



Universidade de São Paulo

Escola de Engenharia de São Carlos

Departamento de Engenharia de Transportes

ASFALTOS E MISTURAS ASFÁLTICAS

introdução

Elaboração:

Prof. Dr. Adalberto Leandro Faxina

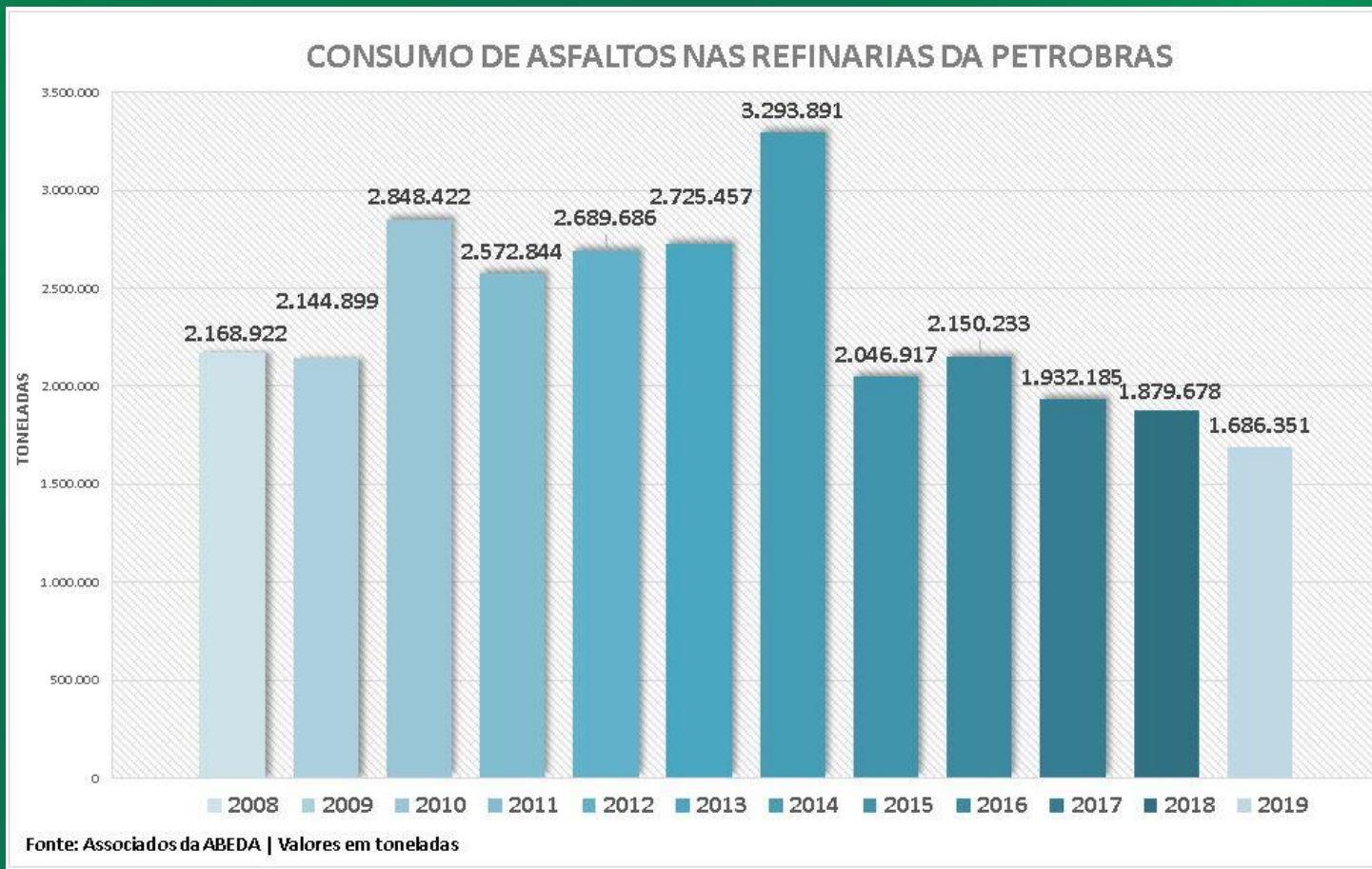
Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Percebemos a presença do asfalto no nosso dia-a-dia?



