



SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



## ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS PARA OBRA DE PAVIMENTAÇÃO POLIÉDRICA





SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



## ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO PARA OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO POLIÉDRICA

### 1- APRESENTAÇÃO

O presente trabalho tem por finalidade principal proporcionar uma visão objetiva para a execução da pavimentação poliédrica.

A Secretaria de Estado dos Transportes ao resolver implementar o programa de pavimentação com pedras irregulares, em parceria com os Municípios do Paraná, teve como principal argumentação o grande número de empregos que seriam gerados (em média 70 empregos diretos por frente de serviço para execução de 1 (um) km por mês), além do reduzido custo de execução comparado com a pavimentação asfáltica.

Através de um convênio entre a SETR/DER e as Prefeituras Municipais serão repassados recursos financeiros pelo Estado às Prefeituras que executarão as obras, cabendo ao DER a fiscalização dos serviços.

Desta forma utilizando os equipamentos e a estrutura das Prefeituras, os custos ficarão bem menores do que a contratação por parte do DER de Empreiteiras para sua execução.

Em suma a alternativa de pavimentação com pedras irregulares procura quebrar o conceito elitista de que o pavimento só pode ser asfáltico, o alto custo de implantação e conservação do pavimento asfáltico em estradas com pequeno tráfego, inviabiliza sua aplicação, o que não ocorre com a pavimentação poliédrica que oferece um tráfego permanente com velocidade de operação satisfatória, vida útil bastante grande com custos de implantação e conservação muito baixos.

### 2 - GENERALIDADES

O pavimento em alvenaria poliédrica, é o que se caracteriza por um revestimento flexível de pedras irregulares, cravadas de topo, por percussão, justapostas, assente sobre um colchão de solo coesivo, confinado lateralmente por cordões de pedra e rejuntado com solo coesivo, ou pó de pedra com uma granulometria definida.



### 3- OBJETIVO

- a- Regulamentar a execução de pavimentos em alvenaria poliédrica no Estado do Paraná.
- b- Oferecer alternativa de pavimentação de custo economicamente mais barato, se comparada com os processos usuais, considerando pequenos volumes de tráfego (até 300 veículos / dia).

### 4- VANTAGENS

- a- Amplia a incidência de mão-de-obra no custo total do pavimento: de 3% (pavimentos atuais), para mais de 70% (pavimento alternativo).
- b- Permite absorção de mão-de-obra local, não especializada, eventualmente ociosa nos períodos de entre-safras.
- c- Por se tratar de pavimento que não exige execução contínua, pode ser construído à medida da liberação de recursos ou da disponibilidade da mão-de-obra, não acarretando prejuízos decorrentes de eventuais paralisações.
- d- Propicia o aprendizado de uma tecnologia simples, passível de ser absorvida pelo trabalhador rural, que terá assim uma alternativa de trabalho, além de ser instrumento auxiliar na fixação do homem no interior.
- e- Representa alternativa de grande durabilidade, citando-se como exemplo os sistemas viários urbanos de cidades do Sudoeste do Estado do Paraná, alguns executados a mais de 20 anos.
- f- Apresenta baixo nível de manutenção, não exigindo equipamento especial para este serviço.
- g- Representa alternativa de pavimentação seguramente mais econômica, considerando seu valor residual ao fim da vida útil.
- h- Reduz ao mínimo a dependência com relação à importação de produtos e tecnologia, por se tratar de processo de construção simples com utilização intensiva de materiais locais.
- i- Permite a implantação de um sistema de pavimentação por etapas, pois a estrutura dependendo das condições topográficas, poderá receber revestimento asfáltico quando o volume e as características do tráfego assim o exigirem.



SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



Evidentemente esta alternativa não deve ser empregada em rodovias troncos, com o tráfego intenso, pesado e de alta velocidade, pois os custos operacionais da frota seriam acrescidos substancialmente.

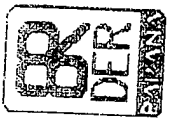
#### **5- RESTRIÇÕES**

- a- Morosidade na execução.
- b- Utilização para pequeno volume de tráfego.

#### **6- EXECUÇÃO**

##### **6.1- Terraplenagem e Obras de Arte Corrente**

Para efeito desta norma, consideram-se concluídas essas fases. A seção transversal deve ficar de acordo com as figuras 1 e 2 a seguir.



SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



FIGURA 1  
CORTES

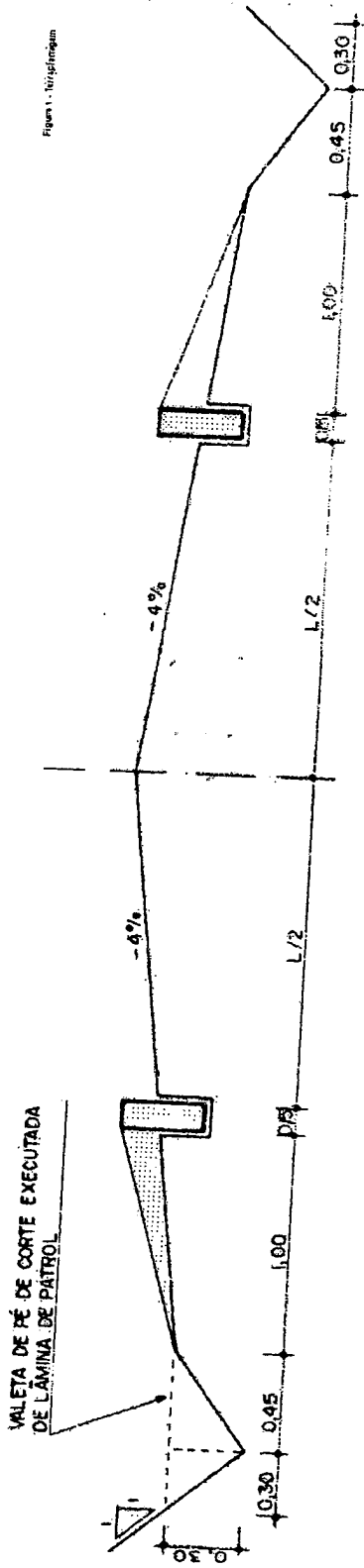


Figura 1 - corte em corte

FIGURA 2  
ATERROS

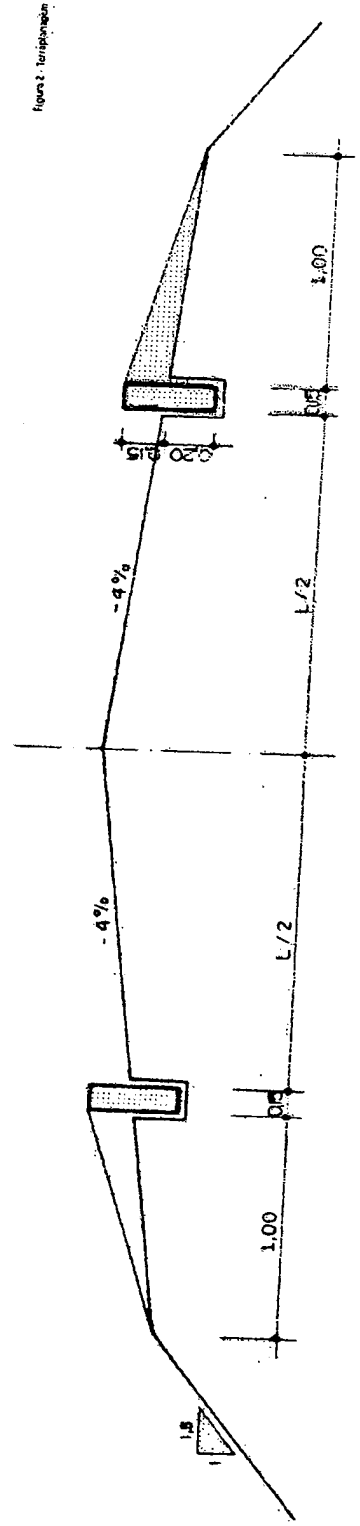


Figura 2 - corte em aterro

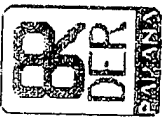


SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



## 6.2- Preparo do Sub-Leito

- a - O sub-leito deverá, inicialmente ser escarificado, patrolado e compactado, tomado as formas de perfil transversal, greide e alinhamentos indicados no projeto.
- b - Onde o sub-leito não apresenta condições favoráveis à compactação como: baixo suporte, material saturado, etc ..., deverá o material existente ser retirado e substituído com material selecionado de modo a conseguir-se um bom suporte.
- c - As operações de compactação são as mesmas exigidas na técnica do solo estabilizado - DER/PR - ES - P 07/91.
- d - O perfil transversal do sub-leito deverá conformar rampas de 4% ( $i = 0,04$ ) para "greide" (perfil do projeto longitudinal) de até 3%. Para o greide acima de 3% ( $i = 0,03$ ) essa inclinação transversal poderá ser reduzida 3%, conforme figuras 3 e 4 a seguir.

