



**Bloco 1**

**Introdução**

**Histórico**



1



**Autoria**

**As aulas contidas neste CD foram elaboradas pela seguinte equipe de professores:**

- Liedi Légi Bariani Bernucci - *Universidade de São Paulo*
- Jorge Augusto Pereira Ceratti - *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*
- Laura Maria Goretti da Motta - *Universidade Federal do Rio de Janeiro*
- Jorge Barbosa Soares - *Universidade Federal do Ceará*



2



**Lista dos assuntos do CD completo**

Este CD contém 30 aulas, em 10 blocos organizados por assunto:

- Bloco 1 – Introdução
- Bloco 2 – Asfaltos
- Bloco 3 – Agregados e Filer
- Bloco 4 – Tipos de Revestimentos Asfálticos
- Bloco 5 – Dosagem de Misturas Asfálticas e de Tratamento superficial
- Bloco 6 – Propriedades Mecânicas de Misturas Asfálticas
- Bloco 7 – Materiais de Bases e Soluções de Pavimentação Asfáltica
- Bloco 8 – Técnicas Executivas
- Bloco 9 – Avaliação de Pavimentos Asfálticos
- Bloco 10 – Técnicas de Restauração e Reabilitação de Pavimentos Asfálticos



3



**Observação**

O conteúdo das aulas aqui apresentadas tem caráter educacional e foi elaborado pelos quatro autores a partir das respectivas experiências em ensino, pesquisa e extensão. As informações possuem a contribuição de alunos e profissionais envolvidos nestas atividades.

Na melhor de suas possibilidades, os autores registraram o crédito devido nas diversas informações, incluindo fotos e figuras. Nenhuma informação deverá ser entendida como conselho ou recomendação de qualquer ordem.

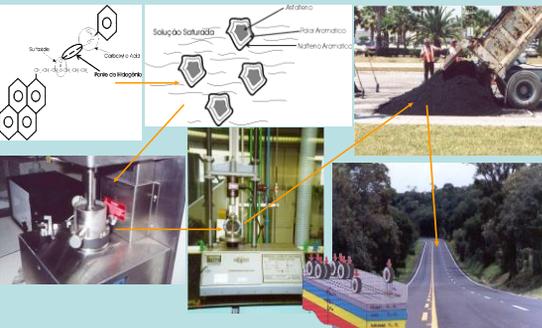
Os materiais referidos não poderão ser copiados, reproduzidos, adaptados, publicados ou distribuídos em qualquer forma sem o consentimento prévio dos autores.



4



**Lista dos Assuntos**



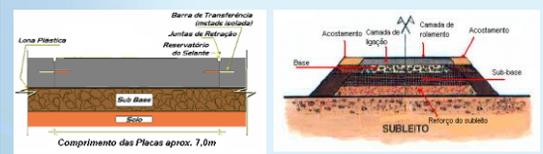
5



**Pavimento do Ponto de Vista Estrutural e Funcional**

Pavimento é uma estrutura de **múltiplas camadas** de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do **tráfego** de veículos e do **clima**, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

Mais recentemente há uma tendência de usar-se a nomenclatura pavimentos de **concreto de cimento Portland** (ou simplesmente concreto-cimento) e pavimentos **asfálticos**, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do pavimento.



Comprimento das Placas aprox. 7,0m



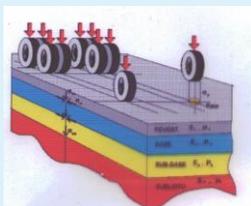
6

## Pavimento do Ponto de Vista Estrutural e Funcional



As camadas de **base, sub-base e reforço do subleito** são de grande importância estrutural.

Limitar as tensões e deformações na estrutura do pavimento, por meio da combinação de materiais e espessuras das camadas constituintes, é o objetivo da **Mecânica dos Pavimentos**.



PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

7

## Pavimento do Ponto de Vista Estrutural e Funcional



O **revestimento asfáltico** é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança).

PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

8

## Breve Histórico da Pavimentação



Não é intenção apresentar um texto de referência, mas apenas uma **coletânea de informações selecionadas a partir de trabalhos nacionais e internacionais específicos no assunto**.

No Brasil, **Bittencourt (1958)** apresenta um apanhado desta história desde os primeiros povos organizados até o início do século XX. Destaca-se também o esforço de **Prego (2001)** de concluir a ação iniciada em 1994 pela ABPv, por meio de sua *Comissão para Elaborar a Memória da Pavimentação*, que nomeou inicialmente o Engenheiro Murillo Lopes de Souza para escrever sobre o tema.

PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

9

## Breve Histórico da Pavimentação



Percorrer a história da pavimentação nos remete à **própria história da humanidade**, passando pelo povoamento dos continentes, conquistas territoriais, intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento.

Como os pavimentos, a **história também é construída em camadas** e, frequentemente, as estradas formam um caminho para examinar o passado, daí serem uma das primeiras buscas dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas.

PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

10

## Breve Histórico da Pavimentação



### • EGITO

- Uma das mais antigas estradas pavimentadas implantadas não se destinou a veículos com rodas, mas a pesados **trenós** destinados ao transporte de cargas elevadas. Para construção das pirâmides (**2600-2400 AC**), vias com lajões justapostos em base com boa capacidade de suporte. Atrito era amenizado com umedecimento constante (água, azeite, musgo molhado)

PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

11

## Breve Histórico da Pavimentação



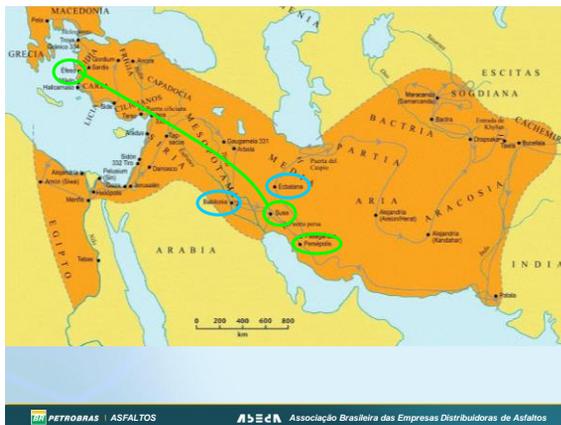
### • ÁSIA

- ✓ **Estrada de Semíramis (600a.C.)** – entre as cidades da **Babilônia** (região da Mesopotâmia – em grego, região entre rios – que abrangia na antiguidade aproximadamente o que é hoje o território do Iraque) e **Ecbatana** (reino da Média, no planalto Iraniano); cruzava o Rio Tigre; transformou-se hoje em estrada asfaltada
- ✓ **Estrada Real (500a.C.)** – na Ásia Menor ligando Iônia (**Éfeso**) do Império Grego ao centro do Império Persa, **Susa**; vias com até 2000 km de extensão
- ✓ À época de **Alexandre, o Grande (anos 300a.C.)**, havia a estrada de **Susa** até **Persépolis** (aproximadamente a 600km ao sul do que é hoje Teerã, capital do Irã), passando por um posto de pedágio, as Portas Persas, possibilitando o tráfego de veículos com rodas desde o nível do mar até 1.800m de altitude

PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

12



13



14

## Breve Histórico da Pavimentação



- Velhos caminhos da **China (200a.C.)** e **Índia**
- Destaque: **Estrada da Seda**, uma das rotas de comércio mais antigas e historicamente importantes devido a sua grande influência nas culturas da China, Índia, Ásia e também do Ocidente.
- Localizada na região que separa a China da Europa e da Ásia, nas proximidades de um dos mais hostis ambientes do planeta, o Deserto de Taklimakan, cercado ao N pelo Deserto de Gobi e nos outros 3 extremos pelas maiores cadeias de montanha do mundo, Himalaya, Karakorum e Kunlun.
- A Estrada da Seda não existia apenas com o propósito do comércio da seda, mas de diversos outros bens como ouro, marfim, animais e plantas exóticas. O bem mais significativo carregado nesta rota não era a seda, mas a religião, o budismo.

PETROBRAS | ASFALTOS

ASBEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

15

## Breve Histórico da Pavimentação



- Apogeu da estrada foi na dinastia Tang (anos 600d.C.) e, após um período de declínio, voltou a se tornar importante com o surgimento do Império Mongol sob a liderança de Gêngis Khan (anos 1200d.C.), por ser o caminho de comunicação entre as diversas partes do Império.
- Um dos visitantes mais conhecidos e melhor documentado na história da estrada foi **Marco Pólo**, negociante veneziano, que iniciou suas viagens com apenas 17 anos em 1271 (Bohong, 1989).
- O declínio da estrada se deu ainda no século XIII com o crescimento do transporte marítimo na região. O interesse na rota ressurgiu no final do século XIX após expedições arqueológicas europeias.

PETROBRAS | ASFALTOS

ASBEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

16

## Breve Histórico da Pavimentação



- Embora seja reconhecida a existência remota de sistemas de estradas em diversas partes do globo, construídas para fins religiosos (peregrinações) e comerciais, ficou atribuída aos **romanos** a arte maior do planejamento e construção viária.
- Visando, entre outros, objetivos **militares de manutenção da ordem** no vasto território do Império, que se inicia com Otaviano Augusto no ano 27a.C., deslocando tropas de centros estratégicos para as localidades mais longínquas, os romanos foram capazes de implantar um sistema robusto construído com elevado nível de critério técnico.



