

ESTRADAS II

INTRODUÇÃO - ESTUDOS e PROJETOS - TERRAPLANAGEM em RODOVIAS

Apostila 1

Manaus, 2019

ANTONIO ESTANISLAU SANCHES
Engenheiro Cartógrafo

INTRODUÇÃO

EMENTA da DISCIPLINA – ESTRADAS II

Projetos rodoviários (*estudos geotécnicos, geométrico, terraplanagem, drenagem, interferências, sinalizações*) – Pavimentação – Projetos ferroviários (*construção, manutenção e operação*) – Projeto final rodoviário.

INTRODUÇÃO

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO – ESTRADAS II

UNIDADE	TÍTULO	ASSUNTO	C.H.
1	INTRODUÇÃO ESTUDOS e PROJETOS RODOVIÁRIOS e FERROVIÁRIOS	Definições de Estudos e Projetos; Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica e Estudo Topográfico; Projetos Geométricos, de Drenagem, Terraplanagem, Obras de Arte. Pavimentação e Obras complementares e Projetos Ferroviários Revisão do cálculo de volumes – exercícios práticos;	9
2	MÁQUINAS RODOVIÁRIAS	Classificação dos equipamentos: ESCAVAÇÃO; CARREGAMENTO; TRANSPORTE; PERFURAÇÃO, dispersão, compactação ou valetamento de terra, rocha e demais materiais de construção.	6
3	SOLO COMO MATERIAL DE TERRAPLANAGEM	Emprego do solo nas atividades de terraplanagem; Fenômeno do empolamento; Exercícios sobre empolamento; Classificação dos materiais utilizados na terraplanagem; Serviços preliminares; Operações básicas de terraplanagem; Condições de operações	15
4	FATORES ECONÔMICOS NOS PROJETOS RODO- FERROVIÁRIO	Custos; Preços, Hora-máquina, Hora-homem, Conceito de depreciação, cálculos e exercícios de aplicação; Impostos e seguros; Custos de manutenção; Custos de Operação; Exercícios de aplicação e demonstrações de cálculos.	15
5	NOÇÕES DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	Operação e Manutenção de Equipamentos; Manuais; Atividades pré e pós atividades laborais; Manutenção preventiva; Manutenção corretiva; Lubrificação e Lavagem	9
6	DISTRIBUIÇÃO VOLUMES ESCAVADOS	Equilíbrio de volumes; Cortes e Aterros; Bota-fora e Caixas de empréstimos; Distância média de transporte; Diagrama de Bruckner	6

INTRODUÇÃO

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- COSTA, P. S., FIGUEIREDO, W. C. Estradas Estudos e Projetos - Editora UFBA
- SENÇO, W. Manual de técnicas de projetos rodoviários. São Paulo: PINI, 2008.
- MUDRIK, C Caderno de encargos, Vol 1: Terraplenagem, Ed Edgard Blucher, 1992.

INTRODUÇÃO

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- PONTES FILHO, Glauco. Estradas de rodagem: Projeto Geométrico. São Carlos: G Pontes Filho. 1998.
- MUDRIK, C Caderno de encargos, Vol 2: Pavimentacao e serviços complementares, Ed Edgard Blucher, 1992.
- RICARDO, Hélio de Souza e CATALANI, Guilherme, Manual prático de escavação: terraplanagem e escavação de rocha, 3ª. ed. – São Paulo/SP: Pini, 2007.
- PIMENTA, C.R.T Projeto geométrico de rodovias, Ed Rima. 2001.

INTRODUÇÃO

O conjunto de documentos técnicos destinados à construção de uma rodovia denomina-se **PROJETO FINAL DE ENGENHARIA** e se compõe de vários estudos, a partir do qual são executados estudos e projetos setoriais:

ESTUDOS

Estudos preliminares
Estudo de viabilidade técnica e econômica
Estudos topográficos
Estudos de tráfego
Estudos geológicos e geotécnicos
Estudos hidrológicos
Estudos ambientais

PROJETOS

Projeto geométrico
Projeto drenagem
Projeto de obras de arte especiais
Projeto de sinalização
Projetos de Interseções

Projeto de terraplenagem
Projeto de obras de arte correntes
Projeto de pavimentação
Projeto de obras complementares
Projeto de desapropriações

```
graph TD; E[ESTUDOS] --> PFE[PROJETO FINAL DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA OU FERROVIÁRIA]; P[PROJETOS] --> PFE;
```

PROJETO FINAL DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA OU FERROVIÁRIA

ESTUDOS e PROJETOS

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA – é o de estudo desenvolvido para quantificar os benefícios diretos e indiretos que ocorrem em consequência dos investimentos em implantação de novas rodovias ou melhoramentos das já existentes. *DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes)*

Neste estudo se verifica se os benefícios estimados, justificam os custos com os projetos e execução das obras rodoviárias e/ou ferroviárias.

ESTUDOS TOPOGRÁFICOS – envolvendo as fases de Reconhecimento e de Exploração

Reconhecimento - consiste no estudo de uma faixa de terreno que deverá conter o eixo da via a ser projetada e implantada. Representado por um levantamento planialtimétrico com curvas de nível em intervalos de 10 m. A fase do reconhecimento deverá contemplar:

a localização dos pontos inicial e final da rodovia;

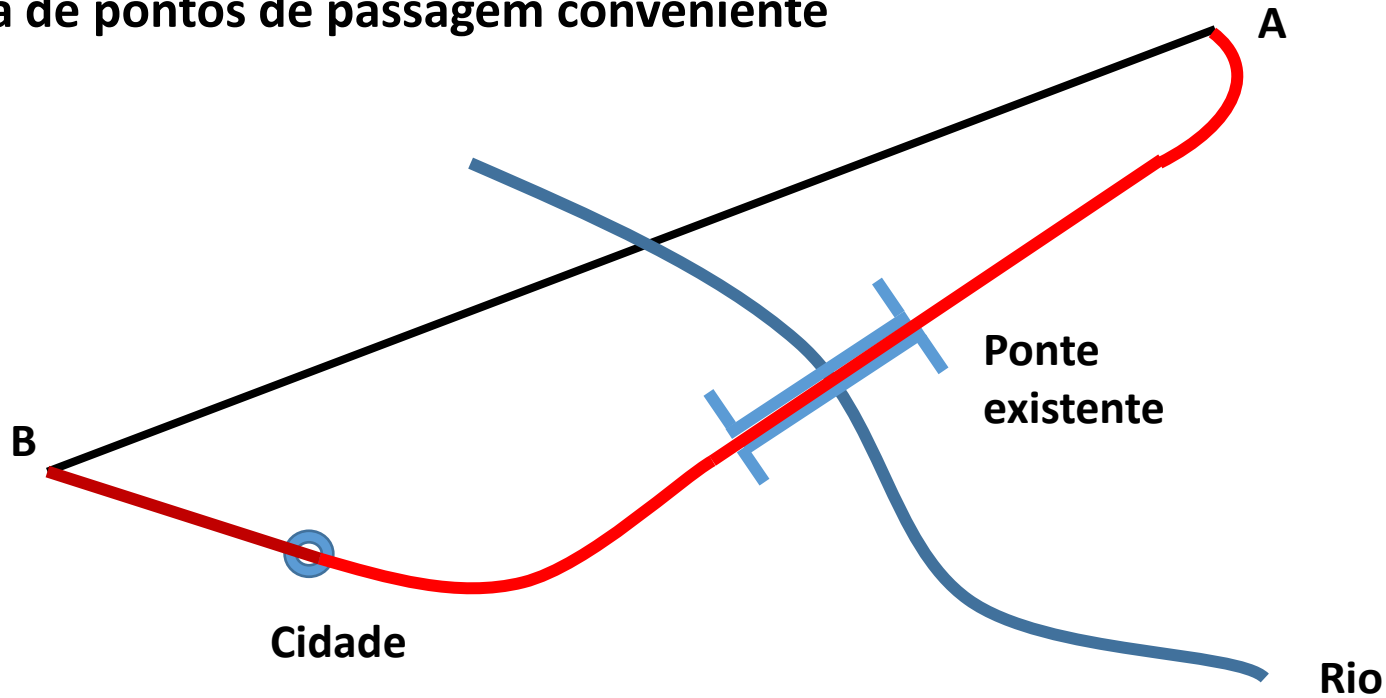
escolha dos pontos de passagem obrigatória (*idades, pontos de interesse econômico, sítios históricos, etc*);

escolha dos pontos de passagem conveniente, definidos por critérios técnicos e econômicos, objetivando alcançar resultados que conduzam a orçamentos de valores mais favoráveis.

