

# Recomposição de pavimentação em serviços de saneamento ambiental

Eng. Dr. Rita Moura Fortes - *Diretor Técnico*  
[rita.fortes@red.eng.br](mailto:rita.fortes@red.eng.br)

**CONTROLE  
TECNOLÓGICO**

**CONTROLE DE  
QUALIDADE**



**MATERIAIS**



**EXECUÇÃO**



# CONTROLE DE QUALIDADE?



**Cultura brasileira - especialmente dos governos brasileiros - consiste em somente **tomar alguma providência após um acontecimento drástico**. É o caso dos planos de segurança, dos mutirões contra a dengue, da caçada aos bingos!!!**



**RBLE – REDE BRASILEIRA DE LABORATÓRIOS DE ENSAIO**

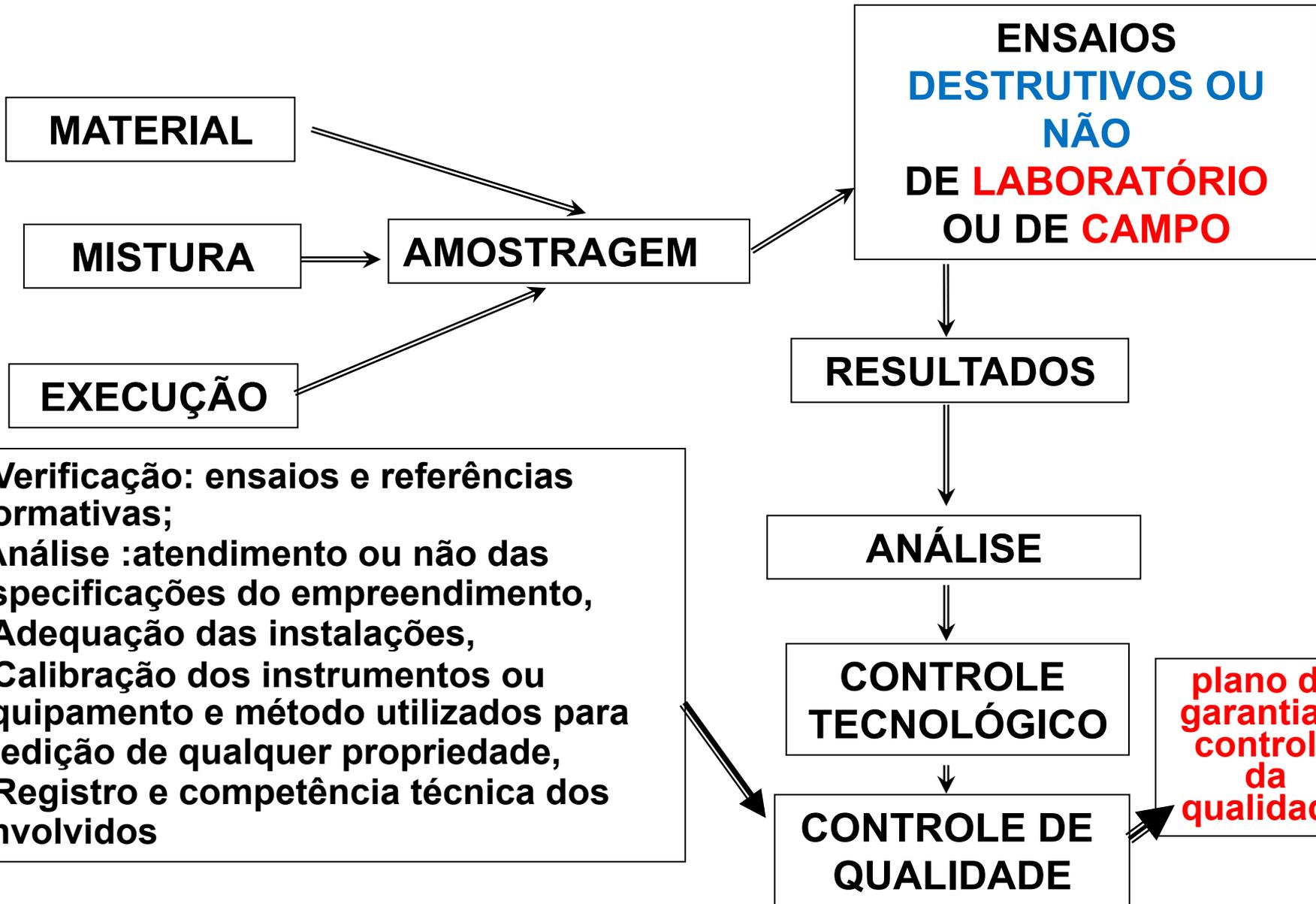
**DEPOSIÇÃO  
RESPONSÁVEL**

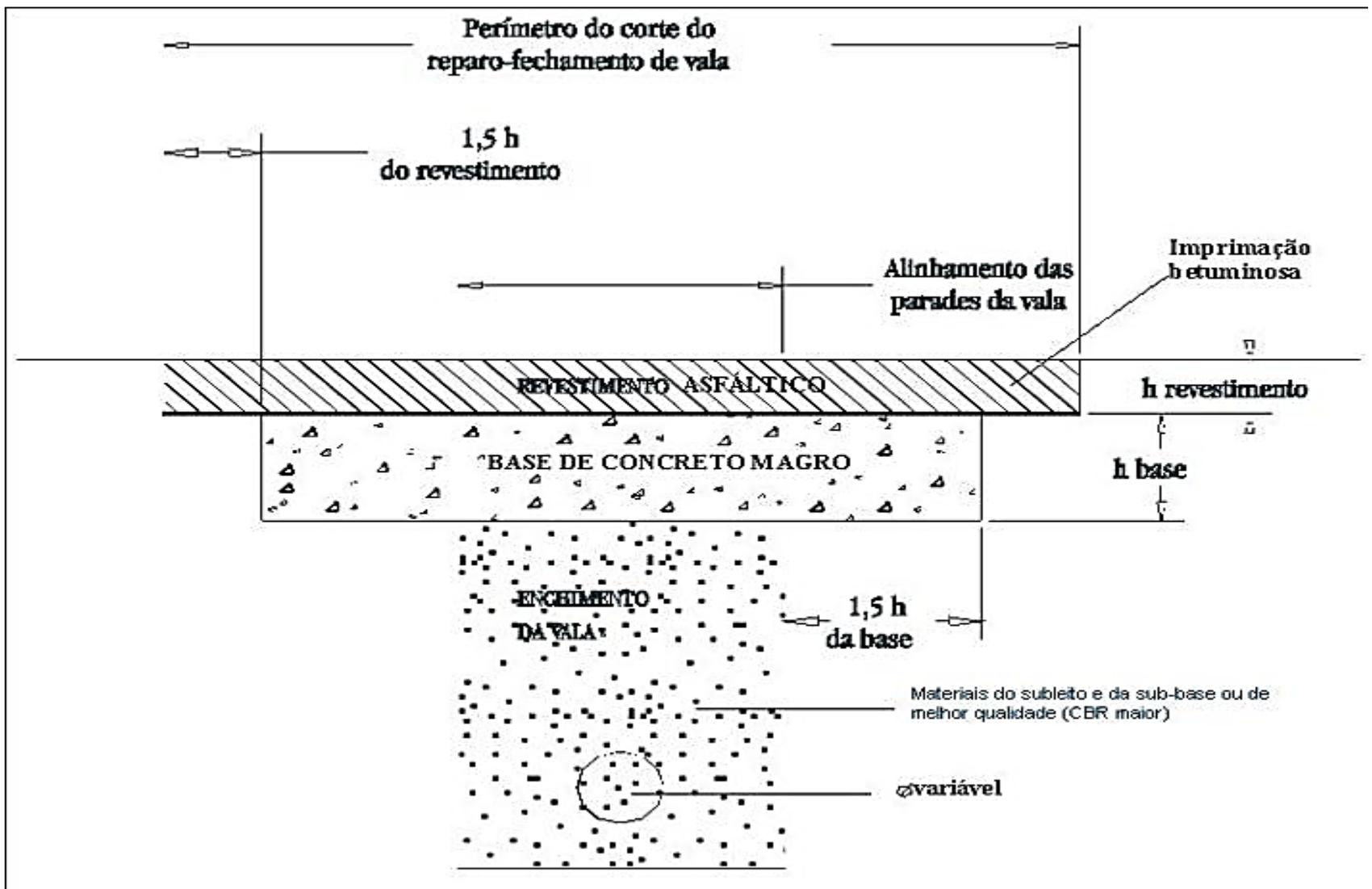
**RECICLAR**

**CONSCIEN  
TIZAÇÃO**

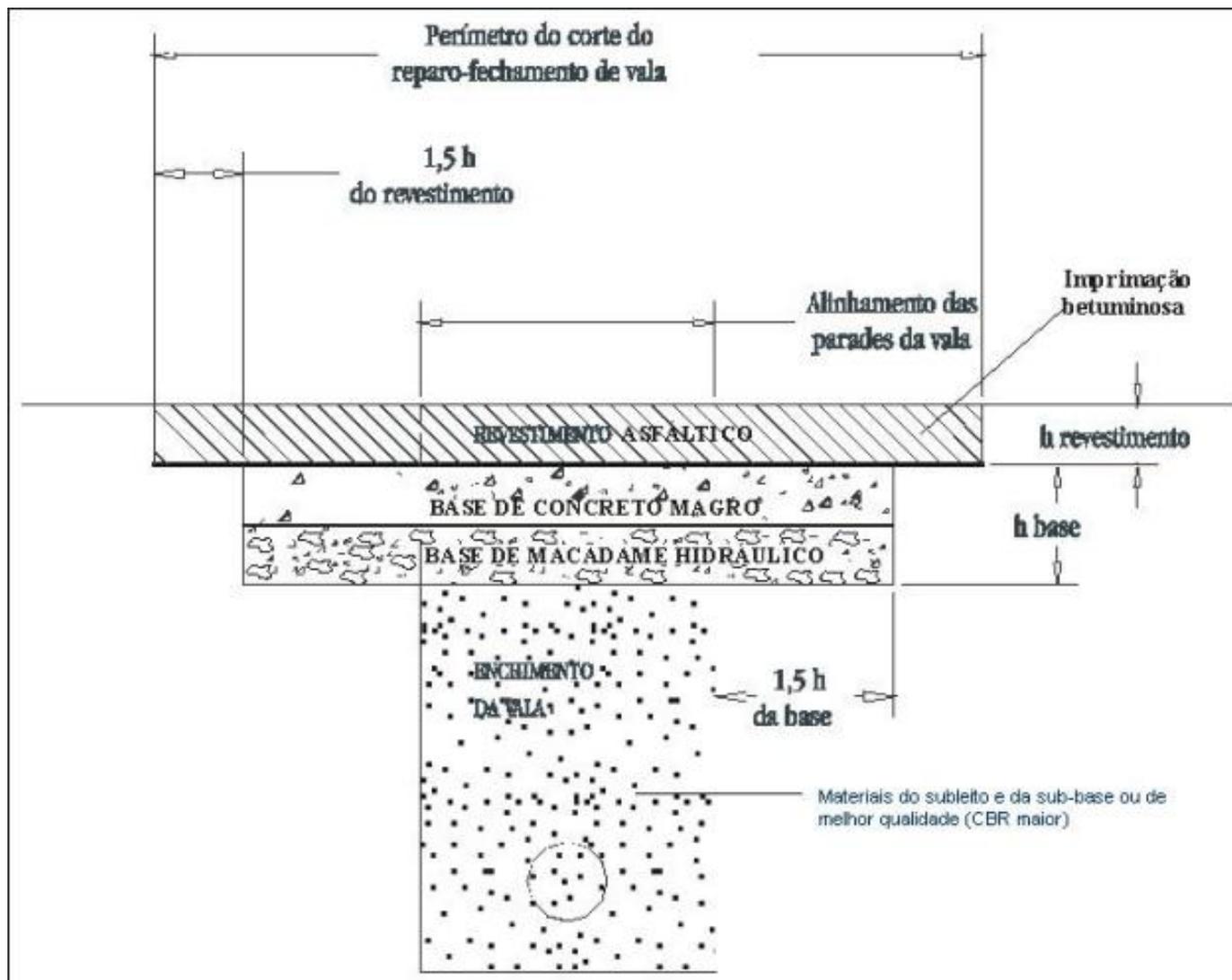
**EVITAR  
DESPERDÍCIO**







**Esquema executivo aplicável para valas com largura de até 1,50m**



**Esquema de execução de valas com larguras além de 1,50m e até no máximo igual a 50% da largura da faixa carroçável considerada**

A PMSP exige para:

## SOLOS

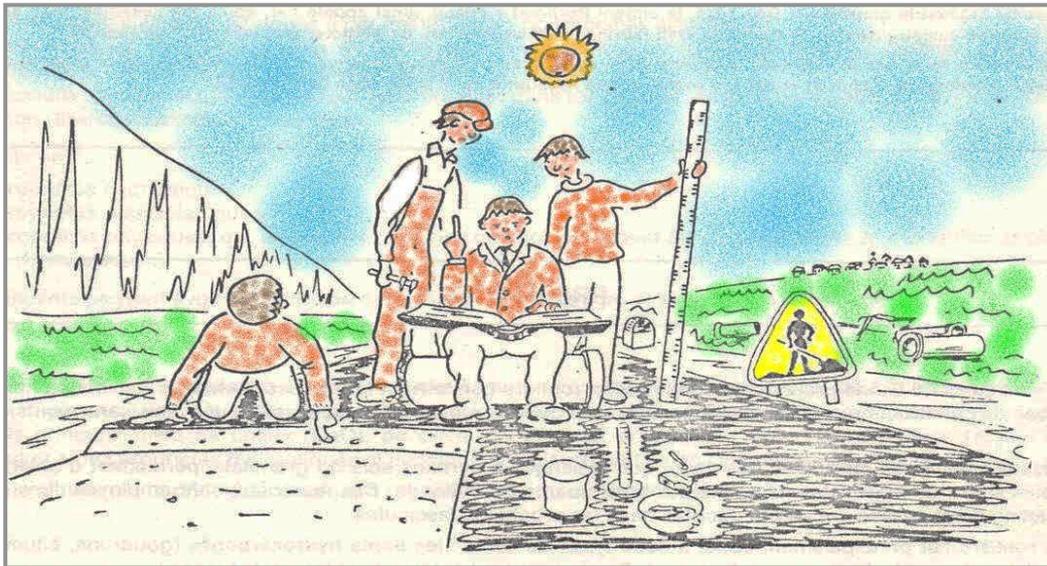
- CBR de no mínimo 12%,
- Grau de Compactação  $\geq 95\%$   
Desvio de Umidade de  $\pm 3\%$ .

## BGS

- CBR  $\geq 80\%$
- Grau de Compactação  $\geq 100\%$   
Desvio do Teor de Umidade  
 $\pm 1,5\%$

## REVESTIMENTO

- temperatura no  
caminhão ( $^{\circ}\text{C}$ )  $\geq 120\%$
- temperatura  
esparrame ( $^{\circ}\text{C}$ )  $\geq 120\%$
- temperatura de  
rolagem ( $^{\circ}\text{C}$ )  $\geq 120\%$

