

# **GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ**

## **SEID**

Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e do Desenvolvimento  
Econômico

## **MINEROPAR**

Minerais do Paraná S.A

## **PARANÁ MINERAL**

PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA MINERAL  
PARANAENSE

## **CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS ROCHAS CALCÁRIAS**

**Agregados para pavimentos flexíveis**

**CURITIBA**

**2000**

**PARANÁ MINERAL**  
**PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA MINERAL**  
**PARANAENSE**

**FOMENTO INDUSTRIAL**  
**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS**  
**ROCHAS CALCÁRIAS**

**Agregados para pavimentos flexíveis**

**COORDENAÇÃO**  
Luís Marcelo de Oliveira

**EXECUÇÃO**  
Geólogo Luís Marcelo de Oliveira  
Geólogo Diclécio Falcade

## CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ROCHAS CALCÁRIAS COMO AGREGADOS EM PAVIMENTAÇÃO

### Pavimentos flexíveis

#### 1. Generalidades

Agregados constituem-se num dos principais componentes da pavimentação rodoviária, tendo como principais finalidades manter a estabilidade mecânica dos revestimentos, suportar o peso do tráfego e, ao mesmo tempo, transmiti-lo às camadas inferiores com uma pressão unitária reduzida.

Os vários tipos de agregados granulares existentes e adequados para a construção de revestimentos podem ser assim classificados: areia, pedregulho, pedra britada, escória e filer.

A pedra britada é o agregado mais importante para a construção de rodovias e sua utilização se dá nas diversas camadas da pavimentação.

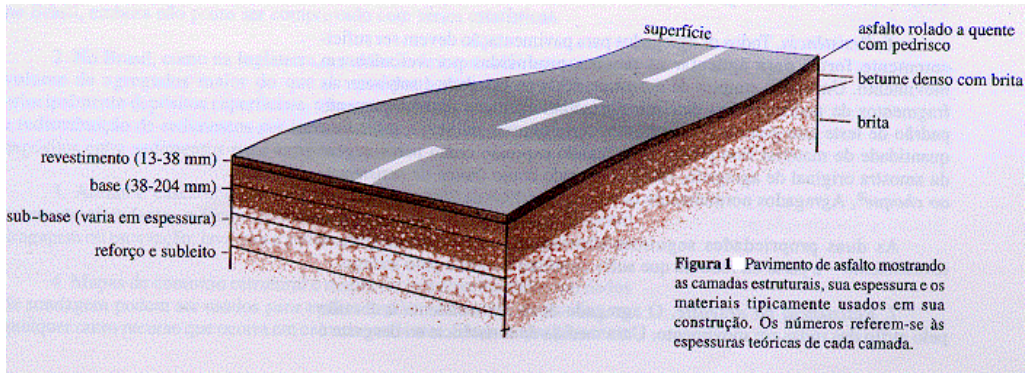
Em estradas e vias modernas há geralmente até quatro camadas, denominadas coletivamente de **pavimento**. O pavimento pode ser construído tanto com asfalto (agregados ligados com material betuminoso) ou concreto (agregados ligados por cimento).

Pavimentos de asfalto tendem a ser mais flexíveis do que os de concreto, permitindo um maior grau de flexibilidade elástica sob tráfego.

#### *Pavimentos de asfalto (Pavimentos flexíveis)*

Apresentam três ou quatro subdivisões (figura 1) :

- subleito: corresponde a superfície do solo após terraplanagem, podendo ser necessário a colocação de uma camada de reforço e regularização.
- sub-base: situada acima do subleito, corresponde a uma camada de fundação e drenagem feita de agregado solto. A permeabilidade é conseguida com o uso de fragmentos graúdos junto com relativamente poucos finos, de modo que haja uma profusão de espaços.
- base: é a principal camada de suporte e distribuição de carga, de modo que deve ser muito forte. Os agregados que a constituem devem ser bem graduados e podem ser ligados com betume, dependendo das condições exigidas pelo tráfego. Ela é dimensionada para não se deformar e fornece uma superfície sobre a qual é lançado o revestimento ou capa.
- revestimento ou capa: é a camada sobre a qual os veículos rodam. O revestimento deve fornecer uma superfície segura, lisa, durável e impermeável que seja também antiderrapante.