Exploração – consiste num levantamento detalhado de uma faixa relativamente estreita, na qual será lançado o projeto.

ESTUDOS e PROJETOS

Escolha de pontos de passagem conveniente

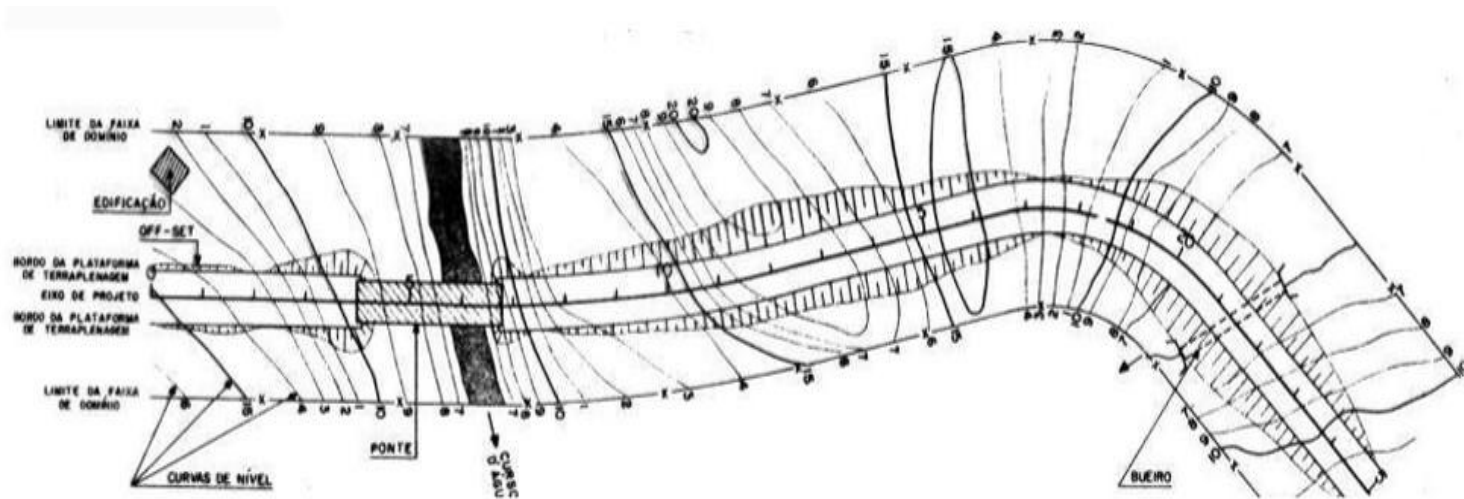


A e B – são pontos extremos de uma rodovia hipotética

Ponte existente – o seu aproveitamento evita a construção de uma nova ponte.

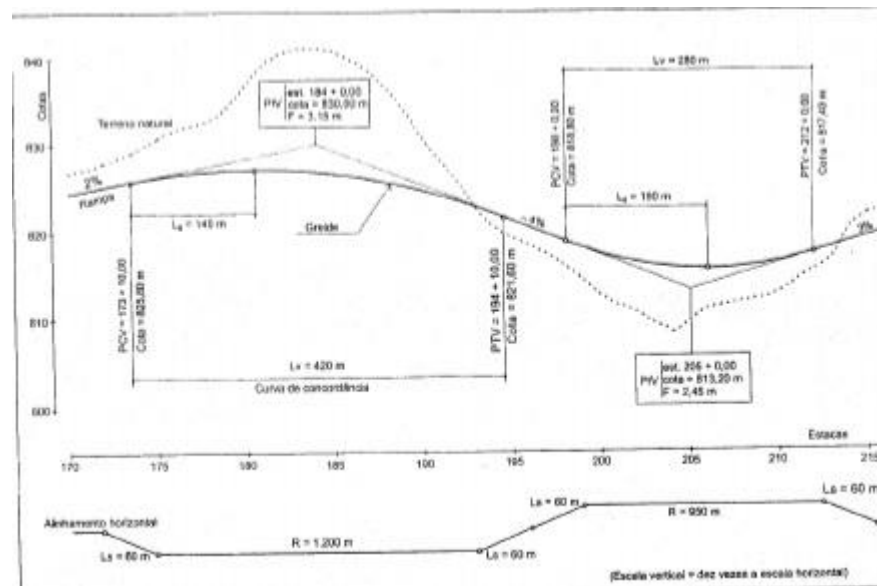
Cidade – polo de interesse econômico, social, histórico, etc.

ESTUDOS e PROJETOS



PROJETO GEOMÉTRICO

Consiste na representação em planta, seção transversal e perfil da via, apresentando todos os parâmetros técnicos das curvas horizontais e verticais, além dos trechos em tangente.



ESTUDOS e PROJETOS

PROJETO DE DRENAGEM

Tem por objetivo definir a melhor solução para proteção da rodovia em relação aos possíveis danos ocasionados pela ação de águas superficiais e/ou profundas.

Dispositivos de drenagem superficial



Entrada e saída d'água



Descida e saída d'água

ESTUDOS e PROJETOS



Sarjeta e meio fio em aterro



Sarjeta, entrada e descida d'água

ESTUDOS e PROJETOS



Caixas coletoras e bueiros de greide
Dispositivos que recebem fluxos coletados por outros dispositivos de drenagem superficial, principalmente sarjetas.