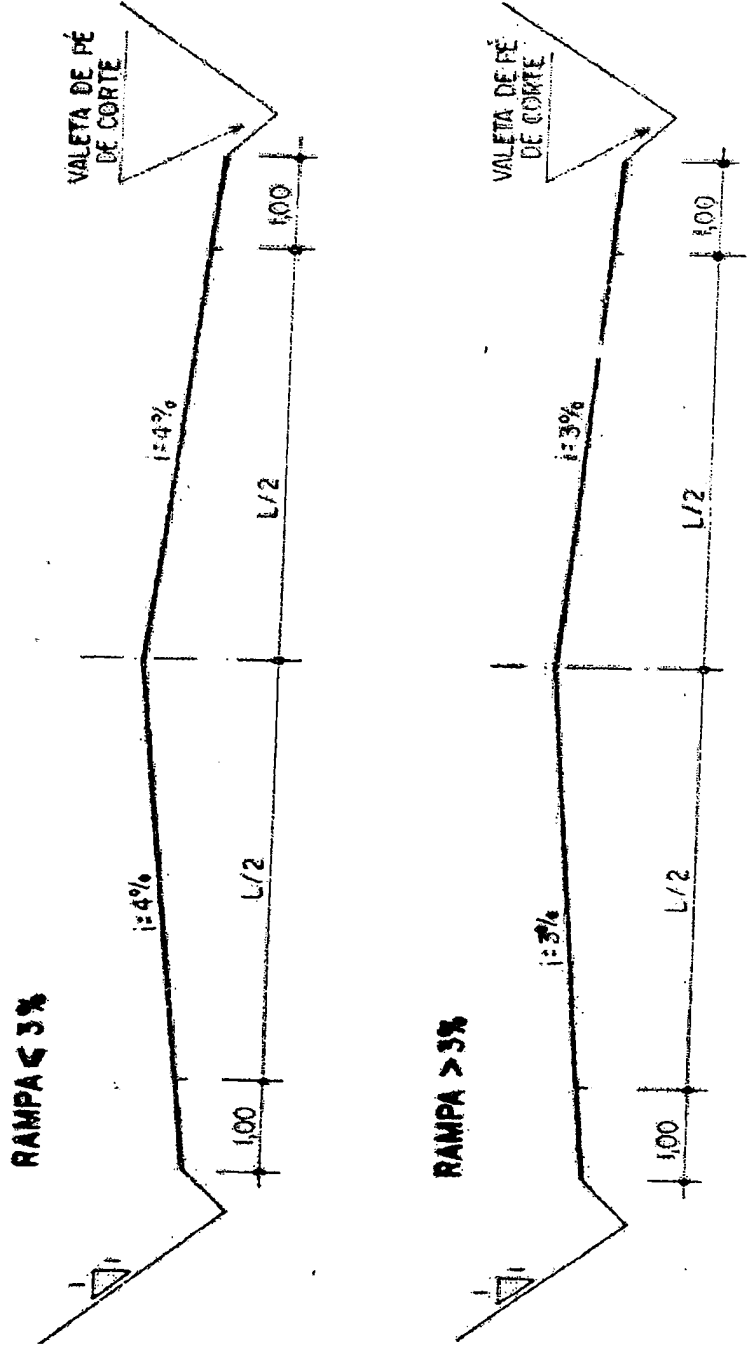


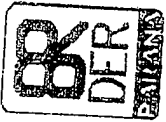
SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



FIGURA 3  
SEÇÃO TRANSVERSAL (SUB LEITO PREPARADO)  
CORTES

Figura 3 - Seção Transversal

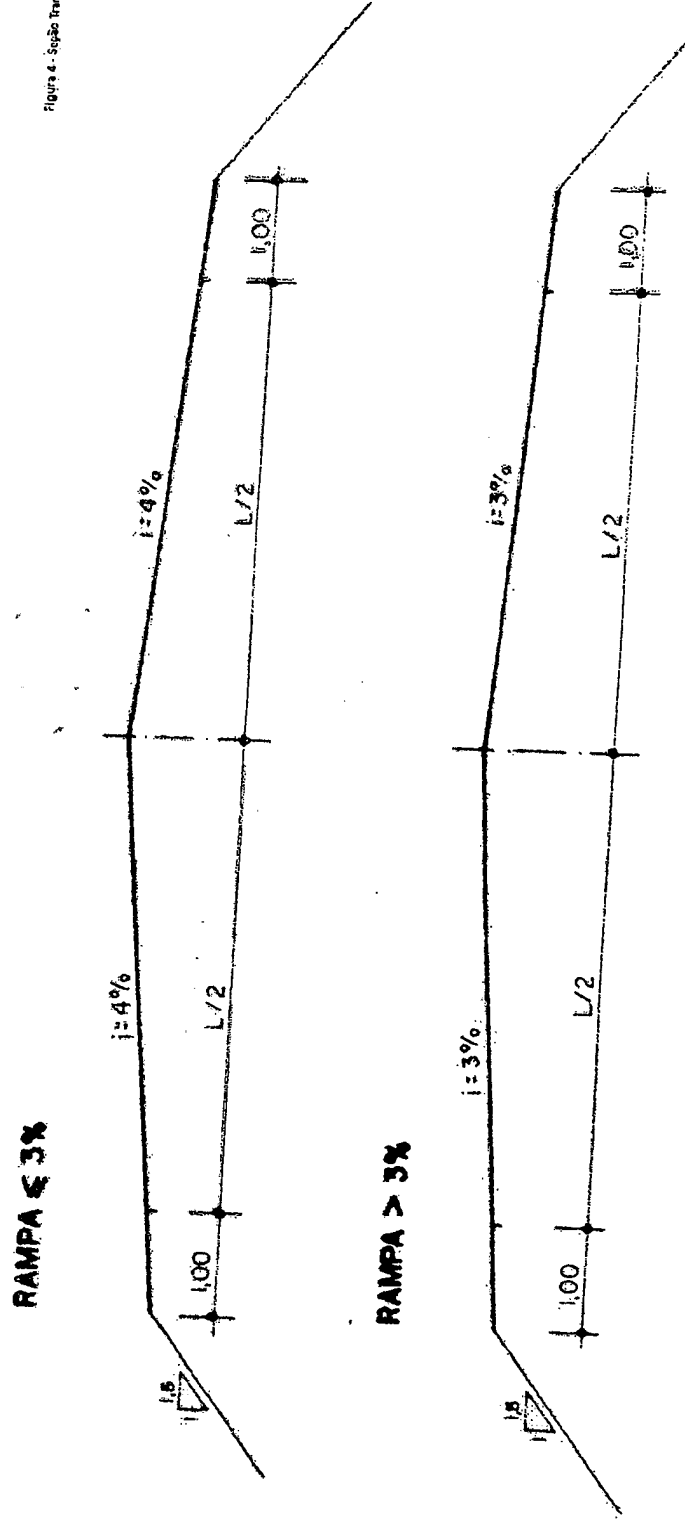




SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



FIGURA 4  
SEÇÃO TRANSVERSAL (SUB LEITO PREPARADO)  
ATERROS







SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



e - Deverá ser executada superelevação da plataforma da pista em curvas horizontais utilizando-se a taxa máxima de 4% e comprimento fictício de transição antes do início da curva de 30 m para distribuição da superelevação, de acordo com as figuras 5 e 6 a seguir.

