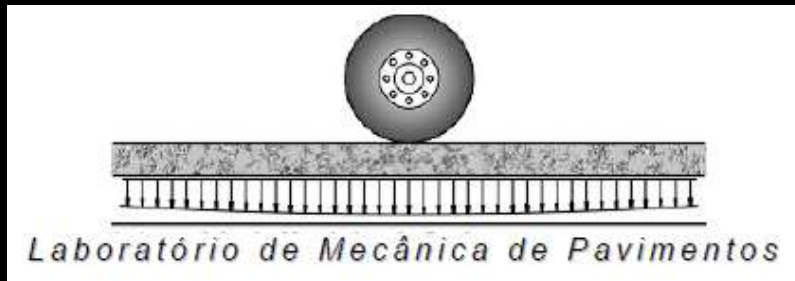




I Seminário de Transporte Terrestre

EESC-USP

19-08-2019



Palestra do Prof. José T. Balbo

Escola Politécnica
Universidade de São Paulo

Pavimentos de Concreto Permeáveis

Uma Visão Ambiental da Tecnologia
Sustentável Emergente





1. Pavimentação Permeável: Aspectos Ambientais e Práticos

1. Pavimentação Permeável: Aspectos Ambientais e Práticos

Um pavimento pode ser considerado sustentável se atinge suas expectativas como obra de engenharia, mas em maior escala ***“atende as necessidades humanas básicas, usa recursos naturais com eficiência e preserva ou restaura os ecossistemas a si lindeiros.”***

“Sustentabilidade” expõe uma série ampla de querelas, entre elas ***“...emissões de gases de efeito estufa, consumo de energia, impactos no habitat, qualidade da água, alterações no ciclo hidrológico, qualidade do ar, mobilidade, acesso, transporte de carga, comunidade, esgotamento de recursos não renováveis e desenvolvimento econômico.”*** Conclui apontando para o fato de que tais problemas devem ser obrigatoriamente considerados e refletidos em fases de projeto e também estar entre as metas das agências viárias.

1. Pavimentação Permeável: Aspectos Ambientais e Práticos



1. Pavimentação Permeável: Aspectos Ambientais e Práticos

Evitando confusões de nomenclatura

O revestimento em concreto é permeável por ser poroso, com muitos vazios. A base granular é mal graduada, aberta e porosa, sendo também permeável. Juntas, as camadas formam um pavimento permeável que, estando sobre um subleito (solo) eventualmente permeável, mas não necessariamente, operam conjuntamente em favor de uma grande permeabilidade da estrutura, de modo oposto às estruturas convencionais de pavimentação que causam a impermeabilização. Conjuntamente com outros equipamentos de drenagem superficial e subsuperficial resultam em um conjunto de equipamentos de microdrenagem de vias.



1. Pavimentação Permeável: Aspectos Ambientais e Práticos

Os **sistemas compensatórios**, que consentem diversas possibilidades de equipamentos, “*buscam compensar sistematicamente os efeitos da urbanização, controlando na fonte, a produção de excedentes de água decorrentes da impermeabilização, através de infiltração, e evitando a sua transferência rápida para jusante, através de estruturas de armazenamento temporário.*”



1. Pavimentação Permeável: Aspectos Ambientais e Práticos

Albedo e Ilhas de Calor Urbano (NCHRP, 2004)

- Radiação de ondas curtas recai sobre o planeta vindas do espaço;
- Parte dela é absorvida em camadas atmosféricas superiores, parte refletida nas mesmas;
- Há reflexão para o espaço também quando incidem sobre as nuvens;
- Há perda de radiação incidida sobre a superfície por convecção, isto é, por movimentação do fluido sobre a superfície, ou seja, por movimentação da atmosfera (ventos);
- As superfícies (dos pavimentos) por si mesmas já refletem alguma parcela de radiação de ondas curtas, o que depende de sua refletância (que é sensível à sua própria coloração);
- Existe uma parcela de radiação que é emitida da superfície terrestre para o espaço, que é de ondas de longo comprimento, sendo que parte dessa radiação é refletida na base das nuvens e retorna como radiação sobre a superfície terrestre.



<https://mikajojo.webnode.com.br>

1. Pavimentação Permeável: Aspectos Ambientais e Práticos

Albedo e Ilhas de Calor Urbano [83]

Material	Albedo	Emissividade
Concreto asfáltico	0,05-0,20	0,95
Concreto (de ligante hidráulico)	0,10-0,35	0,71-0,91
Áreas urbanas em geral	0,10-0,27	0,85-0,96
Solos: molhado a seco	0,05-0,40	0,98-0,90
Gramas: longas a curtas	0,16-0,26	0,90-0,95

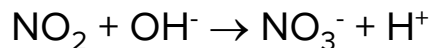
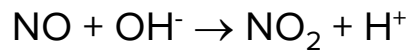


<https://mikajojo.webnode.com.br>

1. Pavimentação Permeável: Aspectos Ambientais e Práticos

Mitigação da Poluição Atmosférica [41]:

A reação de fotocatalise do TiO_2 por fótons de elevada energia consiste na transferência de elétrons da banda de valência para a banda de condução, gerando uma série de reações que produzem radicais de hidroxila (OH^\cdot); na superfície dos pavimentos de concreto são gerados ânions NO_3^- (que reagem com os compostos de cimentos hidratados) conforme as reações *em presença de TiO_2 (catalizador) e raios ultravioleta*



<https://www.flickr.com/>

1. Pavimentação Permeável: Aspectos Ambientais e Práticos

Consumo de Energia com Iluminação Viária [45]

Em túneis os efeitos de uso de pavimentos de concreto são notórios até em recentes estudos [44]. Os resultados em testes na Áustria denotaram queda de consumo de energia para se manter a mesma luminância para diversos tipos de concreto empregados (em pavimentos e paredes): a luminância medida para um mesmo nível de iluminação (em watt) foi 450% maior em pavimentos de concreto.

