

MELHOR CAMINHO

ESTRADAS VICINAIS DE TERRA

Manual Técnico para Conservação e Recuperação



Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO
CONCEITOS BÁSICOS	01
1. CONCEITO DE ESTRADAS	01
1.1. Rede Viária	01
1.2. Estrada	01
1.3. Greide	02
2. CONCEITO DE TRAÇADOS	02
2.1. Traçado de Vale	02
2.2. Traçado de Encosta	02
2.3. Traçado de Planície	02
2.4. Traçado de Montanha	02
3. CONCEITO DE CURVAS	03
3.1. Curva Simples	03
3.2. Curva Composta	03
3.3. Curva Reversa	04
3.4. Capacidade-Suporte do Solo em Estradas Florestais	04
4. CONCEITO DE MÁQUINAS	05
4.1. Trator Esteira	05
4.2. Motoniveladora	06
4.3. Retroescavadeira	06
4.4. Pá-Carregadeira	07
4.5. Rolo Compactador ou Compressor	07
4.6. Caminhões: Pipa ou Basculante	08

NOÇÕES BÁSICAS SOBRE MATERIAIS	10
5. NOÇÕES BÁSICAS SOBRE MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO	10
5.1. ARGILA	11
5.2. AREIA	13
5.3. SAIBRO	14
5.4. CASCALHOS E PEDREGULHOS	14
5.5. PIÇARRAS	16
5.6. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE JAZIDAS	16
6. ESTRADAS DE TERRA - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ESSENCIAIS	18
6.1. CAPACIDADE DE SUPORTE	18
6.2. CONDIÇÕES DE ROLAMENTO E ADERÊNCIA	20
7. DUAS REGRAS BÁSICAS	22
7.1. REGRA 1	22
7.2. REGRA 2	24
8. TRATAMENTO PRIMÁRIO	26
8.1. REVESTIMENTO PRIMÁRIO	26
8.1.1. Mistura	28
8.1.2. Execução de Revestimento Primário	29
8.2. AGULHAMENTO	33
8.2.1. Execução do Agulhamento	34
8.3. MISTURA DE AREIA E ARGILA	37
8.3.1. Execução da Mistura de Areia e Argila	37

8.4. REFORÇO DO SUBLEITO	41
8.4.1. Execução do Reforço do Subleito	42
9. PROBLEMAS MAIS COMUNS EM UMA ESTRADA DE TERRA. CAUSAS E SOLUÇÕES	44
9.1. ONDULAÇÕES, RODEIROS E ATOLEIROS	45
9.1.1. Causa e Correção	45
9.1.2. Execução do Dreno Profundo	47
9.2. AREIÕES DE ESPIGÃO	49
9.2.1. Causa e Correção	49
9.3. AREIÕES DE BAIXADA	49
9.3.1. Causa e Correção	49
9.4. EXCESSO DE PÓ	50
9.4.1. Causa e Correção	50
9.5. ROCHA AFLORANTE	51
9.5.1. Causa e Correção	51
9.5.2. Execução dos Serviços em Trecho com Rocha Aflorante	51
9.6. PISTA MOLHADA DERRAPANTE	53
9.6.1. Causa e correção	53
9.7. PISTA SECA DERRAPANTE	54
9.7.1. Causa e correção	54
9.8. COSTELAS DE VACA	55
9.8.1. Causa e correção	55

9.9. SEGREGAÇÃO LATERAL	56
9.9.1. Causa e correção	56
9.10. BURACOS	57
9.10.1. Causa e Correção	57
9.10.2. Execução de serviços para correção dos buracos	58
9.11. EROSÕES EM RAVINA	59
9.11.1. Causa e Correção	59
9.11.2. Execução de serviços para correção de erosões	61
9.12. OBRAS DE PREVENÇÃO CONTRA EROSÃO	62
9.12.1. Abaulamento Transversal e Canaletas Laterais	62
9.12.2. Sangras	63
9.12.3. Dissipadores de Energia	67
9.12.4. Caixas de Infiltração ou Acumulação	70
9.12.5. Bueiros	72
9.12.6. Proteção Vegetal	73
10. MAQUINÁRIO OU TRABALHO MANUAL?	74
10.1. SITUAÇÕES ONDE O USO DE MAQUINÁRIO SE MOSTRA PREFERENCIAL	74
10.2. SITUAÇÕES ONDE O TRABALHO MANUAL SE MOSTRA PREFERENCIAL	76
11. CONSIDERAÇÕES GERAIS	78
11.1. Anteprojeto	79
11.2. Projeto	80
11.3. Locação	80
11.4. Construção da Estrada	81
11.5. Manutenção da Estrada	81

APRESENTAÇÃO

Este manual técnico destina-se a apresentar as informações necessárias para o planejamento, a execução e a manutenção dos trabalhos de estradas rurais de terra. Visa também, padronizar conhecimentos e procedimentos, sem a pretensão de esgotar quaisquer dos assuntos tratados, visto serem todos de grande complexidade e extensão. Desta forma pretende, tão somente, servir de diretriz básica para o desenvolvimento dos conhecimentos necessários aos técnicos e engenheiros que utilizarão estas informações como base, para executar os trabalhos de manutenção e conservação de estradas rurais de terra, conhecimentos aplicados amplamente na execução do Programa Melhor Caminho executado pela CODASP.

A Codasp - Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo é a empresa oficial de serviços de motomecanização do Governo do Estado, ligada à Secretaria de Agricultura e Abastecimento, que atua no ramo da engenharia operando em atividades de motomecanização, obras e edificações, oferecendo serviços de infraestrutura voltados ao agronegócio e à conservação do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis, principalmente do solo e da água.

O programa Melhor Caminho foi instituído pelo Decreto nº 41.721, de 17 de abril de 1997, para a elaboração de convênios entre a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo e as Prefeituras Municipais. A proposta do Programa é de interesse social e com certificação da ISO 9001, já elaborou inúmeros convênios entre a Secretaria e as prefeituras, executando obras de recuperação de mais de 11.200 km (até julho/2013) de estradas rurais de terra em todo o estado de São Paulo.

Manter em condições de tráfego, as vias de transportes terrestres existentes ou a sua construção, quando não existirem, é a essência da mobilidade e o objetivo deste trabalho.

CONCEITOS BÁSICOS

1. CONCEITO DE ESTRADAS

1.1. REDE VIÁRIA

Rede viária é o conjunto de estradas construídas e mantidas através de um planejamento detalhado com o objetivo de permitir a retirada da madeira do interior dos talhões.

1.2. ESTRADA

A estrada é uma faixa do terreno sistematizada, é um caminho utilizado por veículos, homens e animais para a circulação e tráfego de um ponto a outro. Designa-se genericamente de estrada a via usada pelo veículo terrestre, diferenciando-se a estrada de rodagem ou rodovia, para os automóveis e a estrada de ferro ou ferrovia, para o veículo ferroviário.

Quando do planejamento do traçado de uma estrada deve-se buscar atender as seguintes regras básicas:

- O comprimento entre dois pontos deve ser o menor possível;
- As rampas devem apresentar inclinações com valores que possam ser aceitos em função da utilização das estradas;
- A pavimentação deve ter resistência mecânica ao peso dos veículos mais pesados;
- Deve ser construída com o menor custo possível.

1.3. GREIDE

Greide é o eixo central de uma estrada caracterizado pelas cotas dos pontos médios de suas seções transversais.

2. CONCEITO DE TRAÇADOS

2.1. TRAÇADO DE VALE

O percurso é estabelecido ao longo do vale, por uma de suas margens. O inconveniente desse tipo de traçado é um possível alongamento do percurso, no entanto, evita pontes, pontilhões e outras obras.

2.2. TRAÇADO DE ENCOSTA

O percurso cruza os vales. Nesse caso, o percurso é mais curto, mas exige maior movimentação de terra, as rampas são mais íngremes, cruza maior número de rios, atravessa áreas com problemas de estabilidade e encarece a obra.

2.3. TRAÇADO DE PLANÍCIE

O percurso é feito através de uma longa área plana.

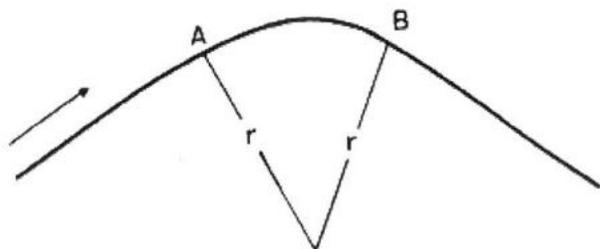
2.4. TRAÇADO DE MONTANHA

O percurso é feito mediante a transposição das montanhas, utilizando-se das gargantas e adotando-se um greide rolante que consiste na construção de rampas curtas íngremes e quase a totalidade do perfil é constituída por curvas verticais.

3. CONCEITO DE CURVAS

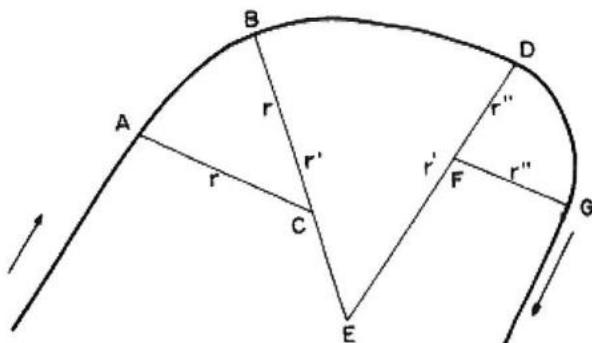
3.1. CURVA SIMPLES

São as curvas que tem somente um raio.



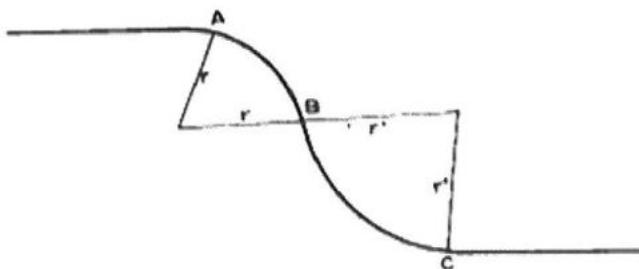
3.2. CURVA COMPOSTA

São as curvas formadas por dois ou mais arcos de raios.



3.3. CURVA REVERSA

São as curvas contínuas compostas por duas outras curvas cujos raios estão em lados opostos a linha da estrada.



3.4. CAPACIDADE-SUPORTE DO SOLO EM ESTRADAS FLORESTAIS

A maior ou menor infiltração de água, bem como a maior ou menor susceptibilidade à erosão afeta o sistema de drenagem, que, por sua vez, proporcionará a necessidade de maior ou menor manutenção.

4. CONCEITO DE MÁQUINAS

4.1. TRATOR DE ESTEIRA

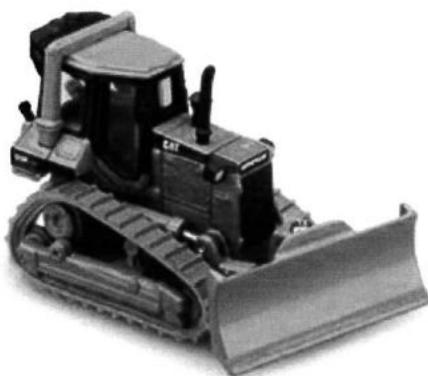
Os tratores de esteira têm as mesmas funções de tração, levantamento e acionamento de implementos que os tratores de pneu.

➤ **Vantagens:**

- Distribui melhor o seu peso no solo, diminuindo a compactação;
- Derrapam menos quando tracionando implementos ou toras aumentando a eficiência de tração;
- Tem grande capacidade de tração;
- Trabalham em terrenos de difícil trafegabilidade.

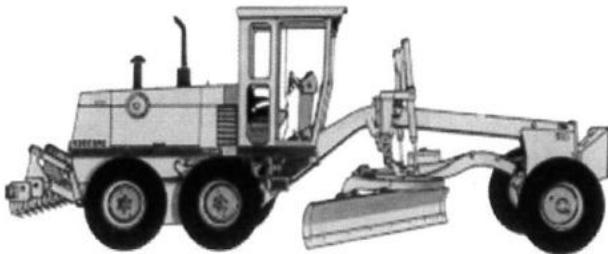
➤ **Desvantagens:**

- A manobrabilidade é lenta;
- O material rodante tem grande custo de manutenção;
- O investimento inicial alto;
- A depreciação é alta;
- Apresenta grande dificuldade de operação.



4.2. MOTONIVELADORA

A motoniveladora é muito utilizada na construção de estradas, definindo os caimentos laterais e drenagens, bem como para espalhamento de materiais. Possibilitam ajustar os ângulos horizontais da lâmina e levantá-la e abaixá-la, conforme a necessidade.



4.3. RETROESCAVADEIRA E PÁ-CARREGADEIRA

É uma máquina de potência média, dotada de concha na parte traseira e pá na dianteira. A presença destes dois sistemas de carregamento nesta máquina permite facilidades nas operações de abertura de bueiros, redes de drenagem e demais obras de infra-estrutura, também é muito utilizada no carregamento de caminhões. A pá-carregadeira pode transportar um volume em torno de 700 litros ($0,7m^3$) e a concha traseira um volume de até 300 litros ($0,3m^3$).



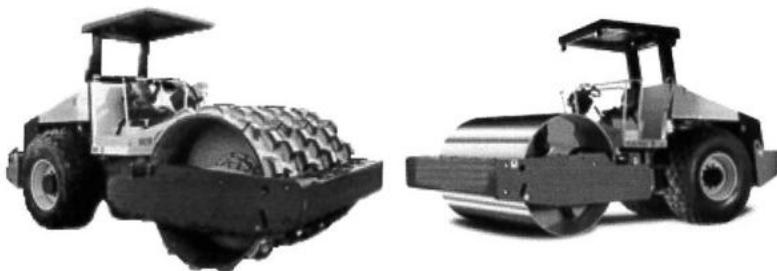
4.4. PÁ-CARREGADEIRA

Consiste em um trator com elevada potência dotado de uma caçamba para carregamento e movimentação de materiais, muitos utilizam a retirada da caçamba para colocarem garras para serem utilizadas na movimentação de toras. Possui elevada capacidade de desagregamento e de levantamento de materiais.



4.5. ROLO COMPACTADOR OU COMPRESSOR VIBRO

O rolo compressor é uma máquina pesada, rebocada ou de autopropulsão, que rola sobre cilindros. Ele é utilizado como auxiliar na construção de estradas, praças, urbanizações, galerias e para a compactação de solos em geral e em locais delimitados. Pode ser liso ou dentado e também vibra para intensificar a compactação.



4.6. CAMINHÕES: PIPA OU BASCULANTE

O **CAMINHÃO PIPA** possui um tanque para carregamento de líquidos (para as mais variadas aplicações), mas é muito utilizado para carregamento de água. Possui um sistema composto de vários acessórios que permitem pulverizar a água (de vários modos: polvilhada forte ou levemente, tipo garoa, nevoeiro e etc.), sendo usada para limpeza de ruas, lavagem de guardrail, rubor de construção, efeitos de drenagem de água, combate a incêndios e etc. No caso das estradas rurais de terra, o caminhão pipa é muito utilizado para a pulverização de água para umidificar a estrada, uma das etapas do processo de manutenção.