### *Pavimentos de concreto (Pavimentos rígidos)*

Nos pavimentos ligados por cimento, há uma única camada de concreto acima da sub-base, equivalente às duas camadas superiores.

## **2. Especificações de agregados para a construção de rodovias**

Todos os materiais usados para a construção de estradas estão sujeitos a normas e especificações, baseadas em testes de laboratórios. Os agregados para a construção de estradas devem ter as seguintes especificações:

- **granulometria**: o limite superior de tamanho é usualmente 38 milímetros para as camadas inferiores (sub-base e base da estrada) e 19 milímetros nas camadas superficiais, com um limite inferior de 0,075mm. O agregado deve ser bem graduado, especialmente para a base, para assegurar que os fragmentos se juntem e estabilizem quando compactados por equipamento pesado de rolo.

- **forma**: fragmentos de rocha britada têm forma angulosa e tendem a travar quando compactados, o que dá resistência às camadas não-ligadas. Como a sub-base e a base da estrada respondem pelo grosso dos agregados usados na construção de estrada, os materiais de fontes locais são os melhores. Rochas cristalinas são comumente usadas porque são rochas duras que não absorvem água, além de serem ubíquas e abundantes. Areias e cascalhos também são empregados na base de algumas estradas mas elas devem ser bem graduadas ou não compactarão satisfatoriamente. Materiais de rejeitos locais também podem ser adequados para sub-base, por exemplo escória ou clínquer britado, cacos de tijolos e de cerâmica e concreto britado.

- **facilidade de aderir ou ligar**: enquanto o cimento adere à maioria das rochas, o betume é mais seletivo. Ele adere melhor em rochas com superfícies rugosas do que lisas. Em geral, agregado angular (pedra britada) é preferido a agregado arredondado (areia e cascalho) para camadas que são ligadas com betumes. A maioria dos arenitos e quartzitos ligam bem com betume, o que não ocorre com sílex, por ser de granulização muito fina e quase vítreo.

- **conteúdo de umidade**: como os agregados para concreto, os materiais para a construção de estrada não devem absorver quantidades excessivas de água. Ciclos de encharcamento, secagem e congelamento e degelo da água nos poros das rochas provocam expansão e contração, e eventualmente provocam a quebra do pavimento.

- **densidade**: a densidade da rocha usada em um agregado não é crítica em termos de requisitos de engenharia, mas ela pode afetar a economicidade de uma operação. Para tomar dois exemplos extremos, basalto tem uma densidade de cerca de  $2.900\text{Kg.m}^{-3}$ , enquanto a densidade do calcário é cerca de  $2.600\text{Kg.m}^{-3}$ , uma diferença na faixa de 10%. Outros fatores permanecendo iguais, então uma tonelada de agregado de calcário é efetivamente mais barata que uma tonelada de basalto, pois ele cobrirá um trecho maior de estrada (ou produzirá um volume maior de concreto). Dito de outra forma, 9 t de calcário darão o mesmo resultado que 10 t de basalto.

- **resistência**: todos os agregados para pavimentação devem ser suficientemente fortes para agüentar as tensões produzidas por veículos em movimento. Um modo simples de determinar esta propriedade é submeter os fragmentos de pedra de uma determinada granulometria a um equipamento padrão de teste que golpeia a amostra um certo número de vezes, e medir a quantidade de material fino produzido. Quando expresso como percentagem da amostra original de agregado, isto é conhecido como índice de resistência ao choque. Agregados devem ter IRC de 20% ou menos.

As duas propriedades seguintes são importantes somente para o revestimento – a parte da rodovia que sofre contínuo desgaste pelo tráfego.