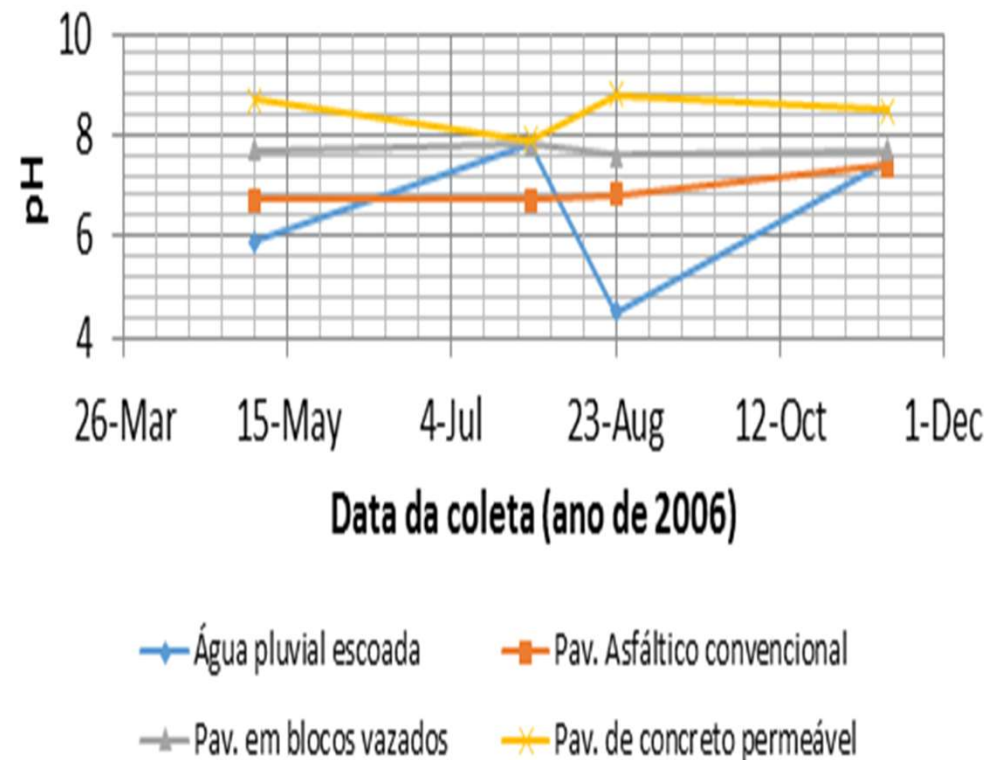


<https://www.flickr.com/>

1. Pavimentação Permeável: Aspectos Ambientais e Práticos

Qualidade da Água Coletada em Pavimentos Permeáveis

“No que tange sobre presença de cobre e zinco a água de chuva infiltrada usualmente tinha concentrações dos elementos abaixo de níveis detectáveis, em todas as amostras exceto em quatro, que se encontravam abaixo de nível tóxico. Óleos automotivos também estavam em níveis consistentemente inferiores na água infiltrada comparada à água escoada ... Nem chumbo nem óleo diesel foram detectados em amostras de água infiltrada. Em período de tempo de cinco anos alguns dos constituintes aumentaram sua concentração enquanto outros permaneceram estáveis ou diminuíram. Concentração de zinco em amostras de água escoada e infiltrada exibiram notável aumento...”
[33]



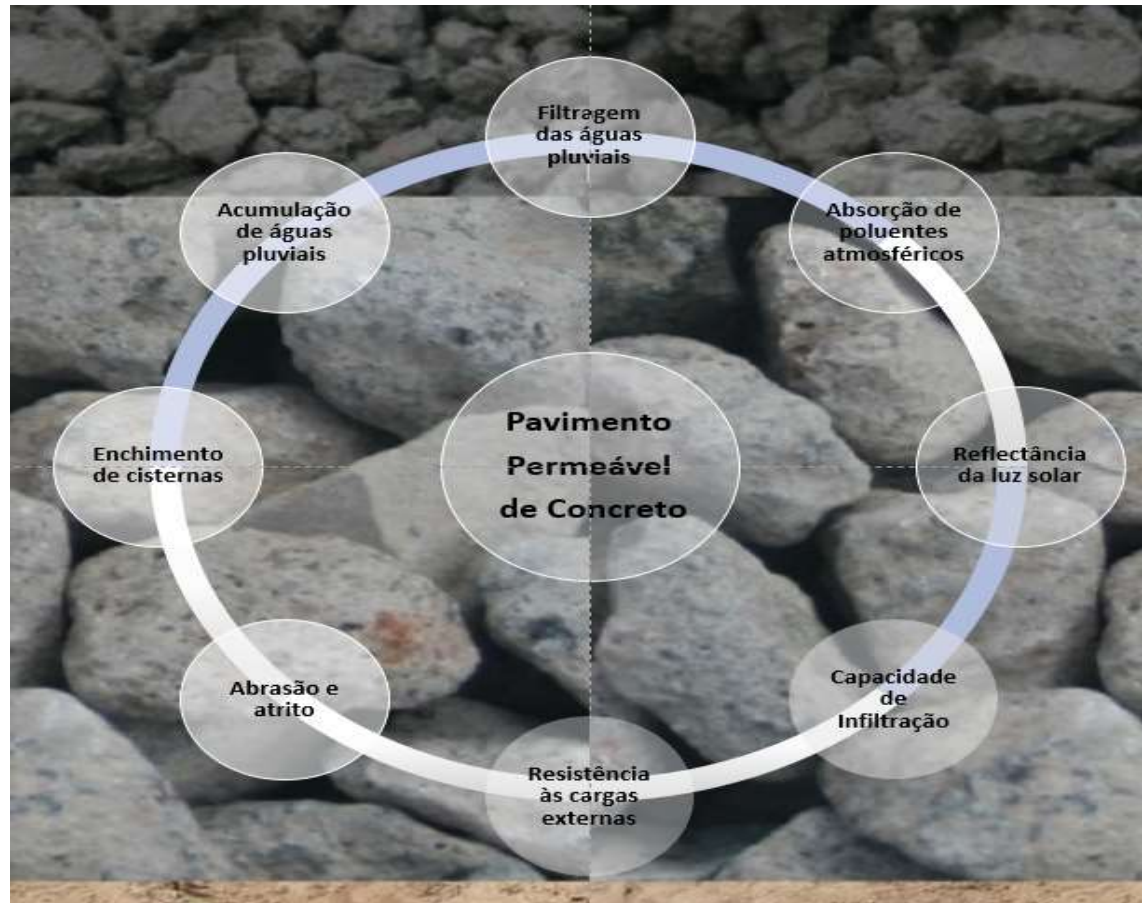
1. Pavimentação Permeável: Aspectos Ambientais e Práticos

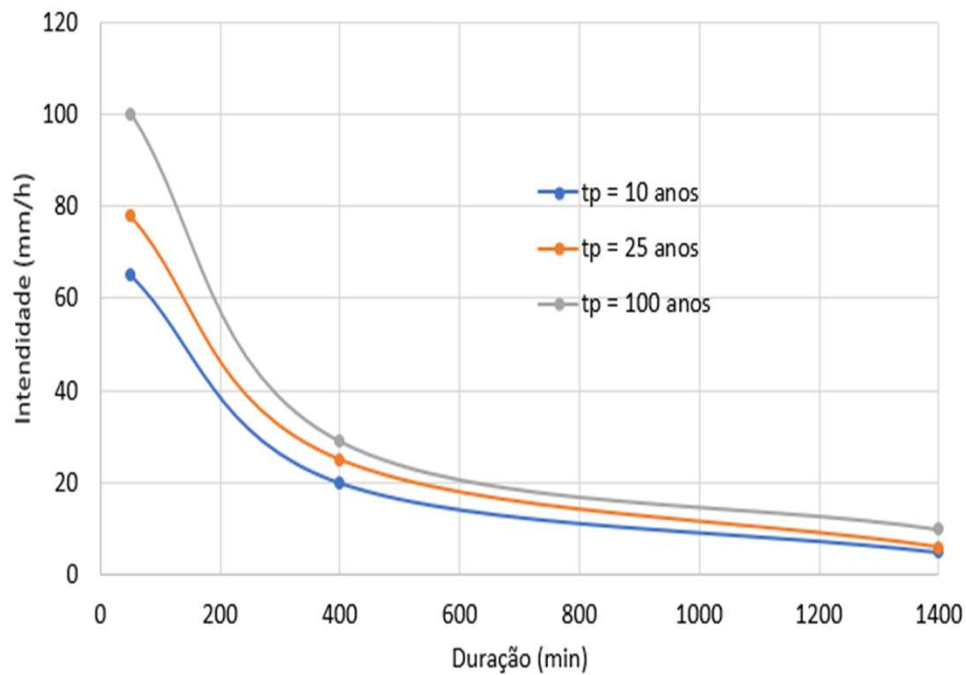
Custos dos Pavimentos de Concreto Permeáveis

