

ÍNDICE

INSTRUÇÕES BÁSICAS PARA A ELABORAÇÃO DO PROJETO DE TRAÇADO DE UMA RODOVIA

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. FASES DE TRABALHO	3
3. CONDIÇÕES TÉCNICAS DA RODOVIA	3
4. RECONHECIMENTO PRELIMINAR.....	6
5. ANTE-PROJETO	7
5.1. PRINCÍPIO BÁSICOS PARA A LOCAÇÃO DO TRAÇADO.....	7
5.2. LANÇAMENTO PRELIMINAR EM PLANTA E PERFIL.....	10
5.3. INVESTIGAÇÕES COMPLEMENTARES DE CAMPO	10
5.4. ESTUDO HIDROLÓGICO.....	12
5.5. MOVIMENTO DE TERRA.....	13
5.6. COMPRIMENTO VIRTUAL SEGUNDO O TRABALHO MECÂNICO.....	14
5.7. RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO DOS TRAÇADOS.	14
5.8. ORÇAMENTO	15
5.9. ESCOLHA DA DIRETRIZ.....	15
5.10. MEMORIAL DESCRITIVO	15
6. PROJETO DEFINITIVO	16
6.1. OBJETIVO.....	16
6.2. ESCOLHA DO TRAÇADO:.....	16
6.3. CÁLCULO DAS CURVAS HORIZONTAIS:	17
6.4. PERFIL LONGITUDINAL COM OS CÁLCULOS DAS CURVAS VERTICAIS:	18
6.5. CÁLCULOS DE MOVIMENTO DE TERRA COM APRESENTAÇÃO DA TABELA DE VOLUMES ACUMULADOS:	19
6.6. – DIAGRAMA DE MASSAS OU DE BRUCKNER:	20
6.7. ESTUDOS GEOTÉCNICOS:	21
6.8. NOTA DE SERVIÇO DE TERRAPLENAGEM:.....	21
6.9. MEMORIAL DESCRITIVO E MEMORIAL DE CÁLCULO:	21
6.9.1. Memorial Descritivo – O Texto Escrito	21
6.9.2. Memorial de Cálculo	23

INSTRUÇÕES BÁSICAS PARA A ELABORAÇÃO DO PROJETO DE TRAÇADO DE UMA RODOVIA

1. INTRODUÇÃO

Nas considerações preliminares para a fixação de uma rodovia é, geralmente, necessário um estudo global dos aspectos econômicos, sociais, políticos e estratégicos implicados. Muitos profissionais participam de tais estudos, podendo citar: economistas; assistentes sociais; advogados; engenheiros civis, mecânico, eletricitista e agrônomos; arquitetos dentre outros.

A estrada deve-se enquadrar num plano rodoviário da região, sendo que a prioridade de um determinado projeto nesse plano é também sujeita a um estudo de tráfego em apreço pressupõe-se a conclusão, com resultado positivo, dessa fase de planejamento.

2. FASES DE TRABALHO

Consideram-se, no nosso caso, duas fases distintas na elaboração do projeto:

- a) Fase de anteprojeto, onde diversas alternativas de traçado são definidas e analisadas por estudos comparativos de soluções técnicas e custos. Na conclusão dessa fase é escolhido o traçado definitivo (diretriz);
- b) Fase de projeto final, onde o traçado escolhido é definido detalhadamente (por sub-trechos) atingindo-se o dimensionamento final dos respectivos elementos geométricos que compõem a rodovia.

3. CONDIÇÕES TÉCNICAS DA RODOVIA

As características técnicas das rodovias, como a velocidade diretriz¹, que são parâmetros fundamentais para a elaboração do projeto, é fixada pela Portaria 3602 do DNER, de 24 de outubro de 1969.

Segundo (LEE, S. H, 2000), alguns valores apontados pelas Normas do DNER apresentaram uma involução qualitativa em relação aos propostos pelo Manual de projeto de engenharia rodoviária (DNER, 1974) e pelas Normas para o projeto de estradas de rodagem (DNER, 1975), buscando favorecer uma política de redução de custos de construção. A Portaria 3602 (1696) do DNER, que se referia a “largura do pavimento”, quando deveria ter fixado a largura mínima da faixa de tráfego. O caso mais chamativo foi a diminuição da largura mínima, anteriormente fixada em 3,75 m, foi reduzida para 3,60 m, contrariando a boa técnica e a própria tendência que se verifica na utilização de faixas mais largas nos projetos de nível mais elevado.

¹ Velocidade diretriz ou velocidade de projeto é a velocidade máxima na qual o veículo pode trafegar na estrada em qualquer ponto com toda a segurança sem qualquer problema ou acidente. É através da velocidade diretriz que fica definido o raio de curvatura a ser adotado, ou melhor, fica definido o valor ideal o qual nem sempre é seguido devido a outros tipos de condicionantes.
(fonte: <http://matematikos.psico.ufrgs.br/contribuir/geomarcelo.html>)

Os Estados, geralmente, seguem as mesmas normas federais. A **TABELA 1** relaciona a Classe de Projeto com as Características e o Critério de Classificação técnica.

CLASSE DE PROJETO		CARACTERÍSTICAS	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA
0		Via Expressa	Decisão Administrativa
		Controle total de acesso	
I	A	Pista dupla	Os volumes de tráfegos previstos ocasionarem níveis de serviço em rodovia de pista simples inferiores aos níveis C ou D
		Controle parcial de acesso	
	B	Pista simples	Volume horário de projeto > 200
		Controle parcial de acesso	Volume médio diário (VDM) > 1400
II		Pista simples	VDM entre 700 e 1400
III		Pista simples	VDM entre 300 e 700
IV	A	Pista simples	VDM ⁽¹⁾ entre 50 e 200
	B	Pista simples	VDM ⁽²⁾ < 50

1. Os volumes de tráfego bidirecionais indicados referem-se a veículos mistos e são aqueles previstos no 10º ano após a abertura da rodovia ao tráfego.

2. Volumes previstos no ano de abertura ao tráfego

Tabela 1 – Classe de Projeto (Áreas Rurais) (Fonte: DNER, 1979).

A rodovia em estudo é considerada de CLASSE I – B à qual pertence a maioria das rodovias federais. Na **TABELA 2** - Condições Técnicas de Rodovia CLASSE I - Portaria n. 19 de 10/01/1949, são apresentadas as principais condições técnicas dessa classe. Na figura 1 é mostrada uma seção transversal típica de uma rodovia CLASSE I – B, num trecho em tangente².

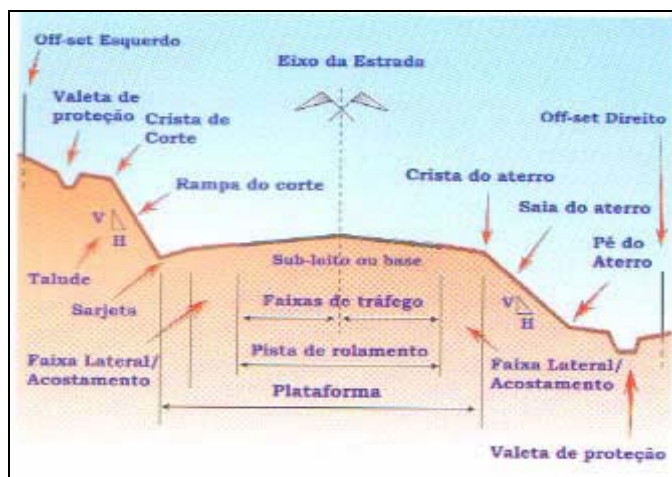


Figura 1 – Componentes de uma seção transversal de um pavimento

(Fonte: <http://www.topografiaeral.com> - Edivaldo Lins Macedo)

A portaria 3602 não define um critério quantitativo para discriminar entre os 3 tipos de topografia: plano, ondulado ou montanhoso, conforme **TABELA 2**.

² Trecho reto.

Condições Técnicas de Rodovia CLASSE I - Portaria n. 19 de 10/01/1949				
SERVIÇO		REGIÃO		
		PLANA	ONDULADA	MONTANHOSA
Velocidade diretriz	(km/h)	100	80	60
Raio mínimo de curvatura horizontal	(m)	340	200	100
Rampa máxima para altitudes até 1000 m	(%)	3	4	6
Rampa máxima para altitudes acima 1000 m	(%)	2,5	3,5	5,5
Rampa mínima de cortes e seções mistas	(%)	1	1	1
Valor mínimo de distâncias duplas de visibilidade	(m)	300	200	130
Largura mínima da taxa de domínio	(m)	80	70	80
Largura mínima da pista de rolamento	(m)	7,00	7,00	7,00
Inclinação da transversal dos trechos em curva	(%)	8 a 2	8 a 2	8 a 2
Acostamento	(m)	2,5	2	1,5
Declividade transversal dos acostamentos	(%)	5	5	5
Largura mínima das sarjetas nos cortes	(m)	2,00 a 1,50	2,00 a 1,50	2,00 a 1,50
Rampas das sarjetas na parte contígua ao acostamento	(m)	25	25	25
Inclinação máxima dos taludes de corte em relação ao Plano Horizontal				
a - Terreno sem possibilidade de escorregamento		1:1	1:1	1:1
b - Terreno com possibilidade de escorregamento		3:2	3:2	3:2
c - Rocha viva		vert.	vert.	vert.
Inclinação máxima dos taludes de aterro em relação ao Plano Horizontal				
a - Maiores de 3 m de altura		1:4	1:4	1:4
b - Menores de 3 m de altura		1:2	1:2	1:2

Tabela 2 – Condições Técnicas de Rodovia CLASSE I - Portaria n. 19 de 10/01/1949

O desnível médio, da faixa considerada para cada traçado, deve ser determinado em sub-trechos de um comprimento de, pelo menos, 2 a 3 km, para a classificação da região, conforma definido na **TABELA 3**.

REGIÃO	DESNÍVEIS (d)	
	(km)	(%)
Plana	$d < 10 \text{ m}$	$d < 1\%$
Ondulada	$10 \text{ m} \leq d \leq 40 \text{ m}$	$1\% \leq d \leq 4\%$
Montanhosa	$d > 40 \text{ m}$	$d > 4\%$

Tabela 3 – Classificação das Regiões

4. RECONHECIMENTO PRELIMINAR

Já na fase do planejamento (plano diretor) inicia-se o levantamento sistemático de dados sobre a respectiva região, tais como:

- Geografia;
- Demografia;
- Topografia (geo-morfologia);
- Hidrografia (drenagem);
- Geologia;
- Pedologia (solos);
- Fitografia (vegetação);
- Clima

Para este fim procura-se (lista não completa):

- Publicações pertinentes;
- Levantamentos aerofotogramétricos;
- Fotografias aéreas;
- Mapeamentos geológicos;
- Registros de pluviometria;
- Registros de enchentes em baixadas;
- Outros projetos rodoviários existentes na área;
- Dados estatísticos da região.

Esses dados poderão ser obtidos junto à seguintes entidades (lista não completa):

- Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo – IGGSP;
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE;
- Secretaria de Agricultura;
- Instituto de Agronomia;
- Departamento de Águas e Energia Elétrica;
- Ministério da Aeronáutica;
- Ministério das Minas e Energia;
- Serviços e Institutos de Meteorologia;
- Secretaria de Planejamento;
- Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte – DNIT;
- Prefeituras Municipais locais;
- Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Defesa do Meio Ambiente – CETESP;

Admitimos, no caso deste projeto, como resultado do reconhecimento preliminar, a obtenção de uma carta regional de tipo editado pelo IBGE, isto é, na escala $E = 1:50.000$, com curvas de nível de 5 em 5 metros. Nesta carta serão definidos os pontos extremos (pontos obrigatórios) do trecho em estudo que deve ser considerado como sub-trecho de uma rodovia federal ou estadual, de maior extensão, portanto, deve-se prever a continuidade além desses pontos.