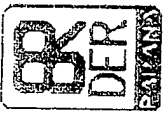
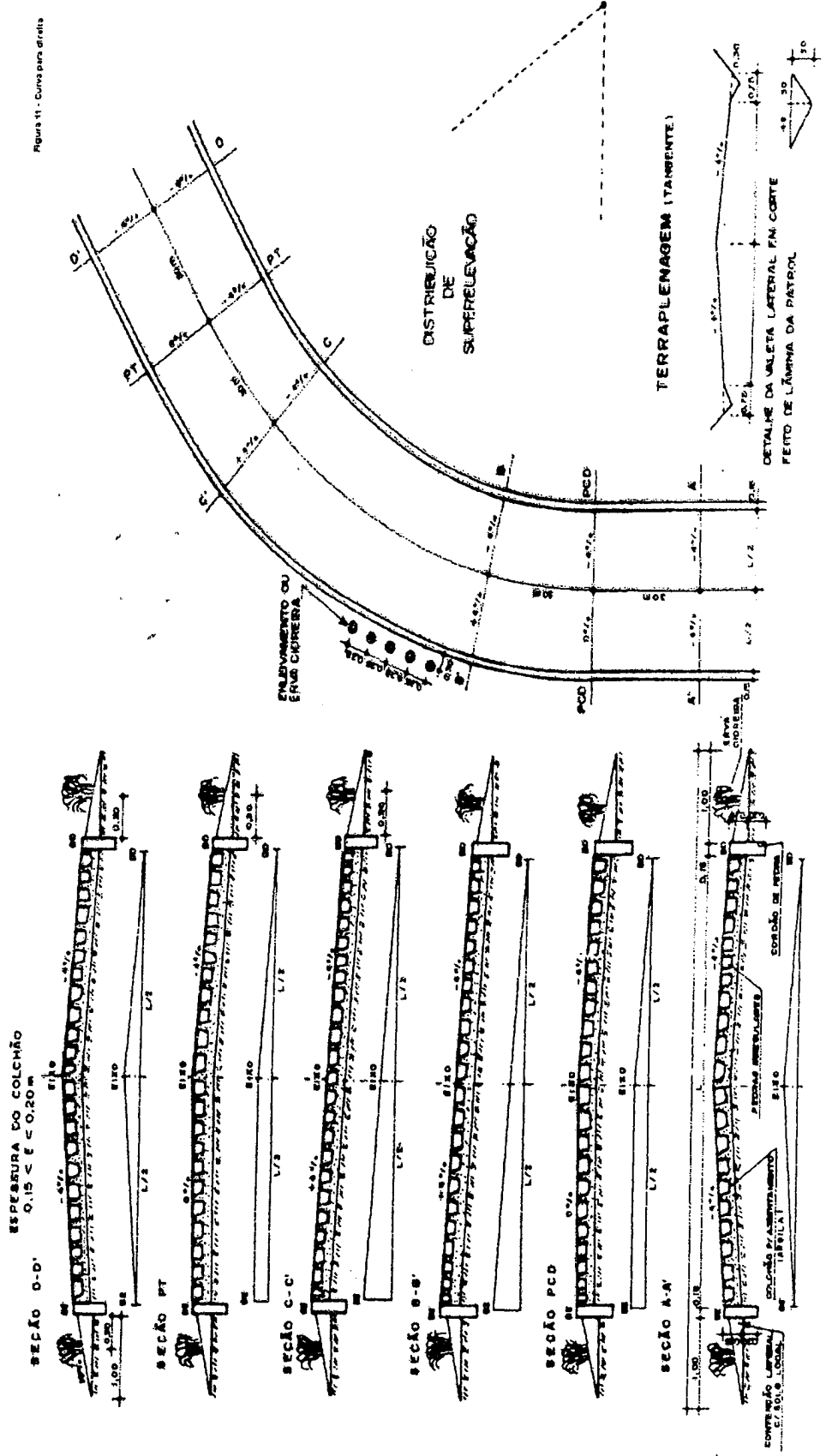