Elementos de pavimentação e de drenagem	Pavimentos Convencionais	Pavimentos ou calçamentos Permeáveis	Observações
Revestimento	Sim	Sim	
Base permeável	Não	Sim	
Manta de polietileno	Não	Sim	Se para coleta d'água
Manta de geotêxtil	Não		Se para filtragem ou isolamento
Bocas-de-lobo e bocas-de-leão	Sim	Redução ao menos expressiva	
Tubos condutores convencionais	Sim	Redução ao menos expressiva	
Drenos subsuperficiais	Às vezes	Sim ou Não	Quando a base é caixa de acúmulo para a coleta com tubos perfurados
Tubulação de condução de águas pluviais	Sim	Redução ao menos expressiva	
Sarjetas	Sim	Normalmente não	

Tipo de pavimento permeável	Custo relativo por m ²
Pavimento em blocos com infiltração total	1,00
Pavimento em blocos com selagem do subleito e coleta de águas com drenos	1,07
Pavimento asfáltico poroso	0,60
Pavimento de concreto permeável	0,81

1. Pavimentação Permeável: Aspectos Ambientais e Práticos





2. Dilemas da Pavimentação Urbana Atrelados às Chuvas

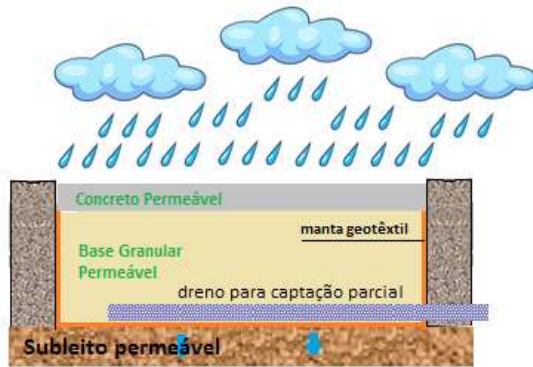
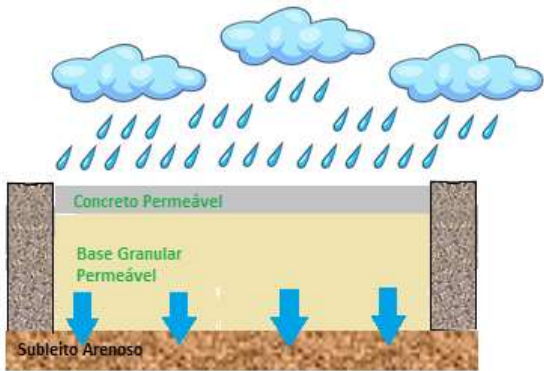
2. Dilemas da Pavimentação Urbana Arelados às Chuvas

Já nos anos de curso de engenharia civil tratávamos da questão do escoamento superficial em áreas urbanas; associado a isso tínhamos em conta a questão dos transbordamentos frequentes, em épocas de chuvas intensas, de rios como Tietê, Pinheiros, Tamanduateí, Pirajuçara, dentre os diversos existentes na Paulicéia desvairada.

De fato, estávamos diante, em grande parte, da problemática da impermeabilização urbana, que era um assunto recursivo em arquitetura e urbanismo. Grandes áreas asfaltadas (vias) os calçamentos públicos e praças em concreto, bem como as edificações e suas áreas externas impermeabilizadas, faziam parte do cardápio retórico de então. Parecia existir uma dicotomia profunda entre o desenvolvimento das infraestruturas urbanas e o escoamento superficial em grande volume, decorrente de não existir superfície permeável suficiente para as águas pluviais tocarem e penetrarem.

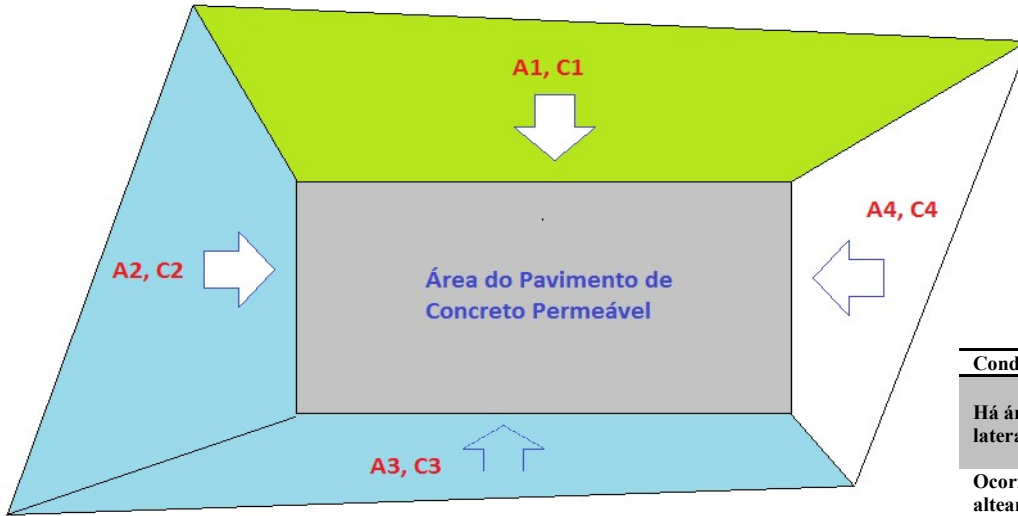
(Balbo, 2019)

Tipo/Condição de área superficial	Evapo transpiração	Infiltração superficial	Infiltração profunda	Escoamento superficial
Cobertura natural	40	25	25	10
10%-20% impermeabilizada	38	21	21	20
35%-50% impermeabilizada	35	20	15	30
75%-100% impermeabilizada	30	10	5	55



3. Dimensionamento Hidráulico de Reservatórios

3. Dimensionamento Hidráulico de Reservatórios



$$Q_{total} = 0,278 \times \sum_{i=1}^n C_i \times I \times A_i$$

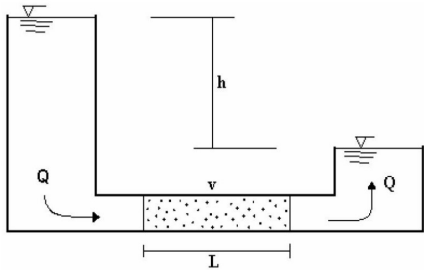
Condicionante	Resposta	Medida de projeto	Resposta	Medida de projeto
Há áreas de contribuição laterais (lindeiras)?	Sim	Considerar todas as áreas laterais e seus revestimentos superficiais específicos para determinação das vazões de contribuição	Não	Considerar apenas área pavimentada de cumeeira sem área de contribuição em seu entorno
Ocorre saturação e alteamento da lâmina d'água no topo de subleito no período crítico?	Sim	Dimensionar para condição de não infiltração de águas pelo subleito	Não	Considerar parte da infiltração pelo subleito à profundidade máxima da altura máxima do lençol d'água
Ocorrerá pico de chuva sucessivo após chuva intensa?	Sim	Repensar a duração da chuva intensa	Não	Dimensionar para a chuva crítica
Solo de subleito impermeável?	Sim	Considerar uso de drenos perfurados e destino da água percolada no pavimento	Não	Considerar parte da infiltração pelo subleito à profundidade máxima da altura máxima do lençol d'água
Revestimento de concreto como reservatório?	Sim	Considerar altura calculada como sendo de revestimento + base	Não	Considerar base como reservatório livre da infiltração se subleito for permeável
Captação de água imediata para drenagem convencional ou para cisternas?	Sim	Dimensionar sem considerar infiltração no subleito; usar manta de PEAD	Não	Considerar reservatório de acúmulo de esvaziamento lento
Exigência de filtragem de água para o subleito?	Sim	Especificar manta geotêxtil	Não	Não obrigatório uso de manta geotêxtil



