



# Estudo Comparativo da Eficiência Hidráulica de 2 Tipos de Pavimentos Permeáveis

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Liliane Lopes Costa Alves Pinto**

**Prof. Dr. Rubem La Laina Porto**

**Prof. Dr. José Rodolfo Scarati Martins**

**Prof. Dr. Carlos Yukio Suzuki**

# PAVIMENTO PERMEÁVEL ???

**AQUELE QUE TEM VAZIOS INTERLIGADOS.**

**É A ESTRUTURA:**

**REVESTIMENTO + RESERVATÓRIO  
(BASE GRANULAR)**



## Dimensionamento Hidrológico-Hidráulico do Pavimento Permeável



# METODOLOGIA

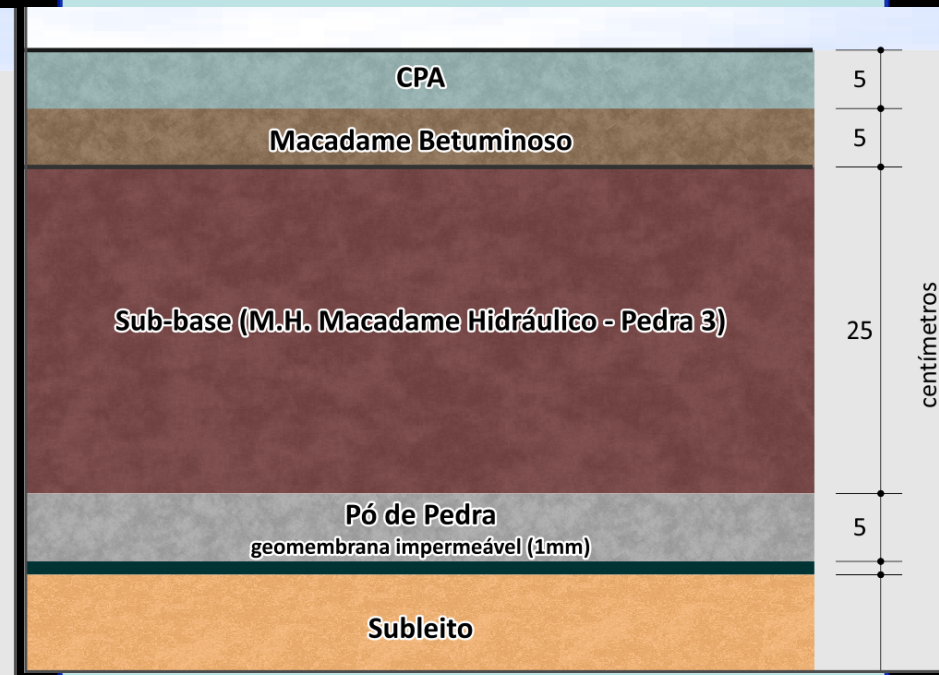


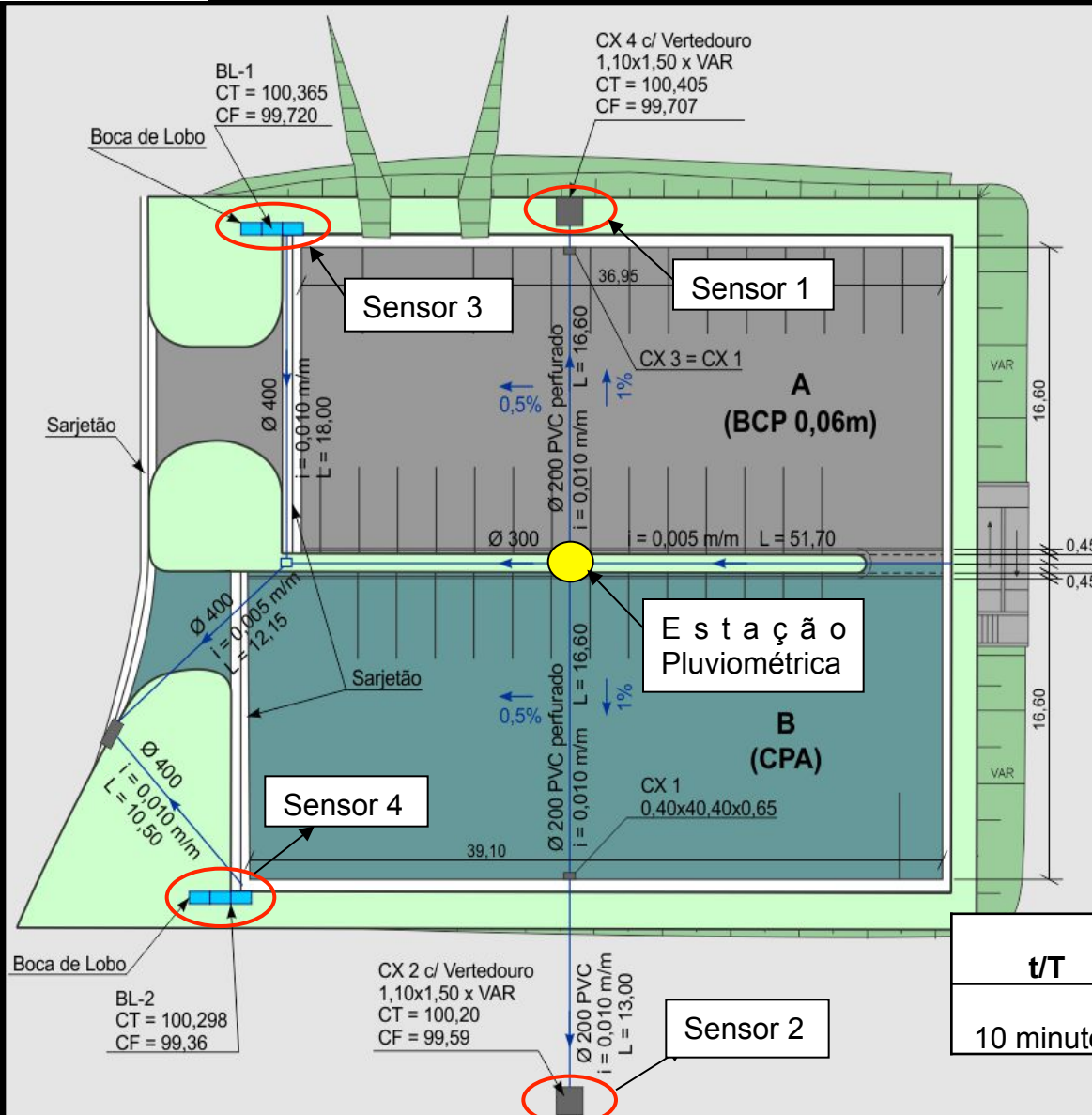
## Dimensionamento Mecânico do Pavimento Permeável