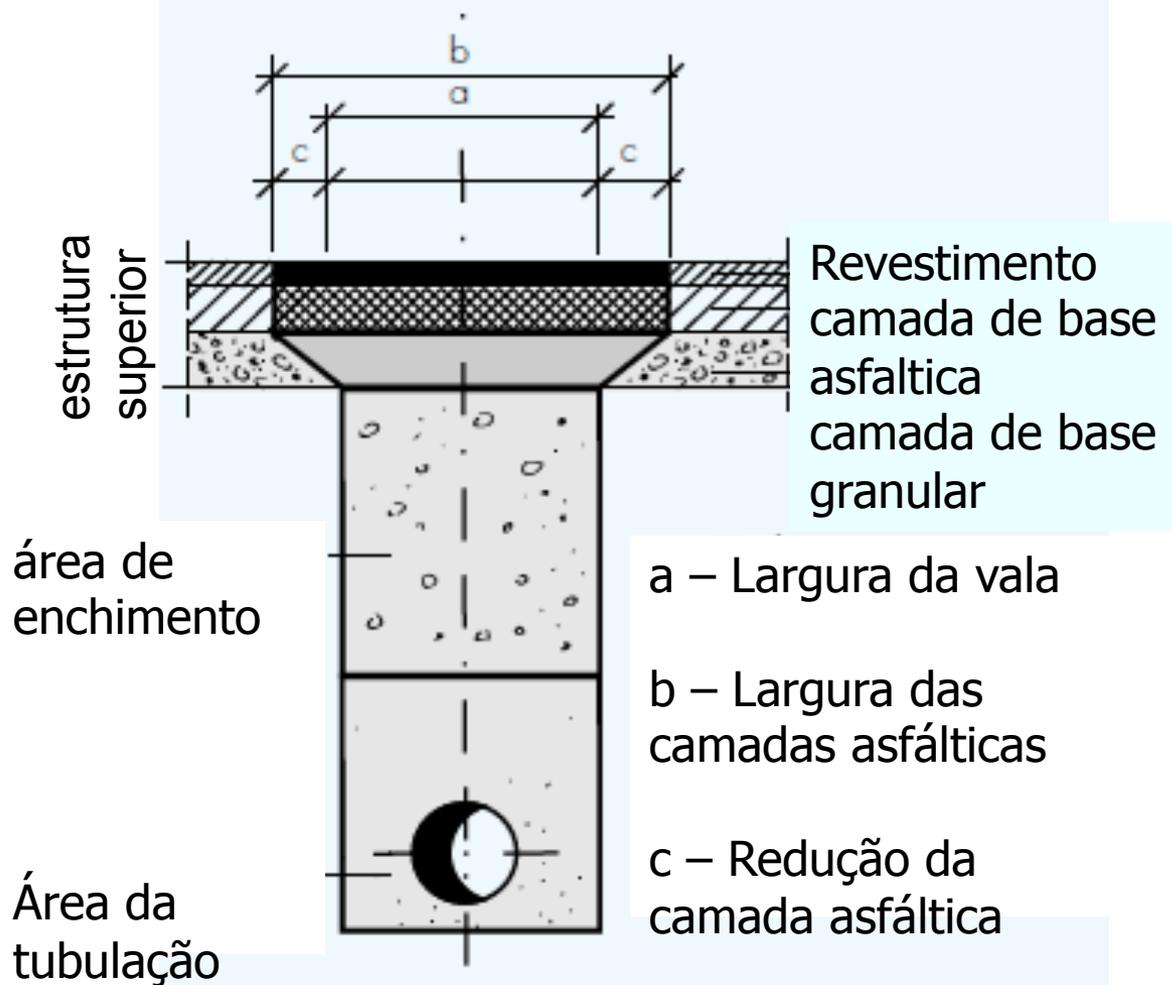


**O QUE FAZER?  
COMO FAZER?  
QUANDO FAZER?**

## ABERTURA DA VALA

# ESTRUTURA UTILIZADA NA ALEMANHA

Cobrimento mínimo de 0,50m sobre o tubo do ramal para vias pavimentadas, e um mínimo de 0,70m para vias não pavimentadas. (NTS 164: 2012 – Rev. 1 )



. A vala não deve exceder a largura de 0,35m para escavações manuais e 0,40m para escavações mecânicas no leito carroçável e de 0,20m no passeio. (NTS 164: 2012 – Rev. 1 )

# Demarcação da vala (NTS 164: 2012 – Rev. 1 )



Faces laterais de abertura da vala sejam perpendiculares ao plano da pista de rolamento.

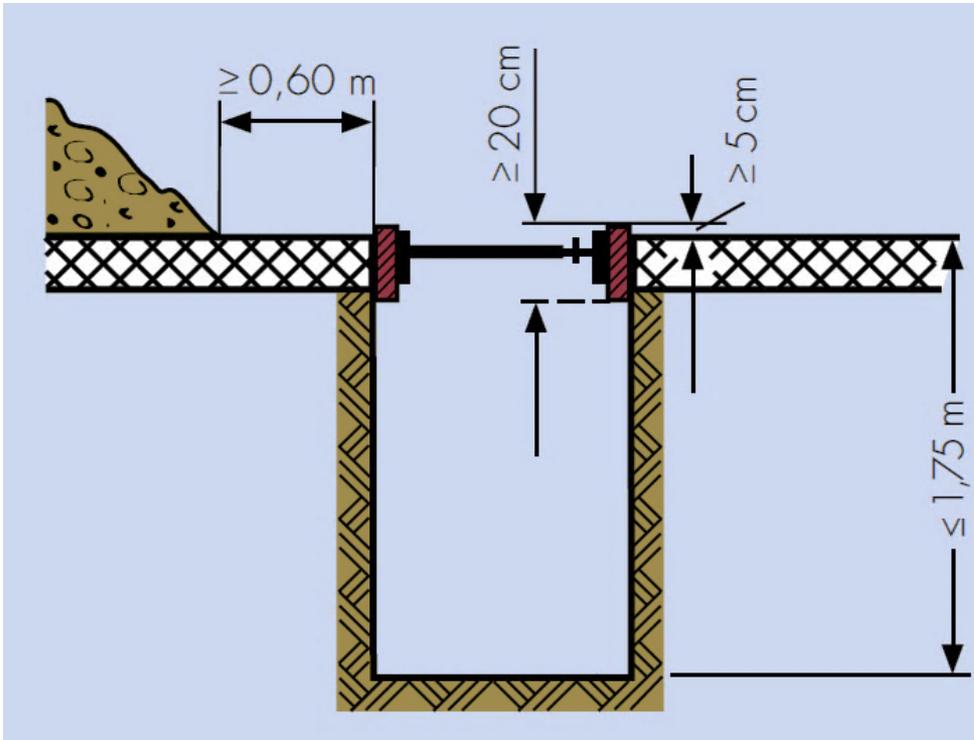
Paralelepípedo ou bloquete: retirar manualmente e acondicionar no passeio para futura recomposição. Deve-se tomar o cuidado de **remover somente o necessário**, a fim de preservar o **calçamento original**.