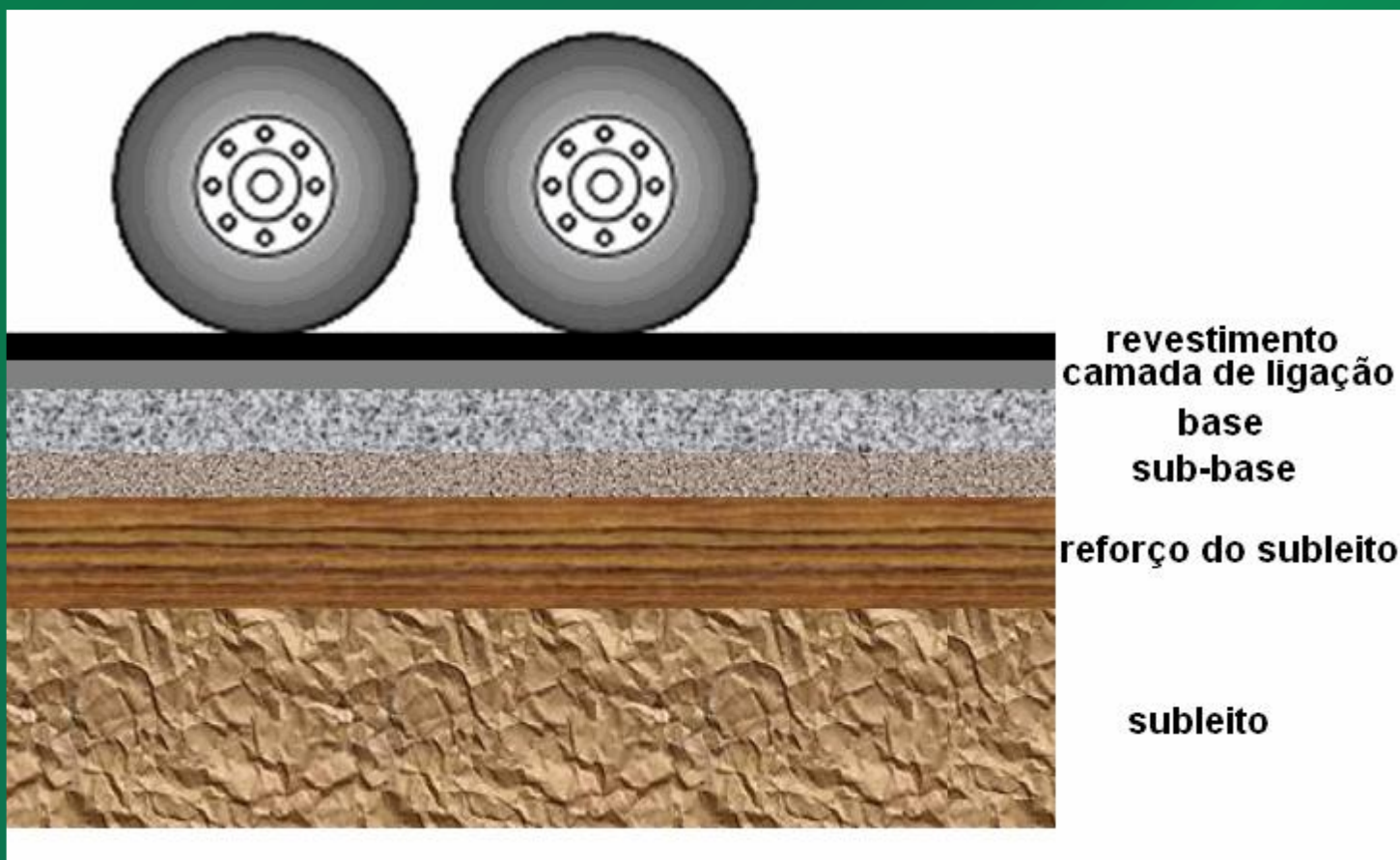
Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Consumo de asfalto no mercado brasileiro



Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Pavimento asfáltico (Balbo, 2007)



Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

O que é o asfalto?

segundo o Asphalt Institute, dos Estados Unidos



“O asfalto é um material cimentante de cor entre o marrom e o preto, cujo componente predominante é o betume, que pode ser encontrado na natureza ou obtido do processamento do petróleo. O asfalto é um constituinte cuja proporção varia de petróleo para petróleo e é usado em pavimentação, em impermeabilização, na indústria e em aplicações especiais.”

Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

O asfalto na pavimentação

função primordial

agente cimentante
(aglutina o agregado mineral)



<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/contenudo/5561-asfalto-de-mistura-quente/>

características exigidas

resistência mecânica
(tração, compressão, flexão e cisalhamento)

resistência térmica
(baixa sensibilidade à temperatura)

resistência ao envelhecimento
(volatilização e oxidação)

resistência ao descolamento
(adesividade ao agregado mineral)

moldável durante construção
rígido e elástico em serviço

Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Como é usado na pavimentação?

misturado ao agregado mineral

camada superficial

camada intermediárias
(drenante ou base)

misturado a solos

camadas intermediárias



<http://brazilroadexpo.com.br/novo/not202103.php>

Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

A mistura asfáltica

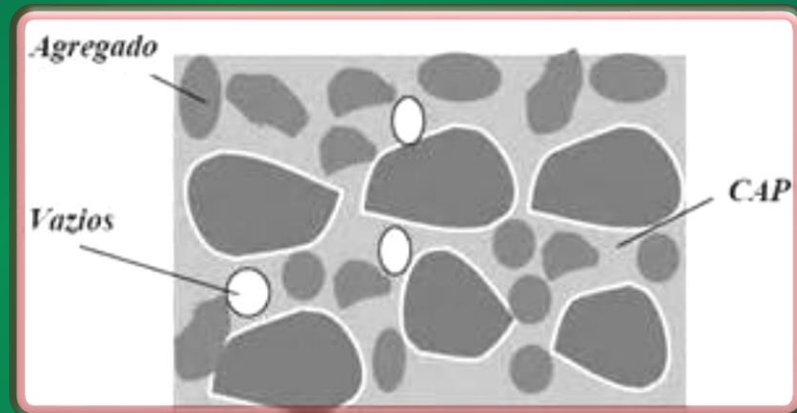
constituintes

asfalto (CAP)

agregado mineral

vazios (ar)

outros: borracha de pneu em pedaços, fibras, fíleres



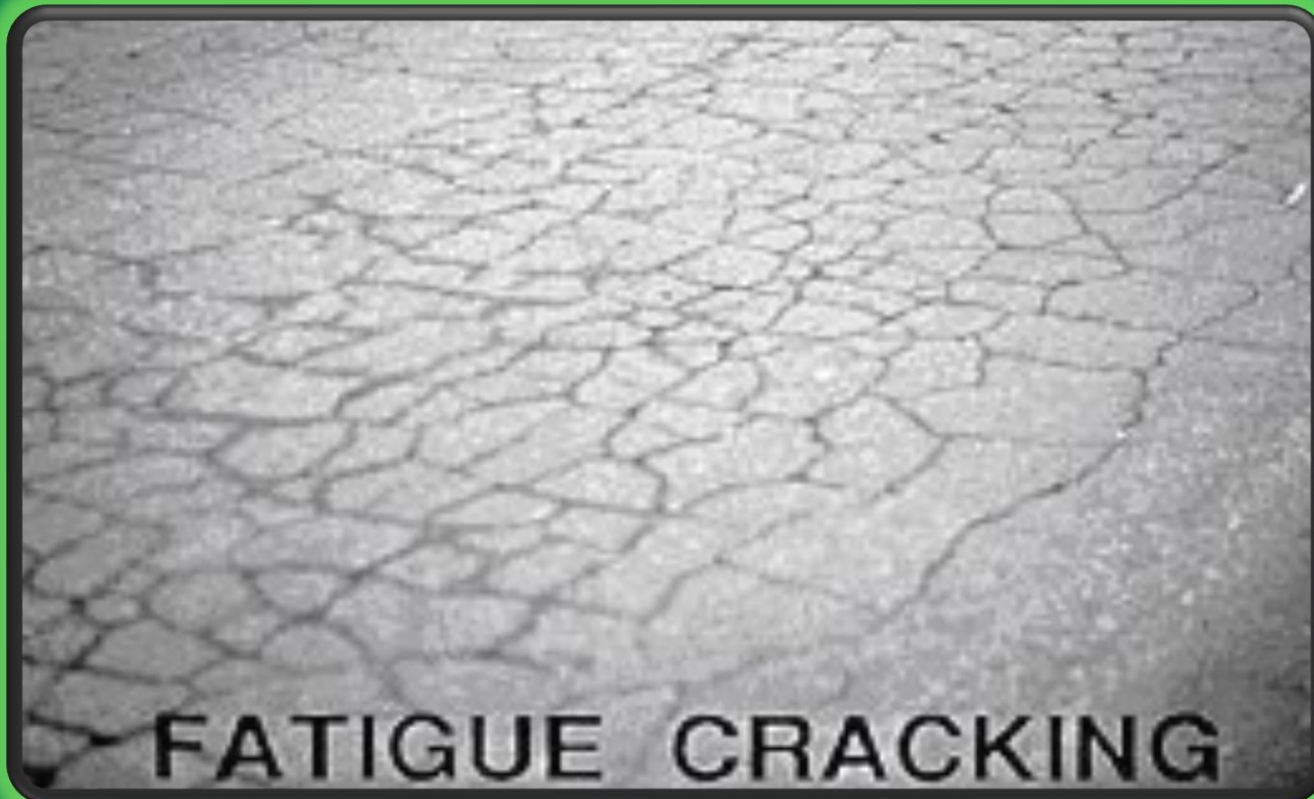
Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Deformação permanente