Admitimos ainda como resultado do reconhecimento, a obtenção de uma planta, na mesma escala $E = 1:50.000$, com a indicação de zonas geológicas (hipotéticas) de

solos e rochas característicos da região. Esse zoneamento será transcrito para a carta geográfica, que é a base do anteprojeto.

5. ANTE-PROJETO

5.1. PRINCÍPIO BÁSICOS PARA A LOCAÇÃO DO TRAÇADO

Com base nos elementos conseguidos pelo reconhecimento preliminar, complementados por investigações adicionais de campo, serão estabelecidos traçados alternativos. Deve-se lembrar que o traçado é sempre uma estrutura tridimensional, contínua, onde os elementos planimétricos e altimétricos devem combinar-se harmoniosamente. Em resumo, a locação do traçado deve-se nortear num conjunto de exigências quanto a: segurança e comodidade do tráfego, utilidade, economia e estética. Sendo que o anteprojeto visa a elaboração posterior do projeto definitivo, enumeramos a seguir alguns aspectos principais dessas exigências, a serem considerados nos dois casos:

PROCURAR:

- Iniciar a locação pelos pontos obrigados e pontos que oferecem vantagens óbvias, por exemplo: gargantas, cidades, portos, pontes existentes;
- A extensão desenvolvida deverá ser a menor possível. Neste caso analisa-se a menor “comprimento virtual segundo o trabalho mecânico”³;
- Custo de implantação o menor possível;
- Custo operacional da rodovia o menor possível;
- Custo operacional dos veículos o menor possível;
- Volume mínimo de terraplenagem, adotando a compensação freqüente entre corte e aterro;
- Distância Média de Transporte (DMT) a menor possível;
- Proximidade a jazidas de material adequado para a execução do pavimento e de obras de arte;
- Optar por terrenos altos, se possível próximo a divisores d’água;
- Procurar terrenos com alto Índice de Suporte (IS), para minimizar o custo de pavimentação e obras de arte;
- Terreno de baixo custo de desapropriação;
- Procurar coincidir com as divisas das propriedades;
- Facilidades para a ligação com a rede rodoviária existentes, em pontos favoráveis;
- Cruzar em ângulo reto com rodovias, ferrovias e cursos d’água;
- No cruzamento com ferrovias e rodovias existentes passar, de preferência, por cima destas e, se possível, em corte, de altura adequada;

³ Representa o comprimento fictício em reta e nível, que corresponde ao menor trabalho mecânico dispendido pelo veículo na estrada.



Cruzamento em desnível

Fonte:(<http://cosmo.uol.com.br/noticia/40430/2009-10-28>)

- Acesso conveniente a cidades, aldeias e outros povoados ao longo do traçado;
- Facilidades para a passagem sobre cursos de água (fundações e aterros);
- Greide elevado em terreno plano;
- Curvas horizontais e verticais suaves (sempre que possível adotar o raio maior que o mínimo exigido);
- Curva longa e tangente curta, tanto em planta como em perfil (em terreno ondulado, recomenda-se extensão máxima de trecho reto = 3 km);
- Concordância de duas curvas horizontais de sentido opostos por curvas de transição que se tangenciam ou por trechos retos de comprimento mínimo necessário a mudança das superelevações;
- Nas rampas ascendentes longas, íngreme, iniciar com inclinação maior e diminuí-la no alto, ou inserir trechos pequenos de rampa suave ao longo do trecho;
- Coincidência dos vértices das curvas verticais com os das horizontais correspondentes;
- Iniciar curvas horizontais um pouco antes e terminar um pouco depois das verticais correspondentes;
- Associação de tangentes longas em planta a curvas côncavas longitudinais que atenuem a rigidez do trecho reto;

EVITAR:

- Terreno de baixa capacidade de suporte (solos de alta compressibilidade);
- Trecho rochoso (material de 2^a. e 3^a. categoria) em corte;
- Terreno sujeito a desmoronamento, como por exemplo encostas íngremes;
- Terreno pantanoso e/ou sujeito a inundações;
- Destruição de plantações;
- Danos à paisagem e ao meio-ambiente;
- Cortes muito profundos (ou túneis) e aterros muito altos;
- Interseção em nível com ferrovia e com outras rodovias importantes;



Cruzamento em nível

<http://andradas.nafoto.net/images/photo20090512234028.jpg>

- Interseção em nível com outras rodovias em curva, e no topo ou no pé de rampas longas, íngremes;
- Locação de pontes e viadutos em curva horizontal ou na proximidade desta;
- Concavidades em corte e convexidade em aterro no perfil longitudinal;
- Contra-rampa em trecho de longo aclive;
- Rampas íngremes longas;
- Quebras constantes no alinhamento vertical;
- Mudanças bruscas na distância de visibilidade;
- Tangentes longas em planta, principalmente quando o terreno não for plano;
- Curvas horizontais de pequena extensão quando o terreno for plano;
- Duas curvas horizontais de mesmo sentido unidas por tangente curta;
- A passagem brusca de zonas de curvas de grande raio (planta e perfil) para zonas de raio pequeno;
- Incoerência entre planta e perfil, por exemplo: um traçado contínuo em um plano não se associa a pequenas e freqüentes mudanças de direção no outro;
- Duas curvas verticais de mesmo sentido unidas por pequeno trecho reto;
- Concavidade vertical no início de curvas horizontais, o que impeça a percepção da continuidade da curvatura;
- Associação de curva horizontal de pequeno raio a rampa íngreme;
- Associação de curva horizontal de grande raio a rampa de pequena extensão;

Evidentemente, não será possível satisfazer-se todas as exigências mencionadas, frequentemente incompatíveis, na locação de cada traçado. Deve-se chegar a um meio-termo ponderado que, de qualquer maneira, será condicionado pelo bom senso.

5.2. LANÇAMENTO PRELIMINAR EM PLANTA E PERFIL

Os traçados alternativos serão lançados na planta geral planialtimétrica obtida. O perfil longitudinal (terreno e greide) será lançado num desenho com escala horizontal igual à da carta (Escala Horizontal = 1:50.000) e numa escala compatível com o terreno para as elevações. (por exemplo: $E_v = 10 \times E_h = 10 \times \frac{1}{50000}$, portanto,

Escala Vertical = 1:5.000). No trabalho devem ser consideradas, numa maneira realista, todas as ocorrências topográficas e geográficas indicadas na carta: ferrovias, rodovias, cidades, cursos d'água, campos de aviação, vegetação, etc. Geralmente, não é aconselhável o aproveitamento do traçado de rodovias existentes, sendo que estas, frequentemente, não satisfazem as exigências à uma rodovia moderna.

Junto ao perfil longitudinal deve constar, em local adequado no desenho, gabaritos de rampas: +1%, +2%, +3% etc. / -1%, -2%, -3% etc., considerando a diferença de escala horizontal e vertical.

O primeiro lançamento tentativo de greide, no perfil longitudinal, visa somente a verificação de sua viabilidade geométrica (rampa máxima e rampa mínima), sendo que a sua fixação definitiva depende dos cálculos de movimento de terra a serem realizados após o reconhecimento complementar de campo. O nível do greide nos pontos extremos (obrigados) é, no nosso caso, idêntico ao nível do terreno, sendo que essa exigência pode ser dispensada somente nos casos especiais. Deve-se procurar limitar a altura de cortes e aterros a 25 a 30 metros. Se for necessário usar alturas maiores, devem-se tomar precauções especiais (por exemplo: a execução de banquetas). No lançamento do greide deve-se **evitar concavidade em cortes** (que dificultam a drenagem) e **convexidade (lombadas) em aterros**.

Na travessia de represas ou lagos, prever uma ponte somente na parte central (mais profunda), sendo os acessos executados em aterro.



Chama-se a atenção para a exigência quanto às rampas máximas e mínimas (**TABELA 2**). A rampa mínima de 1% em corte e seção mista é importante para a drenagem adequada. Somente em casos especiais será permitido atenuar essa exigência.

No cruzamento do traçado em desnível com rodovias e estradas de ferro existentes, considera-se uma altura livre de, no mínimo, 5,50 metros e uma altura de superestrutura da respectiva obra de arte de 2,00 metros. Admite-se ainda uma espessura de 0,50 metros do pavimento a ser construído sobre o greide de terraplanagem.

5.3. INVESTIGAÇÕES COMPLEMENTARES DE CAMPO

As informações obtidas pelo reconhecimento preliminar são, geralmente, insuficientes para a definição satisfatória do traçado. Portanto, é necessário um levantamento de campo de elementos ainda não disponíveis ou a verificação dos

dados já obtidos. Os problemas principais a serem tratados nessa investigação complementar, são:

- Movimento de terra: caracterização dos solos em cortes (1^a., 2^a., e 3^a. categoria) e sob aterros (solos moles);
- Localização ideal de empréstimos e bota-foras;
- Adensamento e consolidação dos aterros;
- Encostas: Estabilidade (escorregamentos) e erodibilidade;
- Drenagem superficial e profunda: rede hidrográfica, pluviometria, lençol freático em pontos críticos, permeabilidade;
- Pavimento: tratamento eventual do subleito; disponibilidade de jazidas com materiais granulares; possibilidade de instalação de pedreiras;
- Obras de arte: fundações; disponibilidade de materiais de construção; nível máximo das enchentes;
- Vegetação;
- Desapropriações: avaliação preliminar das áreas; danos às propriedades;
- Estética: adaptação harmoniosa do traçado à paisagem local.

No caso do projeto em apreço, admitimos que as investigações complementares sejam reduzidas a uma inspeção e exploração do subsolo ao longo de uma faixa de largura adequada para cada traçado. Neste estudo serão usados métodos expeditos de campo consistindo em uma combinação de sondagens indiretas (geofísicas) e diretas (mecânicas) para se chegar a uma identificação de delimitação com a precisão adequada, das condições geológicas, geotécnicas e hidrológicas dos solos superficiais e sub-superficiais que interessem na elaboração deste projeto.

No **ANEXO 1** encontra-se uma descrição resumida dos métodos comumente usados para sondagens indiretas e diretas na engenharia rodoviária. A localização e a intensidade dos pontos de sondagens indiretas (principalmente por refração sísmica), que são rápidas e relativamente baratas, são frequentemente executadas a pequenos intervalos (por exemplo: 200 metros) no eixo do traçado, com alguns pontos adicionais afastados deste. Essas sondagens serão verificadas e complementadas em pontos estratégicos (como por exemplo na mudança de zona geológica) por sondagens diretas que são, logicamente, de maior precisão (e de maior custo).

Pela interpretação, conforme a experiência, dos resultados das prospecções geofísicas e mecânicas, eventualmente com o auxílio de ensaios simples de laboratório, chega-se a uma identificação expedita dos solos e rochas ocorrentes e a delimitação (contatos) entre eles.

Para o nosso projeto, admitimos a execução de um número mínimo total de 20 sondagens indiretas (refração sísmica e/ou eletrorresistividade) e 5 sondagens diretas (trado manual e/ou percussão) no eixo de cada traçado. Em cada zona geológicas deve haver no mínimo 4 sondagens indiretas e 2 sondagens diretas. Os resultados (hipotéticos) dessas sondagens estão no **ANEXO 2**.