pré-corte



Cortar a linha antes da escavação



**Escoramento do pavimento asfáltico**

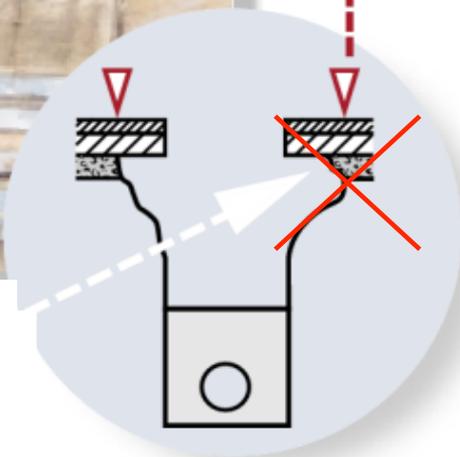


**Assentamento da tubulação**

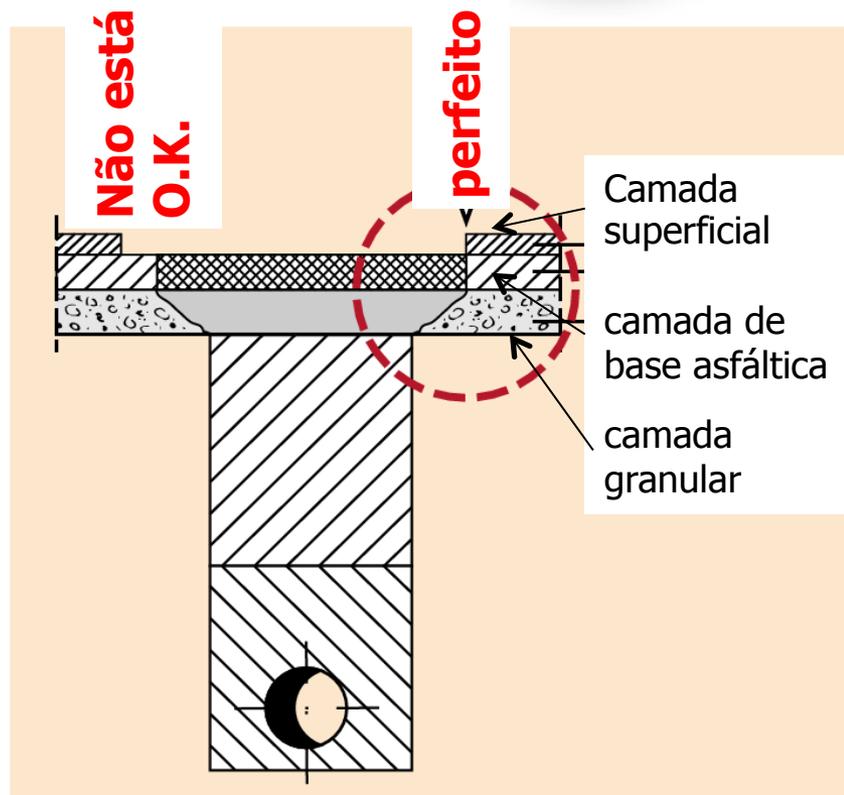
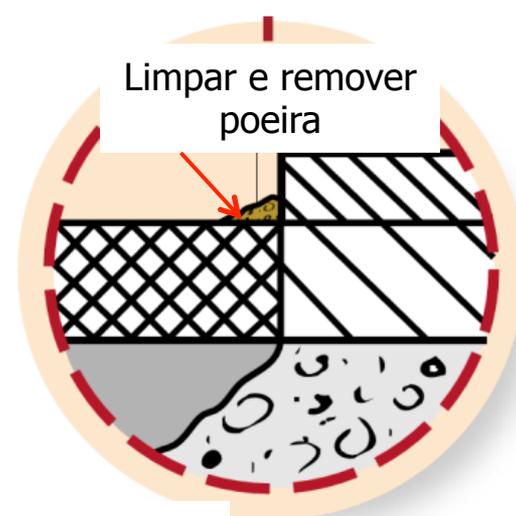
# Abertura de vala



Não deve haver buracos sob o pavimento asfáltico!