O **CAMINHÃO BASCULANTE** possui uma caçamba de metal e um mecanismo de elevação hidráulica ou elevação mecânica que possibilita descarregar rapidamente materiais a granel, de forma independente. A elevação atinge alguns ângulos e facilita muito a descarga economizando o tempo de descarga, minimizando a força de trabalho necessária, encurtando o ciclo de transporte, melhorando a produtividade, e reduzindo os custos de transporte. O caminhão basculante é amplamente utilizado na engenharia civil e também pode trabalhar junto com máquinas de escavação, pá carregadora e correia transportadora de carga, transporte e descarga de materiais soltos, tais como terra, areia, pedra e etc.



NOÇÕES BÁSICAS SOBRE MATERIAIS

5. NOÇÕES BÁSICAS SOBRE MATERIAIS NATURAIS DE CONSTRUÇÃO

Os materiais naturais de construção, utilizáveis na recuperação e conservação de estradas não pavimentadas são, na maioria das vezes, encontrados nos próprios trechos em melhoramento ou em jazidas próximas aos mesmos. Em cada região, a escassez ou abundância destes materiais depende quase que exclusivamente das características geológicas e pedológicas locais.

Os materiais de construção mais comumente utilizados são:

- ARGILA
- AREIA
- SAIBRO
- CASCALHO
- PEDREGULHO
- PIÇARRA

Os materiais de construção são normalmente encontrados na natureza misturados em porcentagens e granulometrias diversas. Neste manual, a denominação dos materiais será dada em função da predominância granulométrica da argila, areia ou pedregulho na mistura.

5.1. ARGILA

A Argila é um material fino de cor vermelha, marrom ou amarela, cujos grãos não são visíveis a olho nu. Uma forma prática de reconhecimento de um solo argiloso é a moldagem deste material úmido com as mãos.

- Quando úmida, forma uma massa plástica podendo ser moldada.
- Quando seca, apresenta elevada resistência, não podendo ser esmagada pelos dedos.

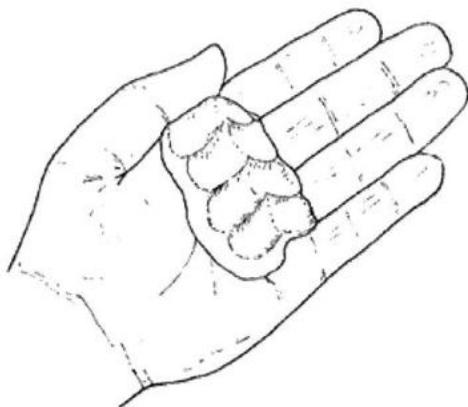
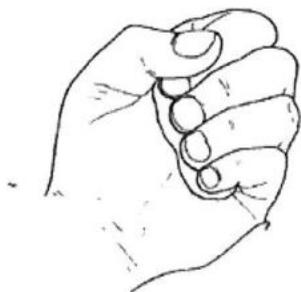
As argilas vermelhas ou amarelas, lateríticas, são encontradas geralmente na superfície do terreno em camadas com espessuras variáveis, em torno de metros, apresentando-se quase sempre em grandes volumes.

Argilas pretas ou cinzas, encontradas nas várzeas dos rios e em camadas pouco espessas na superfície do terreno sobre o qual se desenvolvem as plantas, não devem ser utilizadas nos serviços de estradas por não apresentarem propriedades satisfatórias. Também não devem ser utilizadas as argilas saprolíticas, identificadas geralmente por cores variegadas.

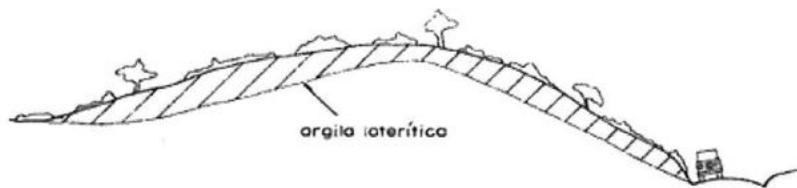
É importante não confundir **argila** com **silte**. Enquanto a **argila** é um material fundamental para as estradas de terra por suas características ligantes, o **silte**, que é um material parecido, pois também seus grãos são muitos finos, apresenta péssimas características, ocasionando muito problemas, tais como a baixa capacidade de suporte, formação de atoleiros, excesso de pó e etc.

O silte se distingue da argila por dificultar a moldagem quando úmido, e oferecer pouca resistência à pressão dos dedos quando seco.

Reconhecimento do Solo Argiloso



Localização de Jazida de Solo Laterítico Argiloso



5.2. AREIA

Material granular constituído por grãos com diâmetro variando de 0,05 mm a 4,8 mm de cores claras, cujas partículas são visíveis a olho nu. Quando seca seus grãos ficam soltos.

Os solos arenosos são encontradas principalmente sob duas formas:

- Em várzeas e leitos dos rios, comumente conhecidas como **areias lavadas de rios**;
- Em camadas na superfície de terreno, comumente conhecidas como **areias de barranco**, sendo neste caso mais avermelhadas ou amareladas. Esta forma de ocorrência é mais comum em regiões de relevo suave, como por exemplo, a região oeste do Estado de São Paulo.

Os volumes destas ocorrências são geralmente grandes.

Localização de Jazidas de Solo Arenoso



5.3. SAIBRO

Saibro é um termo regional referente a material granular composto geralmente por areia e silte provenientes da alteração de rochas. O volume das jazidas de saibro é muito variável.

Localização de Jazidas de Saibro



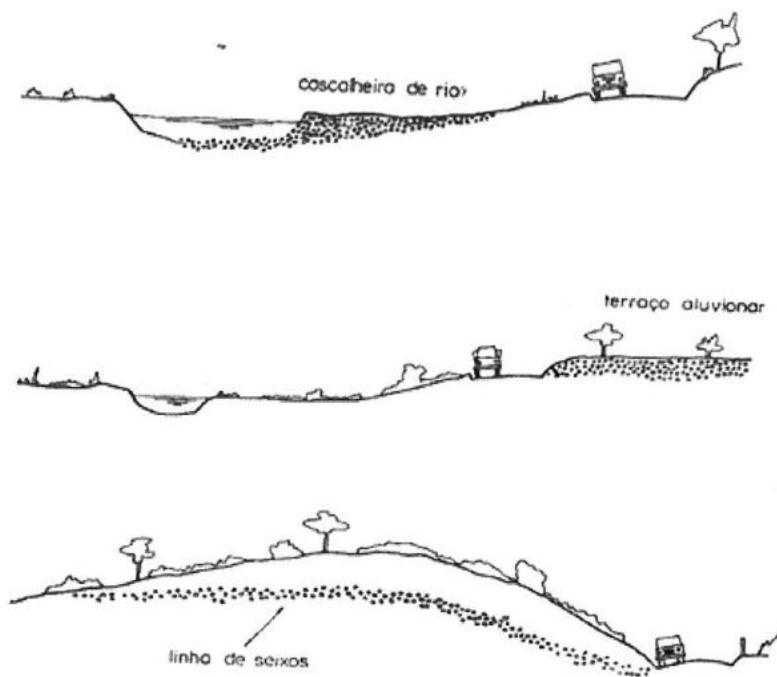
5.4. CASCALHO E PEDREGULHOS

Materiais granulares com diâmetro acima de 4,8 mm, encontrados principalmente em cascalheiras nos leitos dos rios, terraços aluvionares e “linhas de seixos”, próximas ou na superfície do terreno.

- Os cascalhos e pedregulhos do leito dos rios formam jazidas comumente conhecidas como **cascalheiras de rio**. São materiais geralmente muito resistentes, de granulometria variada e com formas arredondadas. O volume da cascalheira depende muito do porte do rio ao qual está associado, sendo por isso extremamente variável.

- Os cascalhos pedregulhos de terraços aluvionares e de “linhas de seixo” formam jazidas normalmente conhecidas como **cascalheiras ou pedregulhos de cava**. Estes materiais contêm, na maioria dos casos, porcentagens variáveis de argila e/ou areia. As espessuras das “linhas de seixo” são geralmente pequenas. Para se obter um volume satisfatório há necessidade de se explorar grandes áreas de terreno, o que nem sempre é recomendável. Por este motivo, as “linhas de seixo” só devem ser exploradas em último caso. Após essa operação, o terreno deve receber terra vegetal para que não se torne área improdutivo ou sujeita à erosão.

Localização de Jazidas de Cascalhos e Pedregulhos



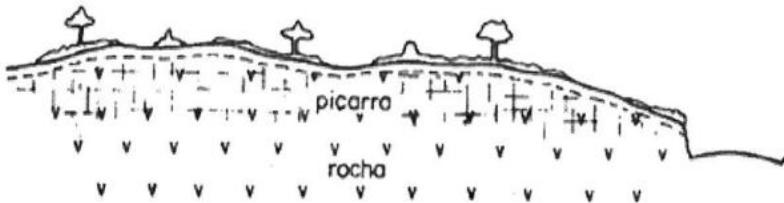
5.5. PIÇARRAS (Rocha Alterada)

Termo regional referente a material granular formado geralmente por fragmentos de rocha alterada ou fraturada. A resistência das piçarras é muito variável, dependendo, sobretudo do tipo de rocha, grau de alteração e intensidade do fraturamento.

O volume destas jazidas depende da espessura da camada de rocha alterada e fraturada e de sua extensão.

Em algumas regiões as jazidas de rocha alterada, principalmente quartzitos, também são chamadas “cascalheiras”.

Localização de Jazidas de Piçarras



5.6. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE JAZIDAS

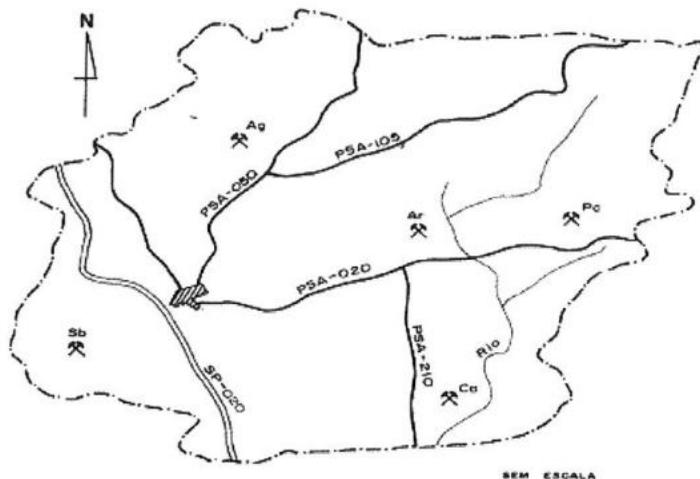
A exploração organizada e racional dos materiais naturais é condição essencial para a otimização dos serviços de revestimentos primário em estradas de terra.

A localização das jazidas (em uso e potenciais) e os dados sobre suas características técnicas devem ser assinalados sobre a planta cadastral

das vicinias do município. Com isso obtém-se um mapa que é o instrumento mais adequado para o planejamento da exploração das jazidas.

A localização, a caracterização técnica, a cubagem e a definição da melhor forma de exploração das jazidas, devem ser realizadas preferencialmente por geólogos qualificados, cujos serviços devem ser solicitados pelos municípios aos órgãos estaduais competentes.

MAPA CADASTRAL DAS ESTRADAS E JAZIDAS DO MUNICÍPIO



LEGENDA

- Cidade
- Estrada estadual pavimentada
- Estradas municipais (não pavimentadas)
- Limite de município
- Rio
- Jazida de material de construção (Pc - Pizarra, Ca - Cascalho, Ag - Argilo, Ar - Areia, Sb - Salbro)

6. ESTRADAS DE TERRA – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ESSENCIAIS

Duas são as características técnicas fundamentais que um a estrada de terra tem que apresentar para garantir condições de tráfego satisfatórias:

- BOA CAPACIDADE DE SUPORTE;
- BOAS CONDIÇÕES DE ROLOAMENTO E ADERÊNCIA.

6.1. CAPACIDADE DE SUPORTE

A capacidade de suporte é a característica que confere à estrada sua capacidade maior ou menor de não se deformar frente às solicitações de tráfego.

As deformações típicas devidos à falta de capacidade de suporte são as seguintes: **ondulações transversais e formação de rodeiros.**

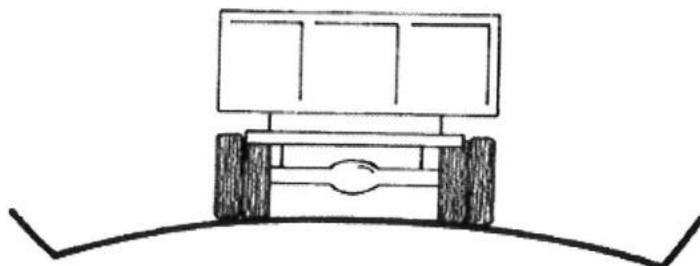
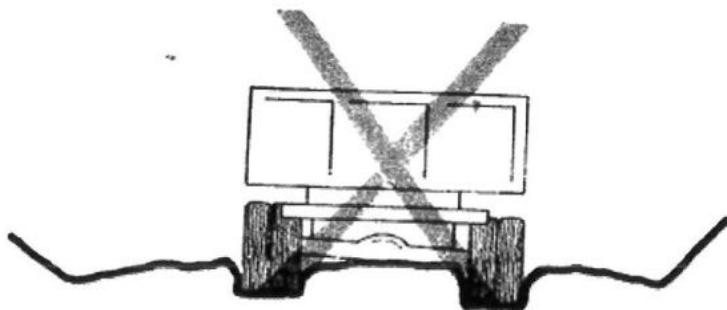
Geralmente as estradas com baixa capacidade de suporte tendem a apresentar formação de lama por ocasião de chuvas mais intensas.

Os problemas típicos devido à falta de capacidade de suporte devem-se a deficiências técnicas localizadas no subleito (terreno natural sobre o qual está implantada a estrada), ou na camada de reforço (camada utilizada para melhorar o subleito), ou em ambos.

Os materiais granular (areia, cascalho e etc.) são os mais indicados para se garantir um boa capacidade de suporte.

Deve-se lembrar que a compactação é uma operação necessária em qualquer caso. Assim, quando se fala em capacidade de suporte deve-se pensar imediatamente em duas coisas:

- Materiais granulares
- Compactação



6.2. CONDIÇÕES DE ROLAMENTO E ADERÊNCIA

As **condições de rolamento** dizem respeito às irregularidades de pista (esburacamento, materiais soltos e etc.) que interferem negativamente sobre a comodidade e segurança do tráfego.

A **aderência** é a característica da pista que diz respeito às boas ou más condições de atrito, ou seja, uma pista com boa aderência não permite “patinação” das rodas dos veículos.