- **resistência ao desgaste**: o agregado deve ser resistente à abrasão pelo atrito das rodas em movimento. Uma medida ao desgaste é seu índice de desgaste Los Angeles (ILA). O agregado é colocado em uma máquina com dois cilindros giratórios, e é moído pela rotação. Ao final do ensaio o material é peneirado e sua granulometria comparada com a inicial. Quanto menor o ILA maior é a resistência da rocha à abrasão, sendo desejáveis valores menores que 50. O DNER recomenda que os agregados para revestimento não devam Ter ILA superior a 40.

- **resistência ao polimento**: com a utilização contínua, o agregado de revestimento também pode tornar-se polido, de modo que ele não proporciona uma boa adesão entre a pista e os pneus dos veículos, resultando em derrapagens.

A maioria das rochas ígneas e metamórficas são suficientemente duras para dar bons ILA e IRC mas a resistência ao polimento tende a ser insatisfatória a menos que as rochas contenham uma mistura de minerais duros e brandos que desgastam a taxas diferentes, e assim mantenham uma superfície áspera.

### **3. Rochas calcárias na pavimentação rodoviária**

Agregados de rochas calcárias são amplamente utilizados em várias regiões do mundo, principalmente nos setores da construção civil e pavimentação. Muitas vezes a inexistência de outros materiais convencionais, a exemplo de granitos e basaltos, impõe a necessidade do uso sistemático das rochas calcárias com o consequente desenvolvimento de estudos do comportamento e desempenho destes materiais nos diversos setores da construção e infraestrutura viária.

As rochas que dão origem a cerca de 75% dos agregados utilizados na construção civil dos Estados Unidos se constituem de “limestones”, isto é, rochas carbonatadas em geral (USGS). O restante é representado por granitos (15%), gabros, basaltos e diabásios (8%) e pedras britadas produzidas a partir de mármore, mármore calcário, filitos, conchas, cinzas vulcânicas e escórias.

Na Inglaterra os calcários contribuem com cerca de 60% da produção nacional de rocha britada para agregado (British Geological Survey), e provavelmente representam as maiores reservas de agregados de rochas sedimentares de boa qualidade.

No Brasil também existem regiões que o uso do calcário como agregado é amplamente difundido em obras civis, a exemplo da capital federal – Brasília e Minas Gerais.

A grande maioria das rodovias de Brasília é construída utilizando-se agregados de rochas carbonáticas, devido a falta de outros materiais. Entre os tipos de rochas carbonáticas existentes na região, são os dolomitos que apresentam características físico-químicas mais adequadas para o uso em pavimentação. Constituem-se de rochas maciças, sem acamamento e de cor cinza claro. Outros tipos locais, representados por calcários laminados com presença de camadas ricas em argilominerais são menos indicados, devido a sua estrutura mineralógica própria, que origina agregados alongados com tendência a serem muito escorregadios.

Estudos realizados para a caracterização dos calcários do Distrito Federal, mostram que para a pavimentação, os tipos dolomíticos mostram características de resistência melhores que os tipos calcínicos, em função dos baixos teores de cálcio e altos teores de magnésio –  $MgCO_3 > 12\%$  (JUNQUEIRA, F.F e SOUZA, N.M, 1995).

Para a caracterização dos calcários do Distrito Federal e avaliação do seu potencial para uso na pavimentação, foram efetuados os seguintes ensaios:

Análises geológicas

- Análises químicas
- Raio-X
- Lâminas petrográficas

Propriedades geotécnicas

- Resistência à compressão uniaxial
- Porosidade
- Expansibilidade

Ensaio no material Britado (Agregados)

- Resistência ao atrito e esmagamento
- Abrasão LOS ANGELES
- Adesividade
- Densidade
- Granulometria

No que diz respeito às propriedades de resistência (atrito, esmagamento e compressão uniaxial), os dolomitos maciços do Distrito Federal apresentam índices comparáveis com rochas tipicamente utilizadas na pavimentação, como os basaltos e os diabásios, a saber:

Figura 2 – Comparação de índices de resistência ao esmagamento de dolomitos do DF e rochas de SP, expressos em porcentagem de material reduzido a pó durante o processo