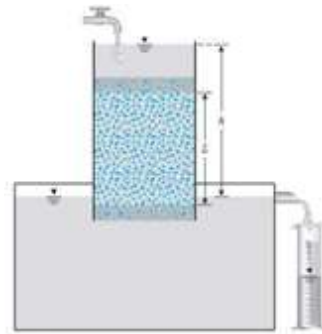
4. Parâmetros de Dosagem de Concretos Permeáveis

4. Parâmetros de Dosagem de Concretos Permeáveis

Parâmetros Hidráulicos



$$K = -\frac{aL}{At} \times \ln\left(\frac{hf}{hi}\right)$$



$$Q = K \times \frac{h}{L} \times A$$

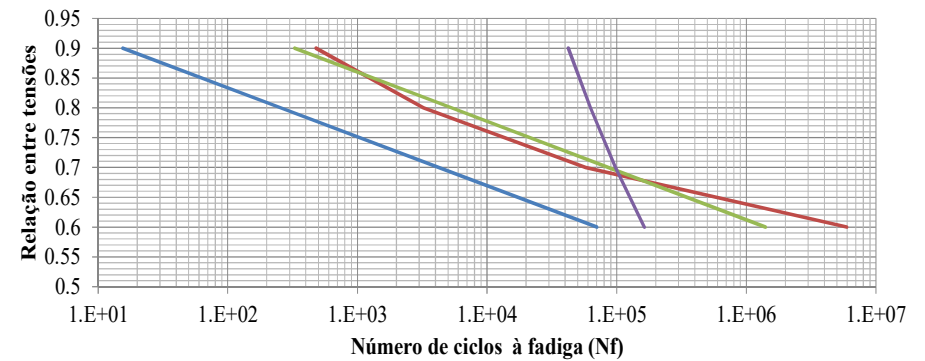
$$P(\%) = \left[1 - \left(\frac{m_s - m_{sat}}{\rho_a \times V} \right) \right] \times 100$$



