

- **Materiais de pavimentação:**

- Base estabilizada granulometricamente
- Solo arenoso fino laterítico - SAFL
- CCR

1º.semestre / 2024

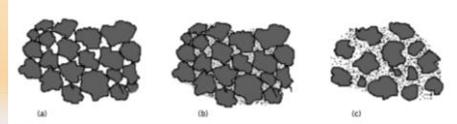
1

- **Base estabilizada granulometricamente**

- Solo brita e base estabilizada granulometricamente

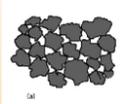
O DNIT trata o solo brita e base estabilizada granulometricamente como sinônimos, já a ABNT NBR, o DER-SP e também o DER-PR apresentam algumas distinções entre os dois materiais.

Yoder e Witczak, (1975) apresentam três tipos distintos de materiais para bases e sub-bases, quanto a granulometria



2

- **Base estabilizada granulometricamente**



material com **contato grão-grão**, com ausência de finos, resistência não vulnerável a mudança de umidade, difícil densificação e baixa massa específica aparente (a).

material com certa presença de finos, em quantidade suficiente para que preencham os vazios dos agregados graúdos proporcionando maior massa específica aparente, permeabilidade mais baixa que o do tipo (a), ainda apresenta o **contato grão-grão**, em geral menos deformável que o tipo (a) e; moderadamente difícil de compactar

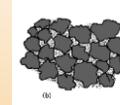
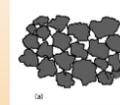


matriz de finos, **não se garante contato grão-grão** devido ao excesso de finos (c); densidade mais baixa em geral que o tipo (b) e também permeabilidade inferior, podendo ser mesmo impermeável dependendo da natureza dos finos; a mistura é afetada por variações de umidade e apresenta certa facilidade na compactação.

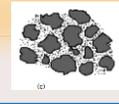
3

- **Base estabilizada granulometricamente**

Para bases de pavimentos, as especificações tradicionais preconizam o uso de materiais do tipo (a) e (b)



Em geral, as misturas onde o contato grão-grão é garantido são tradicionalmente as preferenciais, embora, a prática tenha mostrado grande sucesso no tipo (c), quando certos requisitos, comentado a seguir, são observados.



4

- **Base estabilizada granulometricamente**

Tem-se empregado com frequência misturas do tipo (b) e (c), também denominadas de solo-brita ou solo-areia. O tipo (c) tem sido denominado também de solo-brita descontínuo.

O importante dessas misturas, principalmente no caso do tipo (c), é a **natureza do material fino**. Pode-se utilizar com sucesso misturas do tipo (c) com solos lateríticos.

Essas misturas, por prevalecer a matriz de solo laterítico, são coesivas, muito pouco expansivas e com boa capacidade de suporte.

Certas misturas de solo-brita (50% em peso de brita) dão ISC da ordem de 80% na energia modificada - **denominadas de 50 x 50**.

As misturas com 70% em peso de brita e 30% de solo apresentam muitas vezes ISC acima de 100% e apresentam pouca perda de capacidade de suporte após imersão em água - **denominadas de 70 x 30**

5

- **Base estabilizada granulometricamente**

O solo-brita começou a ser empregado no estado de São Paulo ainda na década de 1950, conhecido então por "virado paulista" (Nogami e Villibor, 1995).

Esse material tem sido empregado como material de base, predominantemente em misturas de **80% brita - 20% solo ou no máximo 70% brita - 30% solo**. Eles vêm sendo empregados em vias de tráfego médio a pesado com sucesso. Preferencialmente, nesses casos a mistura deve ser feita em **usina**.

Aplicado em camada de base ou sub-base de pavimento, com espessuras médias entre 10 cm e 20 cm. Quando se deseja espessuras de camada estabilizada maiores que 20 cm, essas devem ser executadas em camada de até 20 cm.

Devido à variabilidade intrínseca desse material, não se tem especificado valores de módulo de resiliência. Faz-se necessário a determinação do valor em laboratório.