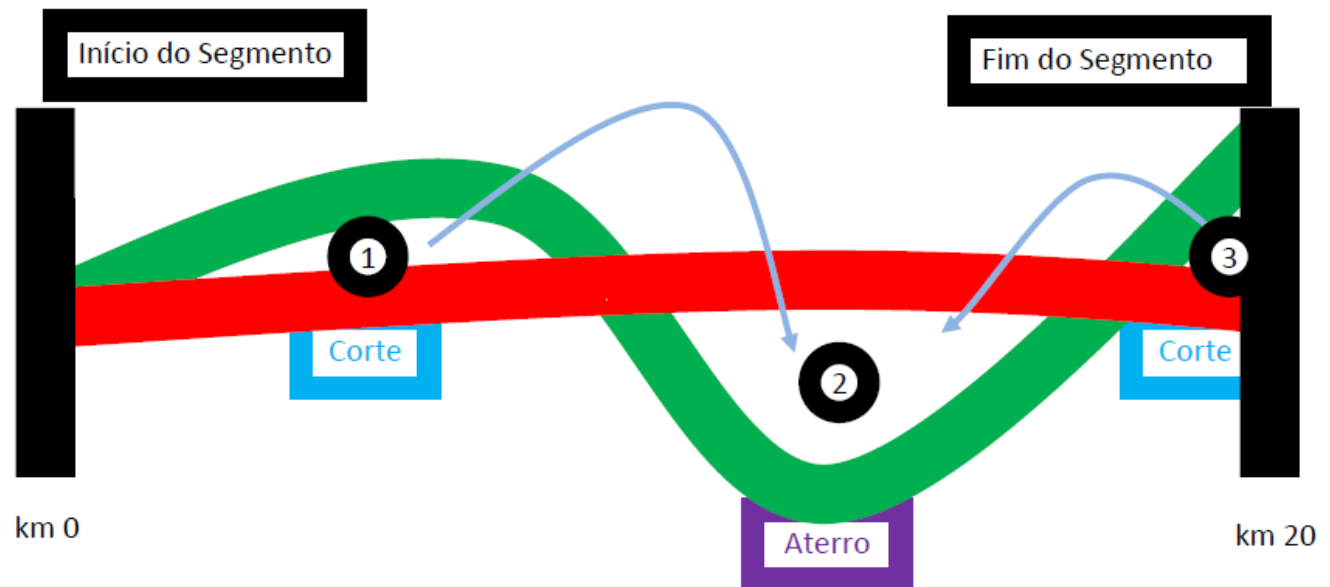
TERRAPLANAGEM em RODOVIAS

O DNIT define **TERRAPLENAGEM** como conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga e compactação dos solos, aplicadas à construção de aterros e cortes, dando às superfícies do terreno, a forma projetada para a construção de rodovias.

Em outras palavras, a terraplenagem propicia a obtenção da forma da rodovia, gerando o **ALINHAMENTO** e a **HARMONIA** à rodovia.

De princípio, os desvios no alinhamento vertical de uma rodovia (*subidas e descidas*), bem como o seu alinhamento horizontal (*curvas*), devem ser os mais amenos possíveis, de modo a garantir segurança, funcionalidade e conforto aos futuros usuários. E desvios amenos somente são conseguidos graças à terraplenagem

A linha verde retrata o perfil vertical do terreno natural, onde a rodovia será construída e a linha em vermelha o perfil vertical da rodovia.

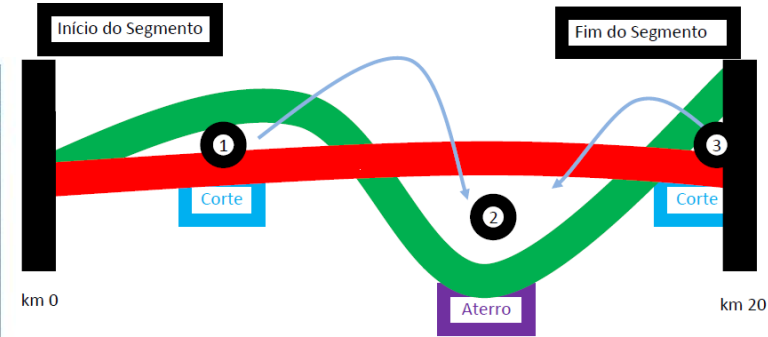


TERRAPLANAGEM em RODOVIAS

Transversalmente, visualizamos da seguinte forma os segmentos de corte (1) e (3) e o segmento de aterro (2).



Seção de Corte



Seção de Aterro

Porém, nem sempre o volume de corte disponível é suficiente ou ideal, para realizar todas as operações de aterro.

TERRAPLANAGEM em RODOVIAS

CAIXA DE EMPRÉSTIMO: locais com solo propício às necessidades do ATERRO.

Quando o solo obtido do corte realizado no próprio local da rodovia não apresenta as condições ideais, torna-se necessário buscar SOLOS nesses locais (*às vezes localizadas nas proximidades e às vezes bem distantes da rodovia*);

LOCAL DE BOTA-FORA: onde se deposita os solos excedentes ou inapropriados para as atividades de aterro (*localizados fora da plataforma da rodovia e, de preferência, dentro dos limites da faixa de domínio*).

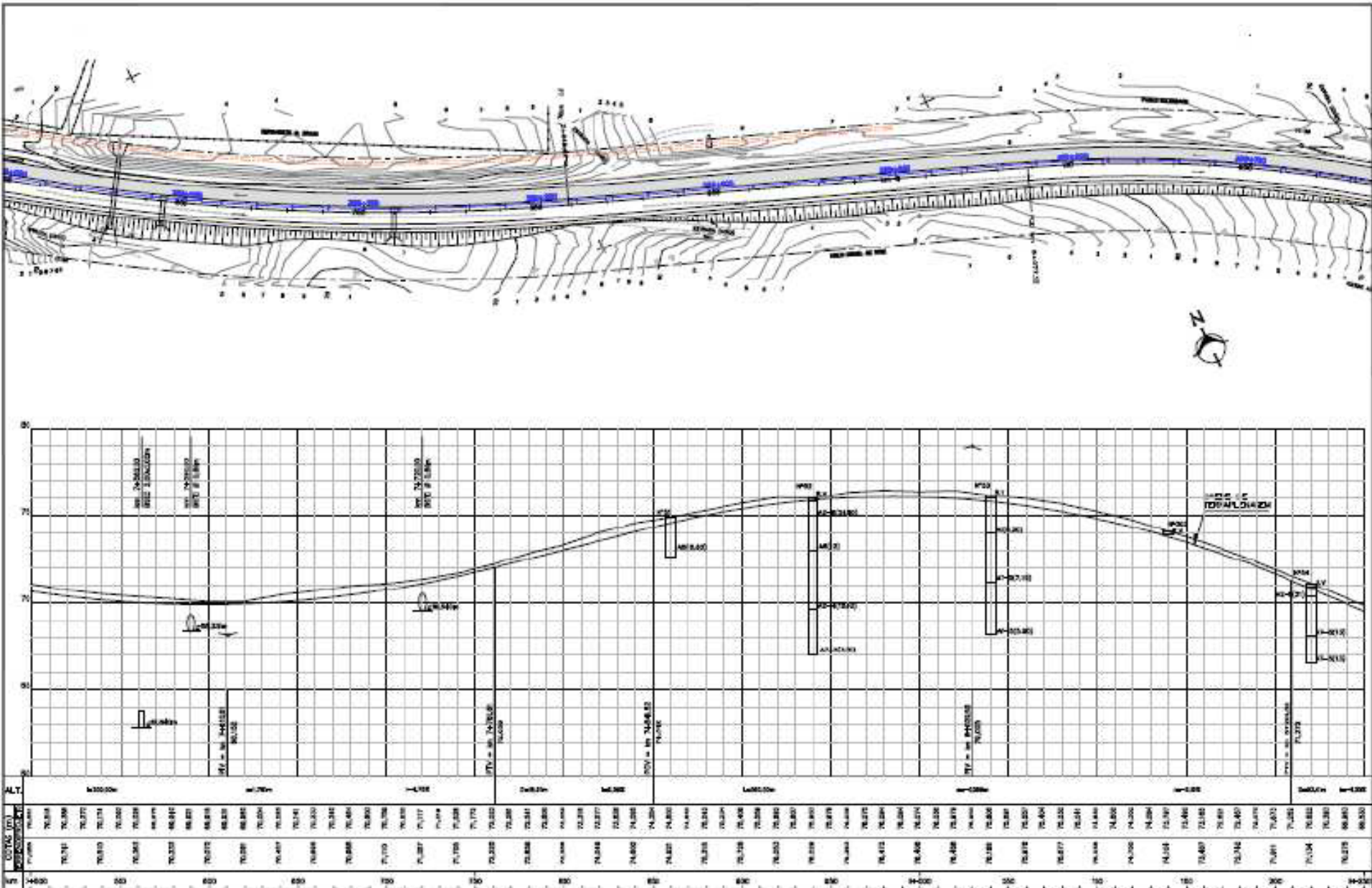
Um projeto de terraplenagem tem por objetivos:

- a) determinação dos quantitativos de serviços de terraplenagem;
- b) determinação dos locais de empréstimos e bota-foras;
- c) caracterização precisa, em termos dos parâmetros geotécnicos, dos materiais a serem utilizados;
- d) apresentação de quadros de distribuição e orientação do movimento de terra.