$$I = \frac{K' \times M}{D^2 \times t}$$

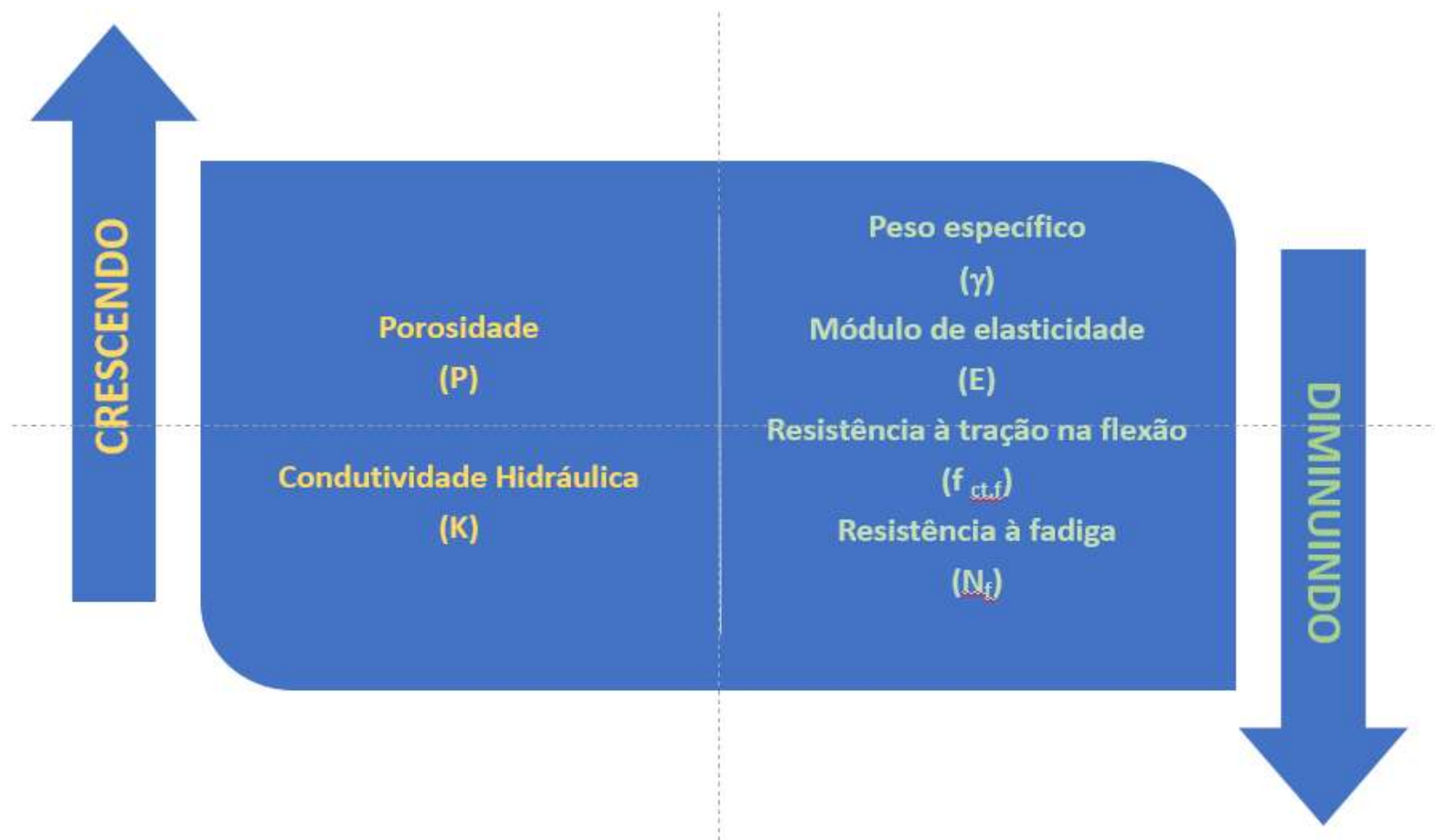
Parâmetros Mecânicos

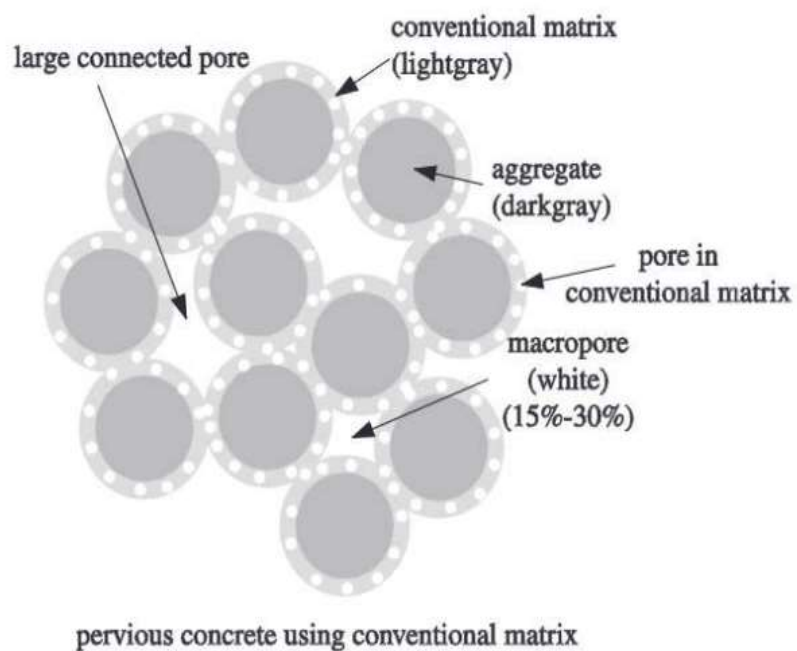
Ensaio	Objetivo	Parâmetros e normas	Designação e Cálcul
Cilindro	Resistência à compressão simples (f_c)	Carga de ruptura em compressão uniaxial (P_{rup}); área de aplicação de carga (A); NBR 5739	$f_c = \frac{P_{rup}}{A}$
Cilindro	Resistência à tração indireta ($f_{ct,sp}$)	Carga de ruptura em compressão diametral (P_{rup}); diâmetro do cilindro (\varnothing); comprimento do cilindro (L) NBR 7222	$f_{ct,sp} = \frac{2 \times P_{rup}}{\pi \times \varnothing \times l}$
Prisma (vigota)	Resistência à tração na flexão ($f_{ct,f}$)	Carga de ruptura em flexão (P_{rup}); base da vigota (b); altura da vigota (h); vão entre os cutelos de apoio (l) NBR 12142	$f_{ct,f} = \frac{P_{rup} \times l}{b \times h}$



— Concreto Permeável [59] — ACPA modificado [60] — Concreto Convencional saturado [61] — CAD [62]

4. Parâmetros de Dosagem de Concretos Permeáveis





Pontes de ligação de pasta hidráulica entre grãos dos concretos permeáveis (adaptado de: [65])

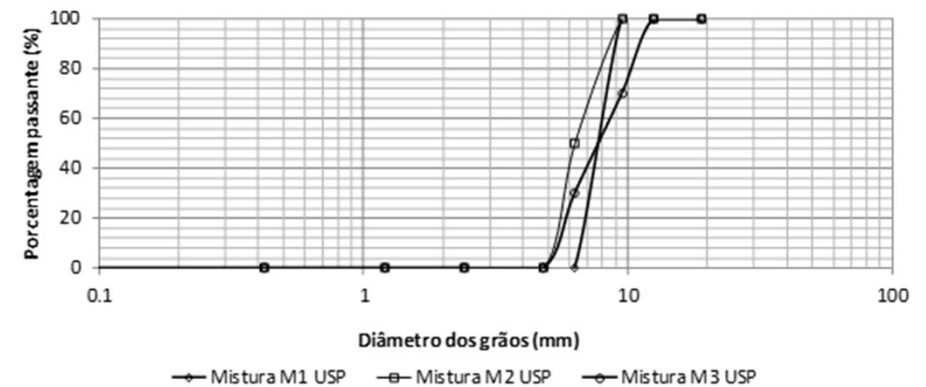
5. Materiais para Pavimentação Permeável

5. Materiais para Pavimentação Permeável



Parâmetro	Padrões típicos	Observações
Condutividade Hidráulica (cm/s)	0,1 a 1,5	Também reconhecida por permeabilidade; depende do tipo de teste
Porosidade (%)	15 a 35	Também reconhecida por índice de vazios
Resistência à tração na flexão (MPa)	1,5 a 4	Em tese, pode-se dosar um concreto permeável para valores ainda bem superiores
Módulo de elasticidade estático em flexão (MPa)	6.000 a 18.000	Valores em laboratório e em campo (retroanalizados)
Peso específico (kN/m ³)	17 a 21	-
Porcentagem (em peso) de grãos inferior a 4,8 mm	Máximo: 6	Usualmente nula ou apenas finos aderidos a agregados graúdos (pós)
Formato dos grãos	Preferencialmente angulosos	-

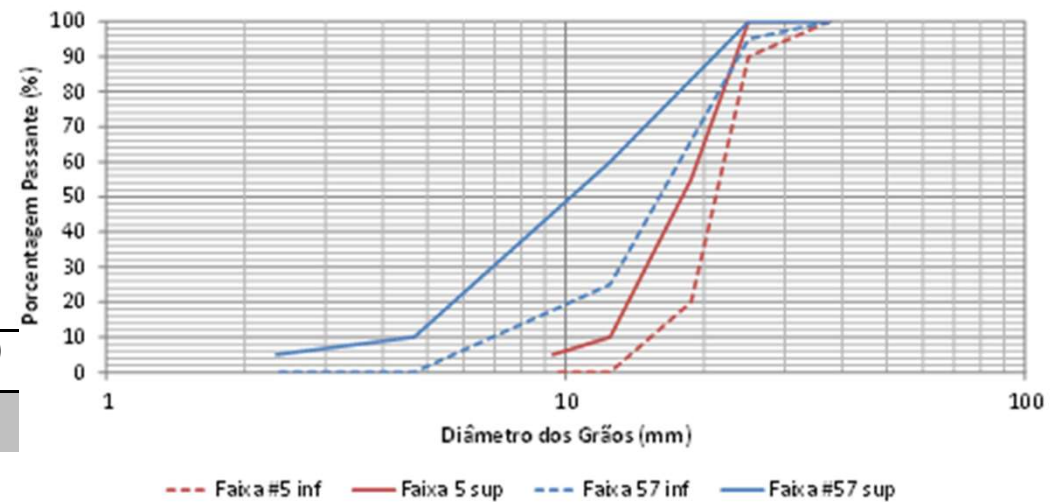
Material ou parâmetro de dosagem	Faixa
Agregado graúdo (kg/m ³)	1.200 a 1.500
Ligante hidráulico (kg/m ³)	240 a 410
Relação água/cimento (peso)	0,27 a 0,34
Relação agregado/cimento (peso)	4:1 a 4,5:1



5. Materiais para Pavimentação Permeável

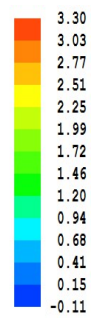
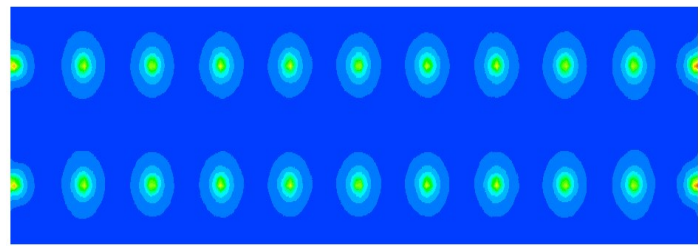
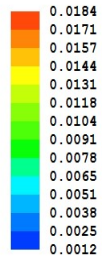
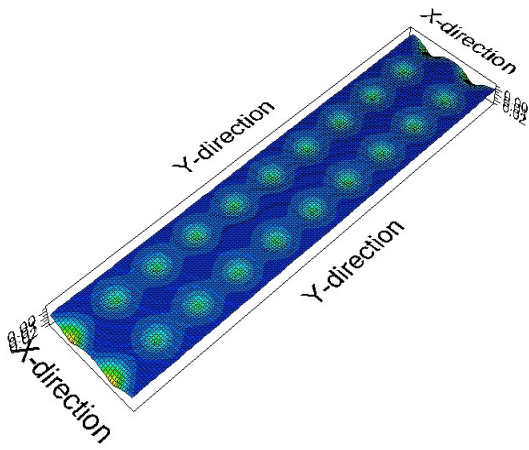