6

• Base estabilizada granulometricamente

O DNIT especifica nas normas **DNIT 141 (2010)** as seguintes características dos materiais para emprego em bases estabilizadas granulometricamente:

Para  $N > 5 \times 10^6$ , o material deve se enquadrar em uma das 04 (quatro) Faixas A, B, C e D

Para  $N \leq 5 \times 10^6$ , o material deve se enquadrar em uma das 06 (seis) Faixas A, B, C, D, E e F

n.	(mm)	Faixas de projeto						Tolerância (%)
		A	B	C	D	E	F	
2"	50,8	100	100	-	-	-	-	± 7
1"	25,4	-	75-90	100	100	-	-	± 7
3/8"	9,5	30-65	40-74	50-85	60-100	100	100	± 7
4	4,76	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100	± 5
10	2,0	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100	± 5
40	0,42	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70	± 2
200	0,075	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25	± 2

• Base estabilizada granulometricamente

O **DNIT 141 (2010)** especifica ainda:

- $LL < 25\%$
- $IP \leq 6\%$
- Caso contrário,  $EA > 30\%$
- Índice Suporte Califórnia –
- $ISC \geq 60\%$  para Número  $N \leq 5 \times 10^6$ ,
- $ISC \geq 80\%$  para Número  $N > 5 \times 10^6$ , expansão  $\leq 0,5\%$ .

• Base estabilizada granulometricamente

Já o DER-SP ET-DE-P00/014 – especifica que:

Para bases -  $CBR \geq 80\%$ , para  $N > 5 \times 10^6$ , energia modificada,

Para bases -  $CBR \geq 60\%$ , para  $N < 5 \times 10^6$ , energia modificada,

Para sub-bases -  $CBR \geq 30\%$  e expansão  $\leq 1,0\%$ , energia intermediária,

A curva granulométrica do material ou mistura de materiais deve ser contínua e deve enquadrar-se em uma das faixas:

n.	(mm)	Faixas de projeto						Tolerância (%)
		I	II	III	IV	V	VI	
2"	50,8	100	100	-	-	-	-	± 7
1"	25,4	-	75-90	100	100	100	100	± 7
3/8"	9,5	30-65	40-75	50-85	60-100	75-100	100	± 7
4	4,76	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100	± 5
10	2,0	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100	± 5
40	0,42	8-20	15-30	15-30	25-50	30-55	30-70	± 2
200	0,075	2-8	5-15	5-20	5-20	8-25	10-25	± 2

• Base estabilizada granulometricamente

O DER-SP na especificação técnica - ET-DE-P00/003 Sub-base ou Base de Solo de Comportamento Laterítico-brita Descontínua - **SLBD**

Os **solos** de comportamento laterítico pertencer a um dos seguintes grupos da classificação **MCT: LA', LA ou LG'**.

As **sub-bases e bases** de solo laterítico-brita descontínua são camadas constituídas de mistura artificial, **processada em usina**, com solo de granulometria fina e de comportamento laterítico que ao serem misturadas com agregado pétreo britado, **brita 2, brita 1, pedrisco**, apresentam, **granulometria descontínua** e grande estabilidade e durabilidade quando adequadamente compactadas.

A sub-base e base de solo laterítico-brita descontínua podem ser utilizadas **desde rodovias vicinais até rodovias com elevado volume de tráfego**.

• SOLO ARENOSO FINO LATERÍTICO - SAFL

• SOLO ARENOSO FINO LATERÍTICO - SAFL

O emprego de solo arenoso fino laterítico (SAFL) em **bases de pavimentos econômicos** no Estado de São Paulo, deve-se a vasta área de ocorrência, peculiaridades físicas e mecânicas referentes aos métodos classificatórios tradicionais de índices físicos, os aspectos econômicos e ambientais

As características de elevada capacidade de suporte, elevado módulo de resiliência, baixa expansibilidade, coesão elevada e baixo coeficiente de sorção contribuem para a eficácia da utilização deste solo na engenharia rodoviária.