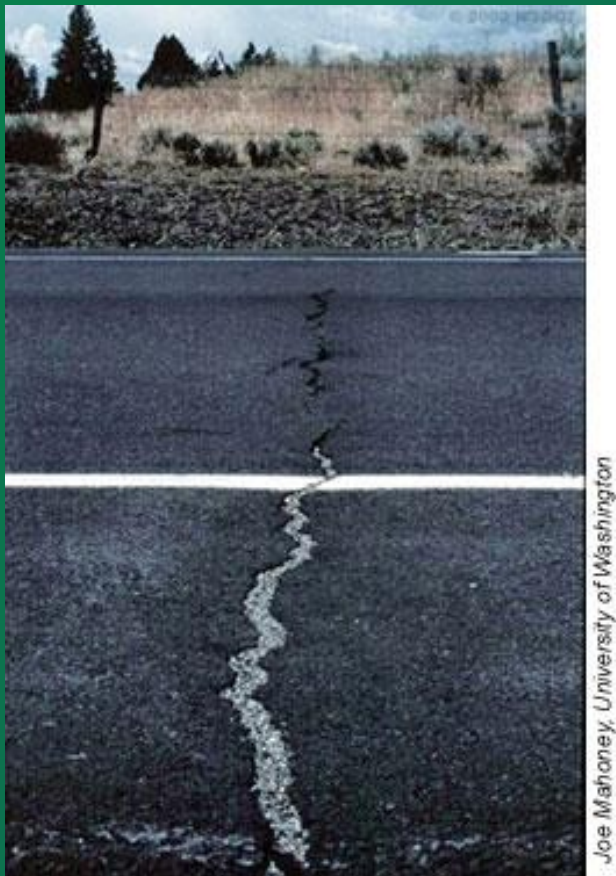
Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Trincas por fadiga (devida ao tráfego)



Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Trincas de origem térmica



Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Envelhecimento do asfalto – duas fases

curto prazo - construção

**mecanismo predominante:
volatilização**



<http://www.go-explore-trans.org/wp-content/uploads/david-lee-fumes-on-road2.jpg>



<http://cdn.portaldearaucaria.com.br/2015/01/rodovias-brasileiras.jpg>

longo prazo – vida útil

**mecanismo predominante:
oxidação**

Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Como simulamos o envelhecimento no laboratório?



estufa de filme fino rotativo - RTFO



vaso pressurizado - PAV



wetherometer

Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Estufa de filme fino rotativo (RTFO)



envelhecimento a curto
prazo de ligantes
asfálticos (volatilização)

temperatura alta atuando
sobre o filme asfáltico
associado à exposição ao
ar por 85 minutos

Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Vaso pressurizado de envelhecimento (PAV)



envelhecimento a longo prazo do resíduo envelhecido no RTFO (oxidação)

temperatura branda atuando sobre o resíduo asfáltico associada à pressão (2,1 MPa) na presença de ar sintético por 20 horas

Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Weatherometer



envelhecimento a longo prazo
do resíduo envelhecido no
RTFO (oxidação)

temperatura branda atuando
sobre o resíduo asfáltico
associada à radiação
ultravioleta (máx. $0,68 \text{ W/m}^2$)
na presença de ar ambiente

http://www.q-lab.com/images/DynamicImages/Products/jumbo_49362a74-de15-4e7b-8fd5-8ebed098af99.jpg

Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Propriedades reológicas e especificações

fim do século 19 e início do século 20

década de 1920 nos Estados Unidos

década de 1980 nos Estados Unidos

desenvolvimento dos primeiros
ensaios de caracterização

lançamento das primeiras
especificações para asfaltos

Programa SHRP*

ASFALTOS PUROS (NÃO-MODIFICADOS)

ASFALTOS PUROS
E
MODIFICADOS

Premissa do SHRP: requisitos válidos para asfaltos puros e modificados

Contexto: somente asfaltos puros eram utilizados

O Programa SHRP introduziu novas ferramentas de caracterização reológica dos asfaltos que permitiu a expansão do uso dos asfaltos modificados, com consequências para o próprio futuro da especificação

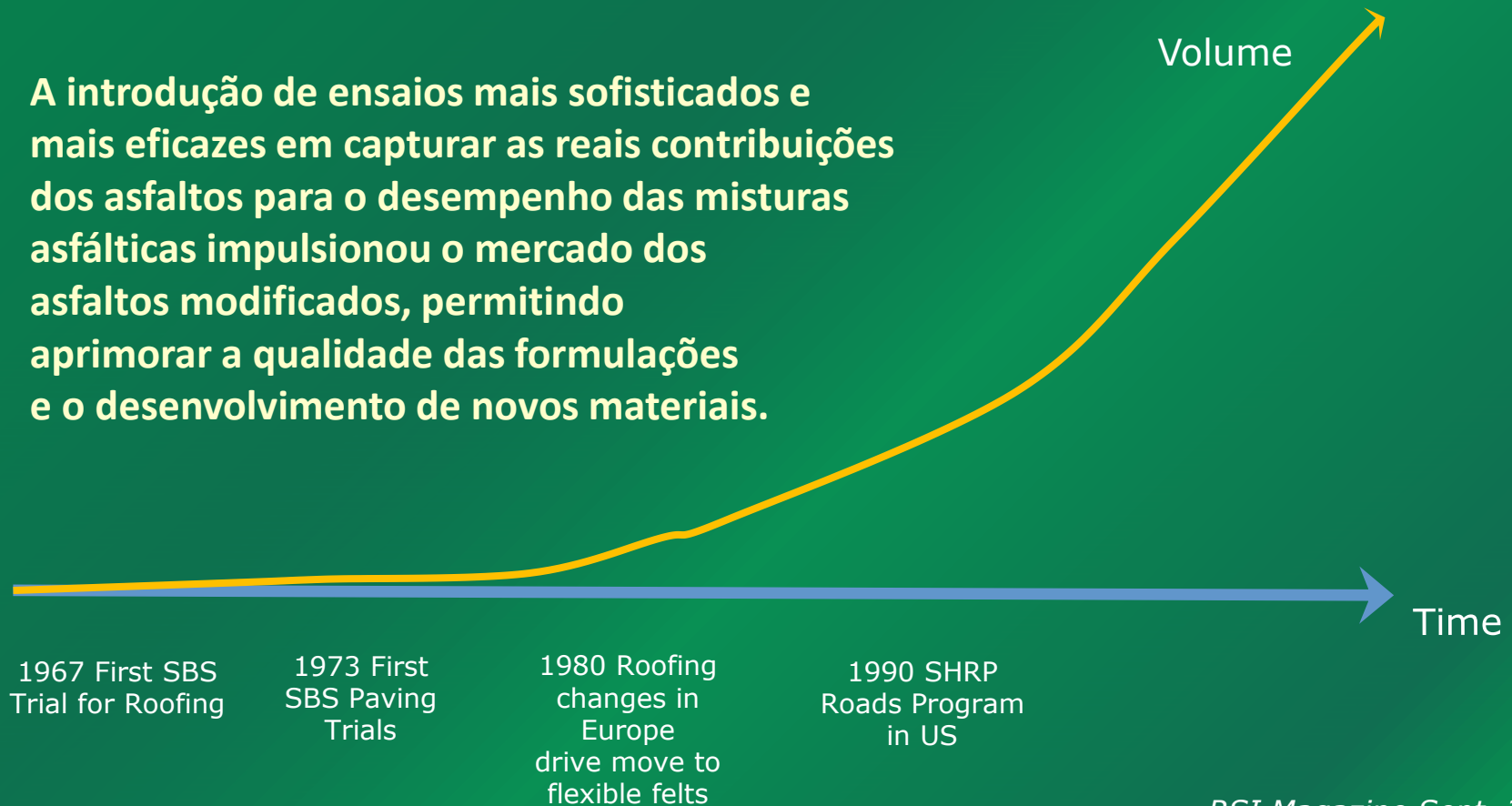
*Strategic Highway Research Program

Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Crescimento do mercado de asfaltos modificados nos EUA

Cortesia: Kraton Polymers

A introdução de ensaios mais sofisticados e mais eficazes em capturar as reais contribuições dos asfaltos para o desempenho das misturas asfálticas impulsionou o mercado dos asfaltos modificados, permitindo aprimorar a qualidade das formulações e o desenvolvimento de novos materiais.



RSI Magazine Sept, 2000

Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Como pavimentar com eficiência?

- estimativa “feliz” do tráfego que vai solicitar a rodovia
- projeto adequado
 - selecionar tipo de pavimento (asfáltico ou concreto)
 - dimensionamento das espessuras das camadas
 - aproveitar materiais disponíveis na região
 - disposição adequada dos equipamentos para drenagem
- seleção adequada dos materiais