Se necessário, cortes mais amplos



# Falta de lona plástica e sinalização no uniforme



# Contaminação do solo



Solo limpo, isento de pedras, panos, plásticos, madeira, turfa e materiais pontiagudos e com umidade adequada, em caso contrário deve ser utilizado solo de empréstimo. (NTS 164: 2012 – Rev. 1 )

# Solo úmido reaproveitado



# Ausência de compactação em camadas



# Lodo de ETA



Na ETA de Taiacupeba, o sistema de adensamento e desidratação do lodo, reduz o volume de lodo produzido para aproximadamente 18t de massa seca por dia. O uso desta tecnologia já contabiliza ganhos ambientais e financeiros.

**CLASSE II A – NÃO INERTE ⇒ INERTE!**

**Solo Coesivo** (p.ex. argila)  $\Rightarrow$  compactador vibratório (**sapo mecânico**). Somente poderá ser utilizado compactador vibratório de pequeno porte (“**rãzinha**”), nos casos em que a **largura da menor sapata do sapo mecânico exceder a largura da vala**. Outros equipamentos de maior porte podem ser utilizados desde que a energia de compactação seja adequada.

A compactação será considerada adequada caso a **massa específica aparente seca seja de no mínimo 95% da máxima, medida de acordo com a NBR 7182 e 7185 e com umidade cujo valor apresente desvio máximo de 2% (para mais ou para menos) do valor da umidade ótima.**

Compactar o reaterro em camadas de no mínimo 10 cm e máximo 20 cm. (NTS 164: 2012 – Rev. 1)

**Solo não Coesivo** (areia) o adensamento será executado com **vibrador de imersão de agulha de 45 mm de diâmetro e com o simultâneo lançamento de água**. O adensamento será considerado adequado quando a **compacidade relativa da areia**, medida através do índice de vazios mínimo de solos coesivos (NBR 12051) seja de no mínimo 70%. (NTS 164: 2012 – Rev. 1)

# Controle de compactação



## Medidor de Densidade de Solo - Não Nuclear (SDG)

*Para calibrar o equipamento é necessário inserir as seguintes informações sobre o solo:*

- limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade do
- Distribuição granulométrica;
- Resultados do ensaio de Proctor

**Profundidade de medição do equipamento é fixa em 30cm. Inclui GPS interno, bateria, carregador e estojo para transporte.**

**Este equipamento pode ser usado em camadas granulares.**

O Peso somente do aparelho é de 6,5kg;  
O aparelho armazena a calibração de até 20 materiais e os dados gravados na memória do aparelho podem ser importados facilmente para o Excel através de conexão USB.



## Geogauge® Medidor do Índice de Rigidez de Solos Compactados

(não nuclear não radioativo): controle “in loco” da compactação do solo através do Módulo de Resiliência ou do índice de rigidez

### Vantagens:

- Pode trabalhar lado a lado com os equipamentos de compactação, mesmo com **vibração**;
- Rápido, cada medição leva apenas **75 segundos**
- Portátil, o equipamento pesa apenas **10kg** e acompanha caixa para transporte;
- **Expressa valores do índice de rigidez e do módulo de young, valores que podem ser correlacionados com outras variáveis mediante uso de modelos específicos.**





## Penetrômetro Sul Africano Tipo Cone de Penetração Dinâmica

(CPD), construído a partir de recomendação do TRRL (Reino Unido). Acompanha um cone de penetração de  $60^\circ$  e possui tabela de correlação para estimação do valor do CBR.



# Controle de compactação

Controle tecnológico com o uso do “lightness dynamic penetrometer (Künzelstab)“



Peso

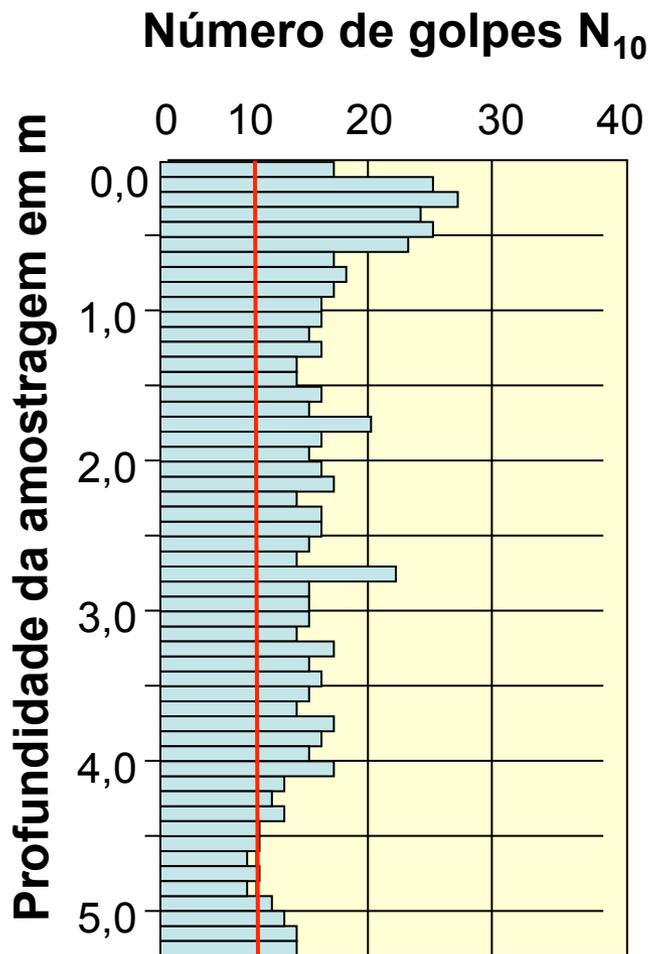
Haste de exploração

Procedimento:  
Registrar o número de golpes  
necessários para penetrar 10 cm.