FATEC – Faculdade de Tecnologia de São Paulo

- SOLO ARENOSO FINO LATERÍTICO - SAFL

O SAFL abrange uma área de aproximadamente **65% do território nacional**, sendo este o principal fator para que seja analisada sua utilização em bases de pavimentos econômicos. Portanto, sua utilização está caracterizada pelo aproveitamento dos recursos naturais, por ser uma solução de baixo custo e devido à viabilização dos programas de rodovias vicinais.



MATERIAIS DE PAVIMENTAÇÃO

PROF. DR. EDSON DE MOURA

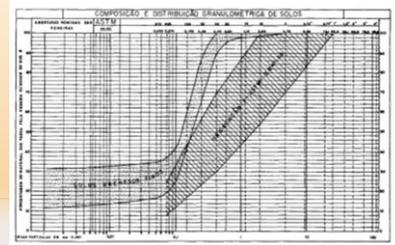
13

FATEC – Faculdade de Tecnologia de São Paulo

- SOLO ARENOSO FINO LATERÍTICO - SAFL

Para a utilização do SAFL, o estudo adequado do solo e o uso de uma técnica construtiva satisfatória não garantem o sucesso desejado, outras condicionantes devem ser observadas, tais como: condições climáticas, volume de tráfego, geometria e a drenagem

### Granulometria



MATERIAIS DE PAVIMENTAÇÃO

PROF. DR. EDSON DE MOURA

14

FATEC – Faculdade de Tecnologia de São Paulo

- SOLO ARENOSO FINO LATERÍTICO - SAFL

### Mineralogia, Estrutura e Cor

A fração areia é constituída quase que integralmente de quartzo, com formatos arredondados e angulosos. É frequente a presença de película opaca recobrimdo parcialmente os grãos maiores, imprimindo à fração areia uma coloração peculiar – arroxeadada, rósea, amarelada.

A fração argila examinada com difratometria de raios X tem revelado presença constante de caulinita, goetita (óxidos de ferro hidratado), óxido de ferro amorfo, quartzo e às vezes gibsita (óxido de alumínio hidratado). Esse elenco mineralógico é sem dúvida uma característica peculiar desses tipos de solo.

MATERIAIS DE PAVIMENTAÇÃO

PROF. DR. EDSON DE MOURA

15

FATEC – Faculdade de Tecnologia de São Paulo

### CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR

MATERIAIS DE PAVIMENTAÇÃO

PROF. DR. EDSON DE MOURA

16

FATEC – Faculdade de Tecnologia de São Paulo

### CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR

O material concreto compactado a rolo (CCR) normalmente tem sido especificado como camada de sub-base ou base de pavimento de concreto:

- DNIT 056/2004 – ES Pavimento rígido – Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo – Especificação de serviço,
- DNIT 059/2004 – ES - Pavimento rígido – Pavimento de concreto de cimento Portland compactado com rolo – Especificação de serviço
- ET-DE-P00/044 - Concreto compactado com rolo para sub-base ou base de pavimento de concreto de cimento Portland

MATERIAIS DE PAVIMENTAÇÃO

PROF. DR. EDSON DE MOURA

17

FATEC – Faculdade de Tecnologia de São Paulo

### CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR

Concreto rolo para sub-base é um concreto comum, com baixo consumo de cimento e consistência bastante ([seca com baixo fator água/cimento](#)), permitindo a compactação com rolos ou equipamento similar.

O DER-SP na IP-DE-P00/001. – especifica valores de módulo de resiliência para projeto de 7000 MPa a 22000 MPa.

MATERIAIS DE PAVIMENTAÇÃO

PROF. DR. EDSON DE MOURA

18

CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR

A norma DNIT 056/2004 – ES especifica que:

- Cimento Portland qualquer tipo desde que atenda a especificação DNIT050/2004-EM
- Agregados miúdos e graúdos deverão atender DNER-EM 037 e 038, com especial atenção para os finos (< 0,075 mm). Recomenda-se o emprego de pó de pedra na composição do concreto compactado a rolo.
- Água isenta de impurezas, conforme DNIT 036 e 037 (2004).
- Materiais para cura – a cura para a superfície da sub-base deverá ser realizada com pintura betuminosa, utilizando-se emulsões asfálticas catiônicas de ruptura média.