Os problemas mais típicos ligados às más condições de rolamento e aderência se localizam quase que exclusivamente na camada de revestimento, e são os seguintes: **esburacamento generalizado, materiais granulares soltos, pista escorregadia e etc.**

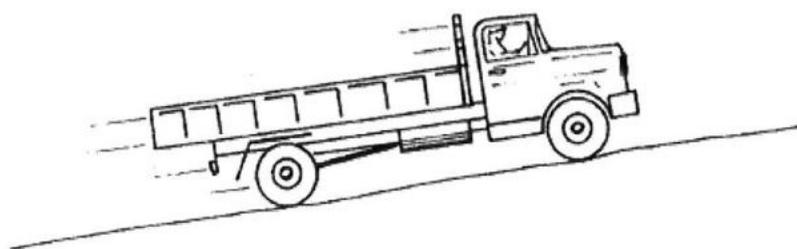
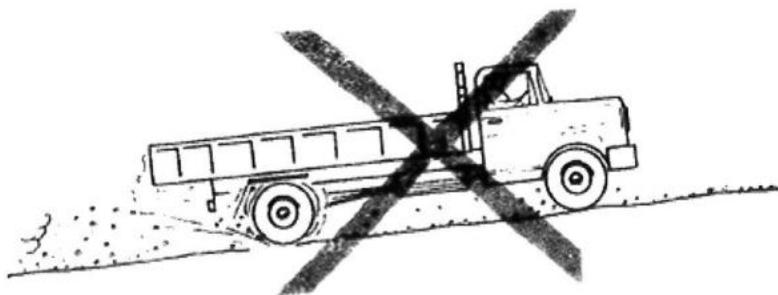
Os materiais granulares (especialmente areia e cascalho) são os responsáveis maiores por boas condições de atrito. Porém, isso não basta, pois se não houver um material ligante que aglutine fortemente os grãos do material granular, esses grãos ficam soltos e tendem a originar problemas para o tráfego: patinação em rampas, formação de “costelas de vaca”, formação de buracos e etc.

O material ligante natural mais indicado é a argila, e as operações normais para se conseguir uma boa camada de revestimento são a mistura (da argila com o material granular) e a compactação.

Assim, quando se busca boas condições de rolamento e aderência deve-se considerar 04 itens:

- MATERIAL GRANULAR;
- MATERIAL ARGILOSO;

- MISTURA;
- COMPACTAÇÃO.



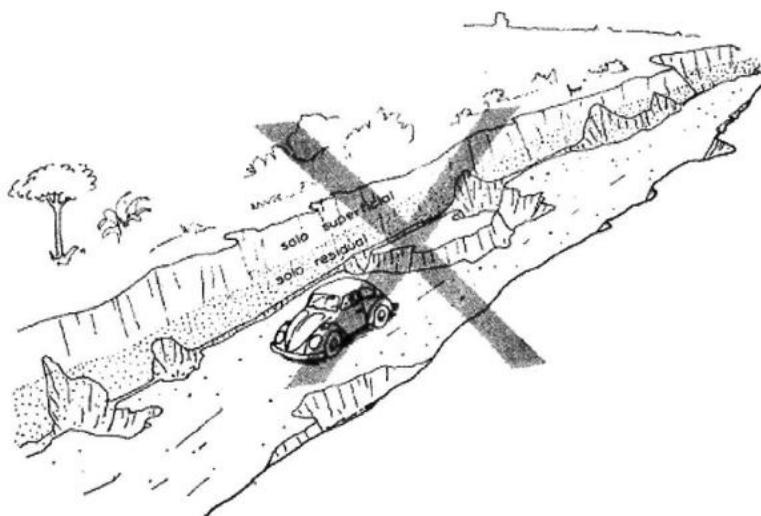
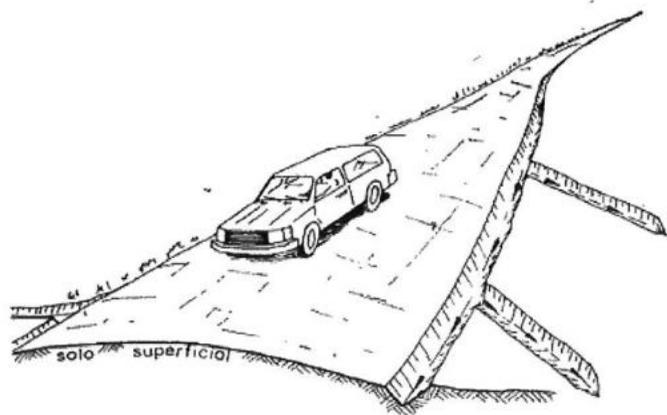
7. DUAS REGRAS BÁSICAS

7.1. REGRA 1 - O LEITO DAS ESTRADAS DE TERRA DEVE SE MANTER O MÁXIMO POSSÍVEL PRÓXIMO À SUPERFÍCIE DO TERRENO.

Os **solos superficiais** (que são aqueles localizados próximos à superfície) são, geralmente, melhores para receberem as estradas, principalmente por sua maior resistência à erosão. São solos também que, por sua composição granulométrica, são compactados mais facilmente.

Os solos mais profundos, denominados **solos saprolíticos ou residuais** mostram baixa resistência á erosão, principalmente pela pequena porcentagem de argila, e são mais difíceis de compactar devido à elevada presença de componentes siltosos.

Por estes motivos são condenáveis os serviços de conservação baseados em uma patrolagem sistemática, pois, com essa raspagem, tem-se como conseqüência a remoção do solo mais resistente e compactado e a exposição dos solos menos resistentes. Tem-se ainda, de forma praticamente irreversível, uma estrada encaixada, que inviabiliza a implantação de saídas laterais de drenagem.



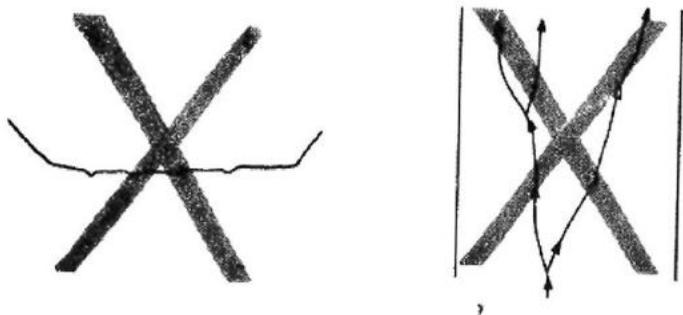
7.2. REGRA 2 - UM BOM SISTEMA DE DRENAGEM É ESSENCIAL PARA A ESTRADA DE TERRA. SEM UMA EFICIENTE DRENAGEM, POR MELHORES QUE SEJAM AS CONDIÇÕES TÉCNICAS DA PISTA, MAIS CEDO OU MAIS TARDE, SUA DETERIORAÇÃO SERÁ TOTAL.

Uma estrada normalmente implica na interceptação das águas pluviais de superfície. Assim, além da chuva recebida em seu próprio leito, a estrada tende a ser o escoadouro das águas de chuva recebidas das áreas adjacentes, por vezes bastantes extensas.

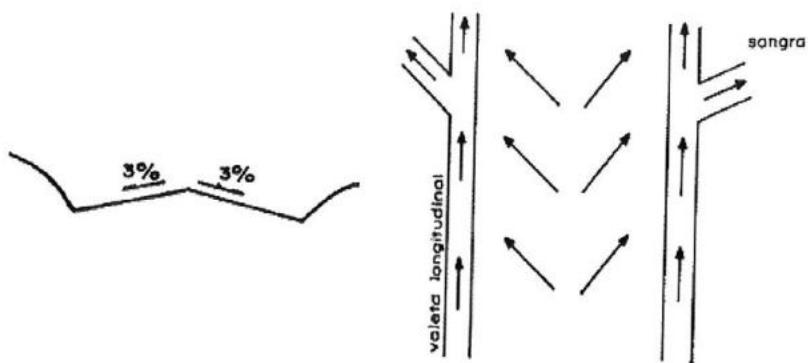
Considerando o enorme poder destrutivo que estas águas têm sobre as estradas de terra, as obras de drenagem adquirem papel fundamental.

Pode-se dizer que a drenagem se propõe aos seguintes objetivos:

- Diminuir a quantidade de água conduzida através da estrada, por meio de obras tais como: canaletas de crista em cortes, saída laterais (“sangras”), bueiros, passagens abertas e etc.;
- Proteger a pista de rolamento impedindo que as águas corram diretamente sobre ela. Este objetivo é normalmente cumprido com o abaulamento transversal da pista e concomitante proteção das laterais.



escoamento difuso



escoamento ordenado

8. TRATAMENTO PRIMÁRIO

O tratamento Primário consiste em procedimentos técnicos voltados à melhoria das condições de rolamento e aderência do tráfego nas estradas de terra.

Há três tipos básicos de Tratamentos Primários:

- REVESTIMENTO PRIMÁRIO
- ARGULHAMENTO
- MISTURA DE AREIA E ARGILA

O simples lançamento de material granular sobre o leito da estrada é conhecido como “**encascalhamento**”. O encascalhamento deve ser evitado, pois é de pouca durabilidade, baixa eficiência técnica e por isso, dispendiosa.

8.1. REVESTIMENTO PRIMÁRIO

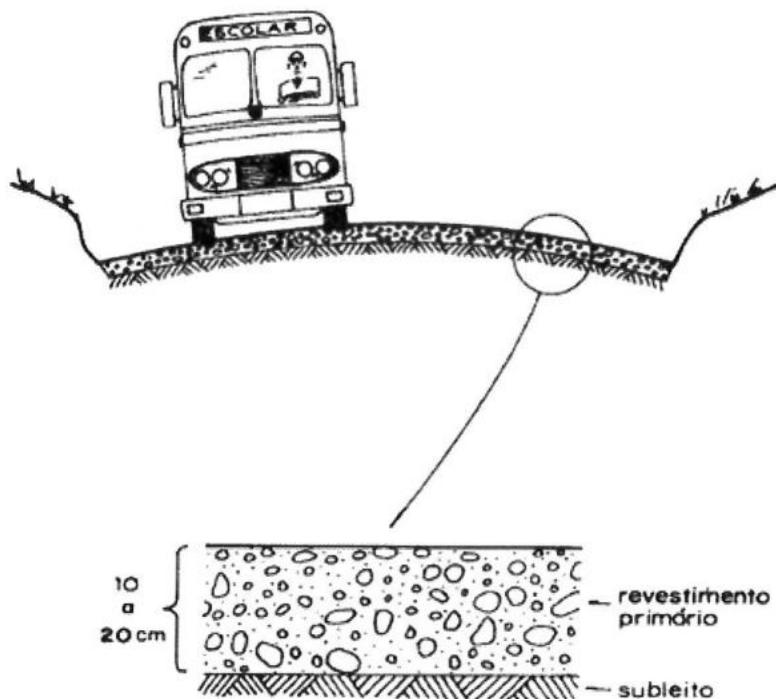
O Revestimento Primário constitui-se em uma camada colocada sobre o reforço do subleito ou diretamente sobre o subleito. Esta camada é obtida pela compactação de uma mistura (natural ou preparada) de material argiloso com material granular. A espessura desta camada deve levar em conta a quantidade e tipo de tráfego do local e as condições de suporte do subleito, variando geralmente entre 10 cm e 20 cm.

O objetivo da adição de argila no material granular é o de atuar como ligante e regularizar a superfície final de rolamento.

O objetivo do uso do material granular é aumentar o atrito da pista com as rodas dos veículos. A dimensão máxima ideal do material granular é de 2,5 cm.

Na natureza há jazidas que podem ser utilizadas diretamente para a execução do Revestimento Primário, pois são compostas de uma mistura já em proporções satisfatórias de granulares e argila. É o caso das cascalheiras de cava.

No entanto, é mais comum aparecer a necessidade de se proceder a uma mistura adequada, uma vez que a maior parte das jazidas de materiais granulares é pobre em argila, como é o caso de cascalhos e pedregulhos de rio e saibros grosseiros de rochas alteradas.

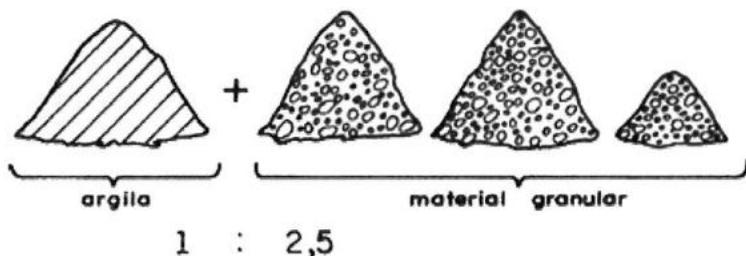


8.1.1. MISTURA

A mistura pode ser executada na própria jazida, no trecho em obras, ou em qualquer pátio que se mostre adequado.

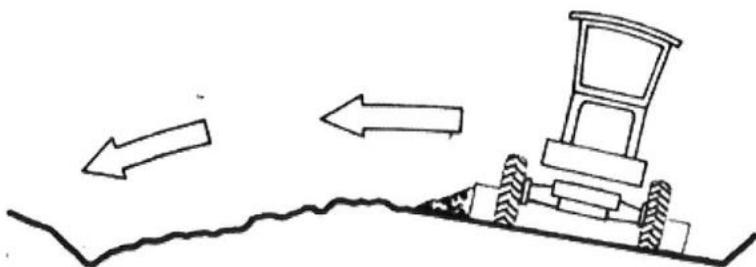
As operações para que a mistura atinja a necessária homogeneidade são:

- Secagem e destorroamento da argila;
- Cálculo das proporções em volume (em torno de 1 de argila para 2,5 de material granular);
- Mistura com grande de disco, motoniveladora ou pá carregadeira. O melhor equipamento para proceder à mistura é o pulvimisturador, porém dificilmente está disponível nas prefeituras.



8.1.2. EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO PRIMÁRIO

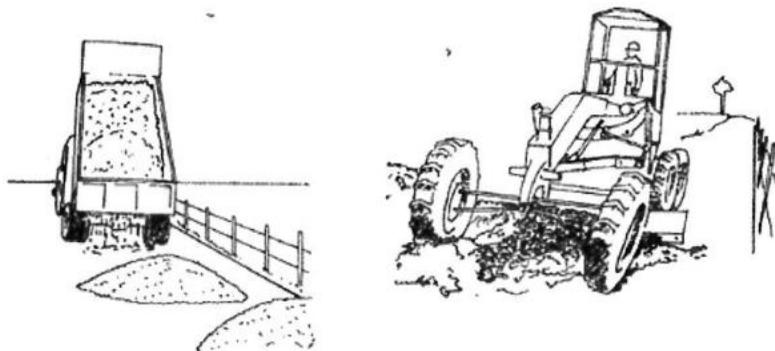
- Regularização e compactação do subleito ou camada de reforço.



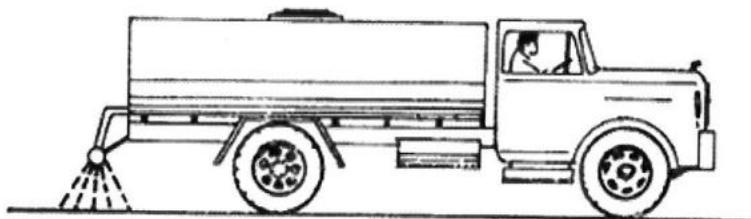
- Escarificação (“arranhamento”) do leito.