Os pontos de sondagens de sondagem serão marcados adequadamente na planta, e os resultados será indicados no perfil longitudinal. No **ANEXO 3** é dado um exemplo de montagem do desenho. Recomenda-se o uso da legenda e terminologia empregadas neste exemplo.

As condições geológico-geotécnicas do subsolo encontradas na investigação complementar e podem influir significativamente na localização do traçado em planta e perfil. Tais estudos são de responsabilidade de Geólogos e foge do objetivo do nosso curso.

5.4. ESTUDO HIDROLÓGICO

Conforme já vimos, é necessário, na fase de anteprojeto, um conhecimento das características hidrológicas da região, em geral, e ao longo de cada traçado alternativo, em particular, para determinar os tipos e dimensões aproximadas dos dispositivos de drenagem superficial e subterrânea. Nos reconhecimentos preliminares e complementares foram procurados dados sobre:

- Pluviometria da região;
- Forma e tamanho das bacias hidrográficas;
- Vazão máxima dos cursos d'água;
- Nível máximo de enchentes (NME) em baixadas;
- Nível de alagamento admissível a montante dos bueiros (quando precedente);
- A água no subsolo (lençol freático, água capilar);
- As propriedades drenantes e filtrantes do solo superficial e subsuperficial (graduação, permeabilidade);

No nosso caso admite-se como resultado mínimo deste estudo:

- A delimitação na planta (quando possível) e cálculo aproximada da área das bacias hidrográficas ao longo de cada traçado;
- A indicação, no perfil longitudinal, do NME estimado em baixadas de maior extensão;
- A indicação, no perfil longitudinal, do lençol freático conforme as sondagens (**ANEXO 2**).

Admite-se ainda, como outra simplificação, que se diferencie, conforme o tamanho da área da bacia hidrográfica, entre as seguintes estruturas:

A (km²)	ESTRUTURA
≤ 20	Bueiro de grota
>20	Ponte ou pontilhão

Tabela 4 – Elementos drenantes em função da bacia hidrográfica.

Não se exige o dimensionamento preliminar dessas obras de arte. A extensão das pontes pode ser estimada. A altura livre acima do NME pode ser considerada em 2,00 metros. A altura da superestrutura (vigas e tabuleiro) pode ser estimado de 1,50 a 2,50 metros, conforme a extensão da obra.

Nos cortes de grande extensão (maior que 1 km) deve-se prever a construção de bueiros de greide⁴. Considera 1 bueiro de 500 em 500 metros.

Os bueiros e pontes serão relacionados, convenientemente, em tabela, conforme modelo do **ANEXO 4**.

⁴ Ver definição em Terminologia.

5.5. MOVIMENTO DE TERRA

Dispõe-se agora dos dados necessários para uma verificação da viabilidade da locação do greide de cada traçado através dos cálculos de movimento de terra. As respectivas quantidades podem ser avaliadas, conforme instruções e exemplos dados nos **ANEXOS 5 a 8**. Abordaremos aqui alguns aspectos em mais detalhes:

No cálculo de volumes é necessário conhecer-se a largura “ L ” da plataforma do greide de regularização (pista de terraplenagem) e a inclinação dos taludes. O valor “ L ” é determinado pelos respectivos elementos constantes da **TABELA 2**. No nosso caso pode ser considerado constante ao longo do trecho exceptuando-se sub-trechos eventuais com faixa suplementar⁵. A inclinação dos taludes de corte e aterro varia conforme o tipo de solo encontrado e, no caso de aterro, também da altura deste. Admite-se, neste cálculo de volumes, uma inclinação média geral de 1:2 em aterros e de 1:1 em corte. Quando for necessário o uso de alturas maiores a 25 m cortes e aterros, o que implica na provável necessidade de escalonamento dos taludes, admite-se o aumento do fator de precisão de cálculo.

Para possibilitar a comparação entre volumes de corte e de aterro, é necessário o uso de um fator de conversão de volumes.

Um exemplo elucidará este fenômeno:

Um determinado volume de solo no corte sofrerá, geralmente, um adensamento após a compactação no aterro. Assim, podemos ter um volume de 1,00 m³ no corte reduzido a, por exemplo, 0,80 m³ no aterro. Portanto, seria necessária, nesse caso, a multiplicação de cada volume de aterro por um fator de conversão, $F_c = 1,25$, para podermos equiparar as unidades. Em nosso anteprojeto admite-se o emprego de um único fator, $F_c = 1,25$.

Devido à grande imprecisão do método de cálculo (e a pequena escala da carta regional) recomenda-se o uso de um fator de precisão (F_p) da ordem de 1,20 a 1,40, recaindo sobre todos os volumes de corte, aterro e remoção do solo mole.

Nesta fase do projeto não se usa, geralmente, o “diagrama de massa ou diagrama de Bruckner”. Devido o nosso projeto definitivo referir-se a um trecho muito curto, deverá ser calculado as coordenadas para elaboração da curva de “Bruckner” para 5 estacas (100,00 metros).

Em **ANEXO 7** encontra-se um exemplo completo da montagem da curva de massa. As distâncias médias de transporte de terra, DMT, são fixadas conforme o critério usado pelo DNIT (para fins de medição e pagamento), nos seguintes intervalos indicados na Tabela 5:

	DMT <	100 dam
100 dam	< DMT <	200 dam
200 dam	< DMT	

Tabela 5 – Distâncias Médias de Transportes

Nesse esquema não se considera intervalo de transporte gratuito. No nosso caso deverá ser calculado a distância econômica de transporte em função dos custos de escavações, transporte e compactação. Admite-se ainda uma DMT de 50 dam tanto para empréstimo quanto para bota-fora.

⁵ Estudar necessidade de faixa adicional em função do Nível de Serviço da Rodovia.

Frequentemente, surge a pergunta: **O empréstimo é preferível a bota-fora num serviço de terraplenagem?** A resposta depende das condições locais em cada caso. A situação ideal, logicamente, seria a compensação entre cortes e aterros com intervalos freqüentes ao longo do trecho, sem a necessidade de empréstimo e tampouco de bota-fora. Na prática, entretanto, enfrentamos, geralmente, imposições geométricas e outras que dificultam um número adequado empréstimos e/ou bota-foras que, teoricamente, não seriam necessários. Daremos, nesse caso, preferência ao empréstimo em relação à bota-fora, desde que:

- Se disponha de áreas, de baixo custo, ao longo do trecho, de material adequado, em pontos estratégicos;
- Isto não implique em altura excessivas de aterro, ou em problemas para atender às exigências quanto às rampas mínimas e máximas.

Essa preferência de empréstimo é motivada pelo fato que, geralmente, é recomendável um greide alto o que facilita a drenagem e diminui frequentemente, o volume de material de 2^a. e 3^a. categoria a escavar. No caso de corte, um greide mais alto significa também um risco menor de se encontrar solos “problemáticos”, não descobertos nas investigações de campo.

Os volumes totais de corte de material de, respectivamente, 1^a., 2^a. e 3^a. categorias serão, para fins didáticos, estimados, desconsiderando-se a configuração das camadas de solo no perfil longitudinal, adotando-se as seguintes frações, conforme tabela 6:

CATEGORIA	% DO VOLUME TOTAL
1 ^a .	75
2 ^a .	15
3 ^a .	10
TOTAL	100

Tabela 6 – Volumes estimados.

5.6. COMPRIMENTO VIRTUAL SEGUNDO O TRABALHO MECÂNICO

Este parâmetro, importante no cômputo do custo operacional dos veículos, é um comprimento fictício, em reta e nível, que corresponde ao mesmo trabalho despendido pelo veículo na estrada, cujo traçado se estuda, conforme resumido no **ANEXO 9.**

5.7. RESUMO DE CARACTERIZAÇÃO DOS TRAÇADOS.

Dispomos agora de todos os dados necessários para caracterizar adequadamente os traçados. É conveniente resumir esses dados conforme planilha modelo, **ANEXO 10,** para facilitar a posterior elaboração de orçamento e comparação entre os traçados.

Não é exigido um critério pré-estabelecido de discriminação entre sub-trechos neste resumo; como sugestão, pode-se fazer a divisão em sub-trechos conforme o tipo de região definido pela topografia e/ou geologia. De qualquer maneira, deve-se reduzir ao mínimo possível essa subdivisão.

5.8. ORÇAMENTO

Com a quantificação dos serviços a executar, elaborada em parágrafos anteriores, e com a tabela de preços unitários para cada serviço⁶, dispõe-se dos elementos necessários para a elaboração do orçamento para cada traçado alternativo.

Os orçamentos serão elaborados, convenientemente, conforme planilha modelo na **ANEXO 11**.

5.9. ESCOLHA DA DIRETRIZ

Para a escolha da diretriz definitiva, entre os traçados alternativos, é conveniente um levantamento comparativo, conforme planilha modelo. **ANEXO 12**. De importância especial nessa comparação são os seguintes parâmetros:

- **Extensão desenvolvida total;**
- **Custo total de implantação e pavimentação, conforme orçamento;**
- **Custo operacional da rodovia;**
- **Custo operacional dos veículos.**

O custo operacional da rodovia (conservação, policiamento, etc.) depende, logicamente, da extensão desenvolvida, além de outros fatores (clima, tipo de pavimento, etc.). No nosso caso pesquisar o valor a ser atribuído em revistas especializadas ou na internet. O custo operacional dos veículos depende também de vários fatores (tipo de veículo, tipo de pavimento, custo de combustível).

Não é possível a fixação de critérios rígidos para a escolha de diretriz. Novamente, é necessário um julgamento ponderado dos respectivos intervenientes, baseado no bom senso.

5.10. MEMORIAL DESCRITIVO

O anteprojeto será acompanhado de relatório descritivo e justificativo, sob forma de texto, onde será tratada, de maneira prática, sucinta e objetiva, a seguinte seqüência de assuntos:

- Objetivo do trabalho e etapas programadas;
- Características técnicas e operacionais da rodovia;
- Levantamento preliminar: fontes consultadas e resultados obtidos;
- Descrição sumária da região;
- Critério de escolha preliminar e descrição geral dos traçados alternativos (planta e perfil);
- Plano de investigações complementares;
- Avaliação dos resultados das investigações complementares;
- Confirmação da escolha dos traçados fixados inicialmente ou, eventualmente, o abandono ou alteração destes;
- Estudos hidrológicos;

⁶ Pesquisar valores em revistas especializada e internet.

- Cálculos de movimento de terra;
- Comprimento virtual;
- Orçamentos, inclusive justificativa dos preços unitários adotados;
- Análise comparativa dos traçados;
- Escolha da diretriz definitiva.

Os desenhos, tabelas, planilhas, gráficos, esquemas, etc. fazem, logicamente, parte integral do relatório, onde se faz, sempre quando procedente, referencia aos mesmos.

6. PROJETO DEFINITIVO

6.1. OBJETIVO

Após a fixação da diretriz do traçado podemos iniciar a elaboração do projeto definitivo, ou seja, o projeto executivo que, em termos completos, consiste nas seguintes etapas:

- Terraplenagem;
- Drenagem;
- Pavimentação;
- Interseções;
- Sinalização;
- Paisagismo.

O nosso estudo que é, essencialmente, de natureza geométrica, será limitado à:

- Escolha do traçado;
- Cálculo das curvas horizontais;
- Perfil longitudinal com os cálculos das curvas verticais;
- Cálculos de movimento de terra com apresentação da tabela de volumes acumulados;
- Diagrama de massas,
- Memorial Descritivo e Memorial de Cálculo.

6.2. ESCOLHA DO TRAÇADO:

Para a elaboração do projeto definitivo é necessário um levantamento de maior precisão e mais detalhado do que aquele realizado para o anteprojeto, abrangendo principalmente:

- Topografia;
- Geotécnica;
- Hidrologia;
- Cadastro de propriedade.