Rocha	Localidade	Perda (%)
Dolomito	DF	13,8
Basalto	SP	10
Basalto	SP	13
Diabásio	SP	13
Diabásio	SP	18
Granito	SP	19
Granito	SP	23

Figura 3 – Comparação de índices Los Angeles dos dolomitos do DF, com algumas rochas de SP

Rocha	Localidade	Índice L.A (%)
Dolomito	DF	13 - 14
Basalto	SP	15
Basalto	SP	16
Diabásio	SP	20
Diabásio	SP	20
Granito	SP	28
Granito	SP	30

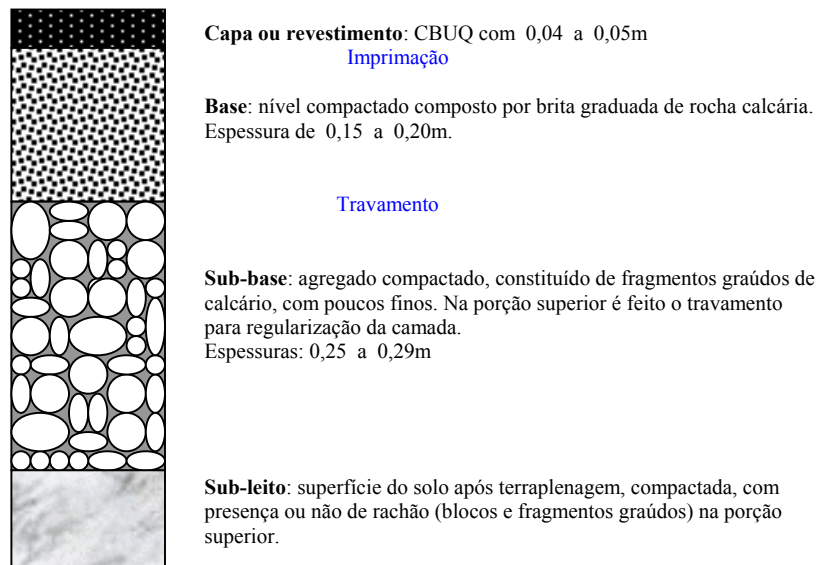
No aspecto expansibilidade e porosidade os resultados foram igualmente satisfatórios, onde os índices de porosidade apresentaram valores muito baixos, o que dificulta os processo de

alteração das rochas. Os índices de expansão não apresentaram resultados críticos e, havendo boa impermeabilização da pista, elimina-se problemas relacionados a esta propriedade.

### 3.1 Experiências no Paraná

O uso intensivo de agregados de rochas calcárias em pavimentos rodoviários no estado do Paraná, verifica-se principalmente no município de Colombo, Região Metropolitana de Curitiba. A Prefeitura Municipal local vem utilizando agregados de calcários calcíticos (cinza escuro), e principalmente calcários dolomíticos (cinza claro) em quase a totalidade dos 70 Km de vias construídas no município na atual gestão. O material é aplicado nas camadas de base e sub-base do pavimento, que chega a atingir uma espessura total da ordem de 0,45m, assim distribuídos:

Figura 4 – Perfil de pavimentos asfálticos da região de Colombo – PR



Os agregados utilizados na capa ou revestimento são constituídos de britas convencionais (granito e basalto), não existindo testes ou ensaios com agregados de calcário no CBUQ (concreto betuminoso usinado à quente).

Admitindo-se larguras médias das vias de circulação de Colombo em torno de 7m, num total de 70Km de pavimentação e espessuras médias de 0,50m (0,45 de brita compactada X 30% solto), estima-se um consumo de cerca de 245.000 m<sup>3</sup> de calcário britado.