### Blocos Concreto Permeável (BCP)



### Camada Porosa de Atrito (CPA)





Precipitação (mm)	Hmédia (mm)	
	Bloco	Asfalto
	<b>10 anos</b>	
t/T		
10 minutos	24,40	305,11

# MONITORAMENTO

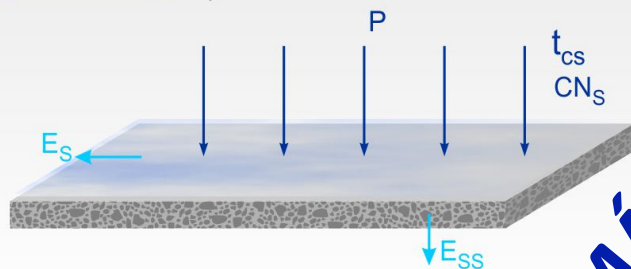
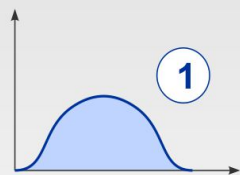


EL

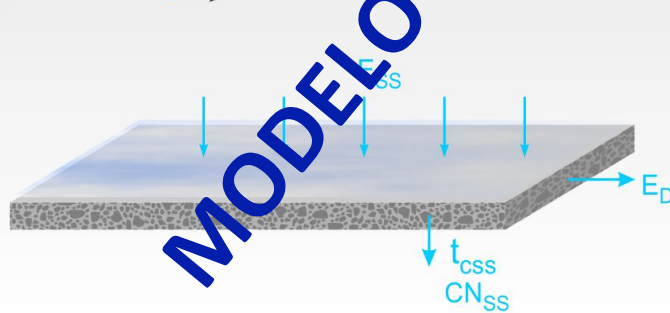
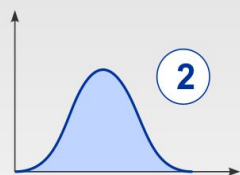




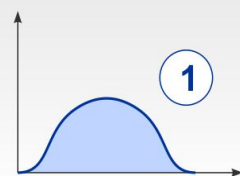
Item	Módulo Monitorado	Evento	Precipitação (mm)	Duração do Evento		Duração do Evento (horas)	TR Gumbel (anos)	TR IDF* (anos)
				Início	Fim			
1	BCP	1/2/2010	23,60	18:00	20:00	02:00	1,02	1,02
2	BCP	2/2/2010	16,60	17:30	20:50	03:20	< 1 ano	<1 ano
3	BCP	4/2/2010	42,60	15:40	17:50	02:10	2,50	1,60
4	BCP	6/2/2010	2,80	17:30	18:20	00:50	< 1 ano	<1 ano
5	CPA	25/2/2010	25,20	03:00	05:50	02:50	1,02	1,02
6	CPA	25/2/2010	1,80	06:20	07:30	01:20	< 1 ano	<1 ano
7	CPA	25/2/2010	8,40	09:40	10:00	01:20	< 1 ano	<1 ano
	CPA	25/2/2010	35,40			07:00	1,13	1,12
8	CPA	6/3/2010	3,20	07:00	13:50	06:50	1,02	1,05
9	CPA	14/3/2010	4,00	12:50	13:10	00:30	< 1 ano	<1 ano
10	CPA	14/3/2010	10,40	17:40	19:00	01:20	< 1 ano	<1 ano
11	CPA	14/3/2010	2,00	21:30	22:30	01:00	< 1 ano	<1 ano
	CPA	14/3/2010	16,40			9:40		<1 ano
12	CPA	15/3/2010	2,80	03:40	06:20	02:40	< 1 ano	<1 ano
	CPA	14 a 15/3/2010	20,00	12:40	08:50	20:10	< 1 ano	<1 ano
13	BCP	25/3/2010	73,40	14:50	17:00	02:10	63	10
14	BCP	6/4/2010	18,80	09:10	17:10	01:10	< 1 ano	<1 ano
15	CPA	23/4/2010	17,20	15:40	19:50	04:10	< 1 ano	<1 ano
16	CPA	8/5/2010	21,40	17:20	21:40	4:20	< 1 ano	<1 ano