Uso do pavimento	Faixa do agregado (ASTM)	CBR do subleito encharcado (%)		
		> 15	10 - 14	5 - 9
Pedestres/Ciclistas	57	100	100	100
	2	150	150	150
N = 5 x 10 ⁴ a 1,5 x 10 ⁵	57	100	100	100
	2	200	200	200
N = 6 x 10 ⁵	57	100	100	100
	2	200	200	250



ASTM D448

Iowa DNR [53]



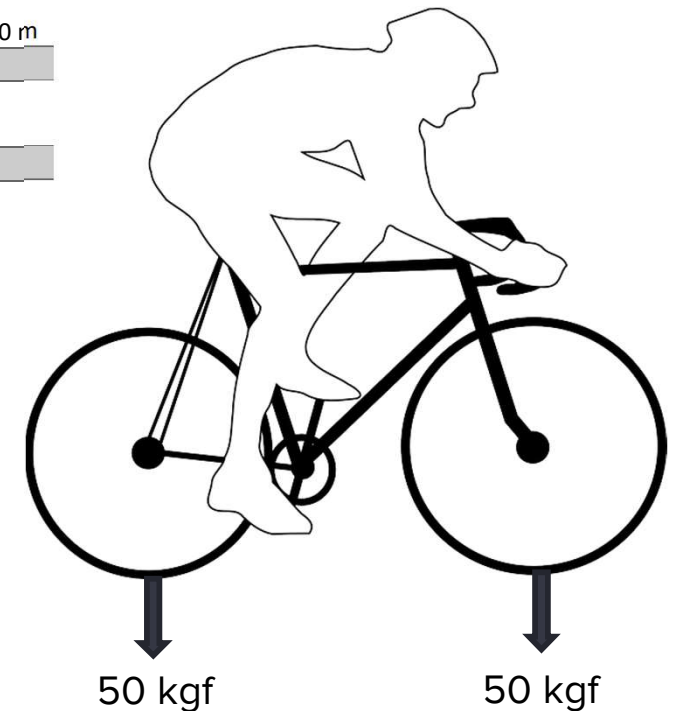
6. Princípios de Análise Estrutural

6. Princípios de Análise Estrutural

Parâmetro	Como determinar	Valores Sugeridos
Módulo de elasticidade do concreto permeável (E)	Retroanálise deflexões FWD Ensaios de tração na flexão	Seco: 12 GPa a 17 GPa Saturado: 7 GPa a 10 GPa Calcular em função da porosidade com a equação $E_f = f(P\%)$ apresentada no Capítulo 4 e comparar
Módulo de resiliência da base granular (M_r)	Retroanálise deflexões FWD Ensaio triaxial dinâmico	Seco: 60-90 MPa Saturado: 40 MPa
Módulo de resiliência do subleito (M_r)	Retroanálise deflexões FWD Ensaio triaxial dinâmico	Solos lateríticos (MCT): 100 MPa Solos não-Lateríticos (MCT): 50 MPa
Resistência à tração do concreto permeável	Ensaios de tração na flexão	Seco, dependendo da porosidade, de 1,5 a 3,5 MPa; Saturado: redução a ser ponderada
Módulo de reação do subleito (k)	Retroanálise deflexões FWD Ensaios de carga sobre placa	Solos lateríticos (MCT): 40 a 60 MPa/m Solos não-Lateríticos (MCT): 20 a 35 MPa/m
Módulo de reação do sistema de apoio subleito + base granular (k_s)	Retroanálise deflexões FWD Ensaios de carga sobre placa	Solos lateríticos (MCT): 50 a 70 MPa/m Solos não-Lateríticos (MCT): 20 a 40 MPa/m
Comprimento de placas com juntas ou fissuras de retração	Determinístico	Calçadas e ciclovias: 10 m Parques, estacionamentos, ruas: 5 m
Largura de placas com juntas	Determinístico	Calçadas e ciclovias: 1 a 3 m Parques, estacionamentos, ruas: 3 a 4 m

6. Princípios de Análise Estrutural

Tipo de carga	Valores Sugeridos	Geometria da carga
Pedestre	0,5 kN sobre cada pé (excepcional)	Retangular de 100 mm x 270 mm Pressão sob um pé: 0,0185 MPa Pressão de uma roda: 0,75 MPa
Ciclista sobre magrela	1 kN sendo metade em cada roda	Raio: 14,5 mm Distância entre centros de rodas: 1,0 m
Automóveis e utilitários	5 a 20 kN (consultar fabricantes)	Consultar fabricantes
Ônibus e caminhões rodoviários	Seguir padrões convencionais de pavimentação	Seguir padrões convencionais de pavimentação
Diferencial térmico	$\Delta T = 8^{\circ}\text{C}$ (entre topo de fundo)	Em toda a área da placa



Uso do pavimento	Valores Sugeridos de partida
Espessura hidráulica mínima requerida*	Empregar espessuras resultantes do dimensionamento do reservatório
Pedestres	75 a 100 mm
Ciclista sobre magrela	100 a 120 mm
Automóveis e utilitários	170 a 200 mm
Corredores de ônibus	250 a 350 mm
Faixas com caminhões rodoviários	300 a 450 mm

6. Princípios de Análise Estrutural

Passo	Tarefa	Descrição do procedimento/sugestões
1	Fixação da espessura mínima requerida	Adotar tentativamente as orientações contidas na Tabela 6.3
2	Fixação dos parâmetros elásticos das camadas	Valores sugeridos na Tabela 6.1
3	Imposição do horizonte de serviço do pavimento (período de projeto)	Pedestres e ciclovias – 10 a 20 anos Corredores de transporte público – 20 anos Analisar casos específicos
4	Imposição das cargas de projeto	Valores sugeridos na Tabela 6.2
5	Determinação das tensões críticas de tração na flexão no concreto para cada carga	Primariamente e precariamente, empregando-se fórmulas analíticas, mas preferencialmente modelagem por MEF
6	Fixação da resistência básica para o concreto permeável	Recordar que este parâmetro é ajustável, como a espessura do revestimento. O balanço entre ambos é essencialmente econômico e tecnológico.
7	Determinar para o horizonte de projeto o consumo individual à fadiga para cada carga esperada	Empregar modelo de fadiga específico para concreto permeável sempre. O consumo de resistência à fadiga individual é expresso em porcentagem (%) dividindo-se o número de repetições esperada no período para cada carga pelo número de repetições à fadiga esperado individualmente para cada carga.
8	Determinar para o horizonte de projeto o consumo total à fadiga para todas as cargas	É o somatório dos consumos individuais ao longo do período de projeto. Empregue a hipótese de Palmgren-Miner de dano contínuo linear [57] objetivando-se um compromisso de ajuste espessura-resistência do concreto tendendo a 100% pela direita.
9	Detalhar em termos de desenho de execução todos os elementos de camadas e de drenagem determinados	Conforme exigências para as obras.