- Lançamento e espalhamento do material.

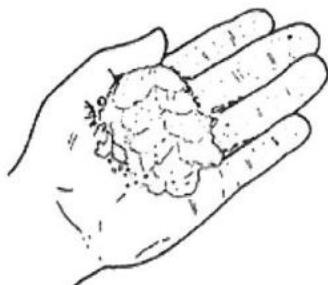


- Umedecimento ou secagem, se necessário.

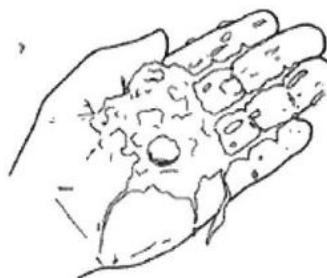


O material deve ser umedecido com caminhão pipa. Caso esse material esteja muito úmido, devido à chuva, deve ser espalhado sobre a pista e resolvido ao sol para secar.

- Para se verificar se o teor de umidade do solo está bom para a compactação, faz-se controle visual (o solo não deve estar nem seco nem encharcado).

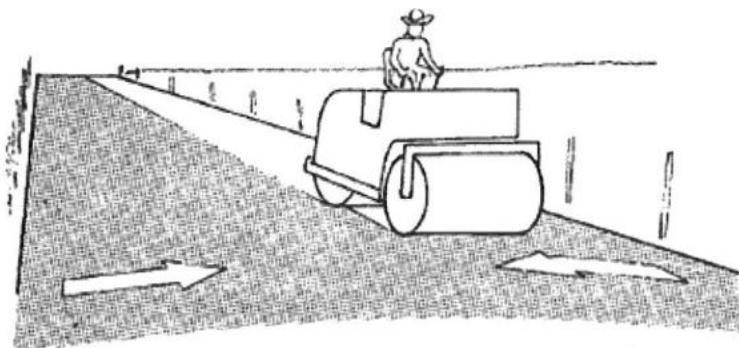


solo na umidade correta

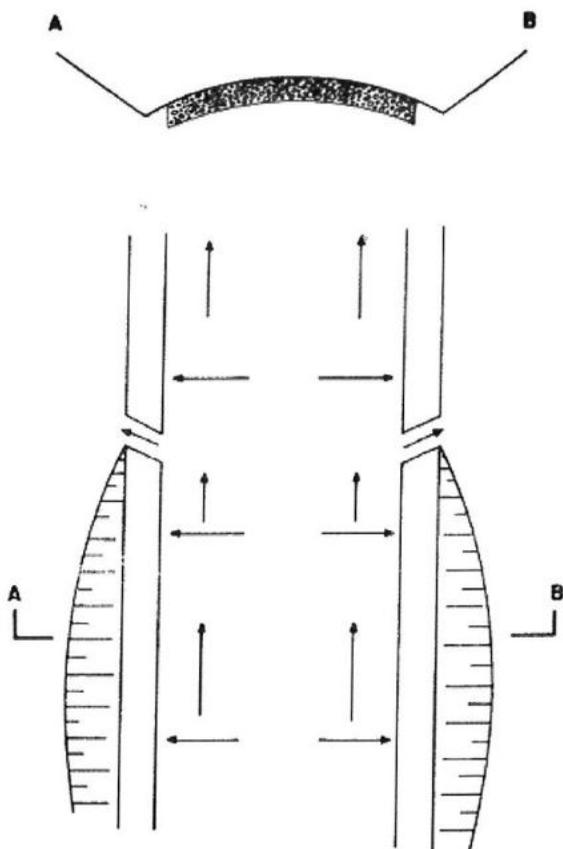


solo encharcado

- Compactação (passar o solo no mínimo 8 vezes por faixa da borda da estrada para o centro).



- A execução de caixa no leito da estrada para evitar a perda do material nas laterais é um procedimento que pode aumentar a duração do revestimento primário, no entanto eleva seu custo de implantação.
- No caso de sua execução, há necessidade de serem previstas saídas laterais de forma a possibilitar o escoamento de água eventualmente infiltrada dentro da caixa.

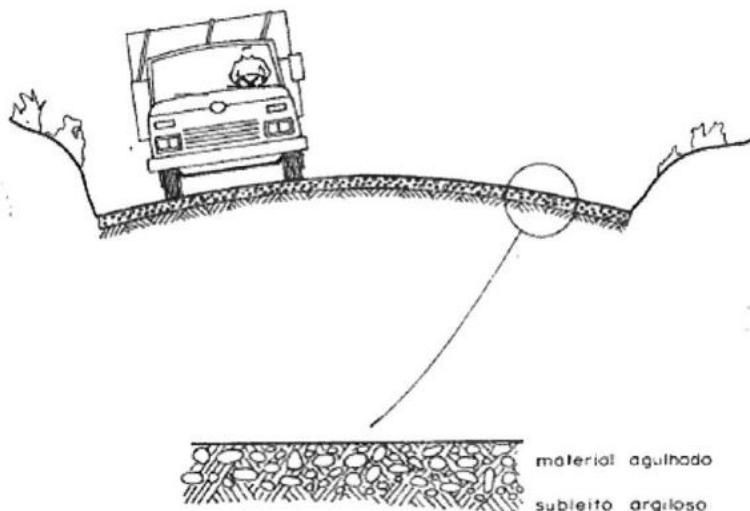


8.2. AGULHAMENTO

O Agulhamento consiste na operação de cravação, por compactação, de material granular grosseiro diretamente no subleito, se este for argiloso, ou sobre uma camada argilosa colocada sobre o subleito.

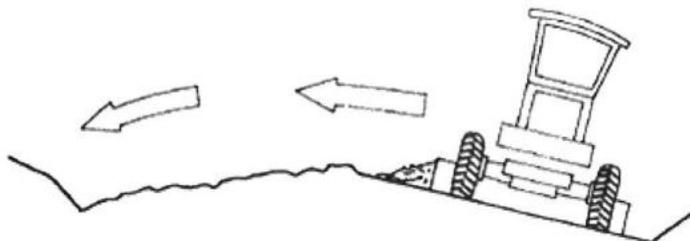
O Agulhamento tem um resultado técnico em termos de durabilidade e desempenho inferior ao Revestimento Primário, sendo indicado, portanto para situação onde a execução do Revestimento Primário se mostre problemática ou muito custosa, ou para estradas de terra de menor porte e baixo volume de tráfego.

Os materiais granulares mais indicados para o Agulhamento são os pedregulhos limpos, cascalhos e piçarras resistentes com dimensão superior a 2.5 cm.



8.2.1. EXECUÇÃO DO AGULHAMENTO

- Regularização da pista.



- Escarificação do subleito ou lançamento de camada de argila.



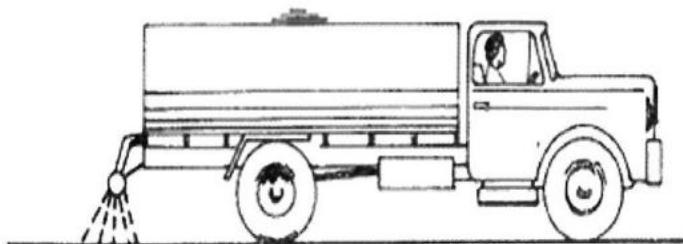
- Lançamento e espalhamento do material granular.



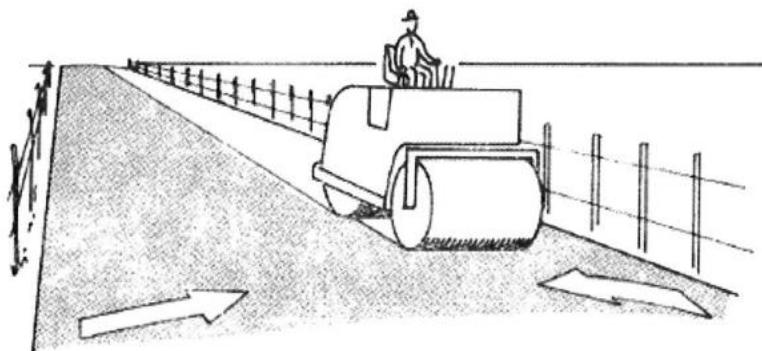
- Revolvimento do conjunto dos materiais.



- Umedecimento ou secagem, quando necessário.



- Compactação.



8.3. MISTURA DE AREIA E ARGILA

Esta mistura é utilizada principalmente quando o subleito é arenoso provocando frequentemente o problema de “areião” (camada de areia que se forma na superfície da estrada e que, quando seca, dificulta o tráfego). Neste caso, a adição de cerca de 30% de argila propicia a formação de uma camada de boa qualidade como pista de rolamento.

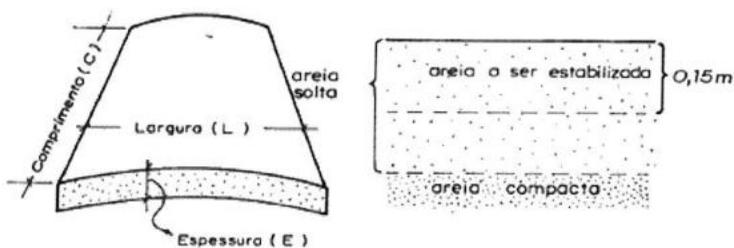
Objetivo desta adição é tornar coesivo o material que já apresenta boas condições de suporte.

São previstas algumas dificuldades para misturar a areia com a argila, motivo pelo qual não é esperada uma perfeita homogeneização. Este fato, porém, não implicará a perda da eficiência da solução.

8.3.1. EXECUÇÃO DA MISTURA DE AREIA E ARGILA

➤ **Cálculo do volume de areia solta sobre o leito.**

Nem toda a camada de areia solta precisa ser estabilizada, pois a espessura (E) ideal da camada de areia solta a ser melhorada é de cerca de 15 cm (0,15 m). Deste modo o volume dependerá da largura (L) e do comprimento (C) do trecho.



Espessura da camada de areia solta (E) = 0,15m

Comprimento do trecho (C)

Largura da estrada (L)

Volume (V) = E x C x L metros cúbicos (m³)

Exemplo:

E = 0,15 m , C = 100 m , L = 6 m

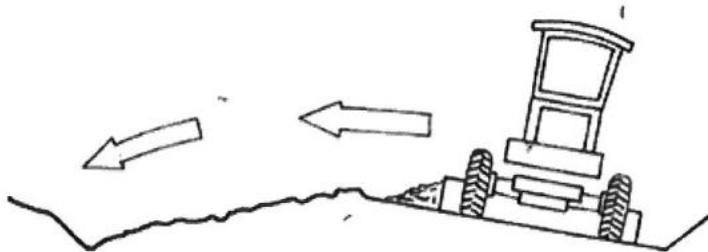
Volume = 90 m³

Volume de argila necessário:

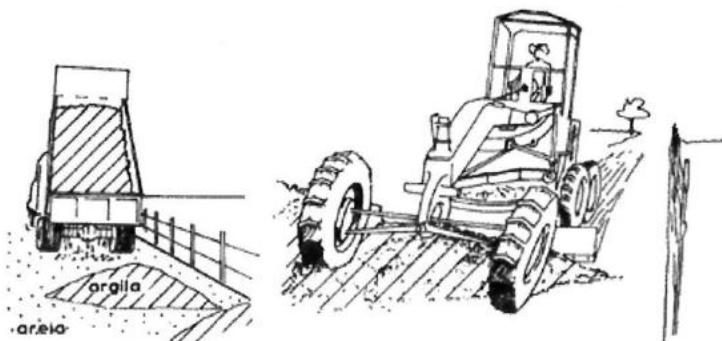
$$\frac{90}{2,5} = \frac{X}{1} \quad 2,5 \cdot X = 90 \quad X = 36 \text{ m}^3$$

1 Caminhão = 5 m³, então para o exemplo acima são necessários ~7 caminhões

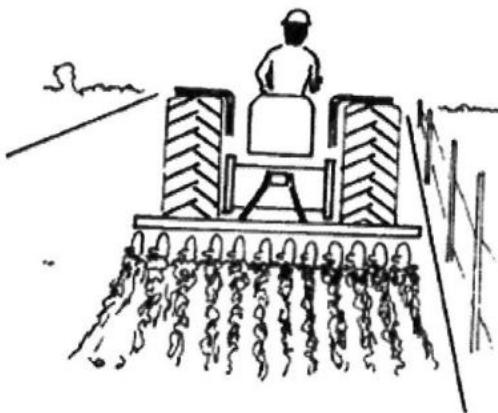
➤ Regularização.



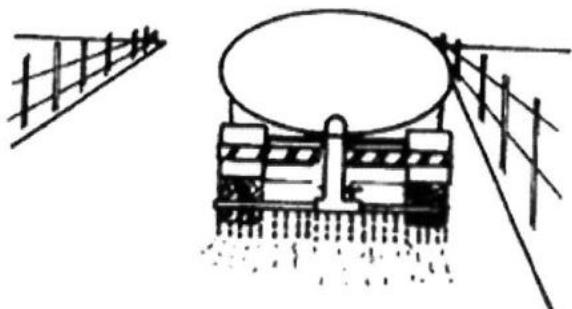
- Lançamento e espelhamento de argila seca e destorroada em volume certo para obter a relação 1:2,5 (argila: areia).



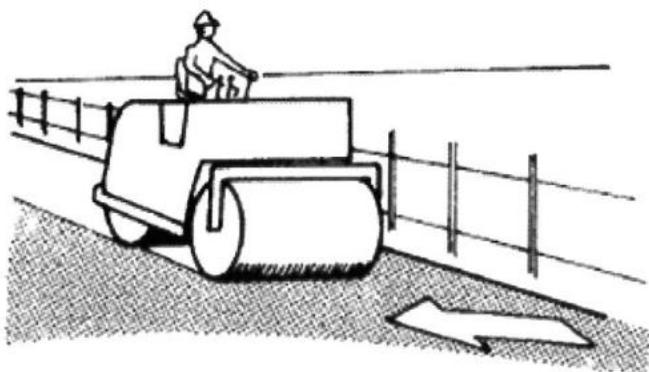
- Mistura com grande de disco.



➤ Umedecimento.



➤ Compactação.