 - inclui a seleção do tipo de asfalto



Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Como selecionar o tipo adequado de asfalto?

- Brasil: usamos um critério digamos... mais “subjetivo”
 - faz bastante calor: asfalto mais duro (30/45)
 - se não é tão quente: asfalto mais mole (50/70)
 - especificação baseada no ensaio de penetração (tida como ineficaz na predição de desempenho do pavimento quanto aos mecanismos de ruptura)
- Estados Unidos: critério “mais” técnico (científico?)
 - seleção do ligante asfáltico em função das temperaturas (mínimas e máximas) locais e dos volumes de tráfego (quatro classes)
 - asfaltos selecionados segundo critérios da especificação Superpave (Superior Performing Pavements)

Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Como nós selecionamos os asfaltos?

características	unidades	LIMITES				MÉTODOS	
		CAP 30-45	CAP 50-70	CAP 85-100	CAP 150-200	ABNT	ASTM
Penetração (100 g, 5s, 25°C)	0,1mm	30 - 45	50 - 70	85 - 100	150 - 200	NBR 6576	D 5
Ponto de amolecimento, mín	°C	52	46	43	37	NBR 6560	D 36
Viscosidade Saybolt-Furol							
- a 135 °C, mín		192	141	110	80	NBR 14950	E 102
- a 150°C, mín	s	90	50	43	36		
- a 177°C		40 - 150	30 - 150	16 - 60	15 - 60		
ou							
Viscosidade Brookfield							
- a 135°C, SP 21, 20 rpm, mín.	cP	374	274	214	155	NBR 15184	D 4402
- a 150°C, SP 21, mín.		203	112	97	81		
- a 177°C, SP 21		76 - 285	57 - 285	28 - 114	28 - 114		
Índice de susceptibilidade térmica (1)		(-1,5) a (+0,7)					
Ponto de fulgor mín	°C	235				NBR 11341	D 92
Solubilidade em tricloroetileno, mín	% massa	99,5				NBR 14855	D 2042
Ductilidade a 25° C, mín	cm	60	60	100	100	NBR 6293	D 113
EFEITO DO CALOR E DO AR (RTFOT) A 163 °C, 85 MIN (NBR 15235 OU ASTM D 2872)							
Varição em massa, Max (2)	% massa	0,5				NBR 15235	D 2872
Ductilidade a 25° C, mín	cm	10	20	50	50	NBR 6293	D 113
Aumento do ponto de amolecimento, máx	°C	8				NBR 6560	D 36
Penetração retida, mín (3)	%	60	55	55	50	NBR 6576	D 5

Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Como os EUA selecionam os asfaltos?