7. Construção de Calçadas e Pavimentos

7. Construção de Calçadas e Pavimentos

CNPq – Processo 457853/2014-0



7. Construção de Calçadas e Pavimentos



7. Construção de Calçadas e Pavimentos

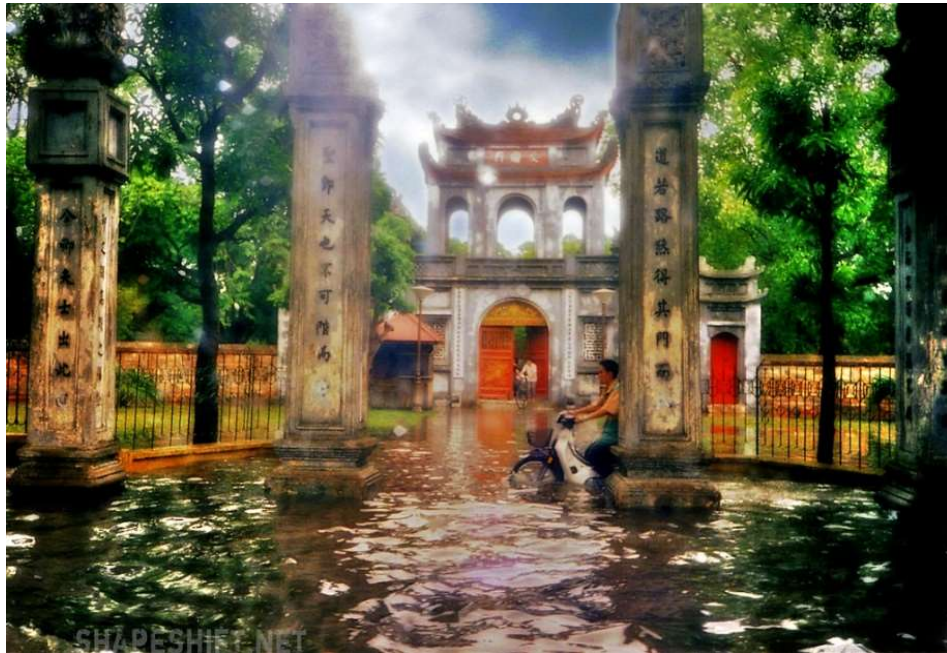


7. Construção de Calçadas e Pavimentos



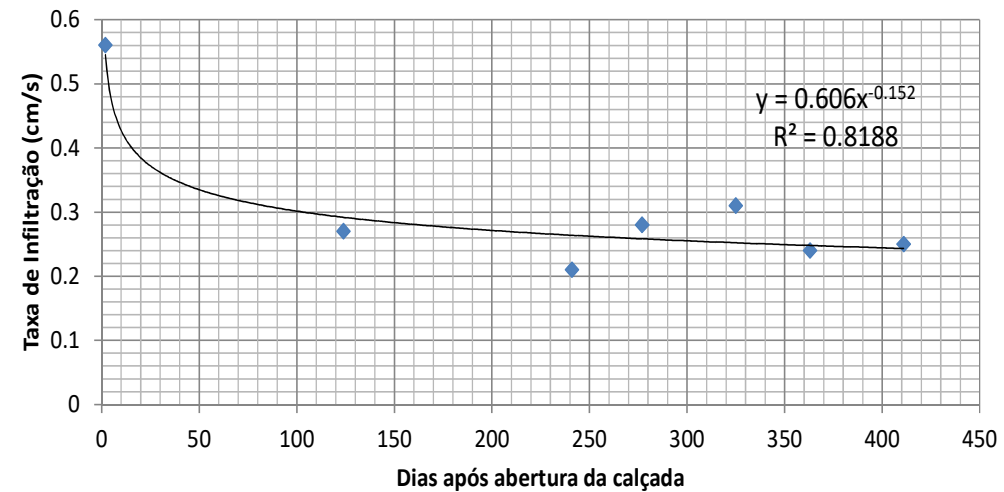
7. Construção de Calçadas e Pavimentos



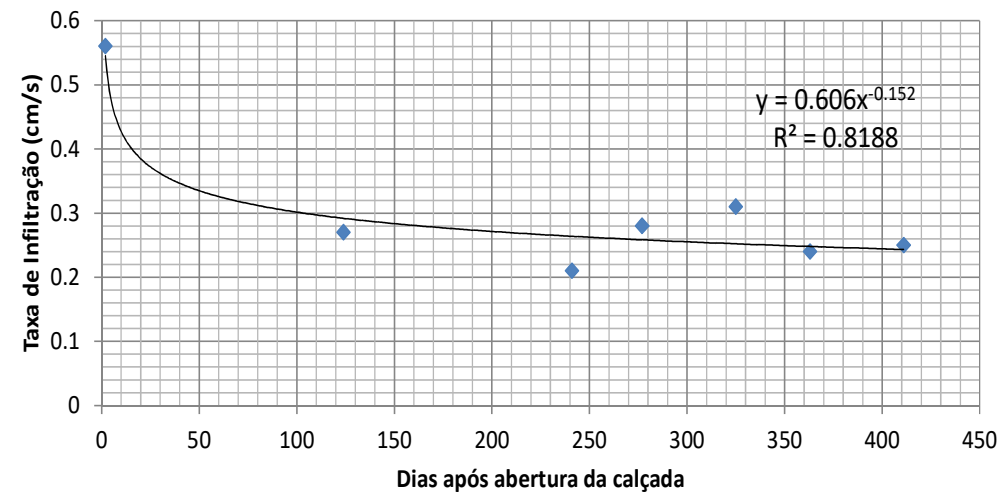


8. Conservação e Manutenção dos Pavimentos Permeáveis

8. Conservação e Manutenção dos Pavimentos Permeáveis



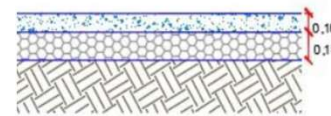
8. Conservação e Manutenção dos Pavimentos Permeáveis



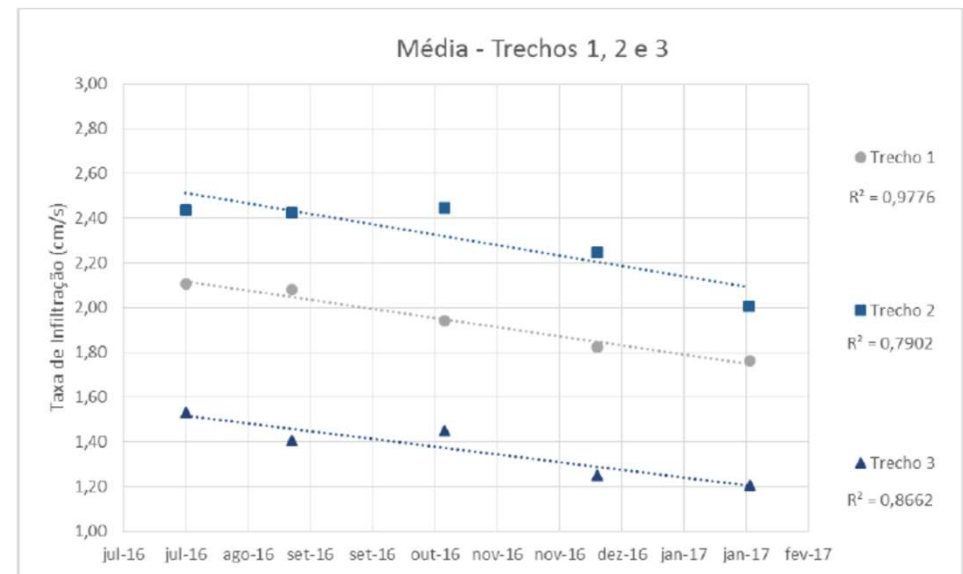
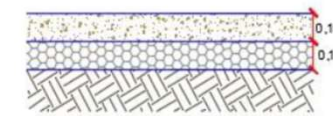
8. Conservação e Manutenção dos Pavimentos Permeáveis