# Controle de compactação

“lightness dynamic penetrometer”

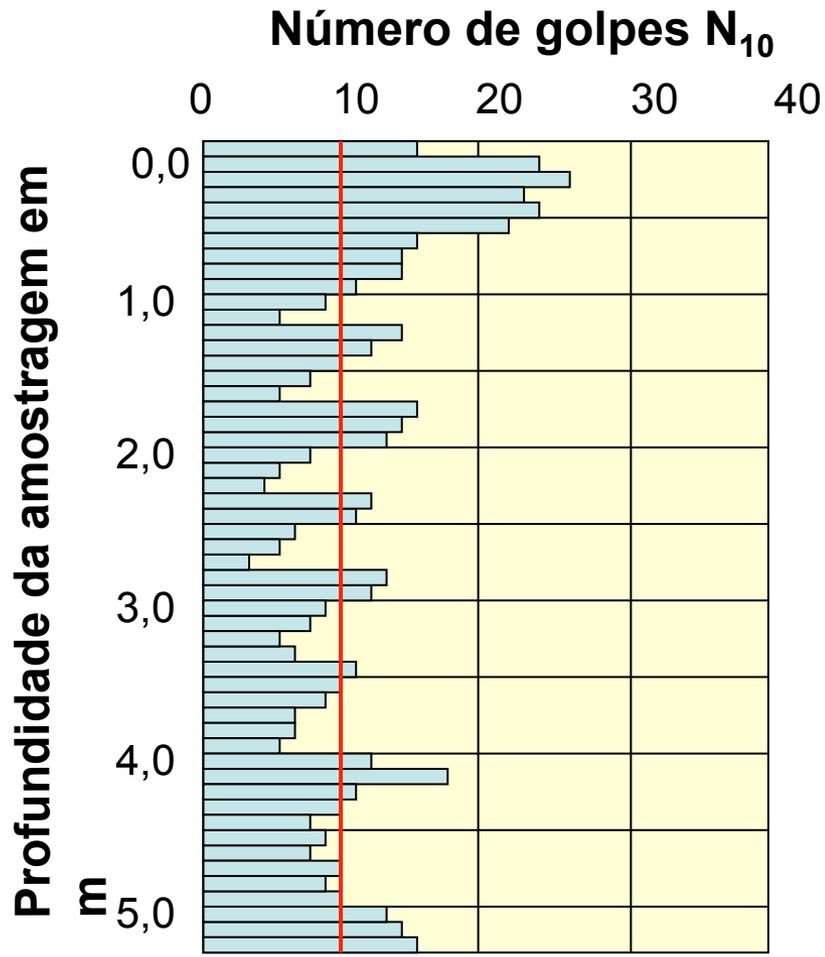
Exemplo de uma **boa** e **má** compactação



Camada de proteção contra gelo

reaterro

Área da tubulação

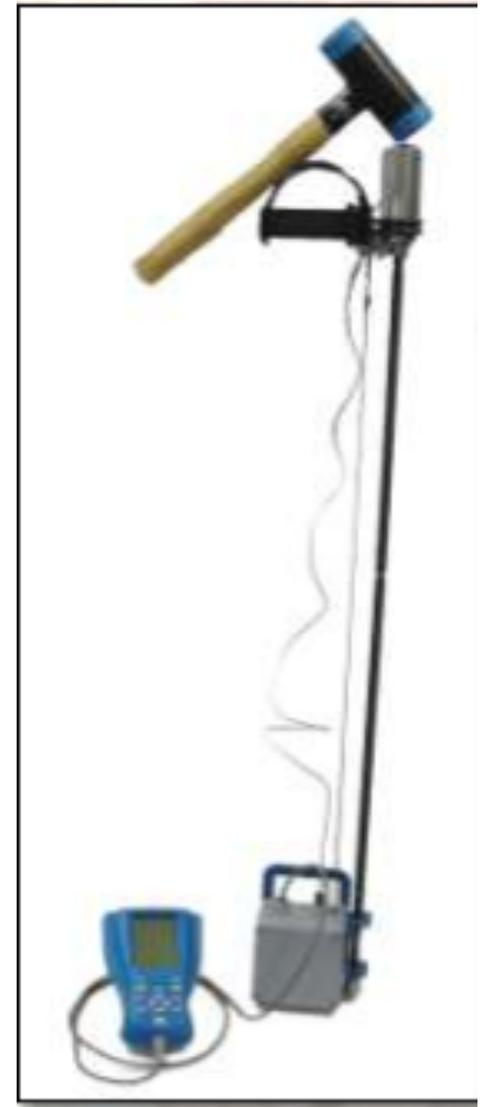


# Controle de compactação

## Penetrômetro dinâmico Panda *Medida da resistência do solo*



*O ensaio consiste em penetrar, por meio de golpes manuais (martelo), uma série de barras com uma ponteira e medir a resistência do solo até a profundidade desejada*



## Penetrômetro dinâmico Panda

### Controle de compactação:

Através do pavimento



Controle de trincheiras



Controle durante a realização do aterro



Controle de espessura de revestimento



# Controle de compactação

Alemanha - Métodos não destrutivos  
Checando o grau de compactação e desvio do teor de  
umidade

## Densímetro

„ballon technology)

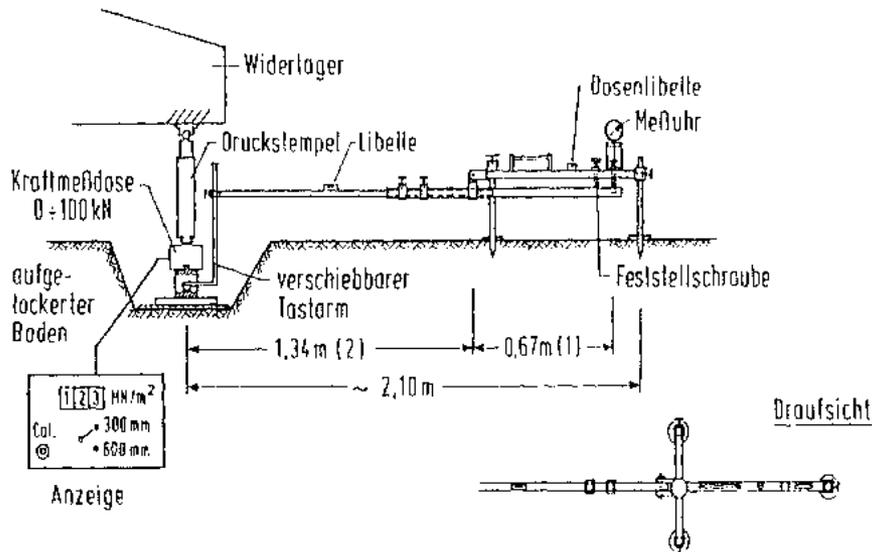
No Brasil existe a  
norma: DNER-ME  
036/94 - Solo -  
determinação da  
massa específica  
aparente, “in situ”,  
com emprego do  
balão de borracha

**Para solos granulares**



# Controle de compactação

## Prova de carga sobre placa Static plate bearing test (DIN 18 134)



transdutor de deslocamento

Célula de carga

- DNIT 055/2004-ME – Pavimento Rígido - Prova de carga estática para determinação do coeficiente de recalque de subleito e sub-base em projeto e avaliação de pavimentos
- ABNT NBR 6489:1984 Prova de carga direta sobre terreno de fundação



# Controle de compactação

**LWD** - Dynamic plate bearing test(DIN 18 134) (TP BF-StB Teil B 8.3)  
(light falling weight device)



4.100.300

- max. 30cm/camada
- Compactando cada camada adequadamente
- Não utilizar em solos plásticos e expansivos
- LWD - Light falling weight / prova de carga sobre carga

$$E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2 = 45 \text{ MPa}$$



# Controle de compactação



## LWD - “light weight deflectometer”

A influência humana na execução do ensaio e transmissão dos resultado é praticamente zero.

Fornece diretamente o **módulo de resiliência dinâmico** e a **deflexão recuperável** referente ao golpe de uma massa de 10 ou 15 kg que cai de uma altura constante sobre uma placa de 30cm de diâmetro.

Pode-se obter indiretamente, por correlação, a medida do grau de compactação da camada ensaiada e o coeficiente de recalque K, para dimensionamento de pavimentos rígidos. A deflexão obtida pode ser correlacionada com a deflexão obtida pela viga de Benkelman, bem como pelo FWD.

O ensaio é adequado para camadas com expectativa de valores de módulo de resiliência de até 210 MPa.



# Camada de base



Problema, quando a junta não está sobre a outra junta

**Compactação da camada de base e de “binder” com a utilização do “sapo”**



# Base sem compactação



Vista de remendo mal executado em pavimento urbano

# Aderência entre as camadas



Preparação das juntas e pintura



Preenchendo as juntas com material asfáltico especial

Imprimação com base molhada



Imprimação com uso de regador - Tipo irregular de equipamento aspersor



Imprimação escorrendo para sarjeta

Imprimação distribuída  
irregularmente



Imprimação irregular



Falha na imprimação



Massa  
aplicada  
sobre  
ligante  
sem cura



# Imprimação ligante distribuída corretamente



Deve-se aplicar imprimação ligante (cola) com o auxílio de um recipiente, por exemplo, regador com chuveiro (foto 76), iniciando pelas bordas e proporcionando o espalhamento da imprimação por toda a superfície da base de pavimentação e bordas perpendiculares, numa taxa de 0,4 a 0,6 litro/m. (NTS 164: 2012 – Rev. 1 )



## Recapeamento

- Concreto asfáltico
- SMA Stone Mastic Asphalt
- PFA Pothole Filling Asphalt



**Compactação do revestimento com o rolo de chapa liso**



## Equipamento de compactação adequado



## Equipamento de compactação inadequado



# Tecnologia PFA(Pothole filling Asphalt) (manual)

preparação /  
secar o  
buraco  
quando  
úmido



Reaquecer  
o PFA  
Granulado



Lançar o  
PFA  
aquecido e  
compactar  
suavemente



# PFA (Pothole filling Asphalt)



**Asfalto morno granulado ensacado.**

**Pronto para aplicar!**

Na Alemanha, durante o inverno, as usinas não funcionam e eles produzem a massa antes, fazem um tipo de 'granulado' da massa e guardam em sacos. No inverno usam esta 'mini-usina' para aquecer o granulado no local mesmo e aplicar.





# Espessura delgada



# OBRIGADA!

## Recomposição de pavimentação em serviços de saneamento ambiental

Eng. Dr. Rita Moura Fortes - *Diretor Técnico*  
[rita.fortes@red.eng.br](mailto:rita.fortes@red.eng.br)