A exploração é, geralmente, baseada numa poligonal (linha de ensaio) seguindo a diretriz. A faixa a levantar deve ser de largura ampla, inclusive para permitir deslocamentos eventuais do traçado.

Dada a restituição aerofotogramétrica em escala 1:10.000 da figura 6.1, escolher o traçado que julgar ser o melhor, levando em conta as condições em planta e perfil. Marcar os PIs escolhidos na planta e determinar suas coordenadas.

Definidas as coordenadas, determinar analiticamente as distâncias, azimutes e ângulos de deflexões ((+) curva à direita e (-) curva à esquerda).

Com o intuito de simplificar, por se tratar de um trabalho didático, desprezar-se-á os estudos geotécnicos. Não se deve desprezar a parte hidrológica que se limitará ao reconhecimento das bacias e sub-bacias hidrográficas.

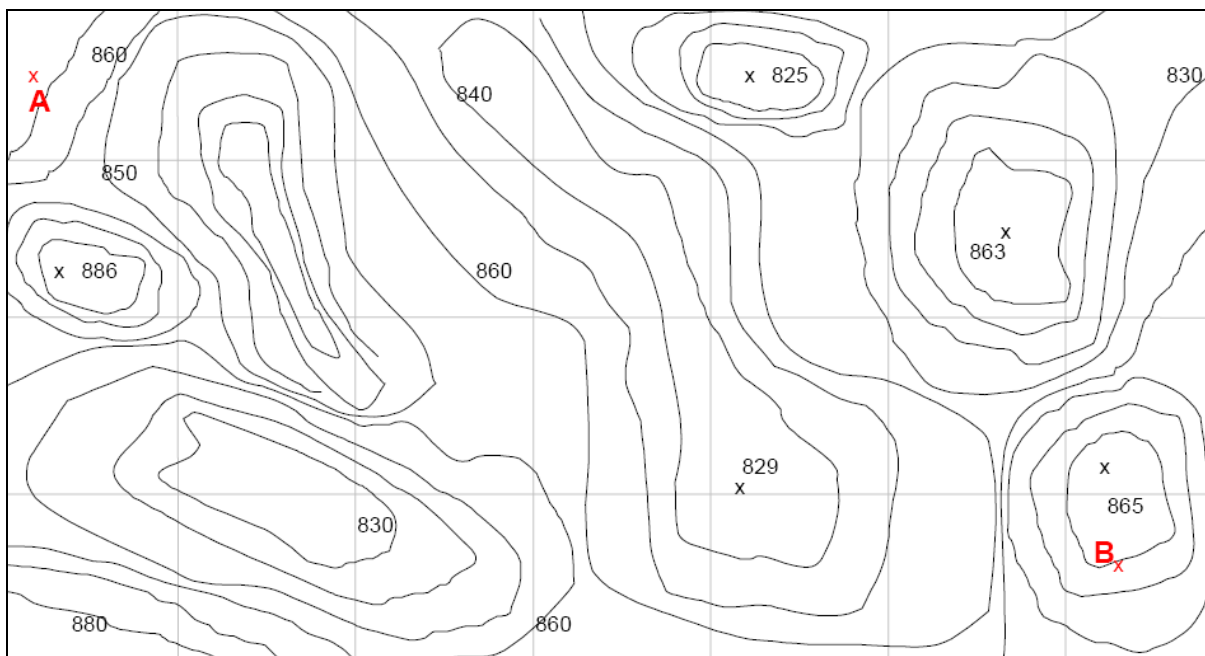


Figura 6.1 – Exemplo de uma restituição aerofotogramétrica.
(Fonte: ODA, S. – UEM – 2002)

6.3. CÁLCULO DAS CURVAS HORIZONTAIS:

Calcular, para cada curva, os elementos: T, D, G e as estacas do PC e PT. Deverá constar do projeto um resumo especificando os valores de PI, AC, R, T, D, G, PC e PT, para cada curva (figura 6.2). Os pontos notáveis da curva devem ser dados em estacas mais fração em metros, os comprimentos em metros e os ângulos em graus.

O traçado e as curvas horizontais, considerando a estrada como CLASSE I, deve-se considerar e justificar os seguintes elementos:

- Velocidade de projeto para a região Topográfica;
- O Raio mínimo adotado após verificação da condição de visibilidade e estabilidade, inclusive curvas de transição, quando houver, com todos os seus parâmetros principais;
- A distância mínima entre curvas consecutivas;
- Distância mínima e máxima dos trechos em tangentes.
- Superlarguras;
- Superelevações;
- Demais elementos necessários.

Calcular todas as curvas por meio de tabelas e entregar o resultado com o desenho. Em cada curva, a primeira tangente deverá ultrapassar o PI (com traço leve ou linha interrompida) o suficiente para permitir a medida do ângulo com boa precisão. O PI deve permanecer nítido e bem definido. A partir do PI, medir para ré um comprimento igual a T, obtendo o PC da curva. O mesmo comprimento, medido do

PI para a frente, determina a posição do PT no desenho. Esses dois pontos devem ser demarcados no desenho com um traço perpendicular a cada tangente.

ATENÇÃO: numerar as curvas no sentido do estaqueamento adotado. Estaquear primeiramente todas as tangentes com estacas de 50 metros e numerar a cada 10 estacas. Depois de estaqueadas todas as tangentes, repetir a operação para as curvas. Não marque o PC ou o PT no desenho com base no estaqueamento, que deverá ser feito posteriormente ao desenho das curvas. Marcar o PC e o PT a partir de PI, com base no valor de T.

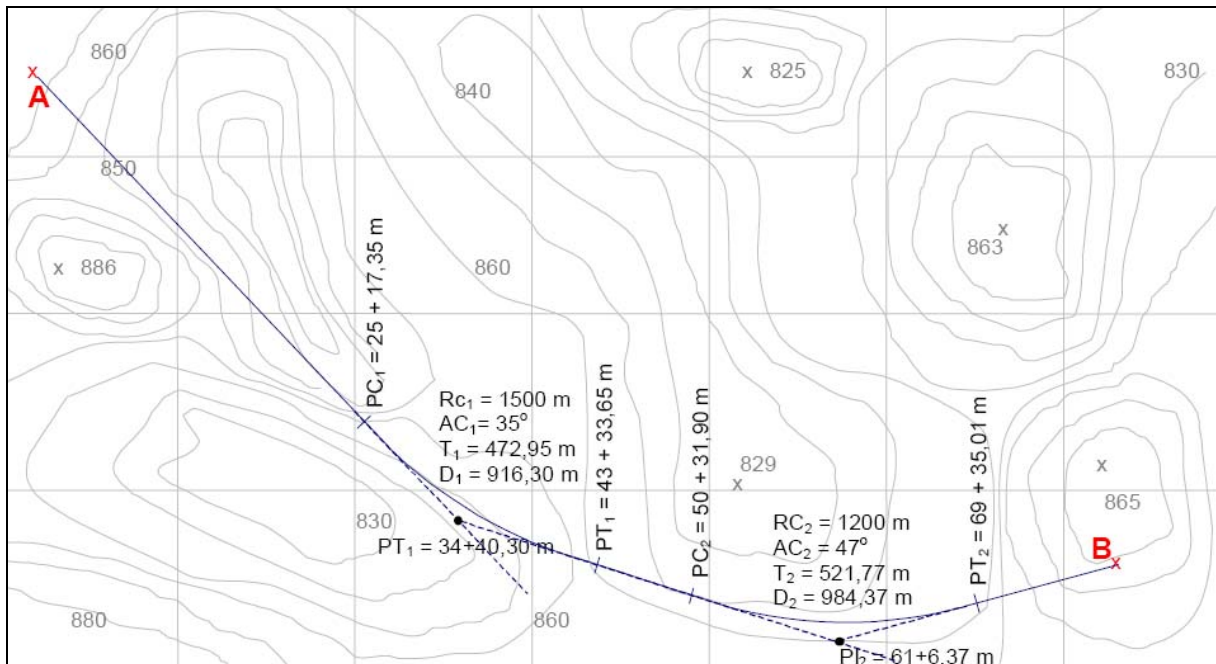


Figura 6.2 – Forma de apresentação dos dados de cada curva.
(Fonte: ODA, S. – UEM – 2002)

6.4. PERFIL LONGITUDINAL COM OS CÁLCULOS DAS CURVAS VERTICAIS:

Sobre o eixo da estrada, levantar a estaca de cada uma das curvas de nível que cortar o traçado. Imprimir o perfil do terreno em escala horizontal 1:10.000 e vertical 1:1.000, utilizando papel milimetrado opaco.

O traçado, em perfil longitudinal, será definido por:

- Linha do terreno (no eixo);
- Greide de terraplanagem adotando como altura máxima de cortes e aterros = 12 metros;
- Altura mínima de aterro no ponto mais baixo do terreno = 3 metros;
- Fator de redução = 1,2;
- Seção transversal com taludes iguais para corte e aterro = 1:1;
- Rampa máxima = 6%
- Rampa mínima em cortes = 1%;
- Distância de visibilidade para frenagem. Definir e justificar teoricamente;
- Curvas de concordância vertical, com os seus parâmetros principais;
- Obras de arte;
- Rodovias e ferrovias cruzadas;

- Cursos de água cruzados;
- Nível de enchente em baixadas;
- Lençol freático em pontos críticos.

No perfil, o greide deve ser lançado de modo que os pontos de interseção vertical (PIV) caiam de preferência em estacas inteiras ou + 10,00 metros, a fim de simplificar os cálculos das cotas do perfil. Pela mesma razão procura-se adotar rampas variando de 0,50 %.

Desenhar o greide indicando a estaca inicial e a cota, a estaca final e a cota, as rampas (com precisão de 4 casas decimais, quando dadas em %), os raios das curvas, as estacas e as cotas dos PIVs e as estacas dos PCVs e PTVs.

No desenho do perfil longitudinal devem constar para cada estaca, as cotas de terreno, a cota do greide, a “cota vermelha” e a linha de “caminhamento”.

6.5 CÁLCULOS DE MOVIMENTO DE TERRA COM APRESENTAÇÃO DA TABELA DE VOLUMES ACUMULADOS:

A determinação dos volumes de cortes e aterros é feita a partir de seções transversais perpendiculares ao eixo do traçado a cada 20 metros que serão desenhadas.

As seções transversais serão desenhadas em papel milimetrado, em escala 1:100 ou 1:200. Deve-se usar a mesma escala horizontal e vertical. Lança-se sobre cada seção transversal o gabarito correspondente à plataforma definitiva da rodovia. Recomenda-se a confecção, em plástico transparente, de gabaritos correspondentes à seção transversal projetada para a rodovia, contendo a plataforma e os taludes de corte e aterro adotados. Os gabaritos apresentarão plataforma plana. Não são levadas em conta as inclinações transversais dos acostamentos, sarjetas e abaulamento da pista. Esses detalhes são deixados para acabamentos posteriores o para a fase de execução da pavimentação. Entretanto, nos trechos em curva dever-se-ia levar em conta a superlargura, a superelevação e, quando houver, a banquetta de visibilidade. No presente projeto é dispensado esta exigência.

Sendo que a camada superficial de terra vegetal será raspada para uso posterior no revestimento dos taludes e portanto, não entra nos cálculos de movimento de terra, deve-se considerar esta camada no desenho das seções com uma espessura média de 30 cm.