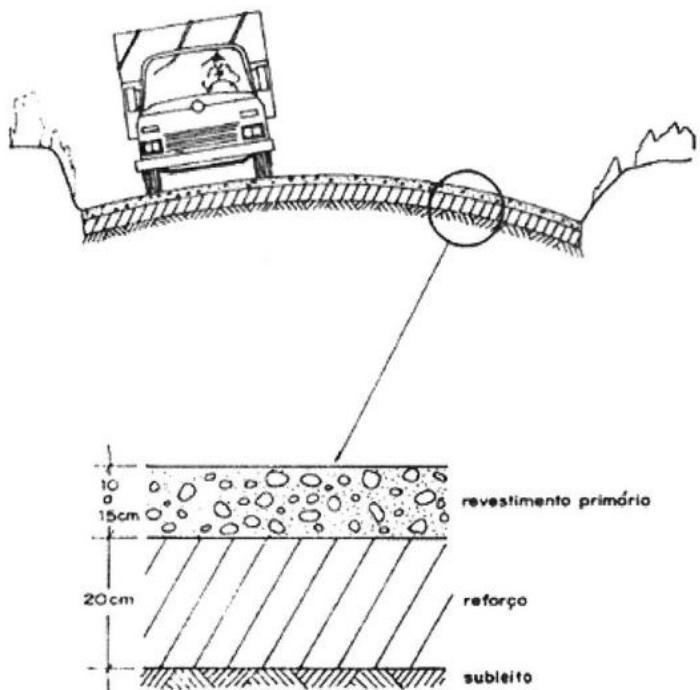


8.4. REFORÇO DO SUBLEITO

Quando a estrada se desenvolve sobre um subleito (terreno natural) com baixa capacidade de suporte, é necessária a execução de uma camada de reforço.

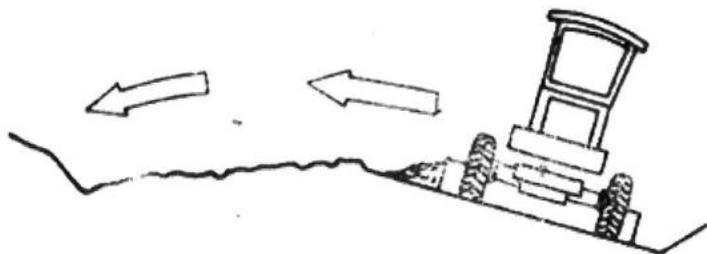
Essa camada tem ainda como objetivo diminuir a espessura de revestimento primário (material mais nobre) ou oferecer condições para a execução de agulhamento.

Normalmente esta camada deve ter cerca de 20 cm já compactada, podendo ser utilizados materiais granulares grosseiros e mesmo materiais argilosos lateríticos.

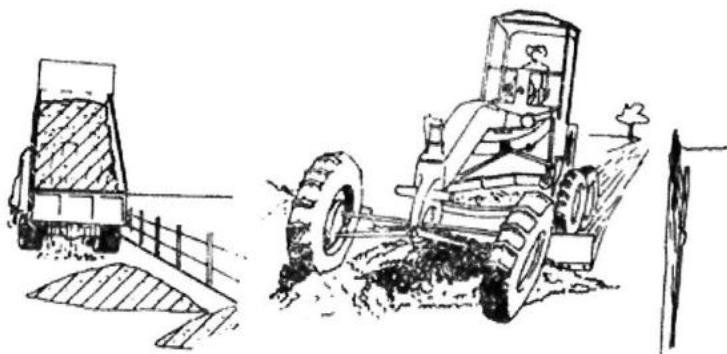


8.4.1. EXECUÇÃO DO REFORÇO DO SUBLEITO

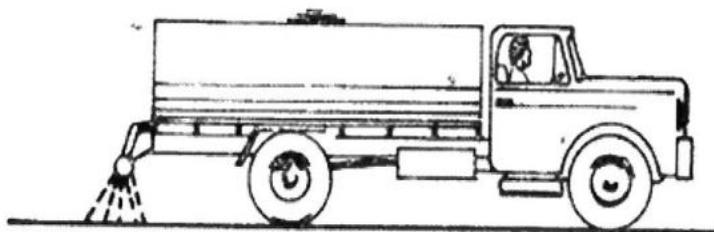
- Regularização do subleito.



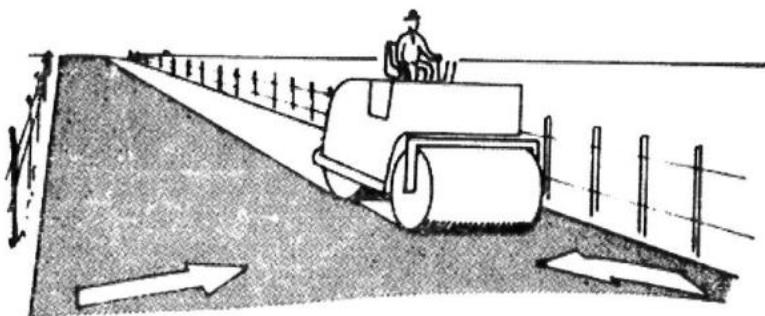
- Lançamento e espalhamento do reforço.



- Umedecimento ou secagem, quando necessário.



- Compactação.



9. PROBLEMAS MAIS COMUNS EM UMA ESTRADA DE TERRA. CAUSAS E SOLUÇÕES.

De acordo com os itens anteriores, pode-se entender que os problemas mais comuns de uma estrada de terra têm como causas principais:

- A falta de capacidade de suporte do subleito.
- O mau desempenho da superfície de rolamento.
- A deficiência do sistema de drenagem.

Deve estar claro que as deficiências de drenagem sempre colaboram para o agravamento dos problemas, mesmo não sendo a sua causa original.

Os problemas mais comuns são:

- ONDULAÇÕES
- RODEIROS
- ATOLEIROS
- AREIÕES DE ESPIGÃO
- AREIÕES DE BAIXADA
- EXCESSO DE PÓ
- ROCHA AFLORANTE
- PISTA MOLHADA DERRAPANTE
- PISTA SECA DERRAPANTE
- “COSTELA DE VACA”
- SEGREGAÇÃO LATERAL
- BURACOS
- EROSÕES

9.1. ONDULAÇÕES, RODEIROS E ATOLEIROS

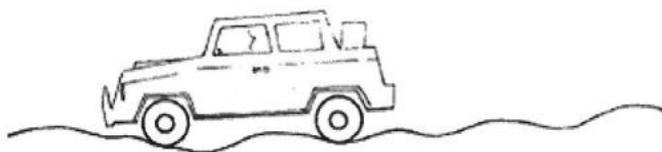
9.1.1. CAUSA E CORREÇÃO

Causa: Falta de capacidade de suporte do subleito e ausência ou deficiência do sistema de drenagem.

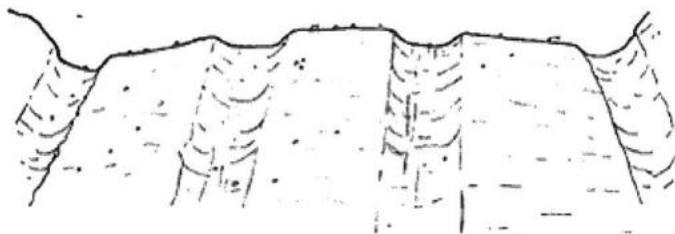
Correção: A correção destes problemas deve se iniciar com a retirada de água acumulada no local através de valetas e sangras.

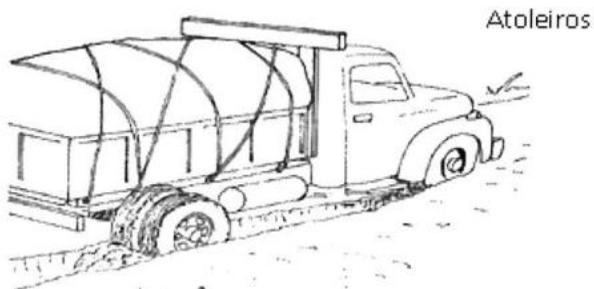
Em seguida, coloca-se uma camada de reforço. Sobre esta, executa-se o revestimento primário ou então o agulhamento segundo as orientações apresentadas anteriormente.

Ondulações



Rodeiros

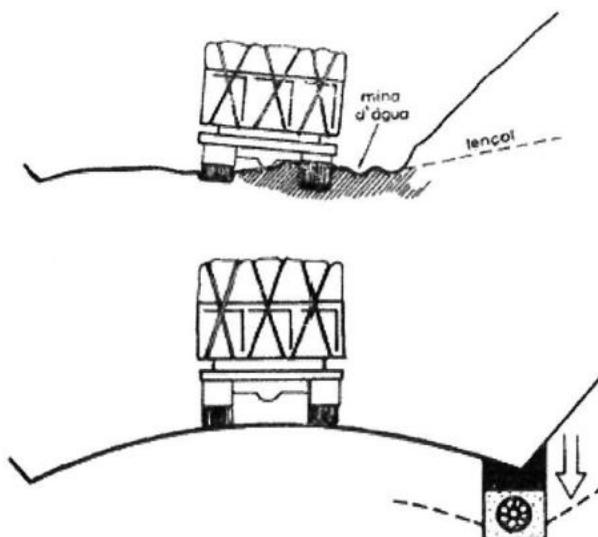




Os atoleiros em muitos casos também são formados devido à presença de água do lençol subterrâneo no leito da estrada.

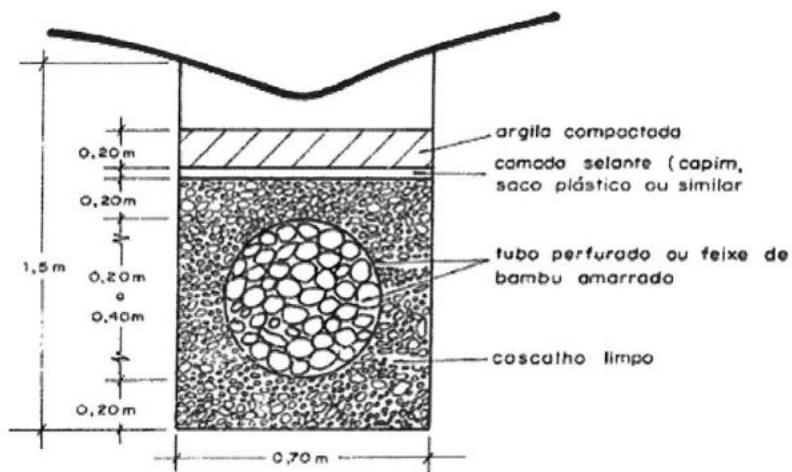
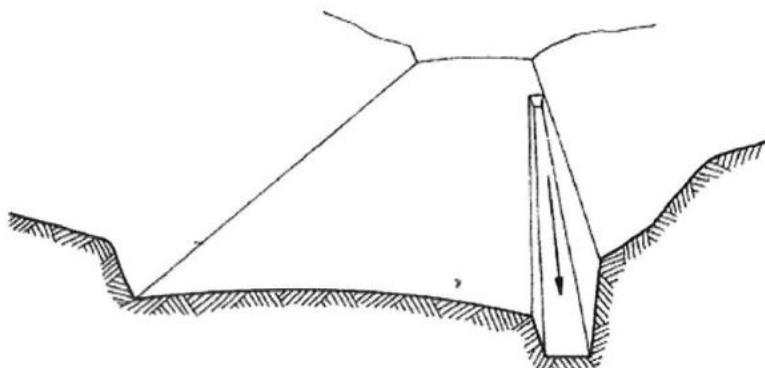
A correção neste caso não envolve necessariamente camada de reforço e revestimento primário, sendo o problema resolvido através da execução de dreno profundo.

A profundidade do dreno é de cerca de 1,50 m, e o comprimento depende da extensão do trecho problemático.



9.1.2. EXECUÇÃO DO DRENO PROFUNDO

- Abrir uma valeta na borda da estrada acompanhando a mina d'água com declividade mínima de 1%;
- Encher o fundo da valeta com uma camada de 20 cm de cascalho limpo;
- Colocar no centro da valeta uma linha de tubos perfurados com diâmetro de 20 a 25 cm ou um feixe de bambu com diâmetro de 30 a 40 cm;
- Preencher os espaços e recobrir os tubos ou feixe de bambu com mais 20 cm de cascalho limpo;
- Colocar sobre o cascalho uma camada de capim ou sacos plásticos;
- Sobre esta camada colocar outra de argila compactada (20 cm) para fechar o dreno;
- Completar o reaterro com solo compactado;
- Dar saída lateral para a água colhida pelo dreno.



9.2. AREIÕES DE ESPIGÃO

9.2.1. CAUSA E CORREÇÃO

Causa: Em regiões de solos arenosos, onde é muito pequena ou inexistente a ação do componente ligante (argila), é comum a formação de “areíões”, pela ação combinada do tráfego e da lavagem do material pela água de chuva. São trechos por vezes bastantes extensos, onde a plataforma é dominada por uma camada de areia solta que, em tempo seco, torna-se um sério problema para a continuidade e segurança do tráfego.

Correção: Mistura de argila com areia do leito na proporção de 1:2,5, segundo as orientações apresentadas anteriormente, ou confinamento com revestimento primário.

9.3. AREIÕES DE BAIXADA

9.3.1. CAUSA E CORREÇÃO

Causa: Em regiões de solos arenosos é também comum a formação de “areíões” em trechos de baixada. Para a formação destes areíões a maior colaboração é da areia trazida por água proveniente dos trechos altos adjacentes.

Correção: Idêntica à do areião de espigão. Neste caso é fundamental o combate à erosão dos trechos altos, caso contrário, novas camadas de areia se acumularão sobre o trecho de baixada.

9.4. EXCESSO DE PÓ

9.4.1. CAUSA E CORREÇÃO

Causa: Abundância de material fino no leito da estrada, que forma nuvens de poeira na época de seca, colocando em risco a segurança do tráfego e reduzindo a vida útil dos motores dos veículos.

Correção: Uma das melhores correções para este problema é um revestimento primário selante. No caso dos solos finos siltosos este problema se agrava, pois a formação de poeira é mais intensa e a capacidade de suporte deste material é baixa.

Neste caso, além do revestimento primário, é necessário o reforço do subleito.

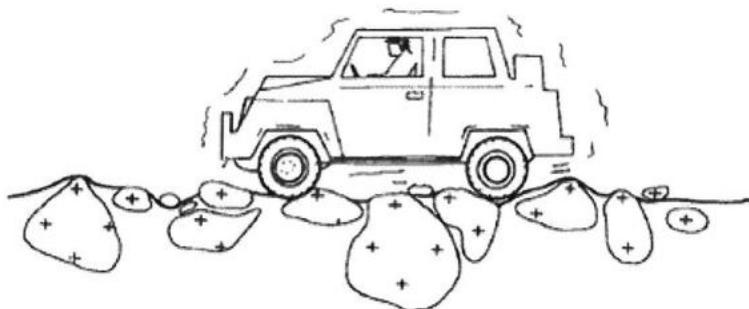


9.5. ROCHA AFLORANTE

9.5.1. CAUSA E CORREÇÃO

Causa: Nas regiões onde a camada de solo é pouco espessa ou onde ocorre grande quantidade de blocos disseminados no solo, a ação de processos erosivos ou a constante patrolagem podem expor o leito rochoso. Neste caso, a pista se torna bastante irregular, prejudicando ou mesmo inviabilizando o tráfego.

Correção: A correção deste problema pode ser conseguida com uma camada de revestimento primário de cobertura, ou pela obturação das cavidades com pedra e argamassa de cimento, quando o trecho for curto.