TABLE 1 Performance Graded Asphalt Binder Specification

Performance Grade	PG 46	PG 52	PG 58	PG 64	PG 70	PG 76	PG 82
Average 7-day maximum Pavement Design Temperature, °C	<46	<52	<58	<64	<70	<76	<82
Minimum Pavement Design Temperature, °C ^A	> -34 > -40 > -46	> -10 > -16 > -22 > -28 > -34 > -40 > -46	> -16 > -22 > -28 > -34 > -40	> -10 > -16 > -22 > -28 > -34 > -40	> -10 > -16 > -22 > -28 > -34 > -40	> -10 > -16 > -22 > -28 > -34	> -10 > -16 > -22 > -28 > -34
Original Binder							
Flash Point Temp., D 92; min °C	230						
Viscosity, D 4402; ^B max. 3 Pa·s, Test Temp., °C	135						
Dynamic Shear, P 246; ^C G'/sinδ, min. 1.00 kPa 25 mm Plate, 1 mm Gap Test Temp. at 10 rad/s, °C	46	52	58	64	70	76	82
Rolling Thin Film Oven (Test Method D 2872)							
Mass Loss, max. percent	1.00						
Dynamic Shear, P 246; ^C G'/sinδ, min. 2.20 kPa 25 mm Plate, 1 mm Gap Test Temp. at 10 rad/s, °C	46	52	58	64	70	76	82
Pressure Aging Vessel Residue (AASHTO PP1)							
PAV Aging Temperature, °C ^D	90	90	100	100	100(110)	100(110)	100(110)
Dynamic Shear, P 246; ^C G'/sinδ, max 5000 kPa 8 mm Plate, 2 mm Gap Test Temp. at 10 rad/s, °C	10 7 4	25 22 19 16 13 10 7	25 22 19 16 13	31 28 25 22 19 16	34 31 28 25 22 19	37 34 31 28 25	40 37 34 31 28
Creep Stiffness, P 245; ^E S, max 300 MPa, m-value; min. 0.300 Test Temp. at 60 s, °C	-24 -30 -36	0 - 6 -12 -18 -24 -30 -36	- 6 -12 -18 -24 -30	0 - 6 -12 -18 -24 -30	0 - 6 -12 -18 -24 -30	0 - 6 -12 -18 -24	0 - 6 -12 -18 -24
Direct Tension, P 252; ^F Failure Strain, min. 1.0 % Test Temp. at 1.0 mm/min., °C	-24 -30 -36	0 - 6 -12 -18 -24 -30 -36	- 6 -12 -18 -24 -30	0 - 6 -12 -18 -24 -30	0 - 6 -12 -18 -24 -30	0 - 6 -12 -18 -24	0 - 6 -12 -18 -24

^APavement temperatures are estimated from air temperatures using an algorithm contained in the SUPERPAVE software program, or are provided by the specifying agency.

^BThe referee method shall be D 4402 using a #21 spindle at 20RPM, however alternate methods may be used for routine testing and quality assurance. This requirement may be waived at the discretion of the specifying agency if the supplier warrants that the asphalt binder can be adequately pumped and mixed at temperatures that meet all applicable safety standards.

^CFor quality control of unmodified asphalt cement production, measurement of the viscosity of the original asphalt cement may be substituted for dynamic shear measurements of G'/sinδ at test temperatures where the asphalt is a Newtonian fluid. Any suitable standard means of viscosity measurement may be used, including capillary or rotational viscometry (Test Methods D 2170 or D 2171).

^DThe PAV aging temperature is based on simulated climatic conditions and is one of three temperatures 90°C, 100°C or 110°C. The PAV aging temperature is 100°C for PG 64- and above, except in desert climates, where it is 110°C.

^EIf the creep stiffness is below 300 MPa, the direct tension test is not required. If the creep stiffness is between 300 and 600 MPa the direct tension failure strain requirement can be used in lieu of the creep stiffness requirement. The m-value requirement must be satisfied in both cases.

Asfaltos e misturas asfálticas - introdução

Qual a lógica das especificações para asfaltos?

- selecionar asfaltos adequados para contribuir para que a camada asfáltica resista aos principais mecanismos de falha dos pavimentos asfálticos
 - deformação permanente
 - trincas por fadiga
 - trincas de origem térmica
- lembrando que...
 - dificilmente a qualidade do asfalto é responsável pelo insucesso do pavimento