19

CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR

A norma DNIT 056/2004 – ES especifica que:

- Concreto – **dosado em laboratório**, com materiais disponíveis da obra, determinando a **umidade ótima (w%)** e massa específica aparente seca máxima ( $\gamma_s$ ) para a energia compatível com os equipamentos de compactação a utilizar na execução da sub-base e resistência à compressão exigida nesta norma.
- O concreto deverá apresentar as seguintes características:
- Resistência característica à compressão (Fck) aos 7 dias em cps cilíndricos e rompidos conforme norma ABNT NBR 5739 – **Fck = 5,0 MPa**.
- Consumo de cimento – **80 kg/m³ a 120 kg/m³**.
- A dimensão máxima característica do agregado no concreto não deverá exceder 1/3 da espessura da sub-base ou 50 mm, obedecendo ao menor valor.

20

CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR

A granulometria da mistura de agregados deverá atender a distribuição granulométrica da equação

$$y = \left\{ \left( \frac{d}{D_{m\acute{a}x}} \right)^{1/2} \right\} * 100$$

n.	Peneiras (mm)	Diâmetro máximo do agregado (mm)		
		38	25	19
1 1/2"	38	100	-	-
1"	25	87	100	-
3/4"	19	79	91	100
1/2"	12,5	69	79	87
3/8"	9,5	63	72	79
1/4"	6,3	55	63	69
4	4,8	50	63	63
8	2,4	40	46	50
16	1,2	32	36	40
30	0,6	25	29	32
60	0,3	20	23	25
100	0,15	16	18	20
200	0,075	13	14	16

$$D_{25} = (25/38)^{0,3333} * 100 = 87\%$$

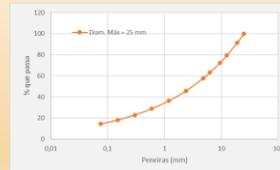
$$D_{4,8} = (4,8/25)^{0,3333} * 100 = 58\%$$

21

CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR

A granulometria da mistura de agregados deverá atender a distribuição granulométrica da equação

$$y = \left\{ \left( \frac{d}{D_{m\acute{a}x}} \right)^{1/2} \right\} * 100$$

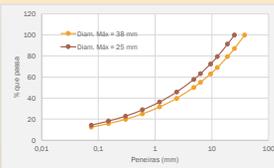


22

CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR

A granulometria da mistura de agregados deverá atender a distribuição granulométrica da equação

$$y = \left\{ \left( \frac{d}{D_{m\acute{a}x}} \right)^{1/2} \right\} * 100$$

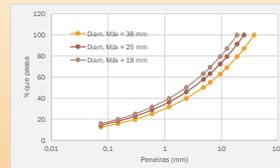


23

CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR

A granulometria da mistura de agregados deverá atender a distribuição granulométrica da equação

$$y = \left\{ \left( \frac{d}{D_{m\acute{a}x}} \right)^{1/2} \right\} * 100$$



24

CCR como **camada de rolamento**

O concreto do pavimento é um concreto de consistência seca, não armado, que desempenha simultaneamente as funções de base e de revestimento.

25

O órgão DNIT através de sua norma 059/2004 – ES especifica que:

- Cimento e agregado seguem a mesma especificação de norma DNIT 056/2004-SE.
- Água deve atender:

Fatores	Limites
PH	5 a 6
Matéria orgânica, expressa em oxigênio consumido	3 mg/l
Resíduo sólido	5000 mg/l
Sulfatos, expressos em íons SO <sup>4</sup>	600 mg/l
Cloreto, expressos em íons Cl	1000 mg/l
Aplicar	5 mg/l

- Aditivo retardador de pega conforme especificado na norma NBR 11768.

26

Kbô!

Mas falta ainda!

27