FIGURA 5 - SUPERELEVÇÃO - CURVA PARA A DIREITA

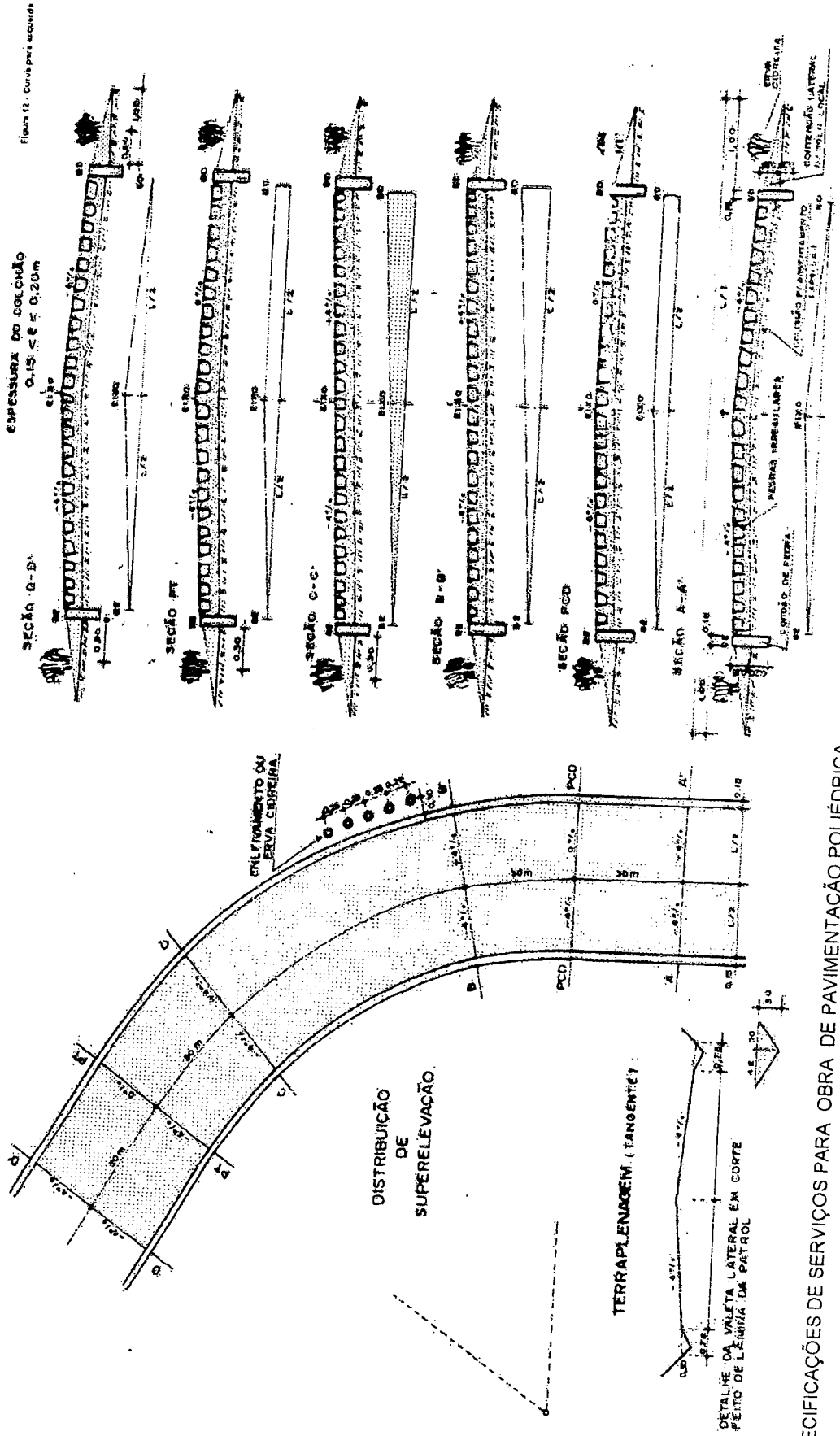




SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
 DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



FIGURA 6 - SUPERELEVÇÃO - CURVA PARA A ESQUERDA



ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS PARA OBRA DE PAVIMENTAÇÃO POLIÉDRICA



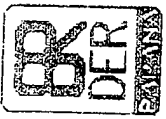
SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



f - Nos bordos da terraplenagem em cortes, deverão ser executadas valetas de pé de corte, com lâmina de motoniveladora "patrol" de modo a dar escoamento as águas superficiais, conforme detalhado na Figura 1.

### **6.3 - Abertura de Valas Para Colocação de Cordão Lateral**

a - Após o sub-leito ficar de acordo com o alinhamento, o perfil e as dimensões estabelecidas no projeto, procede-se a abertura das valas longitudinais, localizadas nos bordos da plataforma de pavimentação, conforme figura 7.

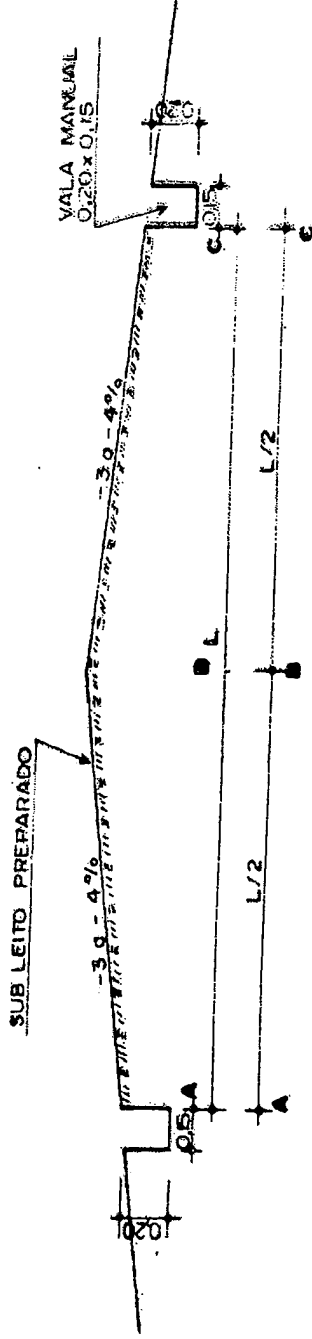


SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



FIGURA 7  
ABERTURA DA VALA PARA COLOCAÇÃO DO CORDÃO

Figura 9 - Abertura da Vala





SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



b - As valas laterais serão abertas manualmente através de picaretas e cortadeiras e o material resultante da escavação deverá ser depositado na lateral, fora da plataforma de pavimentação.

c - O fundo das valas deverá ser regularizado e apiloado para corrigir o recalque produzido pelo apiloamento, poderá ser usado o material da própria vala que será por sua vez apiloado. A operação será repetida até atingir o nível desejado.

A marcação da vala será definida topograficamente obedecendo alinhamento, perfil e dimensões estabelecidas no projeto.

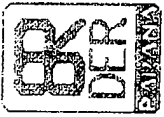
#### **6.4- Cordão de Pedra**

Os cordões deverão ser de material pétreo (derrames basálticos, diques de diabásio, pré-moldados) que obedeça as especificações aqui contidas no que diz respeito ao controle de execução.

Os cordões deverão ser de pedra com seção aproximadamente retangular, dimensões mínimas de 0,12 m no piso, 0,35 m na altura e 0,45 m no comprimento, apresentando superfície plana no piso (tanto quanto possível), conforme figura 8. Sua finalidade principal é de proteger os bordos do pavimento.

Serão assentados no fundo da vala lateral e suas arestas superiores rigorosamente alinhadas.

Os pisos dos cordões deverão ficar cerca de 0,15 m acima do sub-leito preparado e coincidente com a superfície do revestimento. De modo geral o material pétreo utilizado no cordão será o mesmo utilizado na pavimentação, ocasionalmente poderá ser utilizado pré-moldado em concreto tipo "3" das especificações de drenagem do DER/PR.

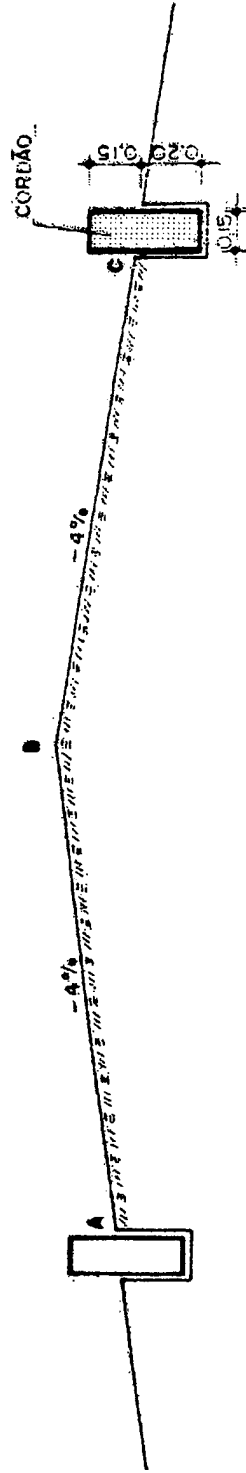


SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



IGURA 8  
COLOCAÇÃO DO CORDÃO

Figura 8 - Colocação do Cordão





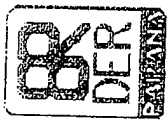
SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



### 6.5 - Contenção Lateral

Após a colocação dos cordões, obedecendo o alinhamento indicado no projeto, será executada a contenção lateral, que consiste na colocação do solo no próprio local formando um triângulo de 0,15 m de altura por 1,00 m de base atrás dos cordões afim de proteger o mesmo devido à algum deslocamento transversal, conforme figura 9. Essa porção de solo deverá ser compactada através de soquetes manuais ou do rolo compactador quando da fase final da compactação da pedra e deverá ser corrigida de modo que a contenção após concluída coincida com a superfície do revestimento.





SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



FIGURA 9  
CONTENÇÃO LATERAL

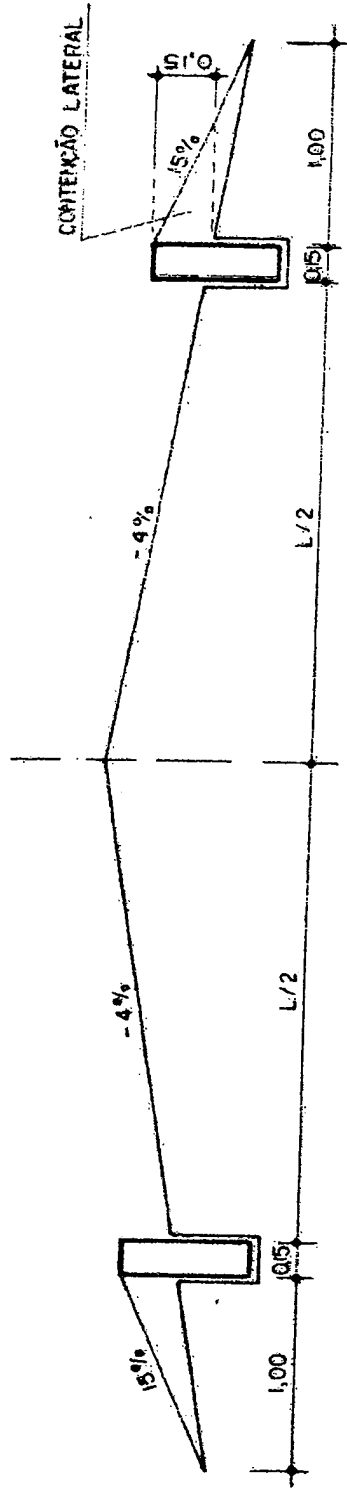


Figura 7 - Contenção Lateral



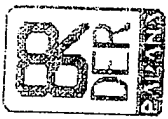
SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



#### **6.6 - Preparo da Base (Colchão de Solo).**

Após a contenção lateral concluída, será depositado sobre o sub-leito compactado um solo argiloso, ou outro solo coesivo, que atenda às especificações mínimas para a base de solo estabilizado, e espalhado manualmente de modo a atingir uma espessura mínima de 0,15 m e coincidente com o piso do meio fio, conforme figura 10.

Esse colchão de solo argiloso ou outro aprovado, terá a espessura variável de 0,15 m à 0,20 m com a finalidade de corrigir pequenos defeitos do sub-leito.



SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



FIGURA 10  
CONFORMAÇÃO DO COLCHÃO DE ARGILA

$0,15 \text{ m} < E < 0,20 \text{ m}$

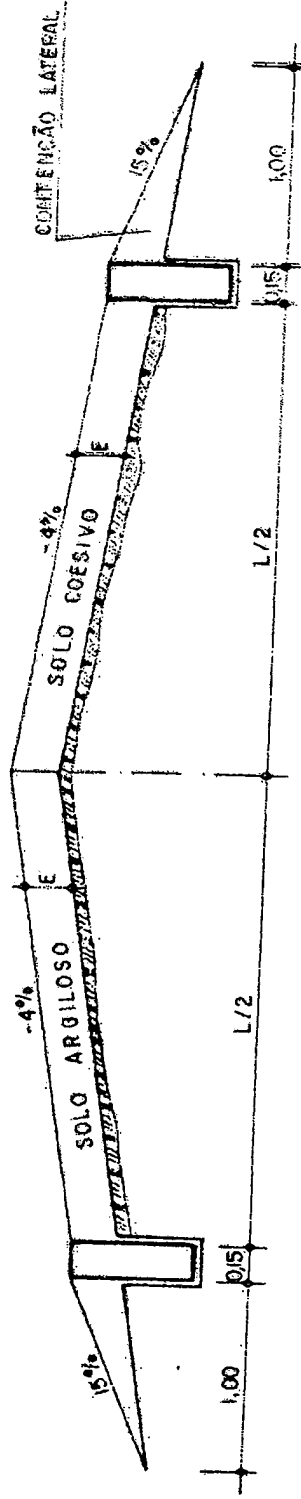


Figura 11 - Conformação do Colchão de Argila



### 6.7 - Assentamento da Pedra Irregular

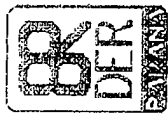
Sobre o colchão de solo preparado, o "encarregado" fará o piqueteamento das canchas com o espaçamento de 1,00 m no sentido transversal e de 5,00 m até 10,00 m no sentido longitudinal de modo a conformar o perfil projetado, assim as linhas mestras formam um reticulado, facilitando o trabalho de assentamento e evitando desvios em relação aos elementos do projeto. Nessa marcação o "encarregado" verifica a declividade transversal e longitudinal e no caso das curvas a superelevação.

Após segue-se o assentamento das pedras com as faces de rolamento cuidadosamente escolhidas, entrelaçadas e bem unidas de modo que não coincidam as juntas vizinhas, ficando as de forma alongada em sentido transversal ao eixo da pista tomando cuidado para que o espaçamento entre pedras não fique maior que 1,0 cm, conforme figura 11.

As juntas que ficarem maiores deverão ser preenchidas com lascas de pedras, deixando-se sempre bem visíveis e limpas as faces de rolamento.

Algumas medidas cautelares deverão ser observadas quanto às dimensões da pedra irregular como:

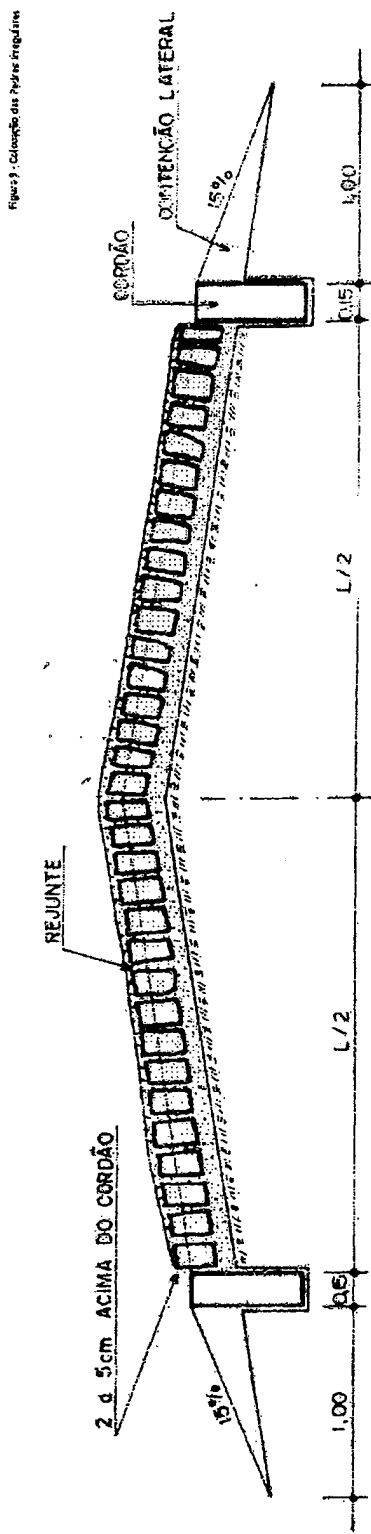
- a - Seção de topo circunscrito variando de 0,05 m à 0,10 m ;
- b - Altura de 0,13 m à 0,17 m ;
- c - Consumo médio por metro quadrado de 45 à 55 pedras.



SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



FIGURA 11  
COLOCAÇÃO DAS PEDRAS ANTES DA COMPACTAÇÃO





### **6.8 - Rejunte de Pedra**

Após concluído o assentamento, é espalhado sobre as pedras uma camada de solo (o mesmo utilizado no colchão) ou pó de pedra, com espessura de aproximadamente 2,0 cm e com auxílio de vassouras, rodos e vassourões é feita a varredura, possibilitando desse modo o melhor enchimento nos vazios entre as pedras assentadas.

### **6.9 - Compactação**

Logo após a conclusão do rejuntamento das pedras irregulares, o calçamento deverá ser devidamente compactado com rolo compressor liso de 3 rodas ou do tipo tanden de porte médio com peso mínimo de 10 t. A rolagem deverá progredir dos bordos para o eixo nos trechos em tangente, e do bordo interno para o externo nos trechos em curva.

Esta rolagem deve ser uniforme de modo que cada passada atinja metade da outra faixa de rolamento, até a completa fixação do calçamento, isto é, não se observe nenhuma movimentação das pedras pela passagem do rolo.

Qualquer irregularidade ou depressão que venham surgir durante a compactação, deverá ser corrigida, renovando ou recolocando as pedras irregulares com maior ou menor adição de material no colchão, e em quantidades suficientes à completa correção do defeito verificado.

Para a conclusão da compactação, deverá ser espalhada sobre a superfície de rolamento uma camada de recobrimento complementar em torno de  $\pm 3,00$  cm de solo ou pó de pedra para a rolagem final. O material que ficar por excesso será retirado pela ação do tráfego e das chuvas.

Após a rolagem final o pavimento está apto para receber o tráfego.

### **6.10 - Enlevamento (Erva Cidreira)**

De modo a prever futuras erosões é aconselhável realizar o enlevamento dos bordos (laterais), a largura mínima deverá ser de 1,00 m.

Tem-se mostrado eficiente a utilização de capim cidreira (erva) transformado em pequenas mudas e plantado a 0,30 m de cordão de pedra com espaçamento de 0,25 m no sentido longitudinal.

## **7 - CONTROLE**



SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



No que tange aos serviços de calçamento de pedras irregulares propriamente dito, exigem-se os seguintes controles:

a - O pavimento pronto deverá ter a forma definida pelo alinhamento, perfis, dimensões e seções transversais típicas estabelecidas pelo projeto.

b - Durante todo o período de construção do pavimento e até o seu acabamento definitivo não é permitido a passagem, sobre o mesmo de animais e veículos automotores.

c - A pavimentação não deverá ser executada quando o material do colchão estiver excessivamente molhado (saturado).

d - Todo material a ser empregado deverá ser previamente aprovado e verificadas as condições de aplicabilidade.

e - O solo utilizado no colchão deverá obedecer parâmetros como:

IP	≤	6 ( índice de plasticidade )
LL	≤	25 ( limite de liquidez )
Expansão	<	1 %

f - Quando for utilizado pó de pedra poderá ser aplicada a seguinte faixa de granulometria:

Peneiras:			
8	-	100 %	
16	-	65 %	- 90 %
30	-	40 %	- 60 %
50	-	25 %	- 42 %
100	-	15 %	a 30 %
200	-	10 %	a 20 %

g - O material pétreo utilizado na execução do cordão de pedra e da pavimentação deverá obedecer as seguintes especificações:

- 1- Índice de Abrasão Los Angeles < 40 %.
- 2- Ensaio de durabilidade em ciclos com sulfato de sódio apresentar desgaste < 15 %.

## 8- EQUIPAMENTOS

- Trator de esteira de porte médio.
- Carregador frontal.
- Motoniveladora.



SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE APOIO RODOVIÁRIO AOS MUNICÍPIOS



- Caminhão basculante.
- Caminhão pipa.
- Rolo vibratório ou rolo tandem ou rolo estático de 3 rodas, com peso mínimo 10 t (rolo de porte médio).
- Ferramentas manuais: Carrinhos, pás, picaretas, enxadas, soquetes, martelos, marretas, cortadeiras, piquetes, nível de pedreiro e linha de nylon nº 100.

#### 9 - PAGAMENTO

O pagamento será efetuado pelo DER às Prefeituras em parcelas mensais, após realização de medição, pelo Engenheiro Fiscal da DARM/DER da área de pavimentação poliédrica executada.