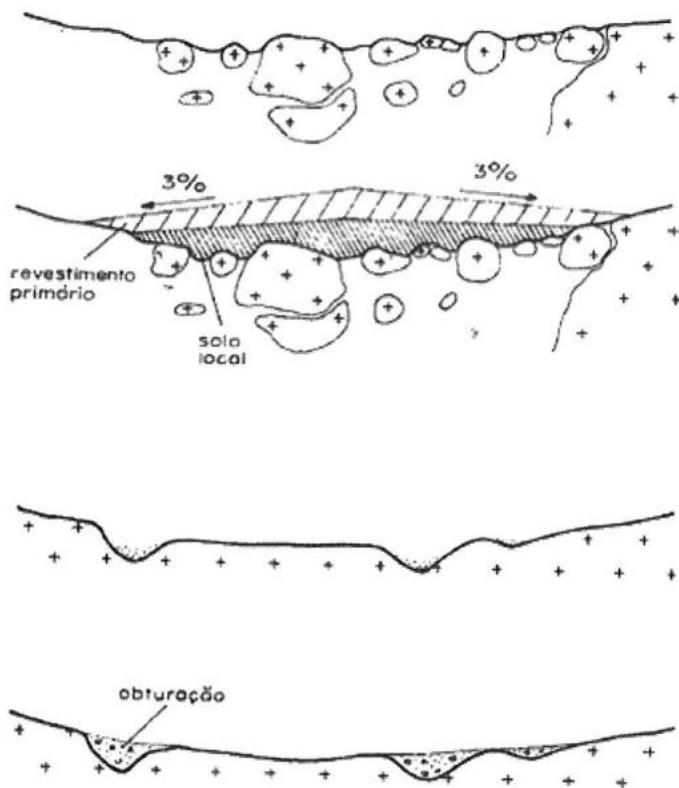


9.5.2. EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS EM TRECHO COM ROCHA AFLORANTE

➤ **Leito Irregular com pontas de Pedra**

Preenchimento das cavidades e buracos com solo local e, sobre este, execução de revestimento primário ou material granular, caso o local seja argiloso.

- **Leito Irregular de laje com buracos**
- Limpeza das cavidades ou buracos com remoção das pedras soltas eventualmente existentes;
 - Lavagem da superfície;
 - Obturação com pedras e argamassa de cimento.

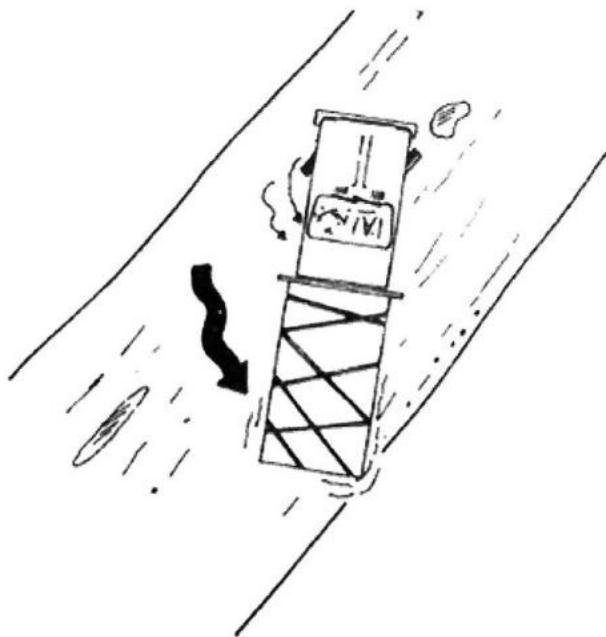


9.6. PISTA MOLHADA DERRAPANTE

9.6.1. CAUSA E CORREÇÃO

Causa: Trechos muito argilosos quando submetidos à molhagem ficam praticamente sem atrito e aderência. A pista se torna escorregadia, levando riscos ao tráfego, ou até impossibilitando sua continuidade quando o fenômeno ocorre em rampas.

Correção: Se a capacidade de suporte for boa, como acontece na maioria dos trechos de argila vermelha laterítica, a correção pode ser feita com o agulhamento de material granular diretamente sobre o leito, segundo orientações apresentadas anteriormente.

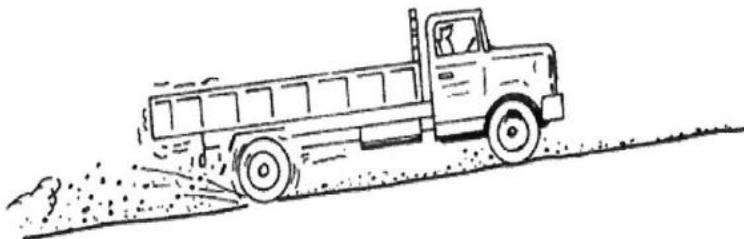


9.7. PISTA SECA DERRAPANTE

9.7.1. CAUSA e correção

Causa: Surge onde o “encascalhamento” foi feito com material granular de qualquer dimensão sem ligante. Pode aparecer também em terrenos onde o leito natural é formado por material granular ou pedras pequenas, ou através da deterioração de um tratamento primário mal executado, pobre em ligante (argila).

Correção: A correção nestes casos é a mesma da “costela de vaca”, apresentada a seguir. No caso do material granular ser muito grosseiro e o leito argiloso, pode-se realizar um agulhamento.

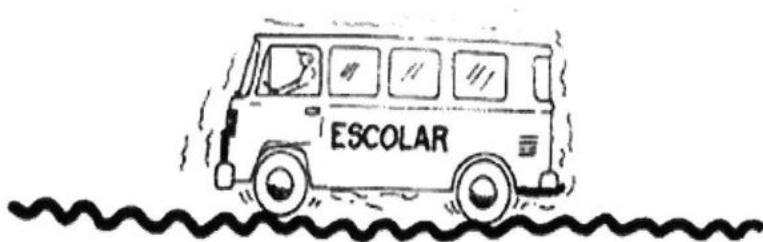


9.8. COSTELAS DE VAGA

9.8.1. CAUSA E CORREÇÃO

Causa: Este problema surge principalmente onde o leito foi “encascalhado” com material granular de dimensões em geral entre 5 e 10 mm sem ligante. O tráfego vai acumulando material em ondulações transversais à estrada, causando violenta trepidação nos veículos.

Correção: A correção deste problema é feita com a substituição do material granular superficial por revestimento primário ou material granular agulhado no leito, se este for argiloso.



9.9. SEGREGAÇÃO LATERAL

9.9.1. CAUSA E CORREÇÃO

Causa: O material granular de qualquer dimensão, superficial, sem ligante é lançado pelo tráfego para as laterais da estrada.

Correção: A correção neste caso consiste na mistura do material existente com material ligante, substituição por revestimento primário ou execução de agulhamento.



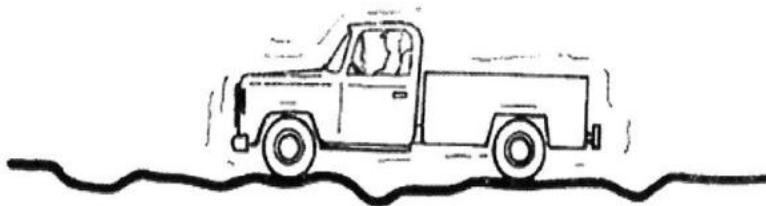
9.10. BURACOS

9.10.1. CAUSA E CORREÇÃO

Causa: A formação de buracos se dá pela continua expulsão de partículas sólidas do leito quando da passagem de veículos sobre um local onde há empoçamento de água. Ou seja, o aparecimento de buracos é um sintoma de uma plataforma mal drenada (provavelmente sem abaulamento transversal) e/ou a inexistência de tratamento primário, ou então deficiência do componente ligante (argila), do próprio tratamento primário.

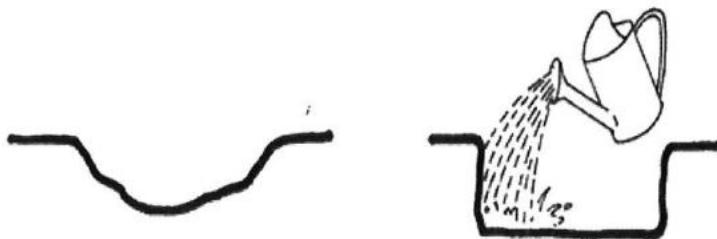
Correção: A correção destes problemas deve começar pela drenagem das águas da plataforma através do abaulamento transversal, valetas e sangras.

Os buracos isolados devem, em seguida, ser tapados.

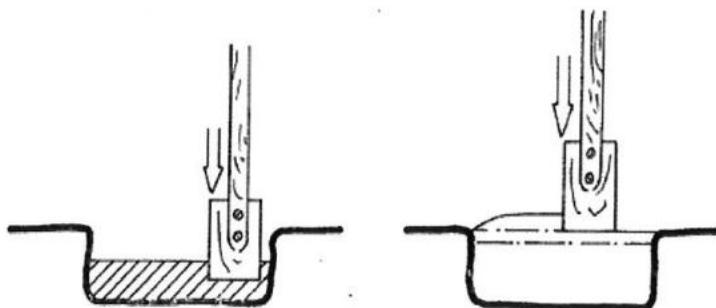


9.10.2. EXECUÇÃO DE SERVIÇOS PARA CORREÇÃO DOS BURACOS

- Retificação, limpeza e umedecimento.



- Compactação em camadas com material usado para revestimento primário (umedecer as camadas, se necessário).



9.11. EROSÕES EM RAVINA

9.11.1. CAUSA e correção

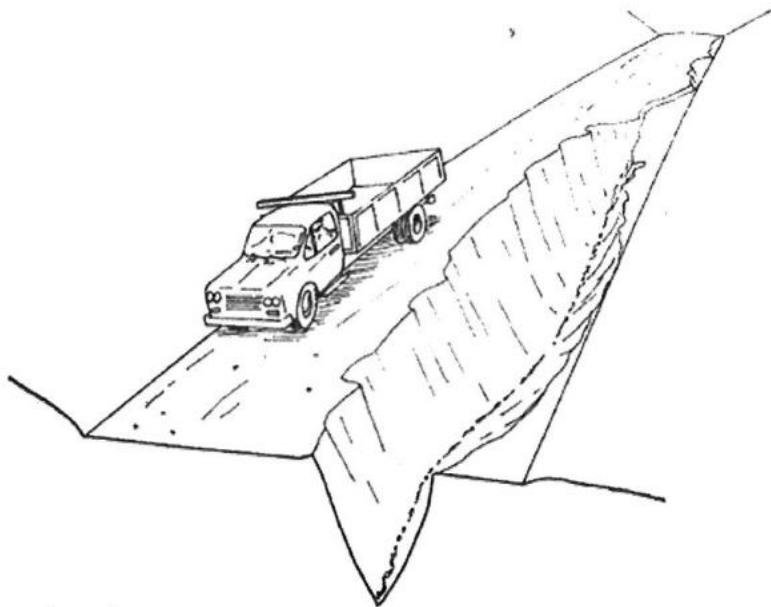
Causa: As erosões em ravina representam um dos mais sérios problemas das estradas de terra e têm como causa a falta ou deficiência de um sistema de drenagem adequado. Elas surgem inicialmente na forma de sulcos onde os solos têm baixa resistência à erosão e, sob a ação de enxurradas, evoluem para grandes ravinamentos. Há ocasiões em que estas erosões chegam até o nível das águas do aquífero freático, o qual passa a participar do processo erosivo. Em tal situação, as ravinas são denominadas boçorocas, cujo desenvolvimento pode apresentar grandes dimensões e rápida evolução.

Correção: O combate à erosão se dá através da implantação de um eficiente sistema de drenagem, o qual deve buscar os seguintes objetivos:

- Evitar que as águas corram ou empocem sobre a pista, canaletas de crista, bueiros, passagens livres e etc.;
- Retirar o máximo possível a água da plataforma através de sangras;
- Evitar que as águas corram ou empocem sobre a pista de rolamento, executando o abaulamento transversal com declividade em torno de 3%;
- Proteger o sistema de drenagem (valetas laterais).

O combate à erosão é difícil e trabalhoso, necessitando acompanhamento e conservação constantes das soluções adotadas. Em situações de ocorrência de boçorocas, em que o mecanismo é complexo e inclui a água subterrânea como agente erosivo, além da ação das águas de escoamento superficial, há necessidade de um estudo mais abrangente do problema para a

recuperação efetiva do local. Os custos desta recuperação, nestes casos, são em geral, muito elevados.

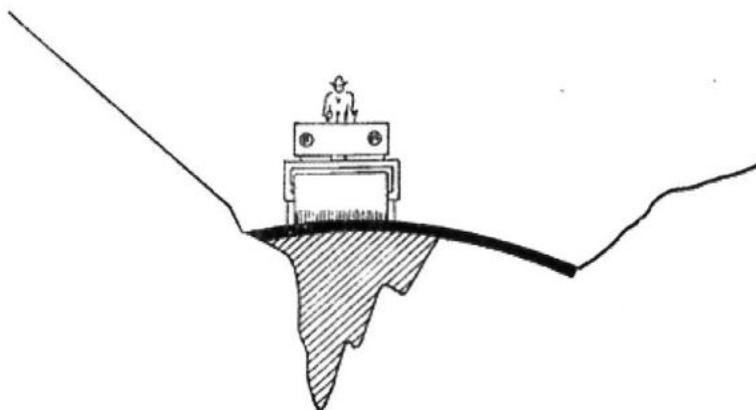


9.11.2. EXECUÇÃO DE SERVIÇOS PARA CORREÇÃO DE EROSÕES

- Preenchimento dos sulcos ou ravinas com solo local compactado.



- Preenchimento dos últimos 30 cm, com mistura própria de revestimento primário, compactação com rolo compressor ou manualmente, conforme a dimensão da cavidade.



No caso da plataforma apresentar sulcos de erosão de menor porte e em quantidade ainda pequena, estas erosões deverão ser corrigidas da mesma forma que as dos buracos isolados. Caso estes sulcos pequenos atinjam a plataforma de modo generalizado, haverá a necessidade de reconstituição total da pista com revestimento primário.

9.12. OBRAS DE PREVENÇÃO CONTRA EROSÃO

Para se evitar que ocorram problemas de erosão na plataforma da estrada, deve-se tomar as seguintes medidas:

9.12.1. ABAULAMENTO TRANSVERSAL E CANALETAS LATERAIS

O abaulamento transversal tem por objetivo drenar as águas para as canaletas laterais, não permitindo que estas empocem ou corram ao longo da pista de rolamento. É aconselhável o revestimento destas canaletas com grama.

Em regiões onde houver argila, a canaleta poderá ser revestida nos trechos mais críticos (principalmente rampas) com este material, compactando-se o mesmo para melhorar seu desempenho.

Algumas alternativas para quando o processo erosivo se mostrar muito intenso, são revestimentos com solo-cimento ou mesmo canaletas de concreto, preferencialmente moldadas no local.



9.12.2. SANGRAS

As águas devem ser retiradas da plataforma através de canaletas laterais. Essas valetas ou levam as águas diretamente para uma drenagem natural, ou as conduzem para terrenos vizinhos através de sangras. No segundo caso, deverão ser conduzidas em curvas de nível para evitar erosões nesses terrenos.