Elaboração do Projeto – premissas

O projeto de uma rodovia deve ser escolhido de forma a harmonizar os elementos geométricos da planta e do perfil, fornecendo uma estrada segura, confortável e adequada à região por ela percorrida e, de preferência, com baixo custo de construção.

TERRAPLANAGEM em RODOVIAS



Planta e Perfil de um Projeto de Rodovia

TERRAPLANAGEM em RODOVIAS

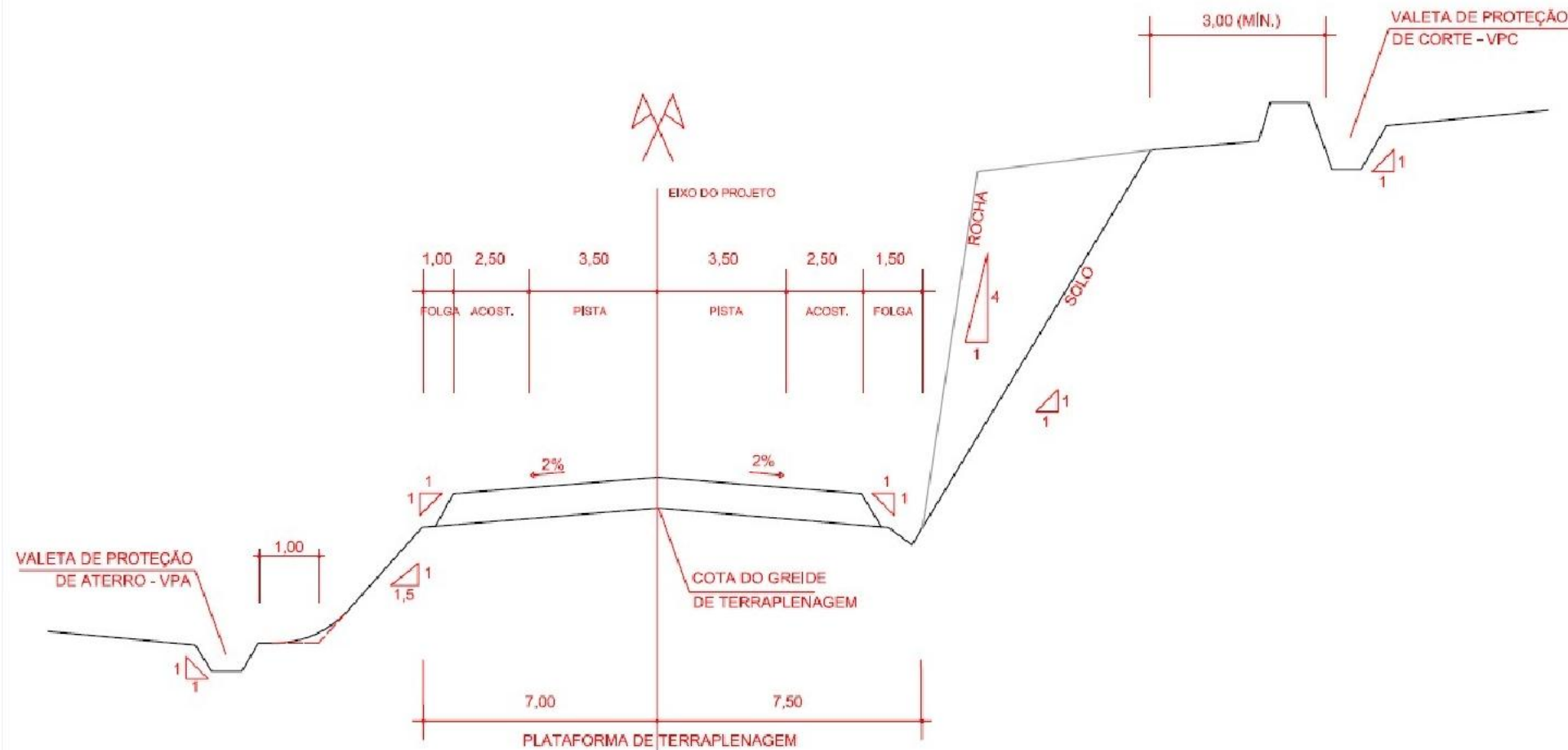
O custo do movimento de terra é significativo em relação ao custo total da obra, por isso, sempre que possível deve ser feito o equilíbrio entre volumes de cortes e aterros, empréstimos e bota-foras, de forma a se ter movimentos de terra equilibrados e com reduzidas distâncias de transporte.

Definição das Seções Transversais

Um dos primeiros passos na elaboração do projeto de terraplenagem é a definição da plataforma de terraplenagem, com base nas diretrizes do projeto como um todo.

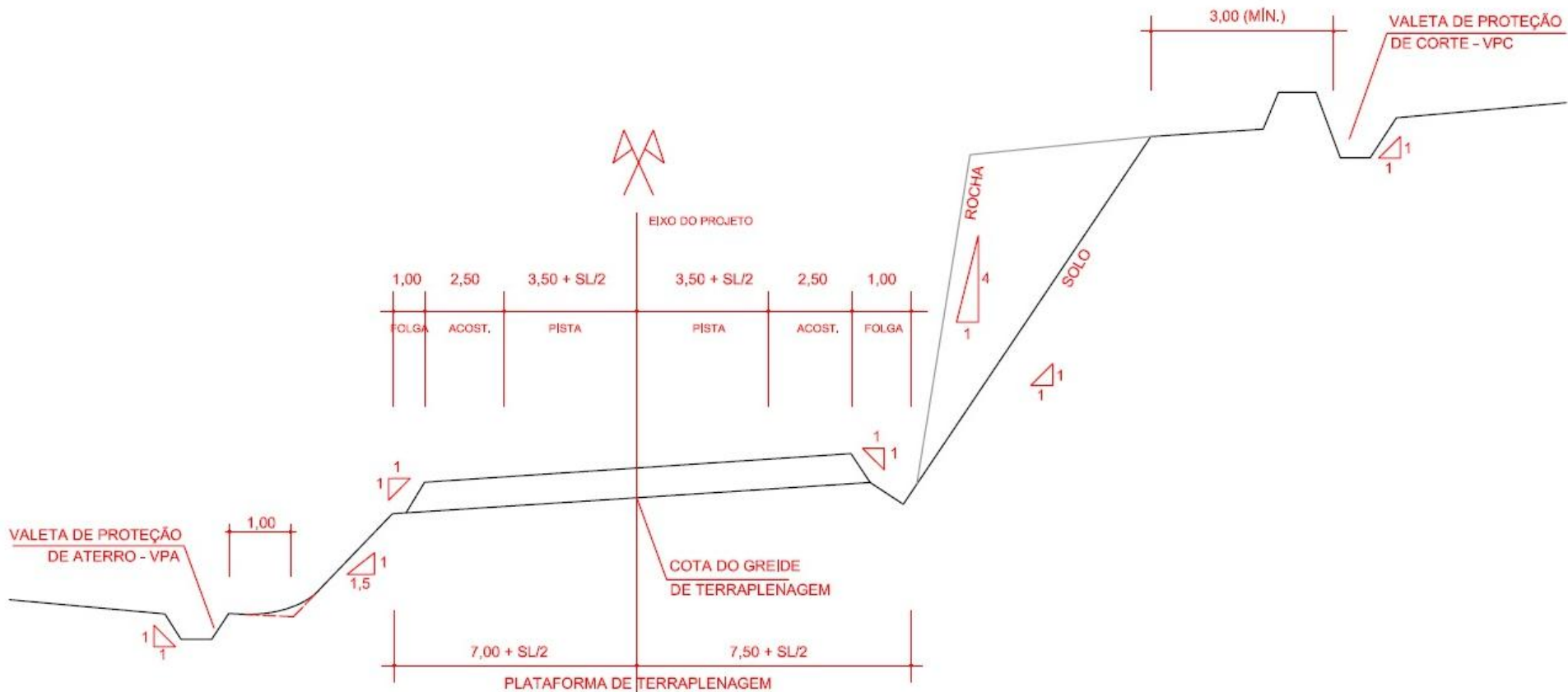
Assim, a partir das medidas projetadas para a plataforma do pavimento, é possível calcularmos a largura da plataforma de terraplenagem, bem como determinar seus principais elementos.