PETROBRAS | ASFALTOS

ASBEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

17

## Breve Histórico da Pavimentação



- O sistema viário romano já existia anteriormente à instalação do Império, embora o mesmo tenha experimentado grande desenvolvimento a partir de então.
- Portanto, há mais de 2000 anos os romanos já possuíam uma boa malha viária, contando ainda com um sistema de planejamento e manutenção. A mais extensa das estradas contínuas corria da Muralha de Antonino, na Escócia, à Jerusalém, cobrindo aproximadamente 5.000km (Hagen, 1955).



PETROBRAS | ASFALTOS

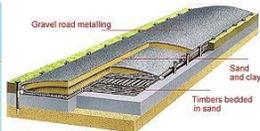
ASBEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

18

## Breve Histórico da Pavimentação

### ROMANOS

- *Viae publicae*; *Viae militare*; *Actus* (vias locais); *Privatae*
- **Pavimento** (espessura 1m-1,5m)
  - ✓ **Fundação**: pedras grandes
  - ✓ **Camada Intermediária**: areia, pedregulho, argila
  - ✓ **Camada de Superfície**: pedras nas bordas, pedregulhos, limalha de ferro (espessura 5cm-7,5cm, podendo chegar a 60cm)



Tempo e tráfego tiraram o material ligante

- Grande declividade: > 6%
- Vias não tinham um traçado suave como hoje

19

## Curiosidade

- **Bitola de trem** padrão tem 1,435 m
- Distância entre **trilhos** na Inglaterra
- Mesmas ferramentas que construíram os **vagões** eram usadas na construção das **carruagens**
- Carruagens tinham sua bitola **condicionada** à largura das **estradas britânicas**
- Os romanos construíram as estradas britânicas
- Os romanos fizeram suas estradas adequadas a suas **carroças**
- As carroças romanas tinham a largura de **2 cavalos**



20

## Curiosidade

- **Ônibus espacial** possui 2 grandes propulsores (*solid rocket boosters*, SRB's)
- SRB's construídos por uma fábrica em Utah
- Transportados de trem até o local de lançamento
- **Projeto do meio mais moderno de transporte é determinado pela largura do traseiro de um cavalo**



21

## Breve Histórico da Pavimentação

- A partir da queda do Império Romano (476d.C.), e durante os séculos seguintes, as novas nações europeias fundadas perderam de vista a construção e a conservação das estradas.
- A França foi a primeira, desde os romanos, a reconhecer o efeito do transporte no comércio, dando importância à velocidade de viagem. Carlos Magno, no final dos anos 700 e início dos anos 800, modernizou a França, semelhantemente aos romanos, em diversas frentes: educacional, cultural e também no que diz respeito ao progresso do comércio por meio de boas estradas.
- Séculos X a XII de pouco cuidado com os Caminhos Reais da França; este descuido é uma das causas da decadência da Europa civilizada. Mudança significativa no reinado de Felipe Augusto (1180-1223), a partir do qual a França passa a ter novamente a preocupação de construir novas estradas e conservá-las.

22

## Breve Histórico da Pavimentação

- Os ingleses, observando a forma como eram calçados os caminhos da França, conseguiram construir as vias mais cômodas, duráveis e velozes da Europa, o que foi importante para o progresso da indústria e comércio do país.
- A partir da experiência na Inglaterra, Escócia e França, e de sua própria experiência nas províncias de Portugal, **Mascarenhas Neto (1790)** apresenta um *Tratado para Construção de Estradas*, numa preciosa referência para o meio rodoviário.
- Já à época havia uma grande preocupação com diversos aspectos hoje sabidamente importantes de considerar para uma boa pavimentação: drenagem e abaulamento; erosão; distância de transporte; compactação; sobrecarga; marcação.
- O autor discorre ainda sobre fundos específicos para construção e administração das estradas, reconhecendo a importância do pedágio em alguns casos.