Recentemente a Prefeitura Municipal de Curitiba efetuou ensaios com pedras britadas utilizadas na pavimentação das vias de Colombo, cujos resultados são apresentados a seguir:



## Brita 2

### Granulometria

Peneiras	% Passando
2"	100
3/8"	0,2
Nº 4	0,2
Nº 10	0,2
Nº 40	0,1

Densidade real: 2,633 g/cm<sup>3</sup>

Densidade aparente (Solta): 1,251 g/cm<sup>3</sup>

Desgaste ABRASÃO LOS ANGELES: 30,2%

## Brita 1

### Granulometria

Peneiras	% Passando
2"	100
3/8"	2,0
Nº 4	0,4
Nº 10	0,2
Nº 40	0,1
Nº 200	0,1

Densidade real: 2,610 g/cm<sup>3</sup>

Densidade aparente (Solta): 1,319 g/cm<sup>3</sup>

Desgaste ABRASÃO LOS ANGELES: 30,6%

## Pedrisco + Pó

### Granulometria

Peneiras	% Passando
3/8"	100
Nº 4	94
Nº 10	64,9
Nº 40	35,3
Nº 200	18,8

Densidade real: 2,508 g/cm<sup>3</sup>  
 Densidade aparente (Solta): 1,510 g/cm<sup>3</sup>  
 Desgaste ABRASÃO LOS ANGELES: 30,2

### Projeto Faixa “A” – DNER

#### Composição Percentual da Mistura de Agregados

Brita 02 ..... 25%  
 Brita 01 ..... 25%  
 Pedrisco + pó ..... 50%

#### Faixa granulometrica composta pela mistura de agregados

Peneiras	% Passando	Especificações Faixa “A”
2”	100	100
3/8”	51,4	30 – 65
Nº 4	47,9	25 – 55
Nº 10	35,9	15 – 20
Nº 40	18,1	8 – 20
Nº 200	8,0	2 – 8

#### Compactação

Densidade máxima: 2,133 g/m<sup>3</sup>  
 Umidade ótima: 7,0%

#### Índice de Suporte Califórnia

C.B.R ..... 90,5%  
 Expansão ..... 0,0  
 Equivalente de areia .....46,0%

Materiais de consumo	Projeto (%)	Densidade máxima (2,133)	Densidade mat. solto
BRITA 02	25,0	0,533 m <sup>3</sup>	1,252 0,426 m <sup>3</sup>
BRITA 01	25,0	0,533 m <sup>3</sup>	1,319 0,404 m <sup>3</sup>
PEDRISCO + PÓ	50,0	1,066 m <sup>3</sup>	1,515 0.704 m <sup>3</sup>

A MINEROPAR efetuou análises preliminares em três amostras de agregados de rochas calcárias provenientes de Almirante Tamandaré (duas amostras de calcário dolomítico) e Rio Branco do Sul (uma amostra de calcário calcítico). As referidas amostras, após britadas na fração ≤ 2,5cm, foram analisadas nos laboratórios do DER - Departamento de Estradas e Rodagem, para

determinação de durabilidade, resistência ao desgaste (abrasão LOS ANGELES) e adesividade, em pavimentos de concreto asfáltico. Além destes, a MINEROPAR realizou em seus laboratórios (SELAB), ensaios para determinação de massa específica, massa específica aparente, absorção de água e porosidade aparente.

Os resultados dos ensaios acham-se em anexo, e as amostras são assim identificadas:

Amostra AM 01 – calcário dolomítico (Pedreira da Mineração Terra Rica)

Amostra AM 02 – calcário dolomítico (Pedreira da Mineração Rio Grande)

Amostra AM 03 – calcário calcítico (Mina Saiva – Grupo Votoran)

A tabela a seguir apresenta os principais resultados obtidos nos ensaios, indicando a viabilidade do uso de agregados de rochas calcárias em pavimentos rodoviários, conforme as especificações exigidas pelo DER/PR:

Ensaio/Amostra	AM 01		AM 02		AM 03	
<b>Durabilidade</b>	Agregado graúdo	Agregado miúdo	Agregado graúdo	Agregado miúdo	Agregado graúdo	Agregado miúdo
	% de perda ponderada (totais)		% de perda ponderada (totais)		% de perda ponderada (totais)	
	0,3	0,9	0,3	1,9	0,0	1,0
<b>Abrasão LOS NGELES</b>	% de perda					
	23,6		22,1		21,6	
<b>Adesividade</b>	Satisfatório (% de descobrimento 00)					
	CAP + 0,6% dope		CAP + 0,6% dope		CAP + 0,4% dope CAP + 0,6% dope Emulsão asf. RM-1C Emulsão asf. RR-1C	
<b>Absorção de água (%)</b>	0,23		0,19		0,10	
<b>Massa específica (real - aparente)</b>	g/cm3					
	2,44 - 2,43		2,61 – 2,59		2,48 – 2,47	

Valores de referência:

**Durabilidade** (Limites preconizados pela ASTM)

Agregado GRAÚDO: porcentagem de perda admitida até 12 %

Agregado MIÚDO: porcentagem de perda admitida até 15 %

**Abrasão Los Angeles**

Padrão DER: porcentagem de perda admitida < 45%

**Adesividade**

CAP – Cimento asfáltico de Petróleo (pixe)

Emulsão asfáltica – CAP diluído

Dope = adesivos (Obs: no caso de rochas graníticas é comum a adição de 0,2 – 0,4% dope)

**Absorção de água**

Até 2,5% (Granito = 00%; Basalto = 2,0% – 2,5%)

## 4. Normas e especificações para pavimentação rodoviária (DER/PR)

### 4.1 Brita graduada (Norma DER/PR ES-P 05/91)

#### Objetivo

Esta especificação de serviço define os critérios que orientam a execução de bases e sub-bases de brita graduada, em obras rodoviária sob jurisdição do DER/PR

#### Definição

Brita graduada é a camada de base ou sub-base, composta por mistura em usina de produtos de britagem, apresentando granulometria contínua, cuja estabilização é obtida pela ação mecânica do equipamento de compactação.

#### Materiais

Todos os materiais deverão satisfazer as seguintes especificações aprovadas pelo DER/PR:

A camada de base e sub-base de brita graduada será executada com materiais que atendam aos seguintes requisitos:

- Os agregados utilizados, obtidos a partir da britagem e classificação de rocha sã, deverão ser constituídos por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração, e de outras substâncias ou contaminações prejudiciais.
- Quando submetidos à avaliação da durabilidade com solução de sulfato de sódio, em cinco ciclos, pelo método DNER-ME 89-64, os agregados deverão apresentar perdas inferiores aos seguintes limites:
  - agregados graúdos .....15%
  - agregados miúdos .....18%
- Para o agregado retido na peneira nº 10, a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (DNER-PR 35-64), não deverá ser superior a 50%.
- A composição granulométrica da brita graduada poderá estar enquadrada em uma das seguintes faixas:

PENEIRAS		% PASSANDO, EM PESO	
ASTM	mm	I	II
2"	50,8	100	
1 1/2"	38,1	90 – 100	100
3 / 4"	19,0	50 – 85	60 – 95
3 / 8"	9,5	35 – 65	40 – 75
nº 4	4,8	25 – 45	25 – 60
nº 10	2,0	18 – 35	15 – 45
nº 40	0,42	8 – 22	8 – 25
nº 200	0,074	3 - 9	2 - 10

- A presença de material que passa na peneira nº 200 não deverá ultrapassar a 2/3 da percentagem que passa na peneira nº 40.
- Para camadas de base, a percentagem passante nas peneiras nº 40 não deverá ser inferior a 12%.
- A diferença entre as percentagens passantes nas peneiras nº 4 e nº 40 deverá estar compreendida entre 20 e 30%.
- A fração passante na peneira nº 4 deverá apresentar o equivalente de areia, determinado pelo método DNER-ME 54-63, superior a 40%.
- A percentagem de grãos de forma defeituosa, obtida no ensaio de lamelaridade não deverá ser superior a 20%.
- O índice de suporte Califórnia obtido através do ensaio DNER-ME 49-74, com energia modificada, não deverá ser inferior a 100%.

## 4.2 Concreto Asfáltico Usinado a Quente – CBUQ (Norma DER/PR ES-P 21-91)

### Objetivo

Esta especificação de serviço define os critérios que orientam a execução de misturas asfálticas do tipo concreto asfáltico usinado a quente, em obras rodoviárias sob a jurisdição do DER/PR. É apresentada de forma parcial, com ênfase às especificações de agregados, sem entrar no mérito de composição de misturas, equipamentos, depósitos para cimento asfáltico, depósitos para agregados e usinas para misturas asfáltica, que complementam as especificações da Norma DER/PR ES-P21/91

### Definição

Concreto asfáltico usinado a quente é uma mistura executada em usina apropriada, composta de agregados minerais e cimento asfáltico de petróleo, espalhada e comprimida a quente.

De acordo com a posição relativa e a função na estrutura, a mistura de concreto asfáltico deverá atender a características especiais em sua formulação, recebendo geralmente as seguintes designações:

- camada de rolamento ou simplesmente “capa asfáltica”: camada superior da estrada destinada a receber diretamente a ação do tráfego. A mistura empregada deverá apresentar estabilidade e flexibilidade compatíveis com o funcionamento elástico da estrutura e condições de rugosidade que propiciem segurança ao tráfego, mesmo sob condições climáticas e geométricas adversas.
- Camada de ligação ou “blinder”: camada posicionada imediatamente abaixo da “capa”. Apresenta, em relação a mistura utilizada para a camada de rolamento, diferenças de comportamento, decorrentes do emprego de agregado de maior diâmetro máximo, existência de maior percentagem de vazios, menor consumo de “filler” e de ligante.
- Camada de nivelamento ou “reperfilagem” : serviço executado com massa asfáltica de graduação fina, com a função de corrigir deformações ocorrentes na superfície de um antigo revestimento e, simultaneamente, promover a selagem de fissuras existentes.

### Materiais

Todos os materiais utilizados deverão satisfazer as especificações aprovadas pelo DER/PR.

### Materiais asfálticos

É recomendado o emprego de cimento asfáltico de petróleo do tipo CAP-20 e CAP-55, atendendo ao especificado na EB-78 da ABNT. O emprego de outros tipos de cimentos asfálticos especificados pela ABNT poderá ser admitido, desde que tecnicamente justificado e sob a devida aprovação da Fiscalização.

### Agregados

#### Agregado Graúdo

O agregado graúdo deverá ser constituído por pedra britada ou seixo rolado britado, apresentando partículas sãs, limpas e duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas, atendendo aos seguintes requisitos:

- a) Quando submetidos à avaliação da durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos (método DNER-ME 89-64), os agregados utilizados deverão apresentar perdas inferiores a 12%.
- b) Para o agregado retido na peneira nº 10, a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (método DNER-ME 35-64) não deverá ser superior a 45%.
- c) A percentagem de grãos de forma defeituosa é determinada no ensaio de lamelaridade, não deverá ultrapassar a 25%.

- d) No caso de emprego de seixos rolados britados, exige-se que 90% dos fragmentos, em peso, apresentem pelo menos uma face fragmentada pela britagem.

#### Agregado Miúdo

O agregado miúdo deverá ser constituído por areia, pó-de-pedra ou misturas de ambos, apresentando partículas individuais resistentes, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Deverão ser atendidos, ainda, os seguintes requisitos:

- As perdas no ensaio de durabilidade (DNER-ME 89-64), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deverão ser inferiores a 15%.
- O equivalente de areia (DNER-ME 54-63) de cada fração componente do agregado miúdo (pó-de-pedra e/ou areia) deverá ser igual ou superior a 55%.
- É vedado o emprego de areia proveniente de depósitos em barrancas de rios.

### **5. Laboratórios e custos dos ensaios**

DER – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM

Curitiba –PR

Ensaios de agregados para Pavimentação Asfáltica

1. Análise granulométrica (NBR – 7217).....	R\$ 61,00
2. Avaliação da durabilidade do agregado pelo emprego da solução de sulfato de sódio ou magnésio para agregado graúdo e miúdo.....	R\$ 183,00
3. Resistência a abrasão LOS ANGELES. Resistência ao esmagamento. Avaliação da resistência mecânica pelo método dos 10% de finos.....	R\$ 65,00
4. Resistência ao impacto TRETON.....	R\$ 50,00
5. Índice de forma.....	R\$ 148,00
6. Determinação de impurezas orgânicas húmicas em agregado miúdo (NBR – 7220) .....	R\$ 48,00
7. Ensaio de lamelaridade.....	R\$ 45,00
8. Determinação da adesividade de agregado graúdo e ligante betuminoso (RRL modificado) .....	R\$ 21,00
9. Ensaio de qualidade de agregado miúdo (NBR – 7221) .....	R\$ 172,00
10. Determinação do teor de argila em torrões (NBR – 7218) .....	R\$ 39,00
11. Determinação de teor de material pulverulento (NBR – 7219) .....	R\$ 39,00
12. Determinação de massa unitária em estado solto (NBR – 7251) .....	R\$ 26,00
13. Determinação de massa unitária em estado compacto seco (NBR – 7810) .....	R\$ 26,00
14. Massa específica e umidade superficial Chapman (NBR – 9776) .....	R\$ 75,00
15. Agregado graúdo – determinação da densidade DNER – ME 081/94.....	R\$ 65,00
16. Equivalente de areia .....	R\$ 84,00
17. Densidade real do agregado miúdo DNER – ME 085/94.....	R\$ 75,00
18. Material finamente pulverizado – det. da massa espec. real DNER – ME 085/94.....	R\$ 75,00
19. Composição da brita graduada .....	R\$ 468,00

Obs. Os ensaios 2, 3 e 8 são considerados fundamentais e determinantes para caracterização da viabilidade do uso de rochas calcárias como agregados em concretos asfálticos.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
Laboratório de Materiais de Construção e Mecânica dos Solos

Ensaio de Estradas e Pavimentações

ÍTEM	DISCRIMINAÇÃO DO ENSAIO	UNID	NORMAS	PREÇOS UNITÁRIOS (R\$)
1	Avaliação da durabilidade de agregados – emprego de sulfato de sódio ou de magnésio - DNER	un	ME 89-64	58,06
2	Índice de forma do agregado	un	ME 86-64	42,43
3	Adesividade de agregado graúdo à ligante betuminoso (RRL) - DNER	un	ME 78-63	33,49
4	Adesividade de agregado miúdo à ligante betuminoso (RRL) - DNER	un	ME 79-63	69,22
5	Ensaio Marshall para misturas betuminosas	un	ME 43-64	178,64
6	Dosagem de mistura betuminosa – (Ensaio Marshall) - DNER	un	ME 43-64	357,27
7	Densidade aparente de corpo de prova de mistura betuminosa - DNER	un	ME 77-63	20,10
8	Ensaio de estabilidade por corpo de prova – (Ensaio Marshall) - DNER	un	ME 43-64	22,33
9	Porcentagem de betume em misturas betuminosas - DNER	un	ME 53-63	111,65
10	Ponto de amolecimento de material betuminoso (anel e bola) - ABNT	un	MB-64	33,49
11	Determinação da penetração de materiais betuminosos - DNER	un	ME 03-73	24,56
12	Determinação da viscosidade Saybolt-Furol de material betuminoso a alta temperatura	un	ME 16-64	31,26
13	Massa específica de materiais betuminosos	un	ME 16-64	46,89
14	Determinação do equivalente de areia	un	NBR-12052	40,19
15	Determinação da massa unitária do agregado	un	NBR 7251	37,26
16	Determinação da massa específica real	un	NBR-9937	35,70
17	Determinação do teor de torrões de areia	un	NBR-7218	35,70
18	Determinação do teor de material pulverulento	un	NBR-7219	35,70
19	Determinação do índice de abrasão Los Angeles	un	NBR-6465	116,03
20	Determinação da granulometria de agregado	un	NBR-7217	35,70

Horas Técnicas

Professores – R\$ 62,52 / hora

Engenheiros – R\$ 44,66 / hora

Técnicos de laboratório – R\$ 26,80 / hora