TERRAPLANAGEM em RODOVIAS



Seção transversal – em tangente (RETA)

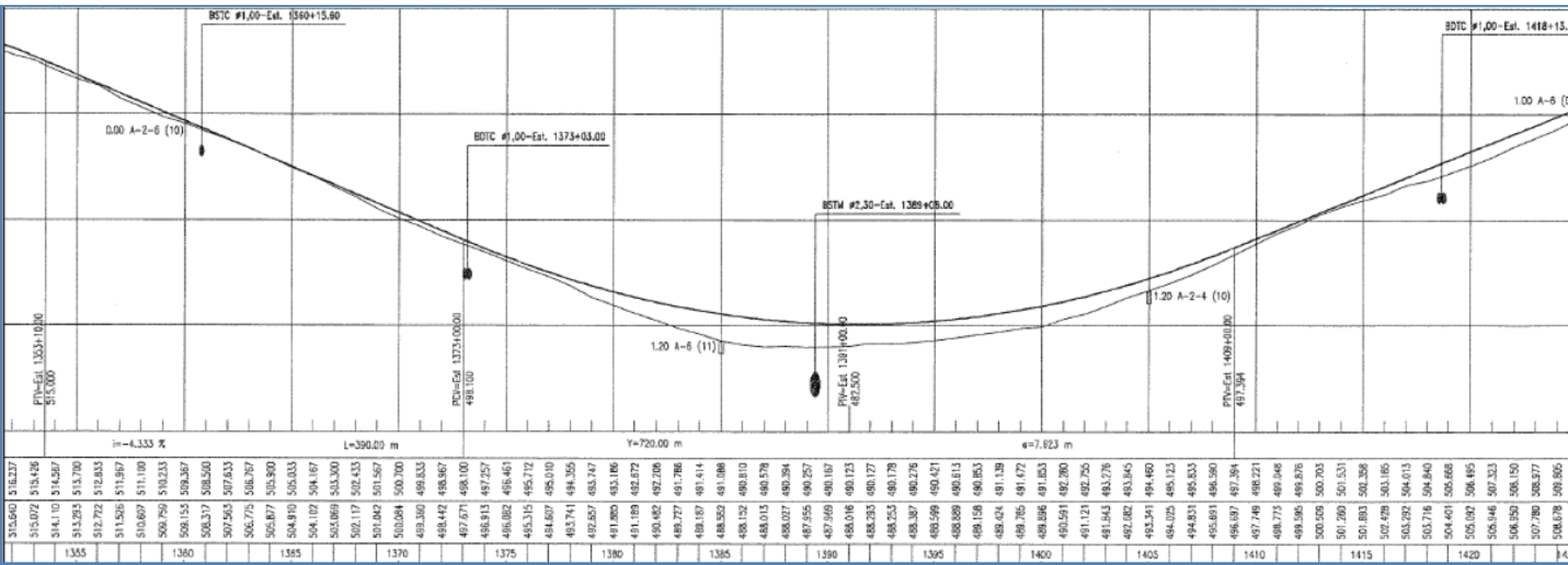
TERRAPLANAGEM em RODOVIAS



Seção transversal – em curva

As DUAS figuras apresentam parte do projeto de uma rodovia com a definição das medidas da plataforma de terraplenagem, inclinação dos taludes de corte e aterro, bem como a previsão dos elementos de drenagem: como sarjetas e valetas.

TERRAPLANAGEM em RODOVIAS

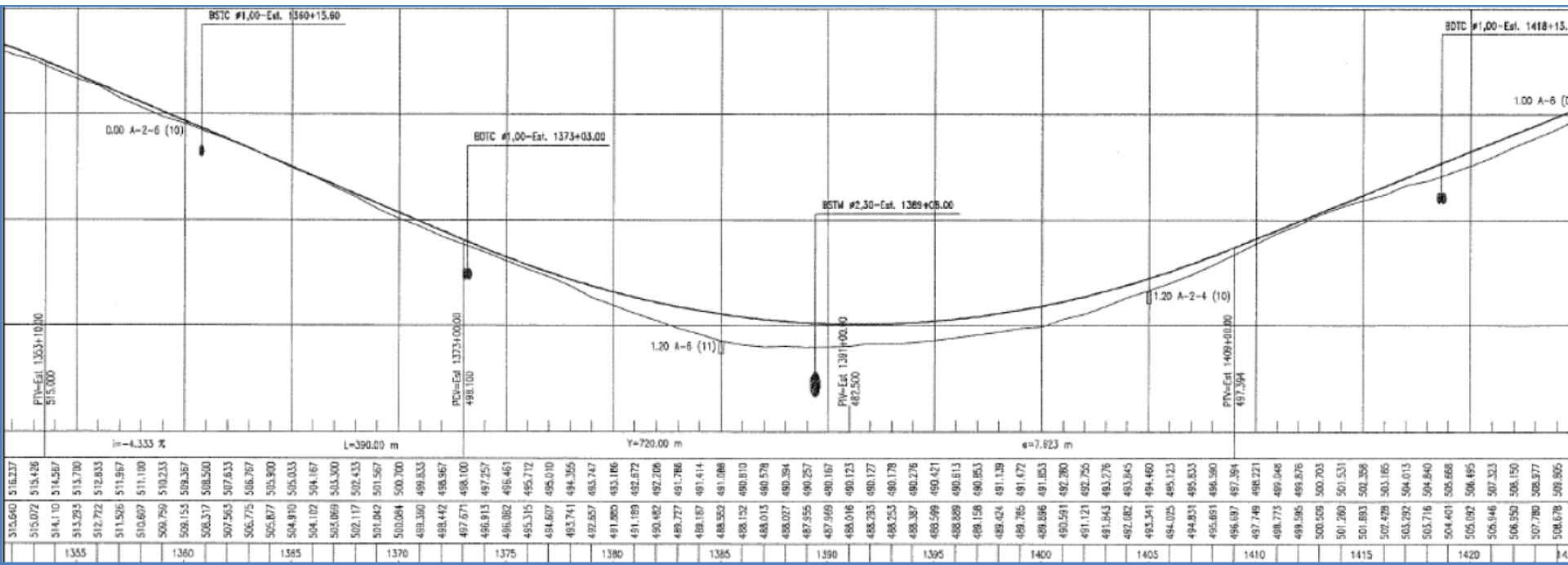


Perfil Longitudinal de um Segmento de Rodovia – Projeto

Definição do Perfil Longitudinal

É a partir do perfil longitudinal do terreno (*parte do projeto geométrico da rodovia*) que serão calculados os volumes de cortes e aterros.