TRECHO 1
ESTRUTURA DO LMP PERVIOUS – REGIÃO
C/ MANTA PERMEÁVEL



TRECHO 2
ESTRUTURA DO LMP PERVIOUS – REGIÃO
COM LONA IMPERMEÁVEL



8. Conservação e Manutenção dos Pavimentos Permeáveis



8. Conservação e Manutenção dos Pavimentos Permeáveis

Atividade	Programação/periodicidade
Inspeção visual sobre presença de detritos e sedimentos	Mensal (normal) e quando da ocorrência de eventos volumosos de precipitação; Quando o pavimento estiver em áreas cobertas por vegetação recomenda-se verificação semanal.
Manutenção de áreas gramadas lindeiras	Quando necessário
Semeadura de áreas adjacentes desmatadas	Quando necessário
Excesso de fluxo de águas não pluviais	Desvio do fluxo; quando necessário
Limpeza superficial com vassoura ou sopro	Rotineira
Limpeza superficial com aspiração potente	Semestralmente ou trimestralmente em função do volume de folhagens e detritos que chegam às áreas
Inspeção sobre destacamentos e fissuras	Anual
Ensaio de Taxa de Infiltração	Trimestral
Jateamento de água sob pressão	Taxa de infiltração for reduzida para 25% da inicial



9. Desafios para Pavimentação com Concretos Permeáveis

❖ Precipitação da Pasta durante seu Lançamento e Adensamento



- ❖ Precipitação da Pasta durante seu Lançamento e Adensamento
- ❖ Modelagem à Fadiga de Concretos com Cimentos e Agregados Locais

- ❖ Precipitação da Pasta durante seu Lançamento e Adensamento
- ❖ Modelagem à Fadiga de Concretos com Cimentos e Agregados Locais
- ❖ Reinterpretação dos Resultados de Ensaios de Resistência

- ❖ Precipitação da Pasta durante seu Lançamento e Adensamento
- ❖ Modelagem à Fadiga de Concretos com Cimentos e Agregados Locais
- ❖ Reinterpretação dos Resultados de Ensaios de Resistência
- ❖ Fixação de Critérios Racionais de Dosagem

- ❖ Precipitação da Pasta durante seu Lançamento e Adensamento
- ❖ Modelagem à Fadiga de Concretos com Cimentos e Agregados Locais
- ❖ Reinterpretação dos Resultados de Ensaios de Resistência
- ❖ Fixação de Critérios Racionais de Dosagem
- ❖ Alteração do Modelo de Cálculo de Tensões para Placas Anisotrópicas

- ❖ Precipitação da Pasta durante seu Lançamento e Adensamento
- ❖ Modelagem à Fadiga de Concretos com Cimentos e Agregados Locais
- ❖ Reinterpretação dos Resultados de Ensaios de Resistência
- ❖ Fixação de Critérios Racionais de Dosagem
- ❖ Alteração do Modelo de Cálculo de Tensões para Placas Anisotrópicas
- ❖ Parâmetros pouco Conhecidos e Necessários

- ❖ Precipitação da Pasta durante seu Lançamento e Adensamento
- ❖ Modelagem à Fadiga de Concretos com Cimentos e Agregados Locais
- ❖ Reinterpretação dos Resultados de Ensaios de Resistência
- ❖ Fixação de Critérios Racionais de Dosagem
- ❖ Alteração do Modelo de Cálculo de Tensões para Placas Anisotrópicas
- ❖ Parâmetros pouco Conhecidos e Necessários
- ❖ Previsão da Colmatação e de Manutenção

- ❖ Precipitação da Pasta durante seu Lançamento e Adensamento
- ❖ Modelagem à Fadiga de Concretos com Cimentos e Agregados Locais
- ❖ Reinterpretação dos Resultados de Ensaios de Resistência
- ❖ Fixação de Critérios Racionais de Dosagem
- ❖ Alteração do Modelo de Cálculo de Tensões para Placas Anisotrópicas
- ❖ Parâmetros pouco Conhecidos e Necessários
- ❖ Previsão da Colmatação e de Manutenção
- ❖ Juntas para Controle de Retração de Secagem

- ❖ Precipitação da Pasta durante seu Lançamento e Adensamento
- ❖ Modelagem à Fadiga de Concretos com Cimentos e Agregados Locais
- ❖ Reinterpretação dos Resultados de Ensaios de Resistência
- ❖ Fixação de Critérios Racionais de Dosagem
- ❖ Alteração do Modelo de Cálculo de Tensões para Placas Anisotrópicas
- ❖ Parâmetros pouco Conhecidos e Necessários
- ❖ Previsão da Colmatação e de Manutenção
- ❖ Juntas para Controle de Retração de Secagem
- ❖ Estabelecer Rotinas de Manutenção e seus Métodos - Gerenciar

- ❖ Precipitação da Pasta durante seu Lançamento e Adensamento
- ❖ Modelagem à Fadiga de Concretos com Cimentos e Agregados Locais
- ❖ Reinterpretação dos Resultados de Ensaios de Resistência
- ❖ Fixação de Critérios Racionais de Dosagem
- ❖ Alteração do Modelo de Cálculo de Tensões para Placas Anisotrópicas
- ❖ Parâmetros pouco Conhecidos e Necessários
- ❖ Previsão da Colmatação e de Manutenção
- ❖ Juntas para Controle de Retração de Secagem
- ❖ Estabelecer Rotinas de Manutenção e seus Métodos - Gerenciar
- ❖ Textura Superficial e Interação com Pedestres/Ciclistas

- ❖ Precipitação da Pasta durante seu Lançamento e Adensamento
- ❖ Modelagem à Fadiga de Concretos com Cimentos e Agregados Locais
- ❖ Reinterpretação dos Resultados de Ensaios de Resistência
- ❖ Fixação de Critérios Racionais de Dosagem
- ❖ Alteração do Modelo de Cálculo de Tensões para Placas Anisotrópicas
- ❖ Parâmetros pouco Conhecidos e Necessários
- ❖ Previsão da Colmatação e de Manutenção
- ❖ Juntas para Controle de Retração de Secagem
- ❖ Estabelecer Rotinas de Manutenção e seus Métodos - Gerenciar
- ❖ Textura Superficial e Interação com Pedestres/Ciclistas
- ❖ Viabilidade do Concreto Permeável para Tráfego Pesado

- ❖ Precipitação da Pasta durante seu Lançamento e Adensamento
- ❖ Modelagem à Fadiga de Concretos com Cimentos e Agregados Locais
- ❖ Reinterpretação dos Resultados de Ensaios de Resistência
- ❖ Fixação de Critérios Racionais de Dosagem
- ❖ Alteração do Modelo de Cálculo de Tensões para Placas Anisotrópicas
- ❖ Parâmetros pouco Conhecidos e Necessários
- ❖ Previsão da Colmatação e de Manutenção
- ❖ Juntas para Controle de Retração de Secagem
- ❖ Estabelecer Rotinas de Manutenção e seus Métodos - Gerenciar
- ❖ Textura Superficial e Interação com Pedestres/Ciclistas
- ❖ Viabilidade do Concreto Permeável para Tráfego Pesado
- ❖ Custos do Pavimento de Concreto Permeável



I Seminário de Transporte Terrestre
EESC-USP
19-08-2019

OBRIGADO/GRAZIE/GRACIAS/DANKE/THANKS/MERCI

Palestra do Prof. José T. Balbo
Escola Politécnica
Universidade de São Paulo