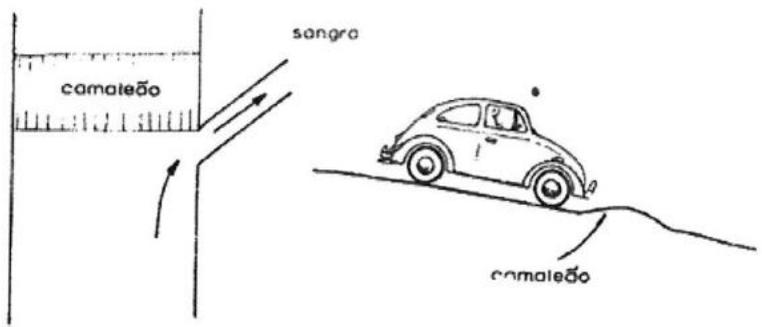
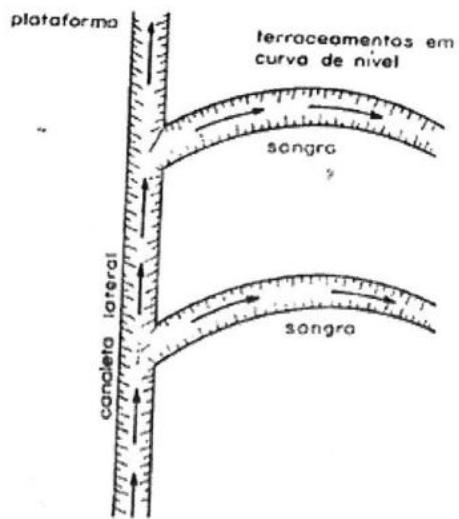
O espaçamento entre as sangras depende:

- Da declividade do leito da estrada;
- Do tipo de material de revestimento da canaleta lateral ou do tipo de solo, se a canaleta não for revestida e;
- Do volume de água da canaleta, que é função da área de contribuição de águas superficiais que convergem para a estrada.

Como sugestão prática, o espaçamento inicial médio entre as sangras deverá ser de 20 m para trechos inclinados e de 40 m para trechos mais planos. Este espaçamento deverá ser diminuído de acordo com as observações de desempenho.

Em regiões cultivadas, as sangras devem jogar as águas nos terraceamentos de curvas de nível.

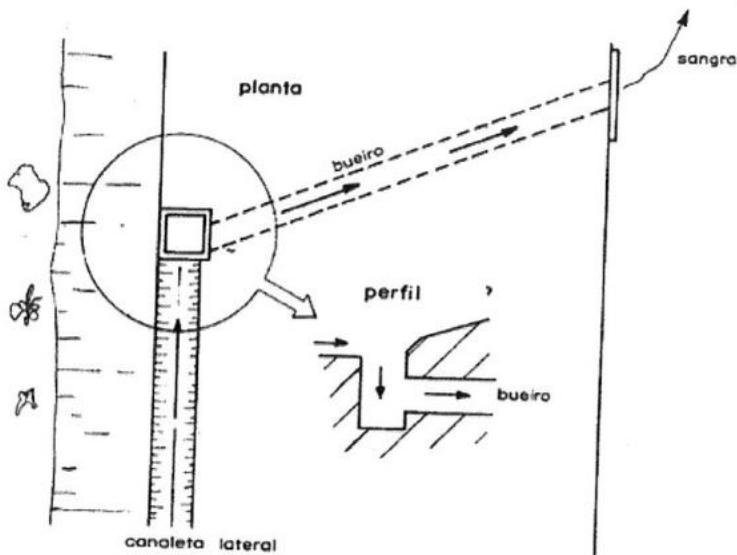
Em certas situações é necessária a execução de camaleões para forçar a água a sair pela sangra. Nesse caso, é importante sinalizar o trecho visando dar maior segurança ao usuário.

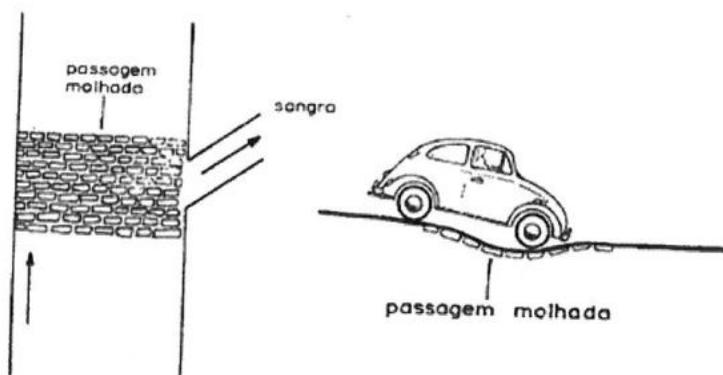


Na impossibilidade de implantar a sangra de um dos lados da estrada, há necessidade de se fazer **bueiros** ou **passagens molhadas** para que a água possa ter saída do lado oposto.

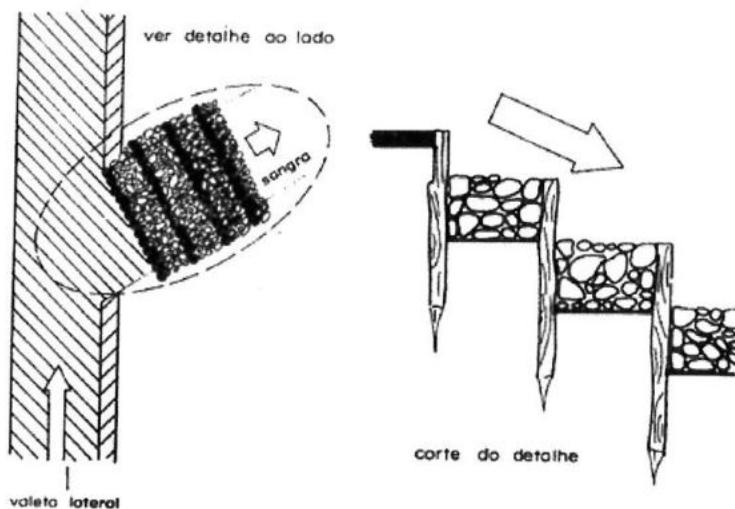
As dimensões do bueiro devem ser calculadas através dos métodos usuais. Deve ter no mínimo 40 cm de diâmetro, podendo ser de tubo de concreto ou feito com pedra de mão rejuntada com argamassa, sendo que seu topo deverá estar a uma profundidade no mínimo igual a uma vez e meia seu diâmetro.

A caixa do bueiro deve ter no mínimo 0,50 x 0,50 x 1,10 m, devendo ser aumentada de acordo com o aumento do volume de água que corre nas valetas. Deve ser feita preferencialmente de concreto ou pedra rejuntada com argamassa.





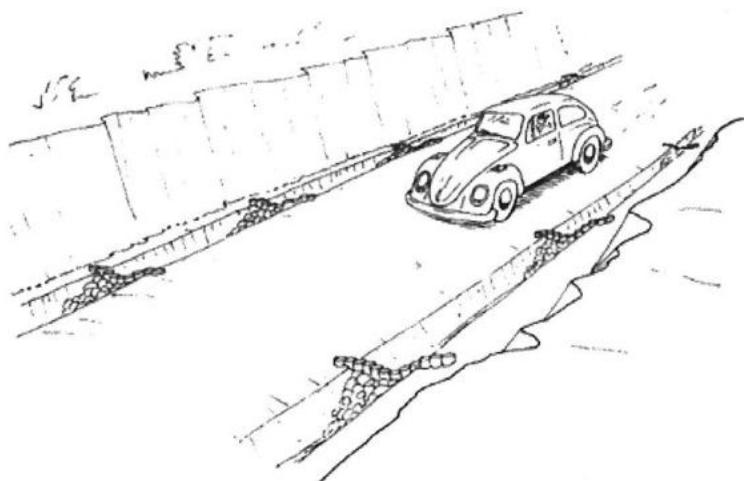
Se houver necessidade (solo muito erodível), deve-se proteger as saídas das sangras. Como exemplo, tem-se a proteção com pedras e estacas de madeira tratada, colocadas na forma de escada.



9.12.3. DISSIPADORES DE ENERGIA

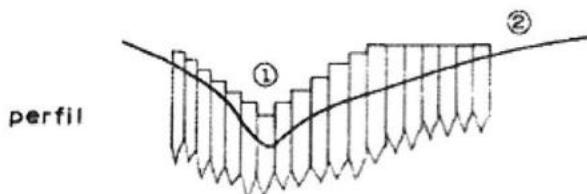
No caso de estradas encaixadas no terreno, tornando impossível a execução das sangras, há necessidade de se diminuir a velocidade e dissipar a energia da água até a sangra ou bueiro mais próximo, o que se faz com pequenas barragens de estacas e pedra, escadas ou caixas de dissipação.

Quanto menor for o espaço entre os dissipadores mais eficiente será o sistema.

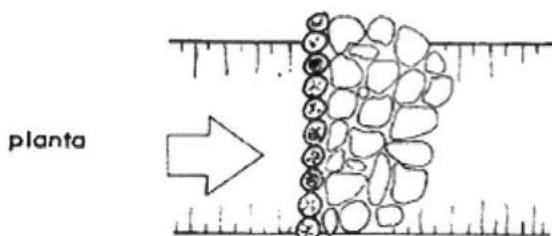


No caso de não haver pedras e estacas disponíveis, pode-se fazer as pequenas barragens ou escadas, com sacos de aniagem preenchidos com solo-cimento. Faz-se uma mistura de solo local com cimento numa proporção que varia de 10:1 a 20:1, dependendo do tipo de solo. Umedece-se a mistura, que é colocada dentro do saco, e compacta-se com soquete manual.

A disposição dos sacos deve, sempre que possível, ser igual à parede de tijolo.



Obs: O ponto 1 deve sempre ficar mais baixo do que o ponto 2

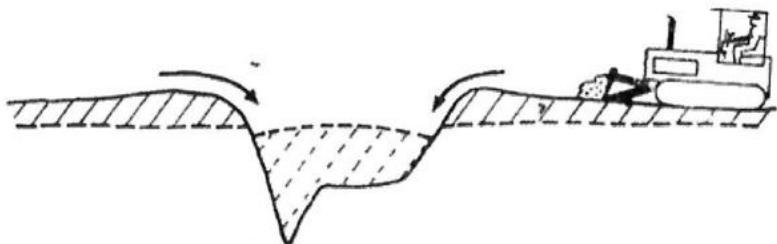


Uma alternativa para solucionar o problema de erosão em trechos encaixados longos é o erguimento do leito da estrada de forma a possibilitar a implantação de sangras.

Para isto, a operação mais prática e econômica consiste no preenchimento do corte da estrada aproveitando-se o material originado do abatimento dos taludes laterais, utilizando-se preferencialmente um trator de esteira.

No caso de cortes encaixados e/ou muito largos, o volume necessário para erguer o leito seria muito grande, devendo-se, neste caso, se adotar dissipadores de energia, caixas de infiltração ou acumulação.

Em execução



Após a execução



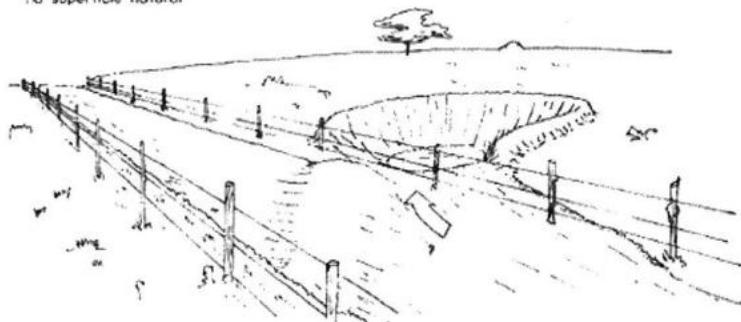
9.12.4. CAIXAS DE INFILTRAÇÃO OU ACUMULAÇÃO

Em regiões de solos arenosos pode-se tirar a água da estrada lançando-se a mesma em caixas de infiltração ou acumulação. Estas caixas podem ser construídas em superfícies naturais, em plataformas encaixadas (quando a sua largura permitir) ou podem ainda ser construídas encravadas nos barrancos laterais da estrada.

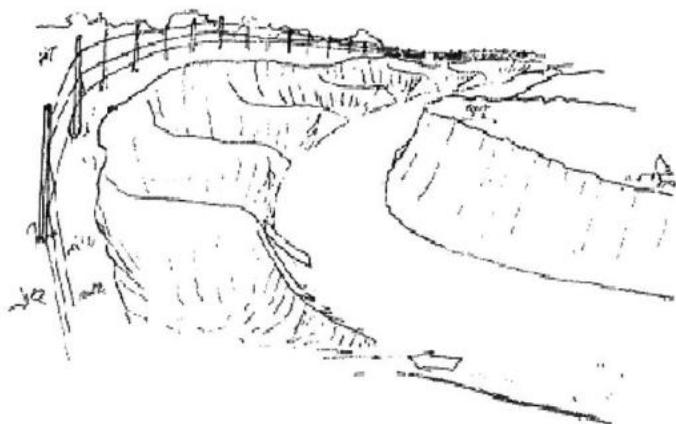
As caixas de infiltração devem ser submetidas à manutenção periódica após períodos de chuva para a retirada de material carreado pelo fluxo de água, assoreando as caixas, além de limpeza da película de argila que se forma e impede a infiltração.

TIPOS DE CAIXAS:

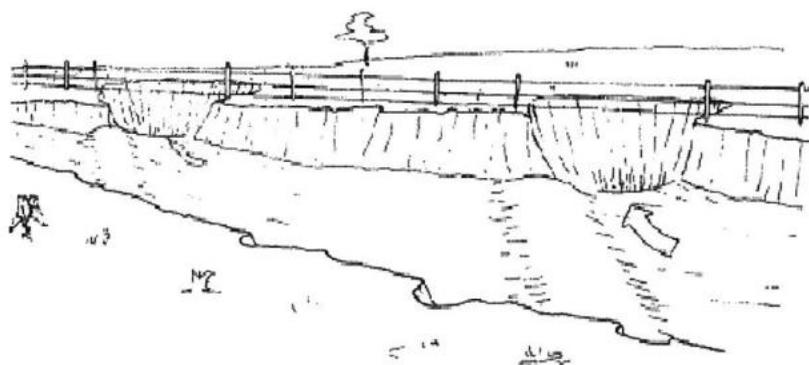
na superfície natural



em plataformas encovadas



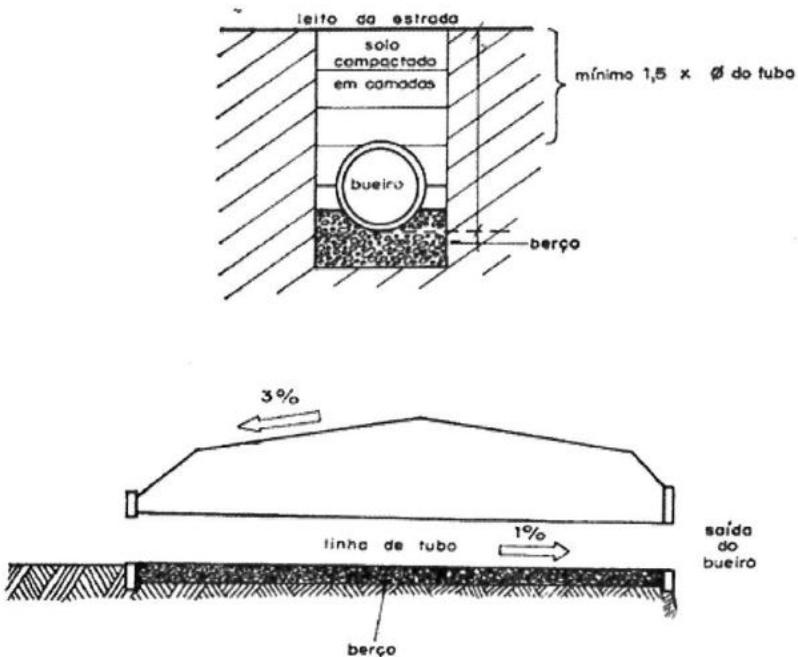
enroscadas no barranco



9.12.5. BUEIROS

Os bueiros são elementos de drenagem que servem para transpor a água de um lado para outro da estrada ou dar passagem livre a drenagens naturais permanentes (córregos) ou temporárias (enxurradas).

