. S; VENDRAME, I. F; AULICINO, L. C. M. Estimativas de perdas de solo por erosão hídrica na bacia do Rio Una Taubaté – SP com emprego de sensoriamento remoto. In.: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p. 1407 – 1414.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade de uso e avaliação da adequação do uso das terras do Município de Botucatu.** 2002. 107 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

RAFAELLI, D. R. **Geoprocessamento para a avaliação do impacto de geadas na região cafeeira de Cornélio Procópio, PR.** 2004. 106 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3. Ed. Ver. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS. 65P. 1994.

ROCHA, C.H.B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar.** Juiz de Fora, MG: do Autor, 2000. 220p.

ROCHA, J.S.M. da. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas,** Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997. 423 p.

RODRIGUES, J.B.T., ZIMBACK, C.R.L., PIROLI, E.L. **Comparação de métodos de interpolação na confecção de modelos digitais de terreno.** In: GIS BRASIL 2000, Salvador. *Anais em CD ROM...*Curitiba: Fatorgis, 2000.

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.

ROQUE, C. G. **Erosividade da chuva: distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva para o município de Piraju (SP).** 1999. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1999.

SANTOS, A. F. dos **Morfometria da microbacia hidrográfica do Ribeirão Faxinal Botucatu – SP e alterações em suas áreas de biomassa no período de 1972 a 2000.** 2004. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

SIMOES, L. B. **Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias.** 2001. 171 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

SILVA, J. R. C. **Perdas de solo e produção de sedimentos.** 1978. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiros, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1978.

VALERIANO, M. M. **Estimativas de variáveis topográficas por geoprocessamento para modelagem de perda de solo.** 1999. 172 f. Dissertação (Doutorado em Geociência e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.