Com base nas seções transversais procede-se à cubação dos cortes e aterros. Este cálculo, necessário à orientação dos serviços de movimentação de terras, pode ser efetuado em várias maneiras, como:

- Área média das seções que serão calculadas analiticamente x distância entre as seções extremas;
- Seção média x distância entre as seções extremas;
- Prismóide;
- Método das curvas de nível;
- Por computador.

No nosso caso, usaremos o primeiro método.

As áreas das seções transversais podem ser calculadas em várias maneiras, entre as quais citamos:

- Método Mecânico (Planímetro);
- Método Gráfico;
- Método analítico (por coordenadas dos vértices);
- Soma de trapézios;
- Por computador.

Os cálculos de volumes de terra, inclusive as ordenadas da curva de “Bruckner”, serão apresentadas em tabelas conforme exemplo do **ANEXO 13**. Admite-se um fator de conversão de volume de aterro = 1,20. Neste projeto definitivo não se usa fator de precisão.

6.6. – DIAGRAMA DE MASSAS OU DE BRUCKNER:

A partir da curva de massa, que será desenhada junto à perfil longitudinal, determinam-se os volumes parciais correspondentes aos intervalos de distância de transporte usados no anteprojeto. Os materiais a serem escavados neste sub-trecho serão considerados todos (inclusive rocha) como de 1ª. categoria, exceto solos orgânicos.

Os volumes e distâncias médias de transporte serão resumidos conforme modelo do **ANEXO 8**, com a indicação dos volumes em m³. Neste trabalho admite-se um só empréstimo ou bota-fora (DMT = 50 dam).

Calcular o momento de transporte, inclusive eventuais bota-foras ou empréstimos. Separar os diversos trechos de compensação, mostrando, no perfil, os volumes compensados (com hachuras ou outra convenção equivalente). A figura 6.3 apresenta um exemplo da forma de apresentação e disposição do perfil longitudinal e do diagrama de massas no papel milimetrado.

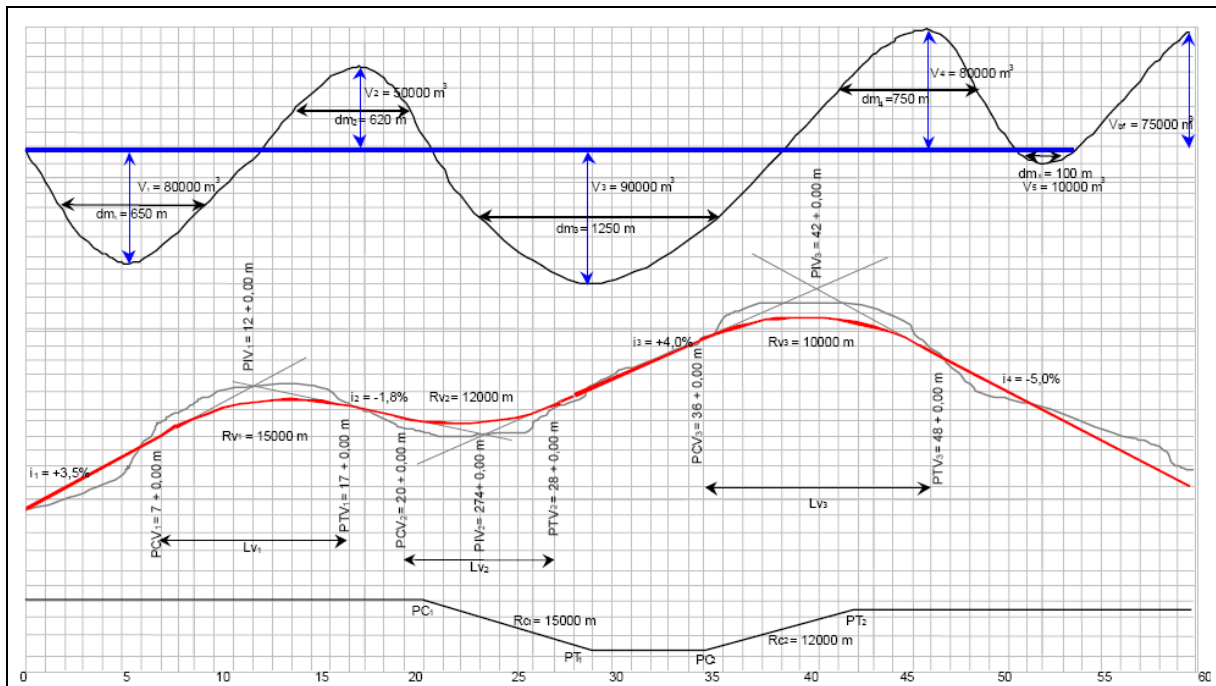


Figura 6.3 – Forma de apresentação do perfil longitudinal e do diagrama de massas. (Fonte: ODA, S. – UEM – 2002)

6.7. ESTUDOS GEOTÉCNICOS:

Na fase do projeto definitivo procede-se a um estudo geológico-geotécnico de maior intensidade do que a usada no anteprojeto, com maior quantidade de informações e maior grau de detalhamento destas.

No nosso projeto considerar apenas a camada de terra vegetal com 30 cm.

6.8. NOTA DE SERVIÇO DE TERRAPLENAGEM:

Para a implantação da diretriz definitiva no terreno é elaborada a “Nota de Serviço” de terraplenagem que é a representação, em forma de tabela, de todos os elementos numéricos necessários para a demarcação da terraplenagem, em planta e perfil, como:

- Alinhamento;
- Largura;
- Rampas do greide,
- Curva horizontal e vertical;
- Cotas de referência do terreno (no eixo e nos off-sets);
- Cota da plataforma (greide)
- “Cotas vermelhas”;
- Localização dos off-sets.

6.9. MEMORIAL DESCRITIVO E MEMORIAL DE CÁLCULO:

O projeto deve conter um memorial descritivo acompanhado por um memorial de cálculo, contendo:

- Objetivo do trabalho e etapas programadas;
- Descrição da região;
- Descrição da diretriz escolhida;
- Locação de curva(s) horizontal(is);
- Locação de curva(s) vertical(is);
- Cálculos de movimento de terra;
- Nota de serviço de terraplenagem;
- Resumo.

6.9.1. Memorial Descritivo – O Texto Escrito.

(Autores: José Reynaldo Setti e Manoel H. A. Sória – USP-SC)

A seguir transcreveremos as recomendações a respeito do Memorial Descritivo propostos pelos professores da USP de São Carlos.

a) Estilo e linguagem

“A rigor o estilo é uma característica pessoal. Entretanto o estilo técnico, em contraposição ao literário, impõe regras rígidas, e por isso é mais fácil de caracterizar. O texto deve ser claro, exato, sóbrio e na medida do possível, impessoal. Além disso seria aconselhável que a escrita fosse agradável e elegante, de modo que o leitor não se sinta entediado. Não são usadas palavras que não estejam no dicionário e nem figuras de linguagem. Ingredientes para um estilo agradável e correto são: objetividade, simplicidade, honestidade e coerência”.

“O tom geral do trabalho deve ser compatível com o assunto. Isso implica que outros tons, que não o técnico, são inadequados. Um defeito freqüente de estilo é a construção de períodos muito grandes, com várias orações encadeadas. Para evitar isso, conte as linhas ente dois pontos finais. Se passar de quatro ou cinco, cogite em dividir o período em dois. Quanto ao parágrafo, deve ele encerrar um corpo de idéias coerentes. Quando há mudança considerável de assunto, comece outro parágrafo. Mas não abuse de parágrafos, pois um texto com parágrafos muito curtos também é desagradável. A não ser quando estritamente necessário, não repita palavras no mesmo período, principalmente se for um substantivo, verbo ou adjetivo”.

“Quanto à pessoa de tratamento usada na redação, há hoje uma certa preferência para a escrita impessoal. Isso equivale a dizer que o sujeitos das orações, geralmente objetos, estão na terceira pessoa e também que o relato é feito na voz passiva. Em lugar de dizer "fizemos o experimento" é comum dizer "o experimento foi feito" ou ainda, "fez-se o experimento". Essa última forma, a voz passiva sintética encerra dois perigos: cansa pela repetição dos pronomes reflexivos se usada demais, e impõe dificuldades de concordância, pois a forma gramaticalmente correta pode não soar bem aos ouvidos. Por exemplo, o correto é dizer "fizeram-se os ensaios e obtiveram-se os resultados", com os verbos no plural”.

“Quanto às palavras, há várias recomendações. Use palavras simples e construa frases na ordem direta. Como exemplo, verifique se "usar" não fica melhor do que "utilizar". Advérbios, alguém mais radical já disse, quase todos podem ser cortados do texto técnico sem prejudicar o sentido. Adjetivos, use-os com parcimônia. Há certas expressões que, segundo puristas da língua, não devem ser usadas porque são dispensáveis e comprometem a estética. A mais comum é "o mesmo" (ou "a mesma"). Evite expressões cujo uso é objeto de disputa como "ao nível", "a nível", ou ainda que provoquem ambigüidades como "ao encontro" e "de encontro”

“Não use modismos, pois além de irritar o leitor eles tornarão seu texto anacrônico em pouco tempo. Palavras como "resgatar" e expressões como "pinçar o objeto de estudo" só devem ser usadas se você quiser dizer isso mesmo. Geralmente os modismos estão associados com o uso de palavras em sentido figurado, como os dois exemplos citados. Palavras muito rebuscadas podem dar a impressão que o autor chama mais atenção à forma do texto do que ao conteúdo. Há ainda palavras muito usadas que não constam nos dicionários mais comuns ou que não têm o sentido que se espera. Geralmente são verbos criados pela necessidade, como "agilizar", "listar" e "penalizar". Mais grave ainda são os falsos neologismos derivados da versão apressada do inglês: "deletar", "plotar", "escanear" etc”.

“Os gerúndios, quando possível, devem ser evitados, com lucro para a elegância e simplicidade. Eles ficam ainda mais destoantes quando o verbo é de uso pouco freqüente. É o caso de "objetivando", por exemplo. Palavras em língua estrangeira, de modo geral, são grafadas em itálico para destacar. Não se deve abusar do uso de palavras e expressões estrangeiras”.

b) Introdução

“A introdução deve colocar o problema de que o trabalho trata, ou propor uma questão a ser discutida. Se durante a redação do trabalho houve modificação dos objetivos, volte e retoque os objetivos. Na introdução não cabe uma lista exaustiva de citações bibliográficas mas apenas as citações que mostrem que o problema existe e é relevante. Nas últimas linhas da introdução pode ser adiantada a

conclusão geral do trabalho, de maneira breve, de modo a deixar o leitor saber o que o autor pretende mostrar. Na introdução não se deve repetir o que foi dito no resumo”.

c) Corpo do texto

“Nesta parte do trabalho, que pode ser menos conceptual e tratar mais dos fatos, a clareza, a simplicidade e a honestidade na descrição são fundamentais. Aqui a redação na forma impessoal e voz passiva, embora recomendada, pode trazer problemas quanto à clareza dos relatos. Ocorre que na voz passiva o agente pode ficar indefinido. As figuras e tabelas devem permitir, o mais possível, uma leitura direta sem que seja necessário recorrer ao texto. Lembre-se que os leitores olham primeiro as figuras e as tabelas. Verifique se as tabelas e as figuras têm alguma utilidade à compreensão do texto e elimine aquelas que forem supérfluas. Ao elaborar gráficos e figuras, preste especial atenção à sua área útil”.