TERRAPLANAGEM em RODOVIAS



Perfil Longitudinal de um Segmento de Rodovia – Projeto

Definição do Perfil Longitudinal

É a partir do perfil longitudinal do terreno (*parte do projeto geométrico da rodovia*) que serão calculados os volumes de cortes e aterros.

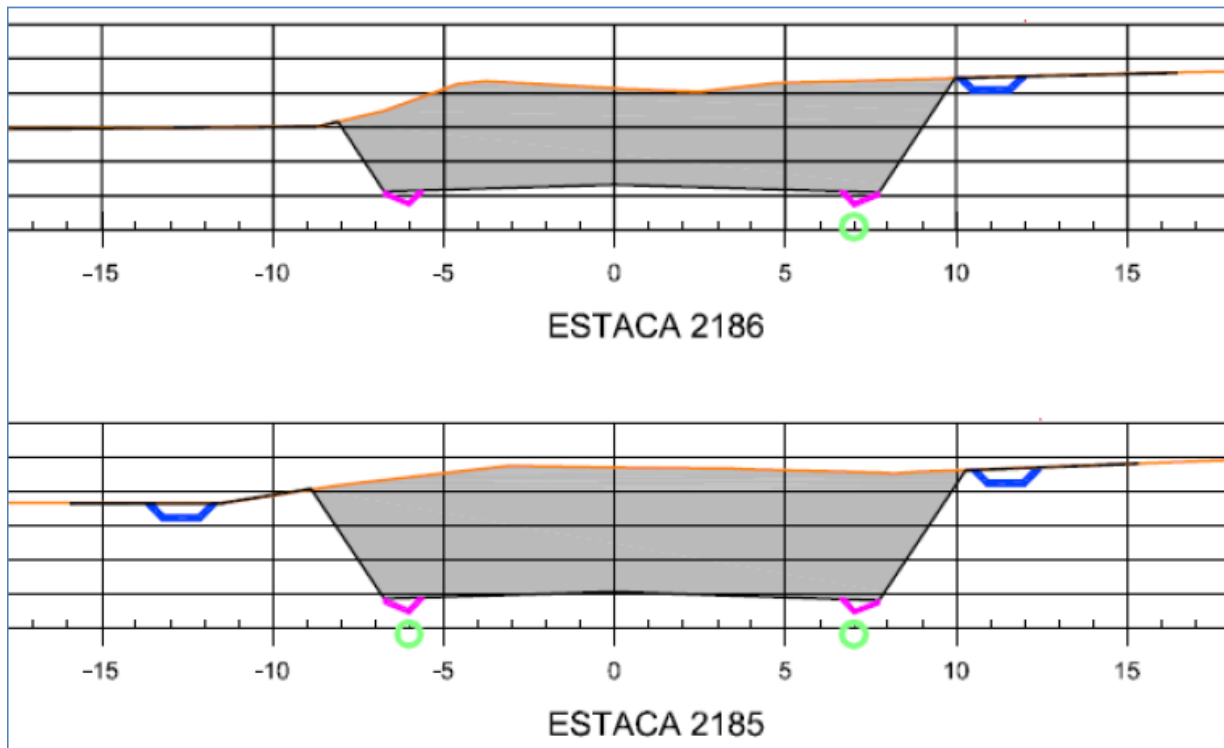
Via de regra os resultados do projeto de terraplenagem implicam em possíveis mudanças no projeto geométrico. Tais ajustes nos projetos de terraplenagem e geométrico são realizados iterativamente, de forma a se obter a melhor solução para a distribuição de cortes e aterros, bem como para a geometria, sempre buscando atender as principais diretrizes do projeto como um todo.

TERRAPLANAGEM em RODOVIAS

CÁLCULO DE VOLUMES

Definido o perfil vertical da rodovia e a seção transversal tipo, é possível obter todas as seções transversais do segmento a ser construído.

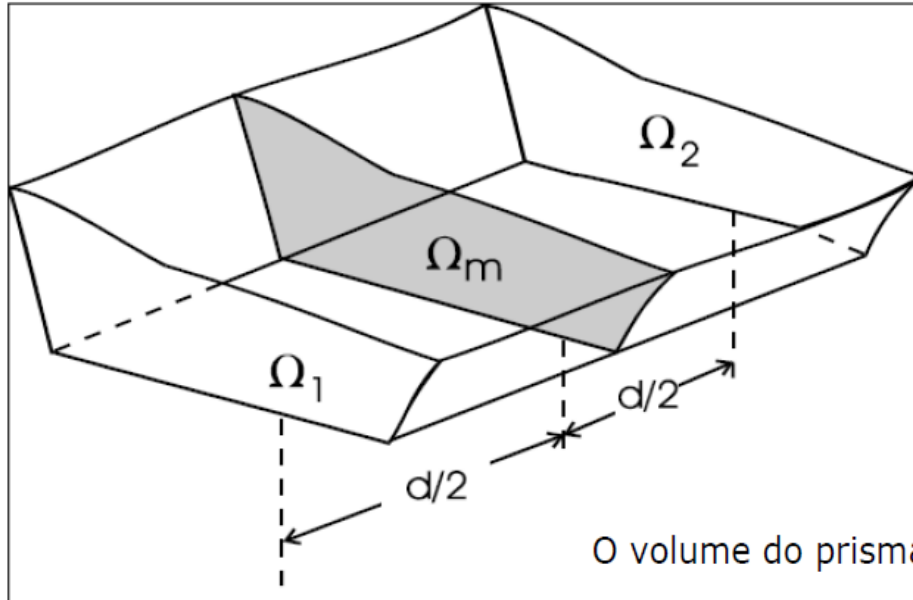
Convencionalmente, são obtidas as seções transversais a cada 20m de extensão, a partir da origem, considerando-se que haja variações lineares entre duas seções consecutivas. Cada seção transversal corresponde a uma estaca. No exemplo abaixo, a estaca 2186 representa o 43km+720m da obra ($2.186\text{m} \times 20\text{m} = 43.720\text{m}$).



Seções transversais consecutivas

TERRAPLANAGEM em RODOVIAS

Assim, partir do volume do prisma formado por duas seções consecutivas, pode-se calcular o volume entre essas duas seções, conforme mostra a figura a seguir:



O volume do prisma é calculado pela seguinte fórmula:

$$V = \frac{\Omega_1 + \Omega_2}{2} \times (d_1 + d_2)$$

Atualmente, esses cálculos são efetuados todos por softwares especializados, não havendo para o projetista, nesta etapa, dificuldades na obtenção das áreas das seções.

Como estamos calculando o volume entre duas estacas consecutivas, o volume é obtido a partir da seguinte fórmula:

$$V = \frac{\Omega_1 + \Omega_2}{2} \times (20) =$$

$$V = 10 \times (\Omega_1 + \Omega_2)$$

VOLUMES DE TERRAPLANAGEM

Estaca (Km)	ÁREAS (m ²)							VOLUMES PARCIAIS (m ³)							VOLUMES ACUMULADOS (m ³)						
	CORTE				ATERRO			CORTE				ATERRO			CORTE				ATERRO		
	1°	2°	3°	TOTAL	INF	SUP	TOTAL	1°	2°	3°	TOTAL	INF	SUP	TOTAL	1°	2°	3°	TOTAL	INF	SUP	TOTAL
					32	9									607			607	235680	23136	258816
2+000					8,06	8,60	16,66					405	172	577	607			607	236085	23308	259393
2+020			8,83	8,83	0,62	2,02	2,64			88	88	87	106	193	607		88	695	236172	23414	259586
2+040			39,41	39,41	0,02	1,36	1,38			482	482	6	34	40	607		570	1177	236178	23448	259626
2+060			80,72	80,72		0,69	0,69			1201	1201		21	21	607		1771	2378	236178	23469	259647
2+080			92,65	92,65		0,20	0,20			1734	1734		9	9	607		3505	4112	236178	23478	259657
2+100			64,24	64,24						1569	1569		2	2	607		5074	5681	236178	23480	259659
2+120			8,24	8,24						725	725				607		5799	6406	236178	23480	259659
2+140			5,72	5,72						140	140				607		5939	6546	236178	23480	259659
2+160	5,49			5,49				55		57	112				662		5996	6658	236178	23480	259659
2+180	3,75			3,75		0,72	0,72	92			92		7	7	754		5996	6751	236178	23487	259665
2+200	3,19			3,19		3,31	3,31	69			69		40	40	824		5996	6820	236178	23527	259705
2+220	2,70			2,70	1,21	5,87	7,08	59			59	12	92	104	883		5996	6879	236190	23619	259809
2+240	1,89			1,89	10,80	8,98	19,78	46			46	120	149	269	929		5996	6925	236310	23768	260079
2+260	1,25			1,25	39,82	10,67	50,49	31			31	506	197	703	960		5996	6956	236816	23965	260780
2+280	1,12			1,12	55,04	10,67	65,71	24			24	949	213	1162	984		5996	6980	237765	24178	261943
2+300	1,27			1,27	51,31	10,67	61,98	24			24	1064	213	1277	1007		5996	7004	238829	24391	263219
2+320	0,44			0,44	53,36	10,67	64,03	17			17	1047	213	1260	1025		5996	7021	239876	24604	264480
2+340	0,05			0,05	52,01	10,67	62,68	5			5	1054	213	1267	1029		5996	7026	240930	24817	265747
2+360	0,74			0,74	48,71	10,67	59,38	8			8	1007	213	1220	1037		5996	7034	241937	25030	266967
2+380	0,76			0,76	43,41	10,67	54,08	15			15	921	213	1134	1052		5996	7049	242858	25243	268101
2+400	0,71			0,71	26,67	10,67	37,34	15			15	701	213	914	1067		5996	7063	243559	25456	269015
2+420	0,17			0,17	11,86	10,40	22,26	9			9	385	211	596	1076		5996	7072	243944	25667	269611
2+440	0,96			0,96	5,71	9,12	14,83	11			11	176	195	371	1087		5996	7083	244120	25862	269983
2+460			0,98	0,98	0,18	5,95	6,13	10		10	19	59	151	210	1097		6006	7103	244179	26013	270192
2+480			7,34	7,34						83	83	2	60	62	1097		6089	7186	244181	26073	270254

TERRAPLANAGEM em RODOVIAS

Na planilha mostrada, observem que para cada estaca (primeira coluna) é indicada, à direita, a área de corte e/ou aterro respectiva, detalhando-se ainda o seguinte:

a) nas seções em corte, discriminam-se as áreas para cada categoria de material, segundo as definições do DNIT (1ª categoria, 2ª categoria e 3ª categoria);

b) nas seções em aterro, discriminam-se as áreas para o corpo do aterro (primeiras camadas), e para a camada final do aterro (últimos 60cm).

Nas próximas colunas à direita constam os volumes de cada prisma formado por duas seções consecutivas, conforme vimos anteriormente.

Por fim, as últimas colunas à direita retratam os volumes acumulados em corte e em aterro, ou seja, a soma dos volumes calculados conforme descrito no parágrafo anterior.

Assim, ao final, é possível obter as seguintes informações:

- ✓ Volume de corte entre cada seção consecutiva;
- ✓ Volume de aterro entre cada seção consecutiva;
- ✓ Volume total de corte para os materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias;
- ✓ Volume total para o corpo de aterro;
- ✓ Volume total para a camada final de aterro.

Essas informações são um primeiro passo para que o projeto possa cumprir um de seus objetivos que é a **determinação dos quantitativos de serviços de terraplenagem.**

A partir dessas informações, é possível ainda, avaliar se foi obtido um equilíbrio entre os volumes de corte e de aterro, de modo a minimizar as necessidades da utilização de caixas de empréstimo e bota-foras, ao longo da rodovia.

TERRAPLANAGEM em RODOVIAS

Exercícios de REVISÃO no cálculo de volumes de CORTES e ATERROS, para solução em sala de aula.

Distribuição dos trabalhos para entrega no final da aula

sendo permitida a utilização de calculadoras e de notebooks.

ESTUDOS e PROJETOS

PROJETO de OBRAS de ARTE

Na engenharia de rodovias (ferrovias) convencionou-se denominar:

- ❖ Obras de arte especiais (OAE) - Túneis, pontes, viadutos e cortinas atirantadas.
- ❖ Obras de arte correntes (OAC) - Pontilhões, bueiros de grota e de passagem

No caso das Obras de arte especiais - OAE, o projeto deverá conter:

Elementos básicos

- ❖ Informações de caráter local;
- ❖ Condições de acesso;
- ❖ Disponibilidade de materiais e mão de obra.

Elementos topográficos

- ❖ Perfil longitudinal do terreno;
- ❖ Referenciais de nível;
- ❖ Elementos de locação;
- ❖ Direção do eixo da obra;
- ❖ Definição de acessos.

ESTUDOS e PROJETOS

Ainda obras de arte especiais - OAE:

Pontes, viadutos, túneis e obras atirantadas

Atirantar: estender cabos de aço (tirantes) numa ponte suspensa \approx ponte estaiada (no Brasil), ou estrutura atirantada.

Elementos hidrológicos:

- ❖ Indicação das cotas de máximas e mínimas do curso d'água (*no caso de pontes*);
- ❖ Informações relativas aos serviços de regularização, dragagem, retificações ou proteção das margens (*no caso de pontes*).

Elementos geotécnicos: que consistem nas sondagens de reconhecimento que permitem a caracterização do subsolo ; planta de locação das sondagens, referidas ao eixo locado na via.

Elementos específicos:

- ❖ Cálculos estruturais;
- ❖ Desenhos e plantas;
- ❖ Especificações técnicas;
- ❖ Quantitativos.

ESTUDOS e PROJETOS

Obras de arte correntes (OAC)

Elementos básicos:

- ❖ Informações de caráter local;
- ❖ Condições de acesso;
- ❖ Disponibilidade de materiais e mão de obra.

Elementos topográficos:

- ❖ Perfil longitudinal do terreno;
- ❖ Referenciais de nível;
- ❖ Elementos de locação;
- ❖ Direção do eixo da obra;
- ❖ Desenhos e plantas;
- ❖ Especificações técnicas;
- ❖ Quantitativos;

Bueiros tubulares



ESTUDOS e PROJETOS

Ainda obras de arte correntes (OAC)

Elementos específicos:

- ❖ Definição das bacias hidrográficas
- ❖ Memória de cálculo das seções de vazão necessárias
- ❖ Cálculos estruturais
- ❖ Desenhos e plantas;
- ❖ Especificações técnicas;
- ❖ Quantitativos

Bueiro metálico

Circular



Lenticular



Bueiro de concreto

Bueiro tubular



Bueiro celular



ESTUDOS e PROJETOS

PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

Elementos específicos:

- ❖ “*Croquis*” de localização de ocorrências de jazidas, pedreiras e de empresas fornecedores de material betuminoso, com as respectivas distâncias aos extremos do trecho;
- ❖ Seções tipo de pavimentação;
- ❖ Relatórios de parâmetros físicos dos materiais e das ocorrências;
- ❖ Memória de cálculo das camadas granulares do pavimento;
- ❖ Memória de cálculo dos traços de misturas betuminosas e respectivos relatórios de ensaios em laboratório;
- ❖ Desenhos e plantas;
- ❖ Especificações técnicas.

PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

Elementos específicos:

- ❖ Detalhes de cercas;
- ❖ Detalhes de acesso a propriedades.

ESTUDOS e PROJETOS

Ainda PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

Caso das rodovias

Seção tipo em tangente

CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

Pavimentos rígidos:

são pavimentos pouco deformáveis, constituídos principalmente em concreto de cimento Portland; seu rompimento se dá por tração na flexão quando sujeitos a deformações.

Pavimentos flexíveis:

são estruturas que sofrem deformações sob determinados limites, porém, não produzem rompimentos; seu dimensionamento é feito por compressão e por tração na flexão.

A flexão é originada por bacias de deformação situadas nos locais sob as rodas dos veículos, ocasionando deformações permanentes, gerando o rompimento por fadiga.

ESTUDOS e PROJETOS

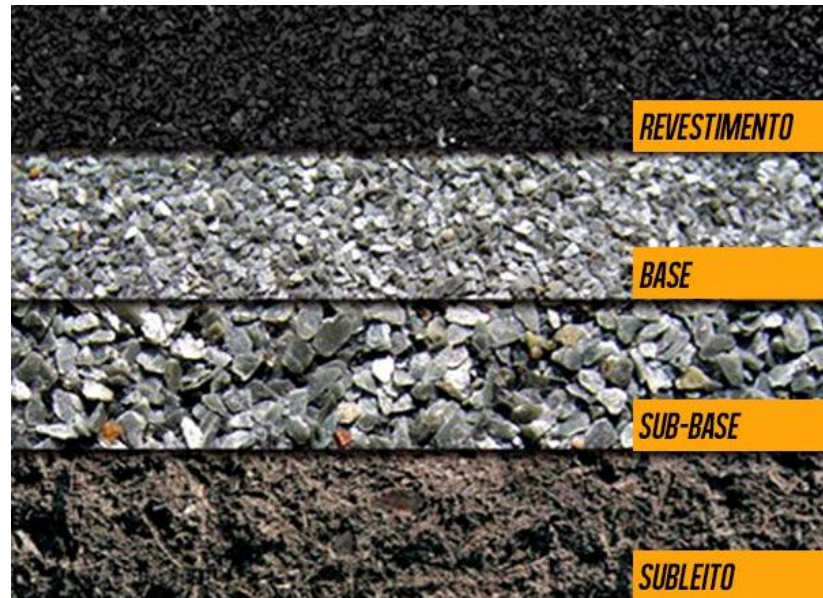
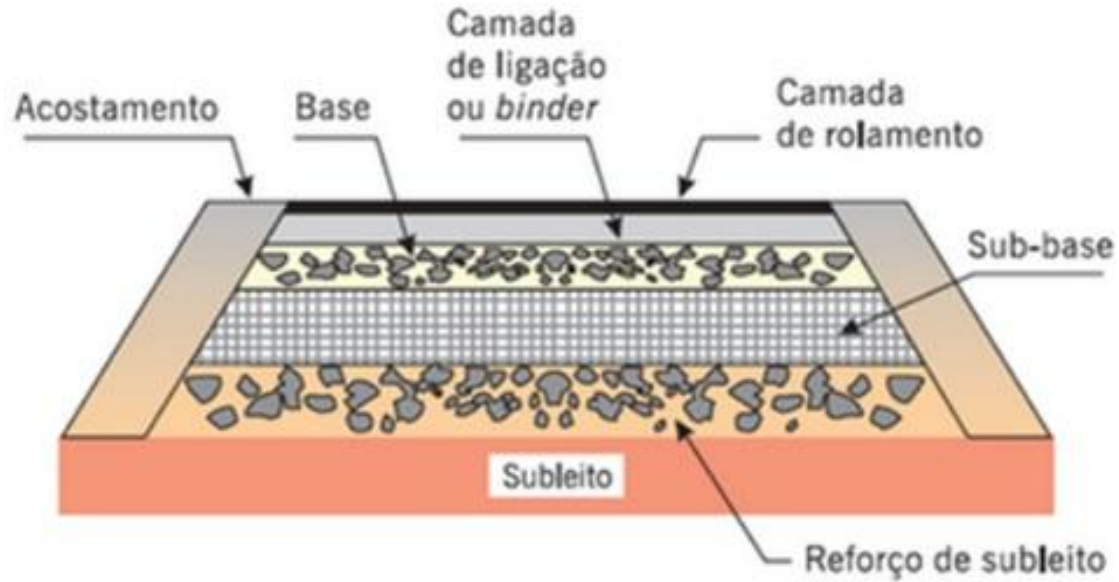
Ainda PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

Caso das rodovias

Seção tipo em tangente



FLEXÍVEL



ESTUDOS e PROJETOS

Ainda PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

Caso das rodovias

Seção tipo em tangente

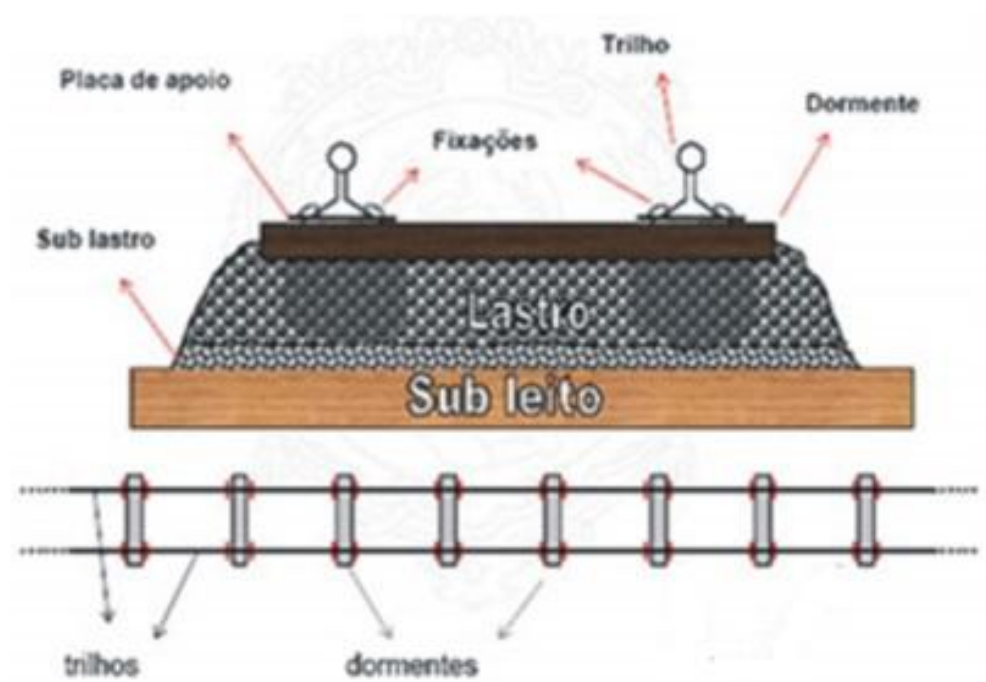


ESTUDOS e PROJETOS

PROJETOS FERROVIÁRIOS

Caso das rodovias

Seção tipo em tangente



ESTUDOS e PROJETOS

Caso das FERROVIAS
Projeto de sinalização

Projeto de interseções

Quando existem interseções com outras vias, os detalhes geométricos, de terraplenagem, drenagem, pavimentação, sinalização e obras de arte são tratados no corpo dos projetos respectivos

Projeto de desapropriações

É constituído por desenhos e demais informações que permitam estabelecer valores indenizatórios para desapropriações totais ou parciais de propriedades situadas na faixa de domínio da rodovia ou ferrovia.

F I M