23

## Breve Histórico da Pavimentação

### AMÉRICA

- ✓ **Império Inca (1400's), Peru (Equador, Argentina, Bolívia, Chile)**
  - O alemão Alexander Von Humboldt, combinação de cientista e viajante que durante os anos de 1799 e 1804 realizou expedições científicas por várias partes da América do Sul, qualifica as estradas dos incas como "*os mais úteis e estupendos trabalhos realizados pelo homem*"
  - Sistema viário avançado (pedestres e animais de carga); 30 a 40.000km; definiram a rede peruana de estradas.
  - **A estrada do sol**: Trechos de 1m até 16m de largura, presença de armazéns e refúgios espaçados ao longo da estrada, pontes, túneis, contenções, drenos, etc
- ✓ **Império Maia (300's AC), México** – ligando centros, povoados e portos do mar; *sacbeob* – estradas brancas

24

## Histórico Brasileiro



- **1560 – Caminho do Mar** – ligação São Vicente – Piratininga ⇒ recuperada em **1661** como Estrada do Mar ⇒ em **1790** vira Calçada de Lorena
- **1792** – Estrada Santos - São Paulo: lajes de pedra
- **1726** – Caminho do Ouro – Minas ao Rio – Resquícios em Parati e várias outras cidades. Também chamada Estrada Real (Estrada Velha de Parati e Nova que vai para o Rio de Janeiro)
- **1854** – Primeira ferrovia no Brasil – Mauá a Raiz da Serra (RJ)
- **1865** – Estrada de rodagem **União e Indústria** (144km) ligando Petrópolis a Juiz de Fora (foto) – primeira estrada a usar macadame como base/revestimento no Brasil  
⇒ Até aqui era usual o calçamento de ruas com pedras importadas de Portugal

PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

25

## Caminho do Mar no Século 20



PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

26

## Caminho do Ouro (1726) – Minas – Parati



27

## Resquícios do Caminho do Ouro (1726), Parati (2003)



PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

28

## Estrada Real



PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

29

## União Indústria



Rio de Janeiro – Juiz de Fora  
Construída por Mariano Procópio – por concessão de D. Pedroll – ações na bolsa



PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

30

## União Indústria

Rio de Janeiro – Juiz de Fora  
 Construção 1856 -1861 – 144km



Foto: Leuring Club do Brasil

PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

31

## Histórico Brasileiro

- 1906 – Calçamento asfáltico em grande escala na cidade do Rio de Janeiro – CAN (Trinidad)- Prefeito Rodrigues Alves
- 1913 – Rodovia Santos - São Paulo
- 1922 – Estrada Rio - Petrópolis – Pavimento de concreto  
*Malha ferroviária brasileira: 3.000km*
- 1937 – Criação do DNER
- 1942 – Contato com engenheiros norte-americanos que construíram pistas de aeroportos e estradas de acesso durante a 2ª Guerra Mundial (Belém, Fortaleza, Natal, Recife, Maceió e Salvador) - CBR

PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

32

## Histórico Brasileiro

- 1942 – 1.300km de rodovias pavimentadas, uma das menores extensões da América Latina
- 1945 – Rodovia Rio - Bahia
- 1950 – Pavimentação da Rio - São Paulo (Dutra):
  - ✓ Sem estudo geotécnico, com espessuras constantes de 35cm (20cm de base de macadame hidráulico e 15cm de um revestimento de macadame betuminoso por penetração dosado pela regra "a quantidade de ligante é a que o agregado pede".
- Melhoria das estradas vicinais

PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

33

## Histórico Brasileiro

- 1959 – Criação da Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv)
- 1960 – Fim do Governo de Juscelino Kubitschek- criação de Brasília – Estradas radiais e Plano Nacional de Viação  
*Malha ferroviária totalizava 38.000km*
- 1964 – Alguns projetos de pavimentação do Governo militar:
  - ✓ Transamazônica
  - ✓ Ponte Rio - Niterói

PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

34

## Histórico Brasileiro

- 1986 – 95.000km de rodovias pavimentadas: 45.000km federais e 50.000km estaduais e municipais
- 1988 – 140.000km de rodovias pavimentadas (maior extensão da América Latina)  
*Malha ferroviária: 30.000km*
- 1996 – Início do programa de concessões
- 2002 – 165.000km de rodovias pavimentadas 55.000km federais
- 1.600.000km de rodovias não pavimentadas (federais, estaduais e municipais)  
*Malha ferroviária: 29.000km*

PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

35

## Histórico Brasileiro

- 2007  
 196.000km de rodovias pavimentadas  
 55.000km federais  
 1.700.000km de rodovias não pavimentadas (federais, estaduais e municipais)  
*Malha ferroviária: 25.000km*  
 Produção de Asfalto: 1.800.000t/ano  
 Condição precária em grande parte da malha federal, muitos acidentes geotécnicos, quedas de pontes, taludes, etc  
 Alguns estados tem ampliado sua malha e introduzido novas técnicas de pavimentação

PETROBRAS | ASFALTOS

ABEEN Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos

36