“Programas como o Excel, por exemplo, automaticamente estabelecem escalas para os eixos que podem resultar num gráfico no qual todos os pontos acumulam-se numa área pequena do plano xy, dificultando a sua compreensão”.

d) Discussão e conclusões

“A discussão dos resultados obtidos adquire cada vez mais importância no meio técnico. Isso indica que o texto não deve simplesmente pontificar, mas trazer os resultados para serem analisados pela comunidade. Destaque os resultados conseguidos pela sua pesquisa e confronte-os com o conhecimento existente. Critique seus próprios métodos à luz dos resultados obtidos. Se na introdução você caracterizou um problema, discuta como fica a sua solução. Reflita com tempo e maturidade (nem sempre disponíveis) a respeito das suas conclusões. A literatura contém exemplos abundantes de raciocínios inconcludentes e mesmo de argumentações falaciosas”.

6.9.2. Memorial de Cálculo

Apresentar juntamente com o memorial descritivo todos os desenhos e cálculos necessários. O Memorial de Cálculo deverá ser entregue em forma de tabelas com as fórmulas utilizadas e as respectivas unidades adotadas.

ANEXO 1

RESUMO DE MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO DE SUB-SOLO

1. MÉTODOS INDIRETOS (GEOFÍSICOS)

O princípio desses métodos é o de medir campos de forças naturais ou artificiais no subsolo para detectar anomalias nesses campos, causados por diferenças na configuração das estruturas geológicas encontradas e/ou nas condições hidrogeológicas.

A vantagem desses métodos é a rapidez com que são feitas e seu baixo custo relativo. Na engenharia civil usam-se principalmente os seguintes métodos:

- **Métodos Sísmicos:** São os métodos que se baseiam na emissão de ondas sísmicas artificiais em sub-superfície ou no mar (geradas por explosivos, ar comprimido, queda de pesos ou vibradores), captando-se os seus "ecos" depois de percorrerem determinada distância para o interior da crosta terrestre, serem refletidas e refratadas nas suas descontinuidades e então retornando à superfície. Os principais tipos de métodos sísmicos são os da Reflexão e Refração.
- **Métodos geoeletricos:** Os métodos elétricos fazem uso de uma grande variedade de técnicas, cada uma baseada nas diferentes propriedades elétricas e características dos materiais que compõem a crosta terrestre. Entre eles, podem ser citados os baseados em medidas de Resistividade e Potencial Espontâneo.

Pelos métodos indiretos é possível a indicação de:

- Espessura de camadas;
- Profundidade de rocha sã;
- Nível de água subterrânea;
- Materiais naturais de construção;
- Orientação de terraplenagem – escarificabilidade do solo.

2. MÉTODOS DIRETOS

São os métodos de sondagem direta do subsolo. Fornecem dados em maior quantidade e de maior precisão que os métodos indiretos, porém, são mais morosos e, geralmente, mais caros que estes.

- **Métodos manuais:** Poço de inspeção, trincheiras, trado (broca).
- **Métodos mecânicos:** Sondagem a percussão e sondagem rotativa.

ANEXO 2

RESULTADOS (HIPOTÉTICOS) DE SONDAgens					
ZONA I - TURFAS, ARGILAS ORGÂNICAS					
INDIRETAS			DIRETAS		
Número	Prof. (m)	Solos Encontrados	Número	Prof. (m)	Solos Encontrados
I - i1	0,00 - 5,50	Turfa	I - d1	0,00 - 0,80	Terra vegetal
	5,50 - 0,60	Areia Grossa N.A.		0,80 - 5,20	Turfa
I - i2	0,00 - 2,50	Turfa		5,20 - 6,50	Areia Grossa
	2,50 - 6,00	Areia Fina		6,50 - 8,00	Areia Grossa e pedregulho
	6,00 - 0,20	Rocha Sã N.A.		8,00 - 0,40	Rocha Sã N.A.
I - i3	0,00 - 4,00	Argila orgânica		I - d2	0,00 - 0,50
	4,00 - 7,00	Areia Grossa	0,50 - 1,60		Argila amarela, mole Argila orgânica marrom escura
	7,00 - 0,50	Pedregulho N.A.	1,60 - 3,50		Areia grossa, compacta
I - i4	0,00 - 6,50	Argila orgânica	I - d3	3,50 - 9,00	Pedregulho
	6,50 - 9,00	Areia Grossa		9,00 - 0,20	N.A.
9,00 - 0,00	Pedregulho N.A.	0,00 - 0,50		Terra vegetal	
I - i5	0,00 - 2,00	Turfa	0,50 - 4,00	Turfa	
	2,00 - 3,50	Areia fina	4,00 - 5,00	Areia fina, compacta	
	3,50 - 5,50	Argila orgânica	5,00 - 7,00	Pedregulho, compacto	
	5,50 - 0,00	Rocha N.A.	7,00 - 0,00	Rocha Sã N.A.	
I - i6	0,00 - 4,50	Turfa			
	4,50 - 0,30	Rocha Sã N.A.			
ZONA II - SOLOS GRANULARES					
Pressupõe-se que os solos desta zona (jazida) sejam de qualidade adequada para emprego na construção de: drenos, pavimentos, obra de arte, etc.					

Anexo 2 – Resultados (Hipotéticos) de sondagens

continua

ANEXO 2

ZONA III - ROCHAS SEDIMENTARES					
Número	Prof. (m)	Solos Encontrados	Número	Prof. (m)	Solos Encontrados
III - i1	0,00 - 0,50	Argila arenosa	III - d1	0,00 - 0,30	Terra vegetal
	0,50 - 6,00	Solo argiloso		0,30 - 1,80	Argila arenosa, marrom média
	6,00 - 9,50	Areia fina		1,80 -	Argilito
	9,50 -	Argilito			N.A. não encontrado
	9,00	N.A.			
III - i2	0,00 - 4,50	Argila e silte	III - d2	0,00 - 0,30	Terra vegetal
	4,50 - 8,00	Areia média		0,30 - 5,80	Argila siltosa c/ areia fina
	8,00 -	Areia grossa e pedregulho		5,80 -	vermelho e escuro
	10,50	N.A.		Silte argiloso, vermelho	
III - i3	0,00 - 3,80	Solo arenoso, fino	III - d3	5,50	N.A.
	3,80 -	Arenito		0,00 - 0,60	Terra vegetal
		N.A. não encontrado		0,60 - 2,80	Areia fina, siltosa, fofa
III - i4	0,00 - 0,60	Terra vegetal		2,80 - 8,80	Areia fina, com pouca argila,
	0,60 - 3,50	Argila siltosa			med. Compacta
	3,60 -	Argilito		8,80 -	Arenito
		N.A. não encontrado		5,50	N.A.
III - i5	0,00 - 1,00	Areia fina			
	1,00 - 4,50	Argila			
	4,50 - 8,00	Areia fina			
	8,00 -	Arenito			
	7,00	N.A.			
III - i6	0,00 - 2,00	Silte			
	2,00 - 6,00	Argila siltosa			
	6,00 -	Argila rija			
	2,50	N.A.			

Anexo 2 – Resultados (Hipotéticos) de sondagens

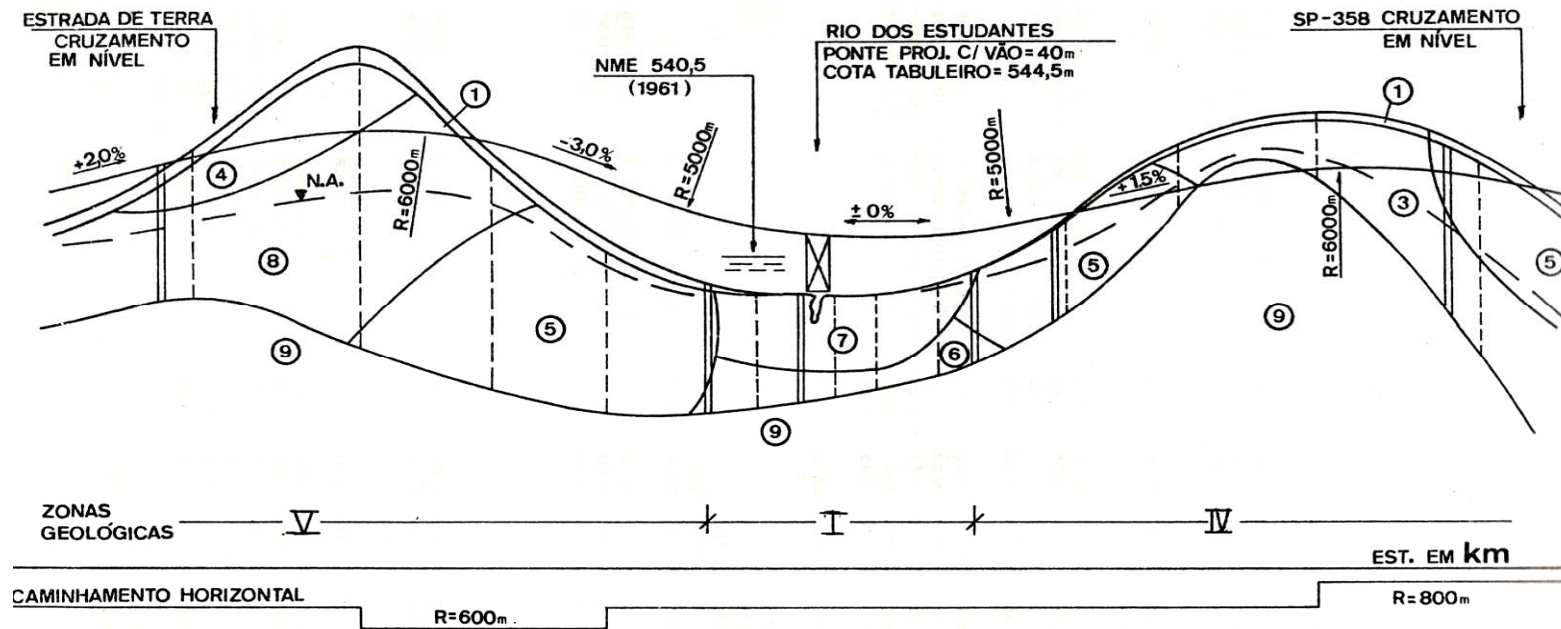
continua

ANEXO 2

ZONA IV - ARGILA ARENOSA E SILTOSA						
Número	Prof. (m)	Solos Encontrados	Número	Prof. (m)	Solos Encontrados	
IV - i1	0,00 - 4,00	Argila e silte	IV - d1	0,00 - 0,90	Terra vegetal	
	4,00 - 7,00	Argila arenosa		0,90 - 2,80	Argila pouco arenosa, rija, vermelha e rosa	
	7,00 - 6,50	Rocha Sã N.A.		2,80 - 8,50	Argila siltosa, dura e rija, roxa e marrom	
IV - i2	0,00 - 1,50	Areia média		8,50 - N.A.	Rocha Sã N.A. não encontrado	
	1,50 - 5,50	Areia argilosa		IV - d2	0,00 - 0,30	Terra vegetal
	5,50 - 9,00	Solo argiloso			0,30 - 2,50	Areia argilo-siltosa, fofa, rosa-claro
9,00 - 7,00	Argila rija N.A. não encontrado	2,50 - 4,10	Silte argiloso, consistência média, rosa-claro			
IV - i3	0,00 - 0,50	Terra vegetal	4,10 - 5,40	Argila siltosa vermelha friável, média		
	0,50 - 5,50	Argila e areia	5,40 - N.A.	Argila rija, vermelha N.A. não encontrado		
	5,50 - 8,00	Areia argilosa	IV - d3	0,00 - 0,70	Terra vegetal	
8,00 - 7,00	Arenito N.A.	0,70 - 2,70		Argila arenosa, marrom média		
IV - i4	0,00 - 0,50	Terra vegetal		2,70 - 3,80	Areia média, pouco argilosa, compacta	
	0,50 - 8,00	Argila gorda	N.A.			
	8,00 - 9,00	Areia Fina				
IV - i5	9,00 - 8,00	Argila rija N.A.	IV - i6	0,00 - 2,00	Argila e areia	
	IV - i5	0,00 - 1,00		Areia grossa	2,00 - 6,50	Argila siltosa
		1,00 - 3,50		Argila arenosa	6,50 - 12,00	Argila rija
3,50 - 8,50		Argila	12,00 - 4,50	Argilito N.A.		
8,50 - N.A. não encontrado	Folhêlo N.A. não encontrado					
ZONA IV - ARGILA ARENOSA E SILTOSA						
Pressupõe-se que a rocha encontra-se em toda a espessura de influência do projeto.						