Os bueiros podem ser construídos com tubos de concreto, alvenaria, latões tratados e etc. Deve-se, em qualquer caso, obedecer ao esquema construtivo abaixo, lembrando que seu topo deverá estar a uma profundidade mínima igual a uma vez e meia seu diâmetro ou altura.



9.12.6. PROTEÇÃO VEGETAL

A proteção vegetal é fundamental no combate à erosão. Deve-se plantar o máximo possível de touceiras de bambu, grama, capim e etc., para proteger os pontos vulneráveis, tais como saídas de sangras, canaletas longitudinais e erosões já existentes fora da plataforma.



10. MAQUINÁRIO OU TRABALHO MANUAL?

A utilização mais intensa ou menos intensa de maquinário ou trabalho manual, ou a combinação destes fatores, não é uma questão de simpatia ou opinião. É uma questão objetiva que deve ser resolvida com base em critérios preestabelecidos e informações seguras sobre aspectos técnicos, econômicos e sociais de cada região.

De uma maneira geral, pode-se assumir as seguintes orientações:

10.1. SITUAÇÕES ONDE O USO DE MAQUINÁRIO SE MOSTRA PREFERENCIAL:

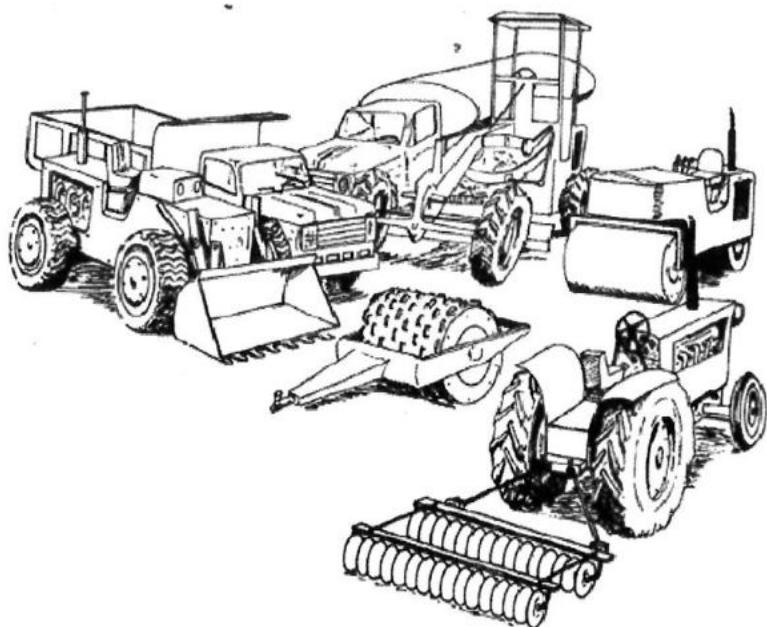
- Estradas com tráfego pesado e/ou intenso;
- Serviços que obtêm melhor desempenho técnico quando executado por maquinário: tratamento primário;
- Regiões com baixa disponibilidade de mão-de-obra.

Grande número dos municípios não apresenta condições de possuir e manter um conjunto mínimo de maquinário, que seria:

- Caminhões Basculantes,
- Caminhões Pipa,
- Pá Carregadeira,
- Moto Niveladora,
- Rolo Compressor (Liso e Pé de Carneiro, preferencialmente vibratórios),
- Trator Agrícola e
- Grade.

Nestas condições, iniciativas tais como a formação de **Consórcios Municipais** e participação das **Patrulhas Rodoviárias**, constituem talvez a única alternativa de superar satisfatoriamente tais dificuldades.

Na impossibilidade de se conseguirem os dois rolos, deve-se dar prioridade ao rolo liso, pois a maioria dos materiais utilizados como revestimento primário é granular.



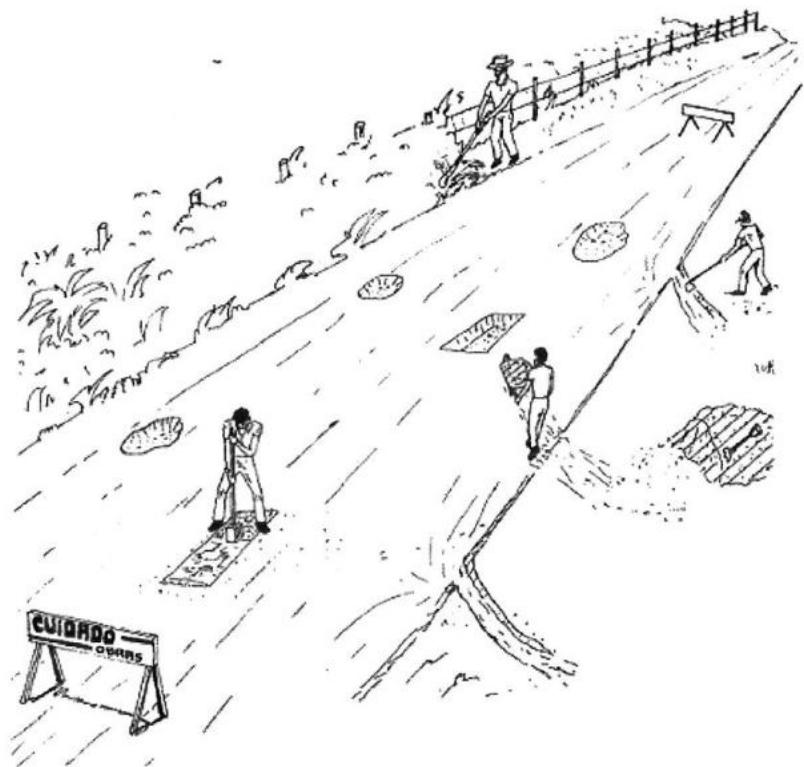
10.2. SITUAÇÕES ONDE O TRABALHO MANUAL SE MOSTRA PREFERENCIAL:

- Estradas secundárias com tráfego leve e baixo;
- Serviços que obtêm melhor desempenho técnico quando executados manualmente: *atividade de tapa-buraco e conservação ou implantação de sistemas de drenagem.*
- Regiões com grande disponibilidade de mão-de-obra.

Quanto à utilização de mão-de-obra, o ideal é a constituição e treinamento adequado de turmas especializadas ligadas à própria Prefeitura. Também a figura do conserveiro, que é o profissional responsável por pequenos serviços de conservação permanente por trechos de estrada (por exemplo, 10 km/conserveiro) mostra-se fundamental, uma vez que a conservação constante impede a evolução de pequenos problemas para grandes problemas, de recuperação trabalhosa e cara. Em trabalhos de conserva manual, a colaboração ou contratação de proprietários lindeiros pode apresentar boas vantagens.

Este manual se aplica a condições gerais vigentes na maior parte do Estado de São Paulo onde, especialmente na rede principal de estradas de terra, prevalecem situações para as quais o uso de maquinários se mostra preferencial.

Ainda que as regras e raciocínios técnicos sejam os mesmos, será necessária uma adequação para regiões onde, por condicionamento de outra ordem, todos os serviços devam ser executados preferencialmente por trabalho manual.



11. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O traçado da estrada principal deve ser planejado ligando-se a entrada principal da propriedade, passando pelos pontos obrigatórios e chegando as extremidades do perímetro. Deve-se evitar principalmente:

- Cruzar desnecessariamente os córregos d'água;
- Cruzar desnecessariamente por terrenos pantanosos;
- Cruzar desnecessariamente por rochedos;
- Formar subidas íngremes na saída da madeira (caminhões carregados);
- Evitar, ao máximo, passar por áreas de vegetação nativa.

Os traçados das estradas secundárias devem, depois de implantadas, possibilitarem o acesso de caminhões aos pontos de carregamento dos talhões, normalmente estas estradas circundam os talhões. Deve-se procurar construir as estradas seguindo os seguintes quesitos:

- As rampas não devem ser acentuadas e se o forem não devem ser longas;
- Não se deve traçar curvas fechadas, quando estas forem imprescindíveis, deve-se evitar a ocorrência destas com freqüência;
- Deve-se evitar cruzamentos; quando estes forem imprescindíveis, deve-se proporcionar boa visibilidade aos motoristas. A visibilidade deve ser um fator de extrema prioridade ao planejador, este deve buscar fornecer o máximo de visibilidade aos motoristas;
- Os cortes e aterros devem ser minimizados para poder-se diminuir a movimentação de solo e por conseqüência os custos de construção das estradas;

- Deve-se observar as condições de drenagem; dela depende a durabilidade da estrada;
- Em terrenos planos deve-se procurar, sempre, construir as estradas com certa declividade lateral mínima para permitir a drenagem. Nestes terrenos deve-se observar a possibilidade da ocorrência de enchentes; se houver esta possibilidade, as estradas devem ser construídas de forma a não serem atingidas pelas mesmas.

11.1. ANTEPROJETO

O anteprojeto tem como função, definir através de critérios sócio/econômico/ambiental, o melhor traçado. Consta de dois tipos de levantamento:

- **Levantamento de Reconhecimento** – Busca identificar o melhor traçado e utiliza plantas planialtimétricas e/ou imagens aéreas. É executado através do levantamento de uma faixa ampla do terreno onde se supõe o mais viável para passar o traçado. Aqui também é realizada uma previsão básica de custo.
- **Levantamento de Exploração** – Este levantamento é realizado através de caminhamento de campo e constitui-se do estaqueamento do traçado provisório. Visa também caracterizar uma faixa lateral onde identifica-se o que existe na faixa de exploração (rios, rochas, estradas, caminhos, tipo de vegetação e etc.). Este levantamento possibilita a definição definitiva do traçado da estrada.

11.2. PROJETO DE IMPLANTAÇÃO

O projeto de implantação de estrada é constituído, normalmente, por alguns sub-projetos:

- **Projeto Geométrico** – É constituído pela planta da estrada e pelo perfil longitudinal. Na planta são estabelecidas as retas, curvas, cruzamentos, baias e etc. Nos perfis são definidas as rampas e curvas verticais;
- **Projeto de Infraestrutura** – Apresenta as seções transversais de corte, aterro e mistas, bem como, as obras de arte (pontes, bueiros, sarjetas, valetas, desaguadores, drenos e etc.);
- **Projeto de Pavimentação** – Aqui é estabelecido o tipo de pavimento da estrada, as camadas com suas respectivas espessuras e necessidade de compactação;
- **Projeto de Revegetalização do Entorno** – Aqui se apresenta os métodos para realizar a revegetalização dos taludes, aterros, áreas de deposição e retirada de material e etc.;
- **Projeto de Conservação** – Define os métodos operacionais para a manutenção da estrada;
- **Projeto Físico-Financeiro** – Define o calendário de execução com os respectivos custos de cada etapa da obra.

11.3. LOCAÇÃO

Constitui-se da locação do projeto geométrico no campo. É realizado por estaqueamento do perfil e das seções transversais e esta etapa deve permitir a construção da estrada. Normalmente é necessário o apoio de serviços topográficos para a execução desta etapa da construção da estrada.

11.4. CONSTRUÇÃO DA ESTRADA

- A primeira atividade a ser realizada é a limpeza da vegetação (quando existente);
- A segunda atividade a ser realizada é, normalmente, a construção dos bueiros e pontes (se for o caso);
- Logo após dá-se o início a terraplenagem, onde são executados os cortes e aterros com a finalidade de materializar a infraestrutura da estrada;
- Quando for o caso, é executada a pavimentação, que é iniciada pela regularização do leito, compactação do leito e finalmente é colocada a camada de material rochoso ao mesmo tempo em que é compactada;
- Após esta etapa, são construídas as sarjetas, valetas e desaguadores;
- A última das etapas constitui-se do revestimento do entorno.

11.5. MANUTENÇÃO DA ESTRADA

O tráfego intenso e pesado, os fatores climáticos e, em muitos casos, a frequência de uso, causam grandes dificuldades na conservação das estradas. De acordo com as especificações de construção, para conservar uma estrada se deve realizar manutenções periódicas nestas.

Deve-se verificar o estado das obras de drenagem, o leito da estrada e os taludes. Após estas revisões, é importante realizar as manutenções para que permaneçam em condições de trafegabilidade (secos, não desmoronados, sem buracos e etc.).

Deve-se observar ainda, a necessidade de manter a estrada “aberta”, ou seja, deve-se evitar que a estrada fique coberta por vegetação.

Os problemas mais comuns que ocorrem em uma estrada de terra têm como causas principais:

- A falta de capacidade de suporte do subleito;
- A falta de conservação da superfície de rolamento;
- A deficiência do sistema de drenagem.

E pensar que era feito assim ...



NOSSOS ENDEREÇOS:

CODASP - Escritório Central

Praça Ramos de Azevedo, nº 254 - 1º andar - Centro

CEP: 04301-903 - São Paulo/SP

Fone: (11) 5077-6500, 5073-1063 e 5077-6539

CN Bauru

Av. Rodrigues Alves, quadra 38, 118 - Vila Paulista

CEP: 17030-000 - Bauru/SP

Fone: (14) 3203-3639

CN Campinas

Av. Brasil, 2.100, Vila Nova

CEP: 13070-178 - Campinas/SP

Fone: (19) 3241-7685

CN Presidente Prudente

Rod. Raposo Tavares, km 564, Vila Nova Prudente

CEP: 19053-205 - Presidente Prudente/SP

Fone: (18) 3222-2777

CN São José do Rio Preto

Av. Lineu de Alcântara Gil, 4.877, Romano Calil

CEP: 15075-000 - São José do Rio Preto/SP

Fone: (17) 3218-1800



SECRETARIA DE
AGRICULTURA E ABASTECIMENTO



GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO