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

PRECISÃO DE PROJETOS DE UMA REPRESA SEGUNDO DIFERENTES BASES CARTOGRÁFICAS

SILAS HENRIQUE BORGES PRADO

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

BOTUCATU – SP
JULHO – 2005

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

PRECISÃO DE PROJETOS DE UMA REPRESA SEGUNDO DIFERENTES BASES CARTOGRÁFICAS

SILAS HENRIQUE BORGES PRADO

Orientador: Prof. Dr. Lincoln Gehring Cardoso

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

BOTUCATU – SP
JULHO – 2005

Dedico este trabalho à Deus, por intermédio de Nossa Senhora Auxiliadora, a qual sempre presente em todos os momentos de minha vida, pela graça da realização desse trabalho.

Dedico este trabalho aos meus familiares avós, pais e irmãos, que mesmo distantes sempre se puseram a mostrarem-se presentes em todos os momentos.

Dedico em especial a minha esposa Karla e aos meus filhos Gabriel e Samantha, pela grande força e amor que sempre demonstraram.

AGRADECIMENTOS

À UNESP por meio do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus de Botucatu, por conceder-me a realização do Curso de Mestrado em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

Aos professores do departamento de Engenharia Rural, pela atenção, colaboração e amizade no caminhar do curso.

Em especial ao meu orientador *Prof. Dr.* ***Lincoln Gehring Cardoso*** por todos os momentos, na dedicação, orientação e amizade prestados durante todo o curso e na realização deste trabalho.

Ao colega *Luciano Nardini Gomes*, pela colaboração e ajuda na execução desse trabalho.

Á todos os funcionários do Departamento de Engenharia Rural, da Biblioteca, e da Seção de Pós-Graduação pelo atendimento, auxílio, orientações e cooperação prestados.

À CAPES, pelo auxílio financeiro concedido através da bolsa de estudo.

Aos colegas e amigos do curso de pós-graduação.

Aos familiares pela confiança, apoio que sempre demonstraram para a realização desta nova conquista.

À todos aqueles que de alguma forma estiveram presentes durante estes anos de convivência.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	7
4.1 A Água	7
4.2 O Estudo da Topografia	9
4.3 Barragens de Terra	14
5. MATERIAL E MÉTODOS	19
5.1 Descrição dos Materiais	19
5.2 Área de Estudo	20
5.3 Identificação das Cartas Topográficas	20
5.4 Levantamento Topográfico	21
5.4.1 Levantamento Taqueométrico	21
5.4.2 Levantamento Geométrico	22
5.5 Exigências do Proprietário	23
5.6 Especificações do Projeto	24
5.6.1 Altura do Aterro	24
5.6.2 Borda Livre	25
5.6.3 Largura da Crista	25
5.6.4 Inclinação dos Taludes	26
5.6.5 Dados do projeto	27
5.7 Cálculo dos Projetos	28
5.7.1 Base Cartográfica 1:10.000	28
5.7.2 Base Cartográfica 1:50.000	29
5.7.3 Base Cartográfica pelo Levantamento Taqueométrico	30

5.7.4 Base Cartográfica pelo Levantamento Geométrico 31
5.8 Execução do Projeto 31
5.9 Levantamento da Barragem Executada 32
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO 33
6.1 Apresentação dos Projetos 33
6.2 Discussão 38
7. CONCLUSÃO 42
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 44

LISTA DE FIGURAS

Figura **Página**

1. Planta resultante do levantamento topográfico taqueométrico, com representação do relevo 22
2. Planta resultante do levantamento topográfico geométrico, com representação do relevo e posição das estacas lidas 23
3. Perfil do Projeto do Reservatório 27
4. Dados da Superfície primitiva criada no Datageosis com base na Base Cartográfica 1:10.000 29
5. Dados da Superfície primitiva criada no Datageosis com base na Base Cartográfica 1:50.000 30
6. Projeto desenvolvido na Base Cartográfica 1:10.00 33
7. Projeto desenvolvido na Base Cartográfica 1:50.000 34
8. Projeto desenvolvido na Base Cartográfica pelo levantamento taqueométrico..... 34
9. Projeto desenvolvido na Base Cartográfica pelo levantamento geométrico ... 35
10. Vista Parcial da Represa 36
11. Detalhe da Ilha do Reservatório 36
12. Levantamento Taqueométrico da Represa 37

LISTA DE TABELAS

Tabela **Página**

1. Escalas, precisão gráfica e precisão real 13
2. Variação do volume do solo 17
3. Valores da folga para barragem (m) 25
4. Valores da largura da crista (c) em metros, em função da altura da barragem (H) em metros 26
5. Inclinação dos taludes em função do tipo de material usado e da altura do aterro 27
6. Dados obtidos nos cálculos dos projetos 39

1. RESUMO

O conhecimento da área e de seu relevo é de fundamental importância, para a elaboração de qualquer projeto, condição indispensável para projetos de irrigação. Sendo possível a reserva de água em forma de uma represa, se torna necessária a execução de um barramento para o armazenamento dessa água. O estudo do projeto de barragem requer inicialmente o conhecimento da topografia do local. Neste trabalho, considerando diferentes bases cartográficas, verificamos a mais adequada ao dimensionamento de uma represa. Tais bases cartográficas, foram oriundas de cartas oficiais e de levantamentos topográficos à campo. Utilizaram-se como cartas oficiais a Carta do IBGE em escala 1:50.000 e do Plano Cartográfico de SP em escala 1:10.000, e como levantamentos topográficos o taqueométrico e o geométrico.

Foi realizado um projeto teórico para cada base cartográfica definida. Paralelamente à este estudo, ocorreu a implantação de uma represa na área em estudo. Após sua conclusão, foram tomadas suas medidas reais (volume de terra movimentada, dimensões, volume de água armazenada, etc.), as quais foram comparadas com os dados dos projetos teóricos elaborados com base nas diferentes bases cartográficas, criando assim uma avaliação real dos resultados.

As bases cartográficas obtidas pelas cartas, não foram representativas para a obtenção do relevo, não sendo fontes adequadas para o detalhamento da área no calculo do projeto. Tornando-se mais representativos os levantamentos de campo com melhores resultados para a elaboração do projeto. Houve uma pequena variação entre os resultados apresentados pelos levantamentos de campo, caracterizando o levantamento taqueométrico como o mais adequado pela praticidade do levantamento da área.

Na execução da represa houve uma adaptabilidade das condições de campo para a sua construção, contudo seguindo as exigências propostas pelo projeto de acordo com as normas e critérios para a execução de um projeto técnico e seguro.

2. SUMMARY

The knowledge of the area and its relief is of basic importance, for the elaboration of any project. Indispensable condition for irrigation projects, the water, if becomes a restricted factor. Being possible the water reserve in form of a dam, if becomes necessary the execution of slide bars for the storage of this water. The study of the barrage project it requires initially the knowledge of the topography of the place. This work considering different cartographic bases, objectified most adequate to the sizing of a dam. Such cartographic bases, had been deriving of official letters and topographical surveys to the field. They had been used as official letters the Letter of the IBGE in scale 1:50.000 and the Cartographic Plan of SP in scale 1:10.000, and as topographical surveys the taqueometrico and the geometric one.

A theoretical project for each defined cartographic base was carried through. Parallel to the this study, the implantation of a dam in the area in study occurred. After its conclusion, had been taken its measures real (volume of put into motion land, dimensions, volume of stored water, etc.), which had been compared with the data of the theoretical projects elaborated on the basis of the different cartographic bases, thus creating a real evaluation of the results.

The cartographic bases gotten by the letters, had not been representative for the attainment of the relief, being sources adjusted for the detailing of the area in do not calculate it of the project. Becoming more representative, the field surveys had presented better resulted for the elaboration of the project. It had a small variation enters the results presented for the field surveys, characterizing the taqueometrico survey as the most adjusted even for the easiness of the survey of the area.

In the execution of the dam it had an adaptability of the conditions of field for its construction, however following the requirements proposals for the project in accordance with the norms and criteria for the execution of a project technician and insurance.

Keywords: Topography, Cartographic Base, Land Barrage.

3. INTRODUÇÃO

Em projetos de irrigação e drenagem, o conhecimento da área e de seu relevo é de fundamental importância, tendo visto que a eficácia do projeto será fruto de um preciso dimensionamento em base cartográfica confiável.

Em havendo curso d'água com volume e qualidade compatível com as necessidades, o processo se reduz inicialmente à legalidade da captação direta, e posteriormente ao dimensionamento do mesmo.

Em não havendo tal condição, porém existindo possibilidade de armazenamento de água de pequenos cursos, ou de nascentes, há que se considerar a sua contenção em represa, o que pede, além da autorização de órgãos oficiais competentes, um pré-estudo considerando, entre outros fatores, o volume de água a armazenar, a dimensão necessária do reservatório, sua localização, etc. Tais fatores, por sua vez, exigem um prévio conhecimento da planialtimetria local, com base na qual serão levantadas as possibilidades de execução do projeto.

Diferentes bases cartográficas podem ser utilizadas, com diferentes graus de precisão e custos. Tais bases cartográficas, podem ser oriundas de cartas oficiais ou de levantamentos topográficos à campo, estes de custos reconhecidamente mais elevados.

Dentro desse contexto, foi desenvolvido o presente projeto, o qual objetivou, considerando bases cartográficas constituídas por cartas topográficas oficiais, levantamento planialtimétrico por taqueometria e levantamento planialtimétrico por nivelamento geométrico (quadriculação), projetar uma represa e após sua execução verificar a base cartográfica que permitiu o melhor resultado.

O projeto previu, além do estudo teórico, a implantação de uma represa em local com declividade média de 13 %, e ocorrência de nascentes que culminam em um terreno com encharcamento. Após a implantação da represa, foram tomadas em campo suas medidas (volume de terra movimentada, dimensões, volume de água armazenada, etc.), as quais foram confrontadas com os dados dos projetos elaborados com base nas diferentes bases cartográficas, permitindo uma avaliação precisa dos resultados.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A Água

A água é um recurso essencial às plantas, aos animais e ao homem, esse recurso é dependente da precipitação, mas pode ser considerada como recurso à parte quando ocorre em grandes massas como rios ou águas subterrâneas. Seu uso ao manejo da agricultura está principalmente associado à hidrologia, a irrigação e drenagem (MOTA, 1983).

A necessidade de água é universal, entretanto, sua distribuição em todo o globo e sua aparente inesgotabilidade tem levado a humanidade a tratar esse importante recurso natural sem conservação (LOMBARDI NETO, 1992).

Sabendo-se que mais de 70% da superfície terrestre é recoberta por águas, criou-se a chamada “cultura de abundancia”. Entretanto, 97% de toda esta água é salgada e formam os oceanos e os mares, 2% são praticamente imobilizadas nas geleiras, restando apenas 1% de água doce, distribuída irregularmente na Terra, formando os rios, lagos e águas subterrâneas (DEFFUNE, 1994).

LOMBARDI NETO (1992), acrescenta ainda que, a vida depende da água, que inclui a bebida para o homem e para o animal, a água do solo para a

vegetação, a da superfície para a população aquática, como uma fonte de energia, uso industrial, meio de transporte, meio de purificação e transporte de resíduos, e, também, sem dúvida, como forma recreativa.

A gestão dos recursos hídricos tem merecido ampla discussão em função da degradação qualitativa e quantitativa. No início, essa discussão estava relacionada à produção energética, ao armazenamento e contenção das cheias, através da construção de barragens (CONTE, 1992; ZUCCARI, 1992; CONTE E CASTRO et al., 1998).

As atividades de uso e manejo do solo, proteção de nascentes, infra-estrutura e sistemas viários entre outros, devem ser elaborados em consonância com as características das bacias hidrográficas em que vão ser implantadas, citando entre vários parâmetros básicos, a necessidade do mapeamento de componentes como o relevo (POLITANO et al., 1989/90).

O principal consumidor de água está no setor agrícola, MACEDO (2001) cita que, 70% do consumo de água, principalmente em países de terceiro mundo, é destinada a fins agrícolas, 22% ao uso industrial e 8% ao uso doméstico. E acrescenta que segundo a ONU (Organização das Nações Unidas), através do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), o principal motivo do aumento do consumo de água se deve a agricultura irrigada.

BERNARDO (2002), adverte que um dos itens na escolha do método de irrigação a ser utilizado é a quantidade de água disponível. Esta quantidade de água sendo um fator limitante, então deverá ser usada com a máxima eficiência possível.

MOTA (1983), ressalta que a solução da maioria dos problemas agrícolas, juntamente com a utilização adequada dos seus recursos naturais, requer conhecimentos e a utilização conjunta de mais de uma ciência para obtenção da melhor resposta agrícola desejada.

As informações hidrológicas são estratégicas para o planejamento e gestão dos recursos hídricos e para o desenvolvimento de projetos em vários segmentos da economia, como a agricultura, energia e meio ambiente. O adequado gerenciamento do recurso hídrico só poderá ocorrer quando for baseado no conhecimento do potencial hídrico das bacias hidrográficas (ANA, 2005).

O aproveitamento dos recursos hídricos requer concepção, planejamento, projeto, construção e operação de meios para o domínio e a utilização das águas. Cada projeto de aproveitamento hídrico supõe um conjunto especifico de condições físicas às quais dificilmente podem ser aproveitados projetos padronizados que conduzam a soluções simples. As condições específicas de cada projeto devem ser satisfeitas através da aplicação integrada dos conhecimentos fundamentais de varias disciplinas (LINSLEY & FRANZINI, 1978).

4.2 O Estudo da Topografia

A necessidade de levantamentos planialtimétricos topográficos, nas áreas de irrigação e drenagem, execução de barragens, sistemas de abastecimento de água e esgoto sanitário ou área civil, é fundamental tendo em vista que todo projeto necessita de uma planta topográfica (RODRIGUES, 2003).

Segundo BORGES (1977) a palavra topografia vem do grego *topos* = lugar e *graphein* = descrever. Porém, várias definições são citadas para topografia na literatura. KISSAM (1978), define como “a arte de elaborar longas e precisas medições com um máximo de rigor e um mínimo dispêndio de tempo e esforço”; MOFFITT E BOUCHARD (1975), “é o processo de determinação da posição, na superfície da terra, das características naturais e artificiais de um determinado local e da configuração do terreno”; TEJERO (1978), define como “o estudo dos métodos necessários para chegar a representar um terreno com todos os seus detalhes naturais ou criados pela mão do homem, bem como o conhecimento e manejo dos instrumentos necessários para tal fim”.

A história da topografia teve início com os egípcios que dividiam as glebas em triângulos e avaliavam a sua área, determinadas por meios de balizas e níveis d’água. No século XVI começa a aparecer os primeiros instrumentos de medidas, tal como o grafômetro, utilizado para medir ângulos no terreno e mais tarde, os níveis de bolha de ar, lunetas, etc.; no século XVIII começam a aparecer mapas com curvas de nível e, no século XIX surgiram então os primeiros aparelhos de grande precisão (SANTIAGO, 1969).

Topografia consiste, no conhecimento dos instrumentos e métodos que se destinam a efetuar a representação do terreno sobre uma superfície plana

denominada de *plano topográfico*. O plano topográfico é um plano horizontal tangente ao esferóide terrestre, num ponto que esteja situado dentro da área a ser levantada e, no qual se supõem projetadas todos os acidentes estudados. A hipótese do plano topográfico exige certa restrição no que se refere à extensão da área a ser levantada (não deverá exceder a 25 Km), pois a suposição da forma da terra como um plano gera erros os quais poderão se tornar incompatíveis com os dados reais do objeto de estudo. A topografia se divide em dois tipos de levantamento que se consistem em:

Planimetria – consiste em obter os ângulos e as distâncias horizontais para a determinação de projeções dos pontos do terreno para representação no plano topográfico. A planimetria atua no plano horizontal (plano topográfico) e não leva em consideração o relevo.

Altimetria – na altimetria as medidas são efetuadas num plano vertical, onde se obtêm os ângulos horizontais e verticais, as distâncias horizontais e as diferenças de níveis; usa como representação a vista lateral, ou perfil, ou corte, ou elevação, sendo seus detalhes representados sobre um plano vertical (BORGES, 1977).

Os trabalhos em altimetria aliados a planimetria resultam na plantas planialtimétricas, obtidas através de duas outras ciências, a goniologia, parte da topografia que trata dos ângulos e, a taqueometria, que trata da medida indireta da distância horizontal e diferença de nível.

PINTO (1988), explica que o levantamento taqueométrico seja usado principalmente para definição planialtimétrica de parcelas do terreno, realizado através de poligonais e de irradiações a partir dos vértices das poligonais.

Segundo CINTRA (1993), os instrumentos de medida usados na taqueometria são denominados taqueômetros, dos quais podemos citar: o trânsito, nos quais a leitura dos ângulos vertical e horizontal é obtida através de limbos externos auxiliados por uma lupa e o prumo se apresenta como um cordão; os teodolitos, nos quais a leitura dos ângulos é feita através de um sistema de prismas ou ainda, os teodolitos eletrônicos em que os ângulos são lidos em um visor de cristal liquido.

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 levantamentos convencionais permite um ganho da ordem de 3/1 em tempo e redução substancial das equipes de campo (GOMES et al., 2001).

Levantamento topográfico é o conjunto de operações necessárias para se obter os elementos geométricos (ângulos horizontal e vertical, distâncias horizontal e vertical e diferença de nível) visando representar no plano topográfico um trecho da superfície terrestre. Os levantamentos topográficos obedecem a normas técnicas NBR 13.333 da ABNT (Execução de Levantamento Topográfico – de 30/06/94). Os instrumentos utilizados para as medições, tanto para fins de topografia quanto para a cartografia (Geodésia), baseiam-se na medida das distâncias e ângulos (RODRIGUES, 2003).

Para a definição do relevo, é indispensável o levantamento de outros pontos onde há mudança de inclinação do terreno, de tal maneira que, ao longo de qualquer alinhamento entre dois pontos próximos, a declividade ou inclinação do terreno seja sempre uniforme (PINTO, 1988).

O conhecimento da planialtimetria de áreas é de fundamental importância quando se objetiva, além da geração de recursos, a conveniente preservação ambiental. Referindo-se às plantas planialtimétricas discorre que, através da mesma, o técnico visualiza vales, grotas, espigões, divisores de águas pluviais, terrenos mais ou menos íngremes, mais ou menos sinuosos, etc, por um simples e cuidadoso exame. (BORGES,1992).

MOTA (1983), descreve que a topografia influencia na agricultura através do efeito da inclinação sobre os métodos de trabalho do solo, do escoamento de águas superficiais, entre outros fatores. Ressalta, porém que em alguns casos, o relevo pode ser adaptado às exigências agrícolas.

LOMBARDI NETO (1992), também acrescenta que com o uso da fotografia aérea ou um mapa colorido, com as cores convencionais para cada uma das classes de capacidade de uso, indicam a potencialidade de uso para cada área, orientando, assim, o planejamento da propriedade.

Numa carta planialtimétrica, entre inúmeras possibilidades o cálculo de declividade é um dos que em primeiro lugar vem à tona. O fator declividade retém alto grau de importância no conhecimento do desgaste do solo, sendo um dado do

meio físico que subsidia estudos a um planejamento geoambiental da área estudada. (PEREIRA NETO & VALÉRIO FILHO, 1993).

GOMES et al. (2000), estudando as diferenças no traçado de curvas de nível de plantas planialtimétricas em função do tamanho da malha triangular utilizada na modelagem numérica da superfície, gerada pelo sistema topográfico *Datageosis*, constataram que na obtenção dessas plantas em áreas com plano inclinado, é suficiente a utilização de valores médios de malha, o que reduz o tempo de processamento e permitindo a geração de arquivo menor do que o gerado a partir da modelagem com malhas mais rigorosas. Para áreas com diferentes categorias de declividades, recomendam o uso de malhas triangulares mais adensadas.

PAOLINI et. al. (1998) compararam diferentes tamanhos de malha de um programa computacional, com o tradicional método de interpolação manual (testemunha) na obtenção da planialtimetria de áreas, tendo constatado que as malhas de densidade intermediárias foram as mais recomendadas.

CARDOSO et al. (2000) ao estudarem a densidade e posicionamento de pontos de levantamentos topográficos na geração da modelagem numérica da superfície objetivando a obtenção de plantas planialtimétricas, concluíram que em levantamentos taqueométricos em áreas com variações de relevo, todas as feições sejam alvos da mesma densidade de pontos de leitura, regularmente espaçados, sob pena de a maior densidade de leituras em locais de topografia irregular apresentar maior influência na modelagem numérica da superfície, gerando planta planialtimétrica não condizente com a situação real em campo.

Na prática topográfica é corrente a premissa de que o levantamento planialtimétrico por taqueometria é recomendado para áreas grandes, pela possibilidade de obter em tempo hábil a representação do relevo local com razoável precisão. Contudo, (SOLARI et al., 1998), ao estudarem comparativamente os métodos taqueométrico e por quadriculação constataram para o primeiro precisão altimétrica de +/- 0,04 m e para o segundo precisão de +/- 0,10 m. Ressalte-se que os autores mesmo trabalhando com taqueometria, tomaram leituras de uma área de 20,0 hectares que foi previamente quadriculada, ou seja, a distribuição espacial dos pontos considerados foi uniforme para a

área toda. Recomendam o primeiro método quando se deseja boa precisão na obtenção de cotas.

A representação tridimensional de uma área pode levar o estudioso a dirimir em laboratório, dúvidas que somente um detalhado trabalho de campo pode substituir. Assim a possibilidade de utilização da representação 3D de uma área, pode se constituir em valiosa ferramenta de apoio. (CAMPOS et al., 1997).

O mapeamento topográfico por cartas topográficas congrega o conjunto de procedimentos que têm por finalidade a representação do espaço territorial brasileiro, de forma sistemática, por meio de séries de cartas gerais, contínuas, homogêneas e articuladas, elaboradas seletiva e progressivamente, em consonância com as prioridades conjunturais (IBGE, 2005).

ROCHA (2000), explica que o olho humano permite distinguir uma medida de aproximadamente 0,1 mm. Contudo, um ponto só será perceptível com valores em torno de 0,2 mm de diâmetro. Dessa forma, a precisão gráfica de um mapa está diretamente ligada a este valor fixo de 0,2 mm, estabelecendo-se assim, em função direta da escala, a precisão das medidas da carta (Tabela 1).

Tabela 1: Escalas, precisão gráfica e precisão real.

Escalas	Precisão Gráfica	Precisão Real (m)
1:5.000	0,2 mm	1 m
1:10.000	0,2 mm	2 m
1:25.000	0,2 mm	5 m
1:50.000	0,2 mm	10 m
1:100.000	0,2 mm	20 m

A escolha da escala deve, entre outras coisas, considerar as dimensões e precisões de posicionamento desejadas. Quando usamos um documento cartográfico como base, deve-se levar em consideração os erros inerentes ao documento de partida, acrescenta ROCHA (2000).

A escala de trabalho a ser adotada deve possibilitar a visão total desta área e ser uma escala que permita integrar e relacionar dados de diferentes naturezas para estudar a área como um todo. A integração desses dados deve ser feita sobre bases cartográficas oficialmente validadas (IBGE, DSG, DHN, CPRM, Embrapa ou empresas

autorizadas). As escalas de 1:50.000 a 1:10.000 seriam as recomendáveis para Gestão Ambiental e Municípios, Analise Ambiental, Projetos Básicos de Engenharia, Regularização Fundiária, Florestais, Agricultura, Geológicos entre outras. Entretanto para Projetos de Engenharia em nível de detalhes, seriam recomendáveis as escalas de 1:2.000 a 1:250, sendo o processo mais indicado a Fotogrametria, o GPS Topográfico e a Topografia Convencional (ROCHA, 2000).

4.3 Barragens de Terra

A prática de construir barramentos em rios, com o objetivo de reservar a água para consumo, para a irrigação, e mesmo para mover rodas d'água, foi uma constante na história da humanidade (CRUZ, 1996).

KLAR (1971), define barragem como sendo o represamento de um curso d'água qualquer, formando um lago artificial, com a finalidade de acumular água e ou elevar o seu nível.

A construção de barragem proporciona benefícios às propriedades e até mesmo às regiões, promovendo uma elevação do padrão de vida, ajudando o desenvolvimento e podendo até ter fins recreativos, valorizando a propriedade agrícola (SOUSA, 1991).

A primeira barragem que se tem notícias foi construída no Rio Nilo pouco antes de 4000 a.C. Serviu para desviar o Nilo e deixar um local livre para a antiga cidade de Menfis. Essa barragem não existe mais. A mais antiga barragem em ação é a Barragem de Almanza, na Espanha, construída no século XVI. Com o decorrer do tempo materiais e métodos de construção se aperfeiçoaram possibilitando a construção de grandes barragens. (LINSLEY & FRANZINI, 1978).

A construção de uma barragem está condicionada à existência de uma bacia hidrográfica, que justifique e possibilite o empreendimento. A escolha do local pode ser efetuada por diversos meios, porém inicialmente, estes estudos são conduzidos no escritório, desde que não haja necessidade de se fazer, de imediato, uma visita, à região onde será construída a barragem (KLAR, 1971).

As barragens de terra utilizam material natural com um mínimo de beneficiamento, e podem ser construídas com equipamento simples. O projeto de uma barragem de terra consiste em dimensionar um aterro com baixa permeabilidade que satisfaça à finalidade visada, e que possa ser feito com os materiais disponíveis (LINSLEY & FRANZINI, 1978). E acrescenta ainda, que o material empregado em barragens de terra de menos de 4,5 m de altura é tão pouco que um alto coeficiente de segurança pode ser utilizado a um baixo custo.

A função primordial dos reservatórios é proporcionar acumulação, sua característica mais importante é a capacidade de armazenamento. A capacidade dos reservatórios construídos em terrenos naturais é calculada, em geral, a partir do levantamento topográfico. (LINSLEY & FRANZINI, 1978). A área limitada pela água acumulada deve ser levantada com excesso de área. O levantamento deve ser bem detalhado, com todos os acidentes que ocorrem no local. (KLAR, 1971). Porém, o mesmo autor, ainda alerta que a área inundada não poderá invadir propriedades vizinhas, estradas, pontes, redes elétricas, áreas extensas de terrenos férteis.

A etapa inicial dos trabalhos exigidos pela construção de uma represa, consiste nos levantamentos que conduzam aos estudos de viabilidade da obra, muito ligados à engenharia hidráulica e formação de represas. As decisões tomadas devem se fundamentar no exame de alternativas, orientando-se a escolha com base técnica de custo/benefício. (PAIVA, 1982).

O movimento de terra pode ser entendido como um conjunto de operações necessárias para remover terra, dos locais em que se encontra disponível, para aqueles em que dela se necessita, tendo em vista um determinado projeto a ser implantado (CODASP, 1994).

A construção de aterros é, das obras de terra, a que mais exige o estudo da compactação (VARGAS, 1977). CRUZ (1996) ressalta que, acidentes de barragens tenham sido causados principalmente por água que extravasa a barragem, provocando erosão nos taludes, ou água na fundação da barragem, que seja capaz de carrear as partículas de solo. E acrescenta, “a arte de projetar barragens parece ser a arte de controlar o fluxo de água através do corpo e da fundação da barragem, evitando, assim, quaisquer chances do solo ser carreado pela água”.

VARGAS (1977) explica que a compactação de um solo é baseada no lançamento dos aterros em camadas horizontais e passagem de rolos compressores pesados, que evitariam assim, a terra fofa e a formação de vazios no solo. Alertando que a densidade com que o solo é compactado, sob uma determinada energia de compactação, depende da umidade do solo no momento da compactação. Contudo LINSLEY & FRANZINI, (1978) acrescenta que; parte da compactação já se consegue com o trânsito planejado dos caminhões e demais máquinas utilizadas.

BERNARDO (2002) identifica como um ponto a ser considerado é a relação entre volume de corte e volume de aterro. Em conseqüência de problema de compactação do solo, sempre é necessário maior volume de corte do que aterro. Para uma relação proporcional dos volumes de corte e aterro, usa-se em geral, a seguinte relação:

$$C/A = m$$

onde:

C = volume de corte

A = Volume de Aterro

m = relação corte/aterro, que deve variar de 1,2 a 1,4

Os materiais terrosos consolidam-se sob a ação de cargas, porém essa consolidação não é instantânea. A consolidação resulta da redução do índice de vazios acompanhada de compressão ou de expulsão do ar e da água dos vazios, explicando LINSLEY & FRANZINI, (1978).

A CODASP (1994), explica que o empolamento é um fenômeno característico dos solos, definido como aumento de volume que apresenta um material ao ser removido do seu estado natural, e acrescenta, que solos soltos e mesmo em estado natural quando submetidos a uma força de compressão, sofrem elevada diminuição de volume, ou compactação, causada pela diminuição de índices de vazios. A Tabela 2 apresenta um exemplo de variação no volume e peso do material.

Tabela 2: Variação do volume do solo.

	Solo Natural	Solo escavado (30% empolamento)	Solo Compactado (25% redução)
Volume	1,00 m^3	1,30 m^3	0,75 m^3
Peso	1000 Kg	1000Kg	1000Kg

Fonte: CODASP (1994).

A compactabilidade é expressa em relação ao material no estado natural e não no estado solto.

O comportamento dos solos finos e dos materiais granulares está diretamente relacionado ao que se chama *estrutura* ou *arranjo* de suas partículas. A posição relativa das partículas, a maneira como elas são interligadas ou cimentadas, a quantidade de água nos vazios e a distribuição e tamanho dos vazios são muito importantes e determinantes da natureza do fluxo, das mudanças volumétricas, e da mobilização da resistência ao cisalhamento (CRUZ, 1996).

Os taludes de uma barragem de terra requerem proteção contra a ação das ondas, escoamento superficial e contra animais escavadores. Podendo ser necessárias cercas para evitar que os animais de pasto destruam a cobertura de grama e estabeleçam trilhas que se tornem canais para a água durante as chuvas, acrescenta BABBITT; DOLAND; CLEASBY, (1962).

O MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL (2002), apresenta algumas definições quanto aos termos utilizados nos projetos de barragem:

Agências Regulamentadoras: Normalmente um ministério, secretaria, departamento ou outra unidade do Governo Federal ou estadual, autorizado por lei ou ato administrativo, para a supervisão geral de projetos, construção, operação e segurança de barragens e reservatórios, bem como qualquer entidade para a qual a totalidade ou parte das tarefas e funções quer executivas, quer operacionais tenha sido delegada pelo poder legalmente constituído.

Bacias de Contribuição: Área da superfície que é drenada para um ponto específico, tal como um reservatório, também conhecida como bacia hidrográfica ou área da bacia hidrográfica.

Barragem ou aterro: Estrutura construída transversalmente a um rio ou talvegue com a finalidade de obter a elevação do seu nível d'água e/ou de criar

um reservatório de acumulação de água seja de regulação das vazões do rio, seja de outro fluido.

Borda Livre: Distância vertical entre a maior cota da superfície da água junto à barragem e a cota mais baixa do topo de uma barragem ou outra estrutura de contenção.

Capacidade do reservatório: capacidade brutal total do reservatório em seu nível máximo de armazenamento.

Crista da barragem: Cota da superfície superior da barragem, não se levando em conta qualquer abaulamento, meio-fio, parapeitos, defensas ou outras estruturas que não sejam parte da estrutura principal do barramento de água.

Pé da barragem: Junção da face jusante (ou montante) da barragem, com a superfície de fundação.

Proprietário: pessoas físicas ou jurídicas, incluindo uma companhia, organização, unidade governamental, concessionária, permissionária ou autorizada, corporação ou outra entidade, que detenha quer uma concessão, permissão, autorização ou licença governamental para operar a barragem, quer por titulo de propriedade legal sobre o local do barramento, barragem e/ou reservatório, o qual é responsável pela sua segurança.

Reservatório: lago ou volume de água acumulada por uma ou mais barragens e/ou diques, limitado por suas margens.

Taludes: são as faces laterais e inclinadas paralelas ao eixo do aterro, sendo talude montante o lado que fica em contato com a água, e , jusante o lado de baixo, ou lado seco.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Descrição dos materiais

Para a elaboração e execução do presente estudo, se fizeram necessários à utilização dos materiais apresentados abaixo:

Receptor GPS (Sistema de Posição Global) de navegação Emap.

Estação Total Elta R55, precisão 01".

Software Datageosis v. 2.3 professional.

Microcomputador Pentium III, 866 MHz, 128 Mb de memória RAM, 20 Gb de disco rígido e monitor de 17".

Teodolito Berger ST4, precisão de 01' e possibilidade de estimativa de 10".

Nível de precisão NI 050.

Trena de fibra de vidro.

Cartas Topográficas do IBGE em escala 1:50.000, com E.V. de 20 metros, editadas em 1968.

Cartas Topográficas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo em escala 1:10.000, com E.V. de 5 metros, editadas pela Terrafoto S/A, em 1978.

5.2 Área de Estudo

A área objeto do presente estudo se encontra em propriedade rural particular, cujas coordenadas plano retangulares, sistema UTM (Universal Transversa Mercator), do ponto central da represa são 750.571,632 7.469.054,641, fuso 22. Localizada no município de Botucatu – SP, apresentando as medidas para o projeto um comprimento de aproximadamente de 150 m e largura de 50 m, com uma declividade média uniforme de 13% no sentido da largura. Possui a montante uma pequena nascente em área de um solo argiloso, de tonalidade acinzentada com alta plasticidade.

Para a localização da área nas cartas topográficas e posterior solicitação da autorização junto ao Departamento Estadual de Proteção aos Recursos Naturais (DEPRN), foi utilizado o receptor GPS de navegação Emap, onde foram obtidas as coordenadas geográficas do local de implantação do projeto e colocados em planta geral da área, obtida por levantamento topográfico preliminar.

Para a elaboração desse trabalho, foi realizado o estudo de um projeto de barragem. Esse projeto foi desenvolvido a partir de quatro bases cartográficas diferentes, sendo, portanto quatro projetos de uma barragem de terra.

Duas dessas bases cartográficas foram obtidas em escritório, mediante a localização e identificação da área em Cartas Topográficas Oficiais. Uma terceira base cartográfica se obteve em campo com levantamento taqueométrico da área. Nesta mesma área, também se realizou um levantamento geométrico por meio de quadriculação do terreno onde se obteve a quarta base cartográfica.

5.3 Identificação das Cartas Topográficas

Com a referência da localização por coordenadas planas do sistema UTM (Universal Transversa Mercator), obtida através do receptor GPS, pode-se então identificar e localizar no arquivo de cartas topográficas do setor de cartografia do Departamento de Engenharia Rural da FCA/Unesp – Botucatu, as cartas topográficas oficiais necessárias para a execução do projeto.

A identificação dessas cartas foi realizada de modo manual, identificando as coordenadas da área em estudo, obtidas a, obtidas anteriormente nas cartas topográficas oficiais em escala 1: 50.000 e 1: 10.000.

Para a localização da carta topográfica oficial em escala 1:50.000, correspondente ás coordenadas foi identificada a Carta do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) de folha número SF-22-Z-B-V-4, denominada Pratânia, esta com eqüidistância vertical de 20 metros.

Identificou-se a carta topográfica oficial em escala 1:10.000 pelo Plano Cartográfico de SP, denominada Fazenda Saúde, sob articulação da folha número SF-22-Z-B-V-4-NE-F, com eqüidistância vertical de 5 metros.

5.4 Levantamento Topográfico

5.4.1 Levantamento Taqueométrico

Para a execução dos levantamentos de campo, inicialmente foi determinado à realização do levantamento da área pelo método do levantamento taqueométrico.

Para a realização deste levantamento foi utilizado o Teodolito Berger ST4. Inicialmente se determinou a melhor posição para a instalação da poligonal. Foram determinados pontos de amarração fora da área de interesse, objetivando a correspondência com as bases obtidas de cartas e nivelamento geométrico. Pontos dentro da área foram levantados aleatoriamente, de acordo com a variação do relevo, visando a melhor representação altimétrica da área.

Os dados do levantamento foram digitados manualmente no programa de cálculo topográfico Datageosis e posteriormente processados até a obtenção da planta final com a representação das curvas de nível de 0,5 m. Esta planta pode ser visualizada pela Figura 1.

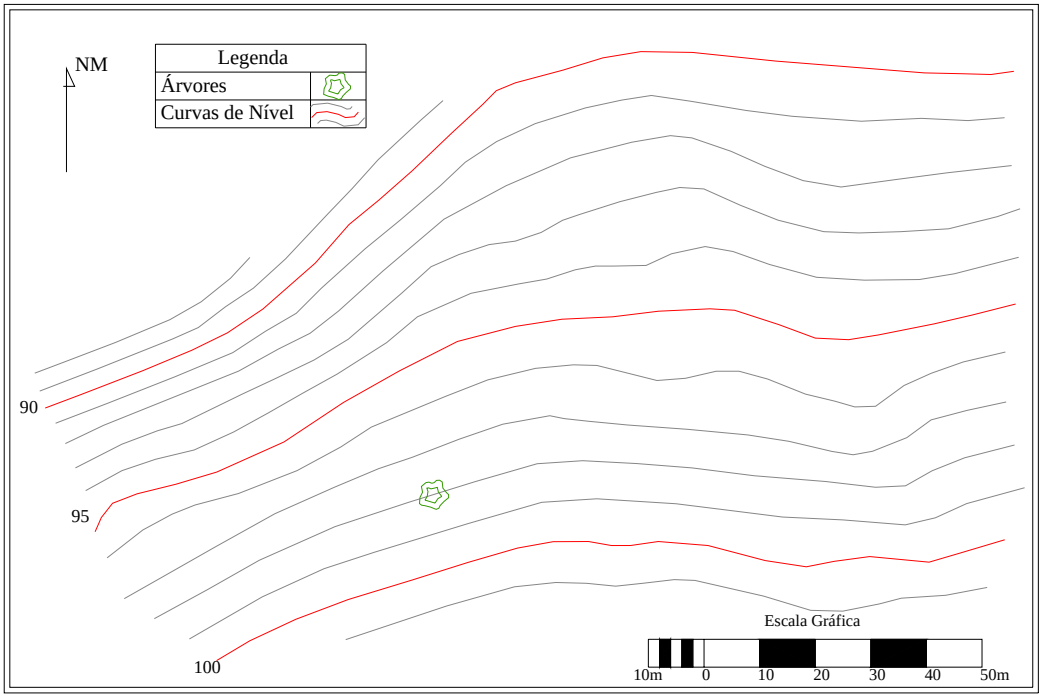

Figura 1. Planta resultante do levantamento topográfico taqueométrico, com representação do relevo.

5.4.2 Levantamento Geométrico

Para a obtenção da superfície no estudo de uma nova base cartográfica foi realizado na mesma área do levantamento taqueométrico um levantamento geométrico por quadriculação. Para tanto foi utilizado o nível de precisão para a leitura dos dados.

Primeiramente, no sentido de comprimento da área a ser levantada, foi marcada uma linha de base para a quadriculação. Nesta linha foi marcada estaca eqüidistante de 10 m. Para tanto foi utilizados teodolito, trena e balizas. Após a marcação dessa linha base, foi então demarcadas as outras estacas, paralelamente a esta linha, sempre de 10 em 10 metros, de modo que toda a área de interesse tenha sido estaqueada, formando assim as quadriculas. Todas as estacas foram denominadas com letras e números, de modo seqüencial, de fácil localização e identificação.

Tendo a área toda quadriculada, foi realizado, então, o levantamento com o nível de precisão. O nível foi instalado em um local que permitia uma

boa visibilidade e foram feitas as leituras necessárias. Quando necessário efetuou-se a mudança do nível de precisão, de modo que, pudessem ser lidos todos os pontos de interesse.

As leituras foram anotadas em cadernetas de campo e posteriormente os dados foram digitados no programa de cálculo topográfico Datageosis, como coordenadas x, y e z, onde, estes foram posteriormente processados até a obtenção da planta final em planialtimétria com curvas de nível de 0,5 m de eqüidistância. (Figura 2).

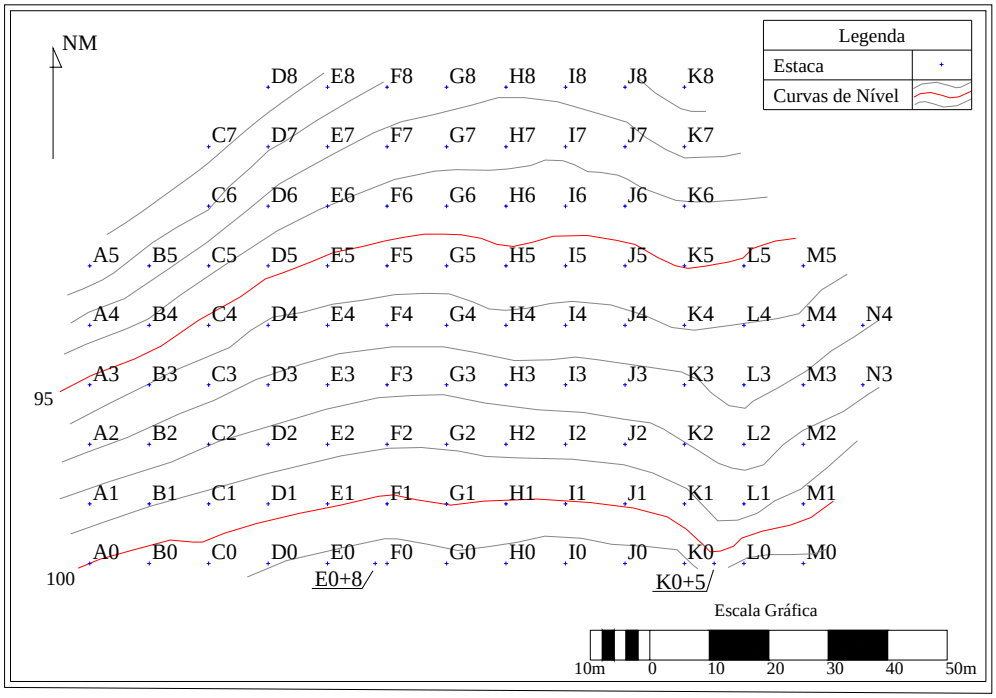

Figura 2. Planta resultante do nivelamento geométrico, com representação do relevo e posição das estacas lidas.

5.5 Exigências do Proprietário

De posse dos levantamentos das superfícies obtidas pelas bases cartográficas, e conseqüentemente com o conhecimento do relevo da área, pode-se iniciar os trabalhos para os cálculos do projeto de barragem. Para tanto foi necessário identificar os dados necessários para a execução do projeto de barragem. Primeiramente o proprietário definiu de acordo com a finalidade que se desejava a obra algumas especificações de seu interesse.

De acordo com as necessidades propostas pelo proprietário, este apresentou que o reservatório deveria apresentar as seguintes medidas:

Comprimento: mínimo de 100 m e máximo de 120 m.

Largura: mínimo de 10 m e máximo de 30 m.

Profundidade: apresentasse base em desnível, com profundidade máxima de 1,15 m.

Volume de água a armazenar: mínimo de 1500 m^3.

Manter as árvores existentes no local, e para isso formar uma pequena ilha de diâmetro de aproximadamente 7 m.

O formato da barragem deveria apresentar-se aproximadamente como uma meia lua, ou arco.

5.6 Especificações do Projeto

O dimensionamento da barragem de terra consiste em determinar as suas dimensões, por exemplo, a altura do aterro, a largura da crista e a inclinação dos taludes de montante e jusante segundo normas e critérios específicos nos quais devem ser fundamentadas para a realização de um projeto técnico e seguro.

5.6.1 Altura do Aterro

Para a determinação da altura do aterro alguns fatores podem ser tomados como orientação, o volume de água que se pretende armazenar, ou o nível que se deseja elevar a cota d’água. Entretanto atendendo uma das especificações propostas, de que a profundidade máxima da represa apresentasse o valor de 1,15 m determinou-se então a altura do aterro, sendo como a profundidade máxima do nível de água desejada acrescida do valor da borda livre, ou folga, desse aterro.

5.6.2 Borda Livre

A borda livre, ou folga, pode ser adotada segundo a tabela que leva em conta a profundidade da água junto à barragem e a extensão do espelho da água no reservatório medido perpendicularmente ao eixo da barragem, apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: Valores da folga para barragem (m)

Profundidade da água junto à barragem (m)	Extensão do espelho da água no reservatório. (Km)						
	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
até 6,0	*0,75*	*0,80*	*0,85*	*0,95*	*1,05*	*1,15*	*1,25*
de 6,1 até 9,0	*0,85*	*0,90*	*0,95*	*1,05*	*1,15*	*1,25*	*1,35*

Fonte: KLAR (1971).

Utiliza-se o valor da folga adotando-se um índice de 1 a 1,5 m para pequenas barragens. Sendo necessário uma quantificação para o índice da folga, pode-se determinar a altura de possíveis ondas que possam ocorrer em reservatórios.

A altura da onda é calculada pela fórmula empírica de Stephenson (apresentado por KLAR, 1971).

$$h = 0{,}36 \sqrt{L} + 0{,}76 - 0{,}27 * \sqrt[4]{L}$$

onde:

h = altura da onda (m);

L = maior extensão do reservatório em linha reta (Km).

5.6.3 Largura da Crista

Para barragens de terra, a largura mínima indicada para a crista é de 3 metros, devido ao aproveitamento, em áreas rurais, de se utilizar a barragem também como via de acesso a veículos. GARCEZ (1962) recomenda a largura mínima de 3 metros para barragens de até 15 metros de altura, acima disso adota-se 1/5 da altura da barragem.

Algumas tabelas e fórmulas empíricas fornecem o valor da largura da crista, tomando por base a altura da barragem, podendo ser exemplificada, a segui, pela Tabela 4.

Tabela 4: Valores da largura da crista (c) em metros, em função da altura da barragem (H) em metros.

Altura da barragem H (m)	4	6	8	10	>12
Largura mínima da crista (m)	3	3,5	4	5	6

Fonte: DAKER

Fórmulas recomendadas pelo "U.S. Bureau of Reclamation", apresentada por SOUSA (1991).

$$c = H/5 + 3$$

$$c = 3 + 0{,}3 * (H - 3)$$

onde :

c = largura da crista (m);

H = altura da barragem (m).

Vale salientar que, quanto maior a largura da crista maior poderá ser a estabilidade do aterro, porém, por outro lado, maiores serão os custos da obra.

5.6.4 Inclinação dos Taludes

A inclinação dos taludes refere-se a relação que indica quantas vezes sua projeção horizontal é maior que sua projeção vertical. Essa inclinação depende da altura da barragem e do tipo de material empregado.

Os taludes devem possuir inclinações adequadas para dar estabilidade necessária à estrutura.

Recomenda-se, como referência, para a inclinação dos taludes de montante e jusante, os valores da Tabela 5, indicando a altura dos taludes em função do tipo de material utilizado no aterro.

Tabela 5: Inclinação dos taludes em função do tipo de material usado e da altura do aterro.

	Altura do aterro			
	Até 5 metros		De 5,1 a 10 metros	
Material do aterro	Montante	Jusante	Montante	Jusante
Solo argiloso	2,00 : 1,00	1,75 : 1,00	2,75 : 1,00	2,25 : 1,00
Solo arenoso	2,25 : 1,00	2,00 : 1,00	3,00 : 1,00	2,25 : 1,00
Areias e cascalho	2,75 : 1,00	2,25 : 1,00	3,00 : 1,00	2,50 : 1,00
Pedras de mão	1,35 : 1,00	1,30 : 1,00	1,50 : 1,00	1,40 : 1,00

Fonte: DNAEE

De modo geral, adota-se como inclinação máxima dos taludes para barragens de terra, os seguintes valores 2,5 : 1,00 no talude montante e de 2,00 : 1,00 no talude jusante.

5.6.5 Dados do projeto

Atendendo as especificações do projeto, associadas às exigências impostas, foram então determinadas os seguintes valores para a elaboração da barragem, podendo ser ilustrada na Figura 3:

Altura do aterro de 2,00 m.

Crista do aterro: 3,00 m.

O aterro apresentará uma folga de 0,85 m.

Inclinação do talude montante, será de 2,00 : 1,00 m.

Inclinação do talude jusante, será de 1,75 : 1, 00 m.

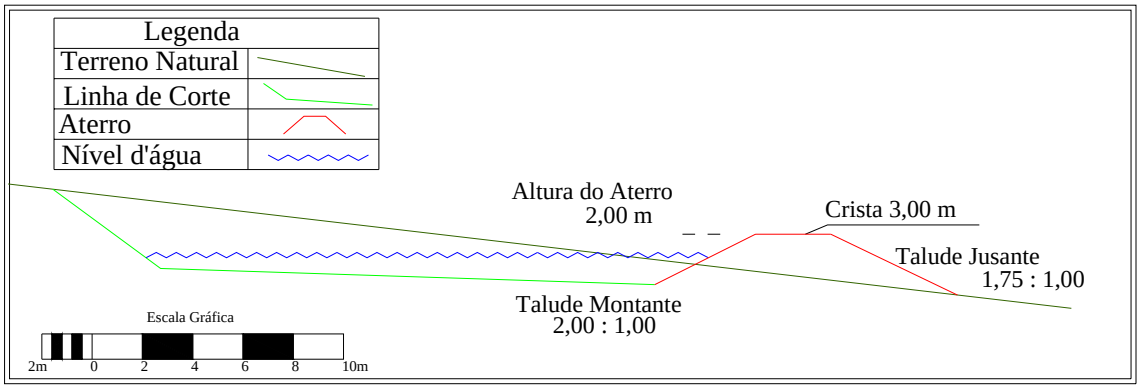

Figura 3: Perfil do Projeto do Reservatório

5.7 Cálculo dos Projetos

Todos os cálculos de volume para a elaboração dos projetos, foram realizados no sistema Datageosis, de modo que estes pudessem ter a mesma padronização nos cálculos sem provocar alteração na precisão dos projetos entre si. Estes cálculos foram desenvolvidos a partir da comparação de uma superfície primitiva em relação a uma outra superfície aqui denominada superfície de projeto. Portanto para cada base cartográfica foi criada uma superfície primitiva e uma superfície de projeto, da qual constava o projeto propriamente dito.

5.7.1 Base Cartográfica 1:10.000

Inicialmente foi realizado um projeto da barragem na Base Cartográfica 1:10.000. Verificando-se que da área localizada, na carta topográfica 1:10.000, esta ficou compreendida em três curvas de nível. Estas curvas de nível apresentaram as cotas de 825, 820 e 815 respectivamente. Resultando que o projeto seria calculado em uma área de topografia que apresentasse como relevo duas rampas. Uma de aproximadamente 12,5%, de declividade, entre as curvas de 825 e 820, onde se encontraria a maior área efetiva do projeto, outra com média de 38,8% compreendida entre as curvas 820 e 815.

Para inserir estes dados no programa Datageosis, criou-se então uma superfície que representasse as mesmas declividades das rampas apresentadas na carta, de modo que estas fossem a representação do relevo verificado na carta. A superfície foi criada com coordenadas retiradas na carta respeitando suas distâncias e cotas. Esta superfície pode ser visualizada na Figura 4 com a representação das curvas de nível obtida através de cálculos no DataGeosis. Com esta superfície criada, assim denominada superfície primitiva, pode-se então, desenvolver o calculo do projeto da barragem conforme as especificações técnicas calculadas.

Inicialmente, para a elaboração do projeto foi desenhada na planta uma linha na superfície do terreno, denominada de linha de corte, de comprimento aproximado ao do reservatório, por onde iniciaria-se a formação do reservatório. Sobre esta linha determinou-se uma rampa de acesso a base do fundo do reservatório, e em seqüência

a formação dessa base. Essa base estendeu-se na largura desejada do reservatório ate iniciar então o projeto do corpo do aterro. O aterro foi projetado de acordo com as especificações anteriormente apresentadas.

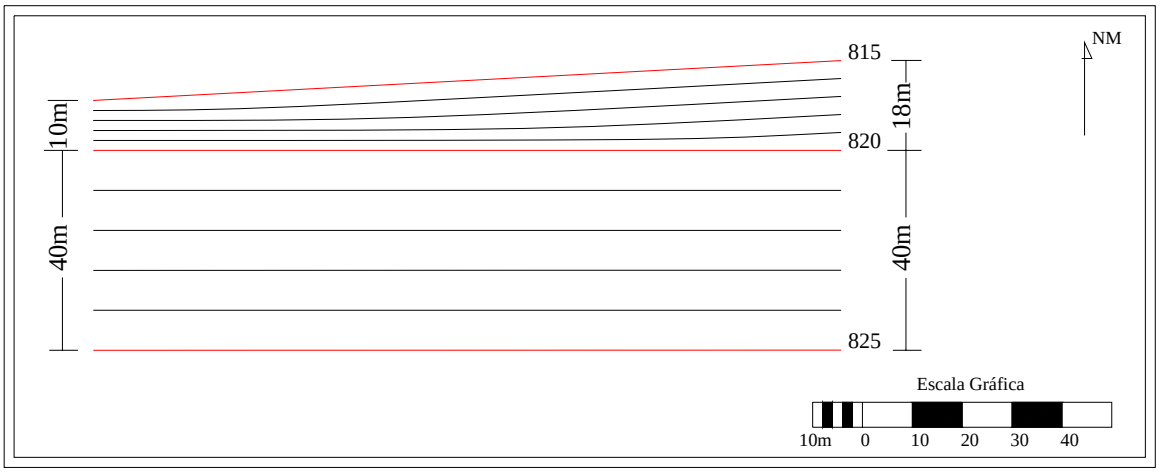

Figura 4: Dados da Superfície primitiva criada no Datageosis com base na Base Cartográfica 1:10.000

5.7.2 Base Cartográfica 1:50.000

O desenvolvimento do cálculo do projeto da represa na Base Cartográfica 1:50.000, foi o mesmo empregado para a Base Cartográfica 1:10.000. A área em estudo ficou compreendida, também entre três curvas de nível, conforme identificado nas cartas. Entretanto, estas foram curvas de cotas 840, 820 e 800, respectivamente. Conseqüentemente o projeto foi desenvolvido em duas rampas. Portanto com valores de elevação vertical diferentes, foram identificados novos valores de declividade das rampas, sendo uma média de 9% entre as curvas entre 840 e 820; e de 20% entre as curvas de 820 e 800. De posse desses valores também se criou no Datageosis a superfície com as curvas de nível representativas da área, formando então a superfície primitiva visualizada pela Figura 5.

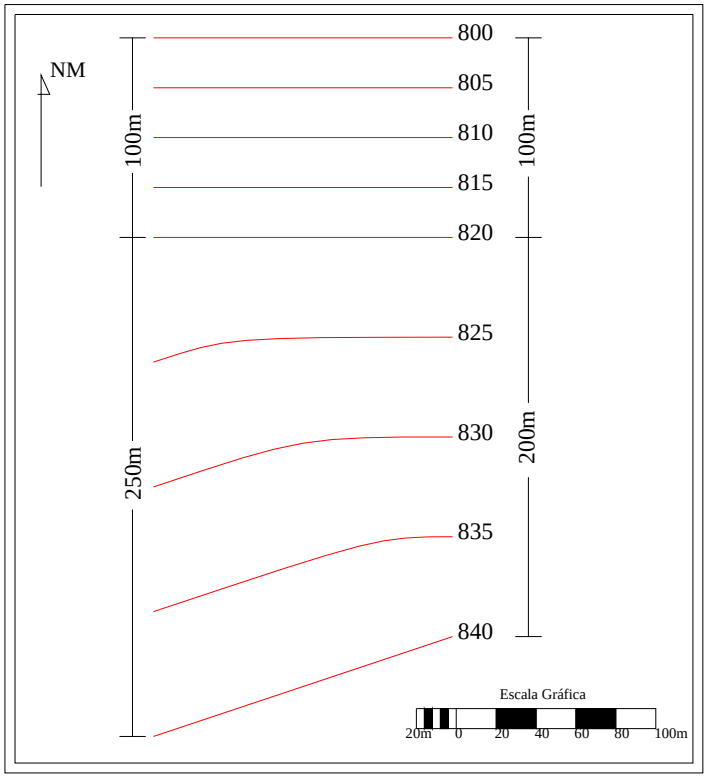

Figura 5: Dados da Superfície primitiva criada no Datageosis com base na Base Cartográfica 1:50.000

5.7.3 Base Cartográfica pelo Levantamento Taqueométrico.

A superfície calculada pelo levantamento taqueométrico (Figura 1) foi a base para a elaboração do projeto de barragem nesta base cartográfica, tornando-se a representação da superfície primitiva. Inicialmente determinou-se a linha de corte do reservatório, esta acompanhou a linha da curva de nível obtida através do levantamento para uma melhor apresentação do projeto e uma uniformidade da rampa de corte do reservatório. Sobre esta nova superfície, então, foi projetado a represa seguindo as especificações técnicas do projeto propostos anteriormente. Criando-se então assim a superfície de projeto.

5.7.4 Base Cartográfica pelo Levantamento Geométrico.

A superfície calculada pelo levantamento geométrico (Figura 2), foi denominada superfície primitiva. Sobre esta superfície foi projetada a barragem, do qual resultou em uma nova superfície, denominada de superfície de projeto do levantamento geométrico.

Pelos mesmos motivos do projeto anterior, a linha de corte do reservatório acompanhou as curvas de nível calculadas pelo levantamento, a partir desta linha então, realizou-se a elaboração do projeto na quarta base cartográfica.

5.8 Execução do Projeto

A execução do projeto em definitivo não foi desenvolvido a partir dos projetos estudados, mas com base nas especificações apresentadas anteriormente, isso para que houvesse uma melhor comparação nos projetos sem que ocorresse um favorecimento dos projetos elaborados.

Para e execução da barragem foi utilizado um trator com retroescavadeira e concha, e um caminhão basculante.

De inicio a retroescavadeira foi raspando uma camada superficial da área para a limpeza, retirando os restos de matéria orgânica presente na superfície. Esta limpeza se deu tanto, na área do reservatório e na faixa onde foi erguido o barramento.

Em seqüência, se deu início a escavação do reservatório. Devido a presença de material rochoso, ou de um solo mais duro não foi possível fazer o acompanhamento pela curva de nível, porém a linha de corte do reservatório acompanhou sempre que possível esta linha da curva de nível. O próprio material escavado estava sendo destinado para a formação do corpo do aterro. De início a retroescavadeira pode fazer este transporte, entretanto quanto começava a subir o corpo da barragem se deu necessário o uso do caminhão para o transporte desse material.

Com relação às árvores que se encontram no local, o trator foi retirando material ao seu entorno de modo a formar uma pequena ilha dentro da área do reservatório.

Para o controle do volume de água dentro da barragem e funcionando como um vertedouro, foram utilizados canos de PVC, instalados transversalmente à base do aterro.

Como o solo que estava sendo retirado apresentava boa compactação, esta se atendeu perfeitamente, com apenas a movimentação dos maquinários sobre o aterro. Contudo esta compactação se realizou em pequenas camadas; de forma que; levantava-se o aterro em finas camadas de aproximadamente 15 a 20 cm, onde realizava logo em seguida uma boa compactação, com as passadas das maquinas. Verificando que após a compactação e o solo seco, este se apresentava extremamente duro.

Também foram construídas duas rampas de acesso para a área localizada a jusante da represa.

Após a conclusão de todo o barramento, foi realizada a proteção dos taludes e da crista com o plantio de grama batatais (*paspalum notatum).*

5.9 Levantamento da Barragem Executada.

Finalizado a execução da obra realizou o levantamento topográfico da área. Para este levantamento foi utilizada a Estação total, onde inicialmente determinou a melhor posição para a instalação da poligonal. Neste ponto, instalou-se o aparelho, por onde começou a se fazer o levantamento. Foram levantados pontos em comuns a aqueles levantados anteriormente, pontos de amarração fora da área. Outros pontos foram lidos em toda área, de modo a representar todo o projeto no levantamento, inclusive o fundo do reservatório.

Os dados do levantamento foram digitados no programa de cálculo topográfico Datageosis e posteriormente processados até a obtenção da planta final.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Apresentação dos Projetos

Com a elaboração do projeto na carta topográfica 1:10.000, a planta do projeto realizado, tendo seus pontos em coordenadas e com cotas, pôde-se criar uma nova superfície denominada aqui de superfície de projeto. Podendo esta ser visualizada pela Figura 6.

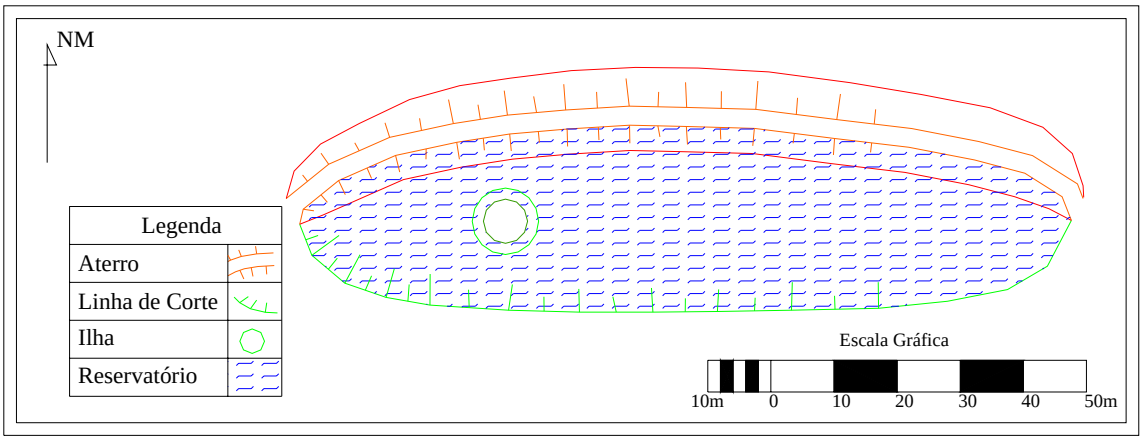

Figura 6: Projeto desenvolvido na Base Cartográfica 1:10.000

Após a verificação dos dados de comprimento e largura do reservatório e cálculos do volume de água armazenado e a área do espelho d'água, pôde-se então fazer os cálculos referentes ao volume de corte e aterro do projeto, para comparação e verificação dos projetos.

De mesma forma sobre a superfície obtida na carta topográfica 1:50.000 foi desenvolvido o projeto da barragem, respeitando as especificações já anteriormente determinadas, da qual então se denominou uma nova superfície de projeto (Figura 7).

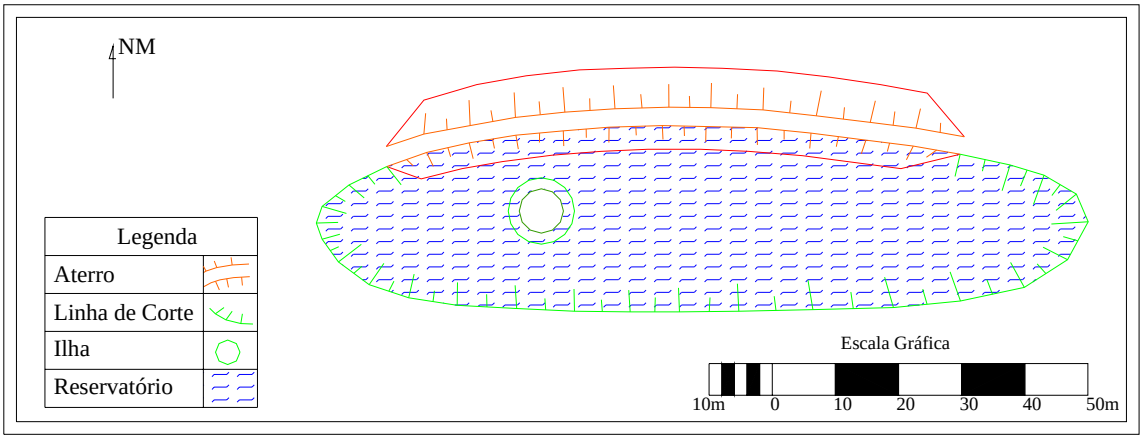

Figura 7: Projeto desenvolvido na Base Cartográfica 1:50.000

A partir da superfície obtida pelo levantamento taqueométrico foi desenvolvido também o projeto da barragem, sendo apresentada esta pela Figura 8, foram respeitadas as especificações anteriormente determinadas, da qual então se obteve uma nova superfície de projeto.

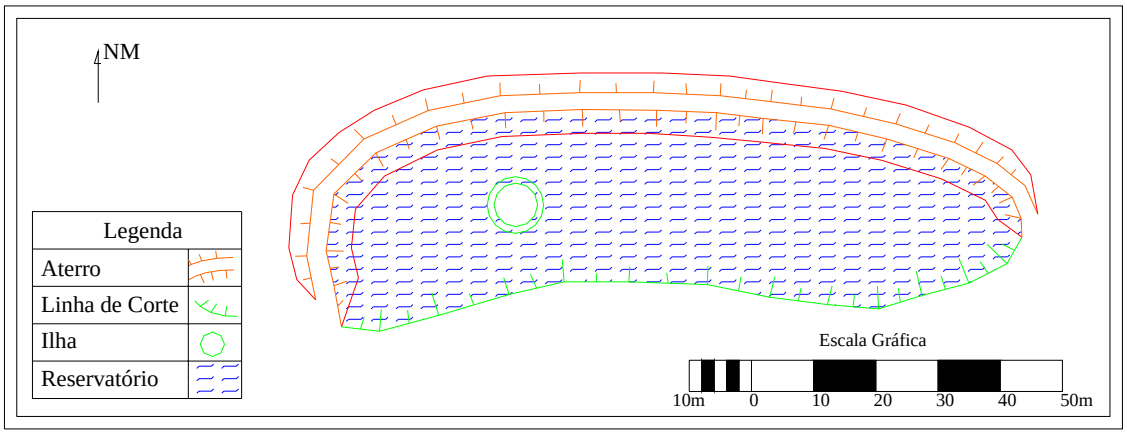

Figura 8: Projeto desenvolvido na Base Cartográfica pelo levantamento taqueométrico.

A Figura 9 representa o projeto elaborado a partir da superfície obtida pelo levantamento geométrico.

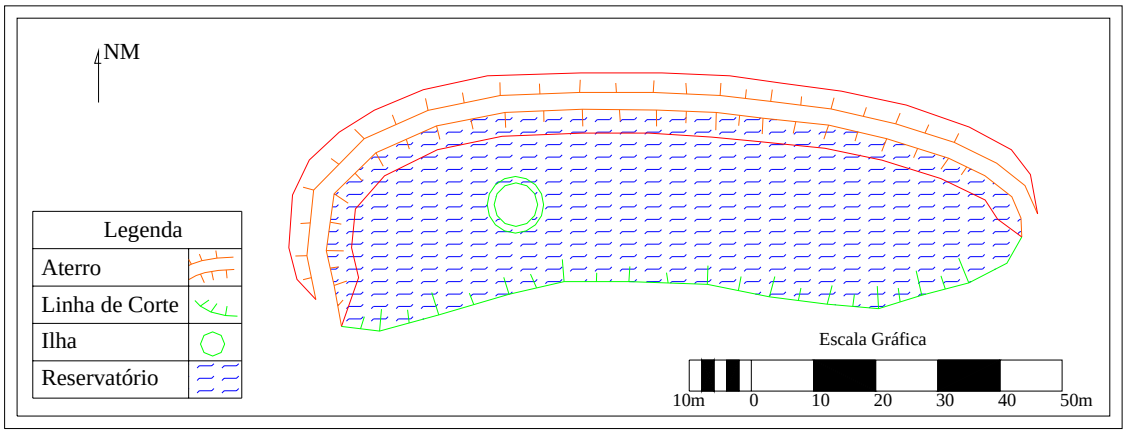

Figura 9: Projeto desenvolvido na Base Cartográfica pelo levantamento geométrico.

As Figuras 10 e 11 ilustram a represa concluída com a cota d'água no nível máximo. Com a conclusão da execução da barragem e o enchimento até o seu nível máximo foi realizado o levantamento taqueométrico pela Estação Total, sendo apresentada sua planta pela Figura 12.

Figura 10: Vista parcial da Represa

Figura 11: Detalhe da ilha do reservatório.

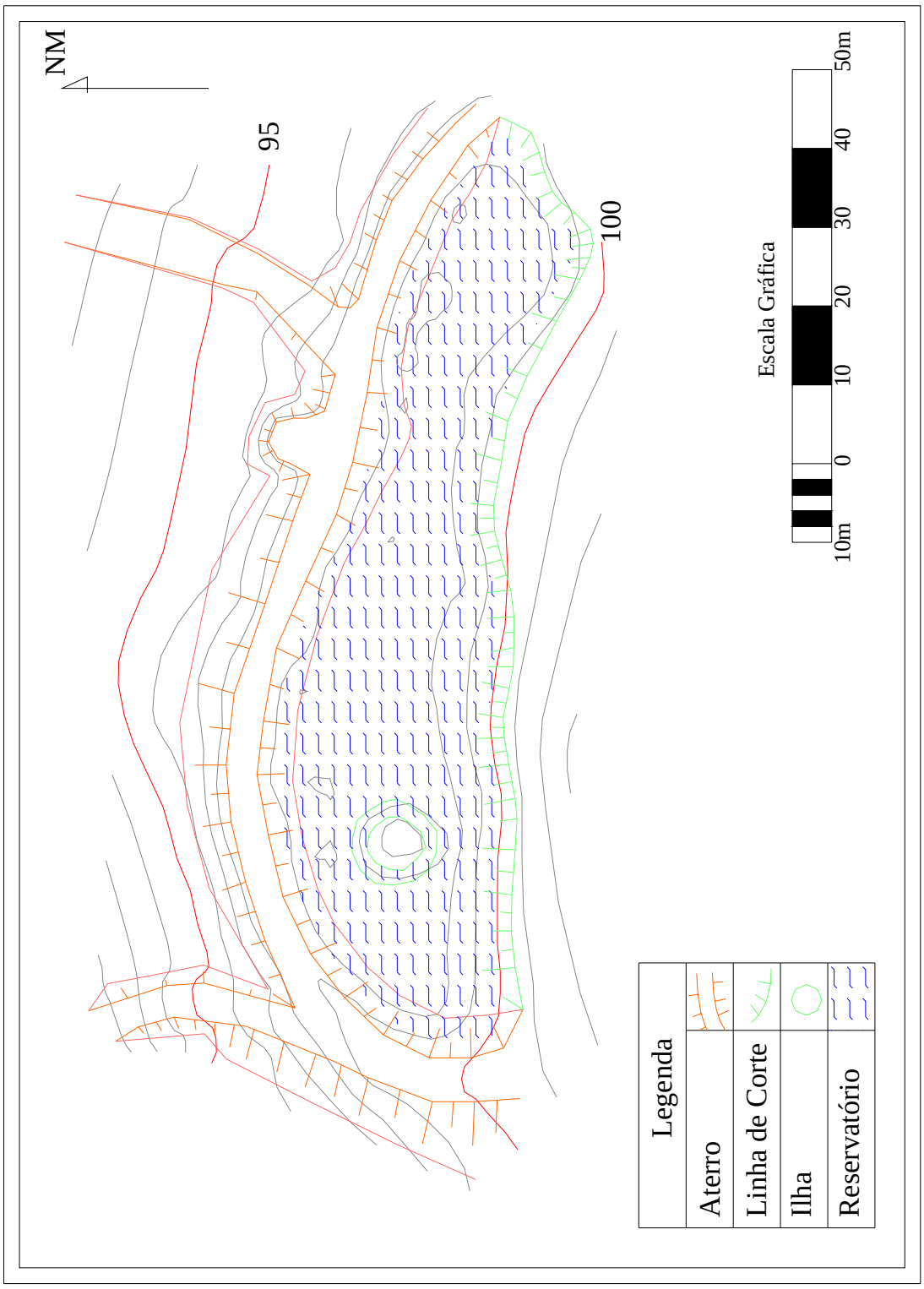

Figura 12: Levantamento taqueométrico da represa.

6.2 Discussão

A escolha do local se deu em função da possibilidade de se construir um barramento na encosta por onde havia uma nascente que favorecesse a formação de um reservatório, e não necessariamente em uma linha de talvegue, como geralmente é apresentada uma barragem de terra. Contudo os estudos de cálculos para barragem são aplicados a este caso.

Devido às escalas das cartas topográficas não foi possível determinar com precisão os detalhes das variações de relevo. Criando, portanto na área em estudo, uma superfície apresentando uma declividade uniforme entre as curvas de nível, formando uma rampa não condizente com a realidade da área.

A realização do levantamento taqueométrico foi mais rápido em relação ao levantamento geométrico, certamente pela ausência da necessidade de se estaquear a área com mais praticidade do método. Os levantamentos de campo indicaram a presença de um declive no sentido da lateral da área, fato não podendo ser identificado nas cartas.

Os dados referentes ao reservatório de água, como o volume, a área, largura e comprimento, foram dados possíveis de serem ajustados pelo projetista, de forma que estes ficassem de acordo com os limites propostos pelo projeto. Para o calculo dos volumes de movimentação de terra, de cada projeto, foi realizado no Datageosis a partir de duas superfícies, uma denominada como sendo a superfície primitiva, obtida através das cartas e pelos levantamentos de campo, e uma outra superfície aqui denominadas de superfícies de projetos, sendo para cada base cartográfica.

Após a apreciação dos cálculos pode montou-se Tabela 6 com os valores dos dados de projetos como o volume de terra movimentada, e o de água armazenada.

Tabela 6: Dados obtidos nos cálculos dos projetos.

Projeto	Área da Superfície Inundada (m^2)	Volume de água armazenada (m^3)	Largura da área inundada (m)	Compri-mento da área inundada (m)	Volume de Corte (m^3)	Volume de Aterro (m^3)
Carta Topográfica 1:10.000	*2229,36*	*1577,43*	*24,13*	*116,98*	*5717,35*	*1307,45*
Carta Topográfica 1: 50.000	*2207,68*	*1836,85*	*24,81*	*116,11*	*7904,45*	*212,03*
Levantamento Geométrico	*2454,01*	*2013,46*	*24,87*	*109,93*	*3425,09*	*1413,89*
Levantamento Taqueométrico	*2384,53*	*1852,77*	*24,41*	*110,45*	*3530,32*	*1315,59*
Projeto Executado	***2140,86***	***1924,82***	***25,29***	***113,83***	***2167,22***	***1857,44***

Pela carta topográfica 1:50.000, devido à baixa declividade calculada na área, proporcionou que no projeto apresentasse um grande volume de corte na movimentação de terra, e um pequeno volume de aterro. Indicando que a construção do reservatório estaria na execução de um buraco com a execução de um pequeno aterro na área que apresentasse a maior declividade.

Comparando estes valores com os dados apresentados no projeto obtido pela carta 1:10.000, verificamos que houve uma menor variação entre os volumes de terra movimentada. Mesmo que a declividade desta área estivesse mais condizente com a declividade média do terreno, ainda apresentou um grande volume de corte, devido justamente esta declividade ser uniforme, não demonstrando a variação do relevo apresentada na longitudinal do reservatório.

Em todos os resultados apresentados, os cálculos de volume de corte, foram maiores do que o volume de aterro. Significando que haveria uma sobra de material. Como a área do proprietário, não permitia um descarte desse excesso de material, e evitando ainda um custo desnecessário pela movimentação deste para uma outra área, foi determinado que todo o material de corte fosse aproveitado no aterro, mesmo que ocorresse um super dimensionamento deste e aproveitando, portanto para criar inclusive estradas ou rampas de acesso para a área localizada a jusante do aterro, não projetadas inicialmente.

Este super dimensionamento das especificações do projeto, favoreceu para um alto coeficiente de segurança da barragem com um pequeno acréscimo de custo.

O corpo do aterro não apresentou um formato homogêneo em toda a sua extensão. Para a verificação da estrutura do aterro, medições foram tomadas e podemos identificar as seguintes observações.

A folga do aterro foi menor que o proposto pelo projeto, entretanto como o local não possui ocorrências de ventos fortes e a largura da represa não permite espaço para formação de ondas, a folga apresentada em torno dos 0,50 m, atende a segurança do barramento, sem a ocorrência de transbordar água sobre a crista deste.

A crista do aterro foi mais larga, em alguns trechos ficou próximo ao determinado, atendendo a sua largura mínima de 3,00 m.

Com o reforço do corpo do aterro, houve um favorecimento na segurança sobre a inclinação dos taludes. A inclinação do talude montante, verificado ficou entre 2,5 : 1,00 e 3,4 : 1,00.

A inclinação do talude jusante, medido ficou entre 2,5 : 1,00 e 3,7 : 1,00. Esta maior variação da inclinação do talude também se deu em função da declividade do terreno, onde para uma declividade maior, resulta numa base mais larga.

Com o levantamento do reservatório finalizado, obteve-se os dados reais de movimentação de terra, juntamente com os dados de volume e área do reservatório.

Como não houve sobra de material, a diferença do volume de corte e aterro de solo se deve a compactabilidade do mesmo.

A execução da represa foi adaptada aos contornos do local, permanecendo maior no lado de maior declive, excluindo aquela uniformidade apresentada nos projeto. Conseqüentemente diminuiu o volume de corte de terra.

A área da superfície do reservatório apresentou uma menor variação pelas cartas em relação ao projeto executado, devido ao projeto desenvolvido pelas cartas apresentar um formato mais regular. Contudo o volume de água armazenada foi mais adequado aos levantamentos de campo, porque possibilitou uma adaptabilidade do formato do reservatório em relação à topografia do local.

Os projetos dos levantamentos de campo foram mais coerentes com o projeto, em relação aos obtidos pelas cartas. O levantamento geométrico apresentou uma

pequena menor variação em relação ao levantamento taqueométrico. Porém como esta variação é proporcionalmente pequena em relação ao projeto, podemos identificar que o levantamento taqueométrico é mais adequado porque ele se torna mais pratico para a sua execução. Contudo os dois métodos são satisfatórios para a área em estudo.

7. CONCLUSÃO

Devido à escala das Cartas Topográficas Oficiais, certamente estas não são adequadas quando comparadas aos levantamentos realizados em campo, para a realização desse estudo, sendo a área estudada relativamente muito pequena para obtenção de detalhes pelas cartas. Não descartando a sua utilização como referência para obtenção de dados, sem maior precisão, para estudo de relevo, ou um indicativo para visualização da área.

O projeto obtido pela carta de 1:50.000 foi aquele que mais se distanciou da realidade. Os levantamentos de campo atenderam mais adequadamente à execução do projeto.

Quanto aos levantamentos taqueométrico e geométrico não houve diferenças acentuadas no relevo calculado. Entretanto, a realização de um levantamento pelo método taqueométrico se demonstra mais eficiente, devido a maior praticidade no levantamento, dispensando o uso de estaquear área.

A pequena variação ocorrida nos dados obtidos pelos levantamentos de campo indica que para uma área pequena e uniforme a escolha do método implica muito mais na forma como este levantamento é realizado do que nas características de cada método.

Os projetos dos levantamentos de campo foram mais coerentes com o projeto desenvolvido em campo, entre todos, o levantamento taqueométrico se identificou mais adequado pela maior praticidade do método.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, Agência Nacional de Águas. **Caderno de recursos hídricos;** Disponibilidade e demanda de recursos hídricos no Brasil. Brasília – DF. Ministério do Meio Ambiente. 2005. 123p.

BABBITT; H. E., DOLAND, J. J., CLEASBY, J. L. **Abastecimento de água;** tradução: Zadir Castelo Branco, São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 1962, 592p.

BERNARDO; S. **Manual de irrigação.** 6ª Edição. Viçosa – MG. Imprensa Universitária UFV. 2002. 656p.

BORGES, A C. **Topografia**. Editora Edgard Blücher Ltda., 1977, 187p.

BORGES, A. C. **Topografia aplicada à engenharia civil**. São Paulo, Ed. Edgar Blücher Ltda, v.2. 232p. 1992.

CAMPOS, S. P. de, AMORIM, R.F.C., CARDOSO, L.G., LEOPOLDO, P.R. **Utilização do SURFER 5.0 na obtenção do volume de assoreamento em represa.** *In:*

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26 Campina Grande - PB. 1997. **Anais...** Campina Grande, SBEA 1997. (CD ROM, Tas 007.DOC).

CAMPOS, S.P. de; CARDOSO, L.G. ; CATÂNEO, A. Obtenção de modelo digital de elevação utilizando o SURFER-5.0 com dados importados do SIG IDRISI 4.1. Rev. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 26 - 32. 1997.

CARDOSO, L.G.; ARTIOLI,G.M.; GOMES, L.N.;CAMPOS, S. ; BARROS, Z.X.de. Modelagem numérica da superfície através de um software topográfico: densidade e posicionamento de pontos. In. REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 7. Botucatu, SP. 2000.Resumos... Botucatu, 2000. p.84.

CINTRA, J. P. Automação da topografia: do campo ao projeto. São Paulo, 1993. 120p. Tese (Livre Docência em Engenharia/Transportes) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - POLI/USP, Universidade de São Paulo.

CODASP, Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo, **Manual Técnico de Motomecanização Agrícola.** São Paulo. Imprensa Oficial do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. 1994. 100p.

CONTE, M. L. **Espécies químicas dissolvidas no Ribeirão Lavapés, Botucatu – SP.** Botucatu – SP, 1992. 123p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

CONTE E CASTRO, A. M.; CONTE, M. L.; MARTINS, V. H. Qualidade da água em bacia hidrográfica de múltiplos usos, em dois períodos. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA RURAL, 2, CONGRESSO ARGENTINO DE INGENIERIA RURAL, 5, 1998, La Plata. **Libro de las memórias:** Avances em el Manejo Del Suelo e Água em la Ingeriería Rural Latinoamericana, La Plata: Editorial de la U.N.L.P., 1998. p.296-301.

CRUZ, P. T. **100 barragens brasileiras,** casos históricos, materiais de construção, projeto. São Paulo – SP. Editora Oficina de Textos. 1996. 648p.

DAKER, A. **Hidráulica aplicada à agricultura:** captação, elevação e melhoramento da água. 6ª ed. Rio de Janeiro. Livraria Freitas Bastos. 2º vol., 1983. 408p.

DNAEE. **Manual de microcentrais hidrelétricas.** Ministério das Minas e Energia. Eletrobrás – Centrais Elétricas Brasileiras S. A. 1985. 344p.

DEFFUNE, G. **Avaliação dos recursos hídricos na geografia.** Maringá – PR, março/94, Apontamentos n. 25, Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, 1994, 41p.

GALETI, P. A. **Guia do Técnico Agropecuário: água.** Campinas – SP. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 1983. 135p.

GARCEZ, L. N. **Construções hidráulicas.** São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda. 1992. 276p.

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

GODOY, R. **Topografia básica**. Piracicaba, FEALQ/USP, 1988. 349p.

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

GOMES, L.N. ; CARDOSO, L.G.; ARTIOLI, G.M.; BARROS, Z.X. de; CAMPOS, S. Diferenças no traçado das curvas de nível de plantas planialtimétricas em função do tamanho da malha triangular utilizada na modelagem numérica da superfície. In: REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 7. Botucatu, SP. 2000. Resumos... Botucatu, 2000. p.82.

IBGE. **Cartografia**. Mapeamento Topográfico. Disponível em <http://www.ibge.gov.br> Acesso em 18 de março de 2005.
KLAR, A. E.; **Barragens de Terra**. Notas de Aula. UNESP; Campos de Botucatu; SP; 1971.98p.

LINSLEY, R. K.; FRANZINI, J. B. **Engenharia de Recursos Hídricos**; tradução e adaptação : Luiz Américo Pastorino, São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1978. 798p.

LOMBARDI NETO, F. Introdução. In _____ **Introdução à Engenharia Agrícola.** Campinas, SP. Editora da Unicamp, 1992. cap 1, p. 15-19.

MACEDO, J. A. B. de, **Águas e águas.** São Paulo. Livraria Varela. 2001. 505p.

MOTA, F. S. da, **Meteorologia Agrícola.** São Paulo. Ed. Nobel. 1983. 376p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, **Manual de segurança e inspeção de barragens.** Brasília – DF. Ministério da Integração Nacional, 2002. 148p.

PAIVA, M. P**. Grandes represas no Brasil**. Brasília – DF. Editerra. 1982. 304p.

PAOLINI, A.E.; LAUREDA, D.; ROSATTO, H.G. SOLARI, F.A.; LANDIN, L.M. Validación de un programa de computación para dibujar planos com curvas de nivel en escala grande. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27. Poços de Caldas, MG, 1998. Anais... Poços de Caldas, 1998. p.344-346.

PEREIRA NETO, O.C. & VALÉRIO FILHO, M. Análise comparativa de métodos para elaboração de cartas de declividade aplicadas a estudos do meio físico. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Curitiba, 1993. Anais do... v. IV. p. 226 - 232.

PINTO, L. E. K., **Curso de topografia.** Centro Editorial Didático da UFBA, Universidade Federal da Bahia, 1988, 344p.

POLITANO, W.; DEMÉTRIO V.A.; LOPES. L.R. Características básicas do material cartográfico empregado em atividades agronômicas nas bacias hidrográficas. Rev. Geogr. , v. 819, p. 21 - 29, 1989/90.

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

RODRIGUES, V. A. **Uso de sistema de posicionamento global na caracterização planialtimétrica para projetos de irrigação e drenagem.** Botucatu – SP, 2003. 95p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

SANTIAGO, A C. **Topografia.** Campinas: Boletim Técnico - SCR - n 41, 1969. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI.

SOLARI, F.A.; PAOLINI, A.E.; SEGAT, J.P. Estudio comparativo para obtencion de los factores topográficos. Eng. Agric.. Jaboticabal-SP. v.17, n.4, 1998. p.115-120.

SOUSA, A. P. **Pequenas barragens de terra.** Notas de aula. UNESP; campus de Botucatu – SP; 1991. 43p.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos.** Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda, da USP. São Paulo – SP. 1977. 509p.

ZUCCARI, M. L. **Determinação de fatores abióticos e bióticos do Ribeirão Lavapés (Botucatu – SP).** Botucatu – SP, 1992. 113p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.