Anexo 2 – Resultados (Hipotéticos) de sondagens

ANEXO 3



ZONAS GEOLÓGICAS

- I. Turfa, argilas orgânicas;
- II. Solos granulares;
- III. Rocha alterada;
- IV. Solo arenoso fino;
- V. Rochas sedimentares (arenito, Folhêlo, etc.);
- VI. Argila arenosa e siltosa
- VII. Afloramento de rocha viva.

SOLOS ENCONTRADOS

- 1. Terra vegetal;
- 2. Areia grossa, pedregulho;
- 3. Areia fina;
- 4. Areia siltosa, areia argilosa;
- 5. Solo siltoso;
- 6. Solo argiloso;
- 7. Turva, argila orgânica
- 8. Arenito, argilito, Folhêlo;
- 9. Rocha sã (rocha viva).

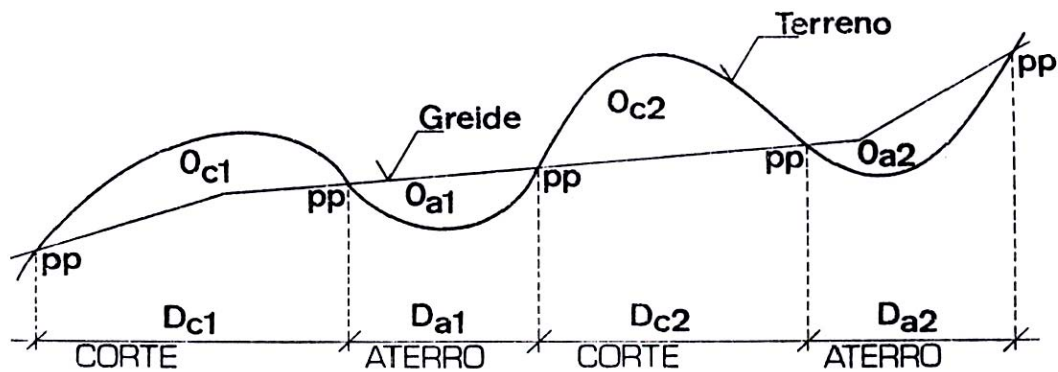
ANEXO 4

PONTES								
Estação (km)	Nome do curso d'água	Bacia contribuinte (km2)	Extensão da obra (m)	Níveis (cotas) em (m)				Condições de fundações (1)
				Fundo d'água	Beira do rio	Máxima enchente	Tabuleiro	
BUEIROS DE GROTA								
Estação (km)	Nome do curso d'água	Bacia contribuinte (km2)	Extensão da obra (m)	Níveis (cotas) em (m)		Condições de fundações (1)		
				Fundo d'água	Greide de terraplenagem			
BUEIROS DE GREIDE								
No trecho em corte Est. ____ a Est. ____		Extensão do corte (km)		Número de bueiros		Condições para saída d'água (2)		
Número total de bueiros								
OBSERVAÇÕES								
<p>(1) Indicar: fáceis / regulares / difíceis, conforme o tipo de subsolo. (2) Indicar: fáceis / regulares / difíceis, conforme as condições topográficas no corte (inclinação transversal do terreno, etc.)</p>								

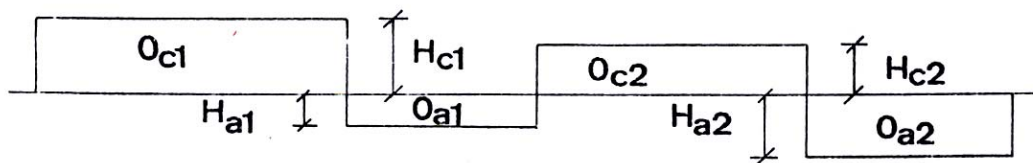
Anexo 3 – Tabela com as diversas obras.

ANEXO 5

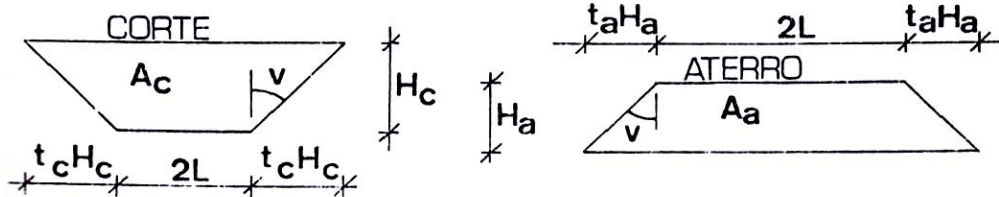
PERFIL LONGITUDINAL



CONVERSÃO DAS ÁREAS COMPREENDIDAS ENTRE O PERFIL DO TERRENO E O GREIDE



SEÇÕES TRANSVERSAIS



$$\text{Áreas longitudinais} \quad : O = D \times H \text{ ou seja: } H = \frac{O}{D} \quad (1)$$

$$\text{Áreas transversais} \quad : A = 2L \times H + 2\left(\frac{t \times H \times H}{2}\right) = 2L \times H + t \times H^2 \quad (2)$$

$$\text{Volumes} \quad : V = D(2 \times L \times H + t \times H^2) = D \times H(2 \times L + t \times H) \quad (3)$$

$$\text{Substituindo (1) em (3)} \quad : V = O(2 \times L + t \times H)$$

Neste método desprezam-se as inclinações transversais do terreno. Os maciços de corte e aterro são considerados como prismas retos de seção constante.

Existem as seguintes relações entre os volumes de corte (.C.), aterro (A), empréstimo (E) e bota-fora (B):

$$\text{No caso de bota-fora} \quad : B = C - A \times F_c$$

$$\text{No caso de empréstimo} \quad : E = A \times F_c - C$$

Onde (F_c) é o fator de conservação de aterro para corte.

ANEXO 6

CÁLCULO APROXIMADO DE MOVIMENTO DE TERRA (ANTE-PROJETO)																
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
Estensão (km)	Distância (m)	H (m)	2L (m)	O (m ²)	t	tH (m)	2L+tH (m)	Fp	Fc	Volumes (x1000 m ³)						Ordenada Bruckner
										V _i	V _c	V _a	V _a F _c	V _i F _c	V _a F _c +V _i F _c	
0,00																0
	900	9	15	8100	1,0	9	24	1,2	0	0	234	234	0	0	0	234
0,90																234
	700	11	15	7700	2,0	22	37	1,2	1,1	0	0	342	376	0	376	-142
1,60																-142
	900	7	15	5850	1,0	6,5	22	1,2	0	0	151	151	0	0	0	9
2,50																9
	1300	21	15	27300	2,0	42	57	1,2	1,1	253	0	1868	2055	279	2334	-2325
3,80																-2325
	900	30	15	27000	1,5	45	60	1,4	0	0	2269	2269	0	0	0	-56
4,70																-56
SOMA										253,44	2654	4864	2431	279	2710	
Volume de material imprestável:																
<p style="text-align: center;">V_i entre km 3,00 e 3,40</p> <p style="text-align: center;">Distância = 400,00 metros</p> <p style="text-align: center;">Largura média = 88,00 metros</p> <p style="text-align: center;">Prof. Média = 6,00 metros</p> <p style="text-align: center;">Fp = 1,2</p>																

SIMBOLOGIA:

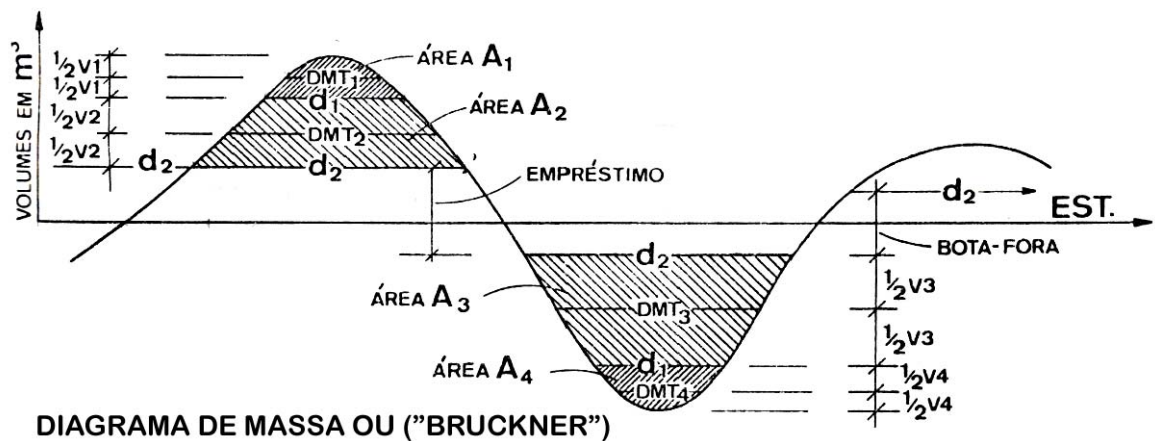
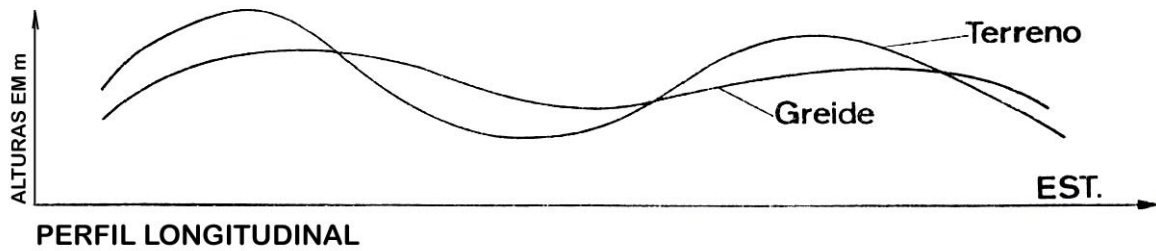
- (2) A (8) : Ver ANEXO 6
 (9) : Fp = Fator de precisão
 (10) : Fc = Fator de conversão de aterro para corte
 (11) : V_i = Volume de material imprestável (turfa, etc.)
 (12) : V_c = Volume de corte = (5) x (8) x (9)
 (13) : V_a = Volume de aterro = (5) x (8) x (9)

OBSERVAÇÕES:

- (a) Supõe-se a substituição do material imprestável por material de corte normal.
 (b) Adotou-se aqui Fp = 1,40 devido a necessidade provável de banquetas (corte alto).

Anexo 6 – Planilha Modelo de Cálculo Aproximado de Movimento de Terra (Anteprojeto)

ANEXO 7



No caso ilustrado temos dois intervalos de distância de transporte:

- 0,00 a d_1
- d_1 a d_2

Para distâncias maiores que d_2 teremos empréstimo ou bota-fora.

Os momentos $A_i = V_i \times DMT_i$ são, aproximadamente, iguais às áreas hachuradas (A) correspondentes:

Volumes (m ³)	Intervalo de distância de transporte (dam)	Distância Média de Transportes (DMT) (dam)	Momento = Área A (m ³ x dam)
V1	0 a d_1	DMT1	$A_1 = V_1 \times DMT_1$
V2	d_1 a d_2	DMT2	$A_2 = V_2 \times DMT_2$
V3	d_1 a d_2	DMT3	$A_3 = V_3 \times DMT_3$
V4	0 a d_1	DMT4	$A_4 = V_4 \times DMT_4$

ANEXO 8

VOLUMES A ESCAVAS (CORTES)					
Categoria	% do total	Volumes (x1000 m3)	Observações		
1a.	75	2.056	As referidas percentagens são adotadas No volume de 1a. Categoria está incluído empréstimo		
2a.	15	411			
3a.	10	274			
SOMA	100	2.742			
TRANSPORTES DE TERRAS					
Distância de transportes (dam)		Volumes		Momentos	
Intervalo	DMT (média)	V (x1000 m3)	?V (x1000 m3)	VxDMT (x1000 m3 x dam)	?VxDMT (x1000 m3 x dam)
0 - 100	50	134		6.700	
	60	142		8.520	
	20	8		160	
	70	790	1.074	55.300	70.680
100 - 200	110	100		11.000	
	135	1.480	1.580	199.800	210.800
> 200	-	-	-	-	-
Empréstimo	150	70	70	10.500	10.500
Bota-fora	-	-	-	-	-
Soma	-	2.724	2.724	291.980	291.980
TOTAIS DE VOLUMES					
DESCRIÇÃO				V (x1000 m3)	?V (x1000 m3)
Cortes				2.654	
Empréstimos				70	2.724
Aterros (medido no corte)				2.724	-
Bota-foras (medido no corte)				-	2.724
Escavação material imprestável				-	253
Compactação de aterros (volumes sem conversão)				-	2.222

Anexo 8 – Planilha Modelo para Resumo de Terra com o uso dos valores adotado no ANEXO 6 (Anteprojeto)

ANEXO 9

MÉTODO DE CÁLCULO DO COMPRIMENTO VIRTUAL SEGUNDO O TRABALHO MECÂNICO

Denomina-se “COMPRIMENTO VIRTUAL SEGUNDO O TRABALHO MECÂNICO”, o comprimento fictício em reta e nível, que corresponde ao mesmo trabalho mecânico despendido pelo veículo na estrada, cuja tração se estuda.

No caso de rodovias, pode ser dispensada a resistência das curvas.

A fórmula geral para rodovias é dada por:

$$L_V = L + \sum_i^n \frac{h_i}{r_{v_i}}$$

Onde:

- L_V = Comprimento virtual da estrada;
 L = Comprimento real desenvolvido da estrada;
 h = Desnível parcial (positivo);
 r_V = resistência ao rolamento.

Para estradas pavimentadas, que é o nosso caso, pode-se adotar: $r_V = 20$ kg/ton.

Calcula-se o L_V nos dois sentidos do trecho em apreço e adota-se o valor médio.

Exemplo numérico:

D_h Dist. Horizontal () (m)	L_V Rampa parcial (%)		Desnível parcial (h)		Comprimento Real (L)	$\frac{h}{r_v}$			
	ida	volta	ida	volta		ida	volta	ida	volta
1750,00	1,00		17,50		1.750,09	0,88	0,00	1.750,96	1.750,09
2650,00		-1,00		26,50	2.650,13	0,00	1,33	2.650,13	2.651,46
1400,00	3,50		49,00		1.400,86	2,45	0,00	1.403,31	1.400,86
2000,00		-2,50		50,00	2.000,62	0,00	2,50	2.000,62	2.003,12
1250,00	1,00		12,50		1.250,06	0,63	0,00	1.250,69	1.250,06
1500,00		-3,50		52,50	1.500,92	0,00	2,63	1.500,92	1.503,54
1900,00		-1,00		19,00	1.900,09	0,00	0,95	1.900,09	1.901,04
3500,00	1,30		45,50		3.500,30	2,28	0,00	3.502,57	3.500,30
900,00		-1,00		9,00	900,04	0,00	0,45	900,04	900,49
1500,00	1,00		15,00		1.500,07	0,75	0,00	1.500,82	1.500,07
2000,00		-1,50		30,00	2.000,22	0,00	1,50	2.000,22	2.001,72
1400,00	1,00		14,00		1.400,07	0,70	0,00	1.400,77	1.400,07
TOTAL					21.753,49			21.761,16	21.762,84

Anexo 9 – Planilha Modelo para Cálculo do Comprimento Virtual

Portanto:

$$L_V = \frac{21.761,76 + 21.762,84}{2} = 21.762,30 \text{ m}$$

ANEXO 10

TRAÇADO No										
Item	Sub-trecho									
	Est. a Est.			Est. a Est.			Est. a Est.			
Extensão (km)										
Região, tipo										
Principais acidentes geográficos e topográficos										
Solos predominantes										
Condições prováveis na execução de:	Desmatamento (X)									
	Terraplenagem (X)									
	Drenagem superficial (X)									
	Drenagem, subterrânea (X)									
	Pavimento (X)									
Diversos										
JAZIDA DE MATERIAL GRANULAR E ROCHA (PEDREIRA)										
	Material granular						Pedreira			
Acesso provável em est. (XX)										
Distância estimada até traçado (km)										
OBSERVAÇÕES										
(X) Caracterizar por: fáceos / regurares / difícies										
(XX) Prever, se necessário, a execução de um caminho de serviço (provisório)										

Anexo 10 – Planilha Modelo de Resumo de Caracterização de traçados (Anteprojeto)

ANEXO 11

TRAÇADO ALTERNATIVO N.					
Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$ x 1.000)	Custo Total (R\$ x 1.000)
1	Reconhecimento e projeto	km			
2	Desapropriação	km			
3	Limpeza e raspagem	km			
4	Remoção de material imprestável	m3			
5	Escavação de material				
5.1	1a. Categoria	m3			
5.2	2a. Categoria	m3			
5.3	3a. Categoria	m3			
6	Transporte de material escavado				
6.1	DMT até 100 dam.	m3 x dam			
6.2	DMT de 100 até 200 dam.	m3 x dam			
6.3	DMT além de 200 dam.	m3 x dam			
7	Compactação de aterros	m3			
8	Pontes e viadutos	m			
9	Bueiros				
9.1	de grotas	Unidade			
9.2	de greide (incluindo saída)	Unidade			
10	Drenagem				
10.1	superficial	km			
10.2	profunda (subterrânea)	km			
11	Pavimentação				
11.1	pista	m2			
11.2	acostamento	m2			
12	Obras complementaras	km			
				SUB - TOTAL	
				Imprevistos (10%)	
				TOTAL GERAL	
OBSERVAÇÕES					
Item 4 Remoção de turfa etc. : incluído o transporte até 5 dam.					
Item 7 Usar volume geométrico, sem conversão.					
Item 12 Inclui: interconexões, sinalização horizontal e vertical, cercas, muros de arrimo, defensas, tratamento de taludes, etc.					

Anexo 11 – Planilha Modelo de Orçamento

ANEXO 12

PLANILHA DE COMPARAÇÃO ENTRE TRAÇADOS ALTERNATIVOS				
ÍNDICES		UNIDADE	TRAÇADO 1	TRAÇADO 2
ÍNDICES PLANIMÉTRICOS				
Extensão, em linha reta, entre os pontos extremos	R	km		
Extensão desenvolvida	L	km		
Extensão virtual	L_v	km		
$\Delta L = L_v - L$		km		
ΔL por km = $(L_v - L)/L$				
Coeficiente de sinuosidade = L/R				
Número de curvas		n.		
Raio mínimo		m		
Raio máximo		m		
ÍNDICES ALTIMÉTRICOS				
Rampa máxima		%		
Contra-rampa máxima		%		
Maior extensão contínua em rampa máxima		km		
Maior extensão contínua em contra-rampa máxima		km		
VOLUMES DE TERRAPLENAGEM				
Corte		1000 x m ³		
Aterro		1000 x m ³		
Empréstimo		1000 x m ³		
Bota-fora		1000 x m ³		
Material imprestável (turfa, etc.)		1000 x m ³		
OBRAS DE ARTE				
Número de pontes e viadutos		n.		
Extensão total de pontes e viadutos		m		
Bueiros de grotá		n.		
Bueiros de greide		n.		
CUSTO				
Custo total		1000 x R\$		
Custo unitário		1000 x R\$ / km		
Custo operacional		1000 x R\$ / km		
CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS				
Nível de serviço no ano de abertura				
Nível de serviço no final da vida útil				
VDM no ano de abertura		Veículos/dia		
VDM no final da vida útil		Veículos/dia		
Extensão de trechos com 3a. Faixa		km		
Velocidade diretriz		km/h		

Anexo 12 – Planilha de Comparação entre Traçados Alternativos

ANEXO 13

PLANILHA PARA CÁLCULO DO MOVIMENTO DE TERRA (PROJETO DEFINITIVO)											
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
ESTACA	ÁREAS (m ²)		SOMA DAS ÁREAS (m ²)		SEMI-DISTÂNCIA (m)	VOLUMES (m ³)					COMPENSAÇÃO LATERAL (m ³)
	CORTE	ATERRO	CORTE	ATERRO		MATERIAL INAPROVEITÁVEL		PARCIAIS			
						CORTE	ATERRO	CORTE	Fc	ATERRO	
28	10	0	0								
29	17	4	27	4	10	0	0	270	1,1	44	44
30	0	28	17	32	10	0	0	170	1,1	352	170
31	0	45	0	73	10	0	340	0	1,1	1177	0
32	60	5	60	50	10	0	20	600	1,1	572	572
33	115	0	175	5	10	0	0	1750	1,1	55	55
34	134	0	249	0	10	24	0	2466	1,1	0	0
35	150	0	284	0	10	0	0	2840	1,1	0	0
36	200	0	350	0	10	0	0	3500	1,1	0	0
37	110	0	310	0	10	50	0	3050	1,1	0	0
38	50	32	160	32	10	0	0	1600	1,1	352	352
39	0	152	50	184	10	0	100	500	1,1	2134	500
40	0	255	0	407	10	0	0	0	1,1	4477	0
SOMA						74	460	16746		9163	1693

OBSERVAÇÕES:

- (1) : Estacas de 20 em 20 metros
- (2) e (3) : Áreas calculadas a partir das seções transversais
- (4) : Somatória das áreas de corte entre duas seções consecutivas
 Por exemplo: $10 + 14 = 24$
 $17 + 0 = 17$
 $0 + 0 = 0$
 : $0 + 60 = 60$
- (5) : Somatória das áreas de aterro entre duas seções consecutivas
- (6) : Semi distância entre duas seções consecutivas
- (7) e (8) : Volumes de corte e aterro de material inaproveitável
- (9) : Cálculo do volume de corte: $(4) \times (6) - (7)$
- (10) : Fator de compensação. Para o exemplo $F_c = 1,1$ (adotado).
- (11) : Cálculo do volume de aterro: $[(5) \times (6) + (8)] \times (10)$
- (12) : Volume compensado transversalmente entre estacas consecutivas. Adotar o menor valor entre (9) e (11)
- (13) : Soma algébrica de corte (+) e aterro (-) entres estacas consecutivas = Volume excedente ou deficiente
- (14) : Volume acumulado de corte (+) ou aterro (-) para construção do DIAGRAMA DE MASSAS.

Anexo 13 – Planilha para cálculo do Movimento de Terra (Projeto Definitivo)