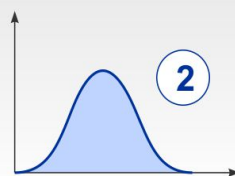
1ª Fase



2ª Fase

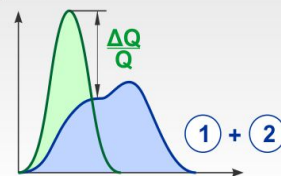


+



=

$$Q = CiA$$



**MODELO MATEMÁTICO**

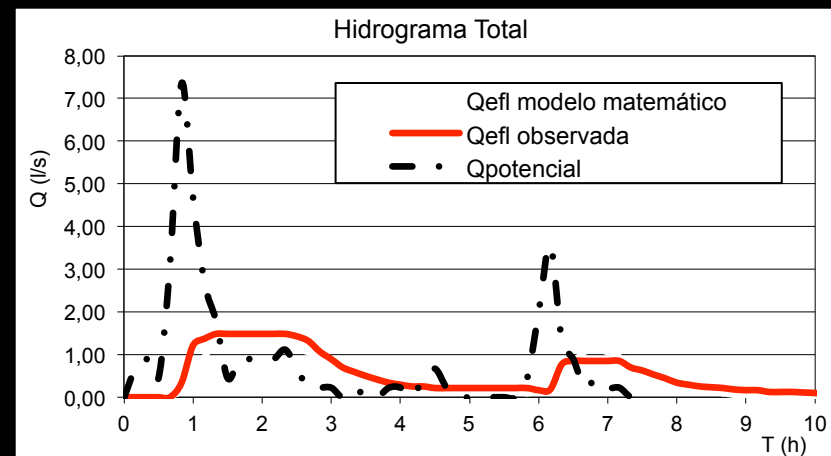
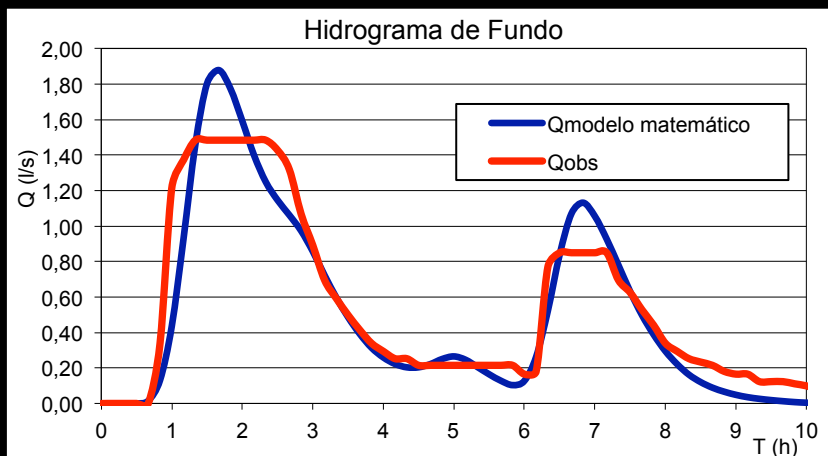




- Evento de 25/2/2010 – Precipitação = 25,20 mm

Tabela 2 - Dados de entrada e resultados - evento de 25/2/2010

Dados de Entrada				Resultados			
Área Bacia (km <sup>2</sup> )	0,000668	Tr (anos)	10	Tot Precip (mm)	35,40	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	0,0019
Tempo de Con (h)	1,19	Duração (h)	7,00	IntensMax (mm/h)	39,59	Qespec (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	2,81
Fator Imperm(%)	0%			Intens Med (mm/h)	5,06	Coef Run Off	0,93
Fração Conect (%)	0%	Delta T (h)	0,167	Tot Infiltr (mm)	7,40	CN medio	97,20
CN Inicial	96,99	Coef Corretivo	1	Tot Exced (mm)	28,00	Volume da Cheia (m <sup>3</sup> )	18,61
CN Final	97,23	Chuva Total (mm)	35,40	Exced Max (mm/h)	26,83		





## BLOCOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO POROSO (BCP)

Tabela – Relação %Amortecimento x TR x Duração da Chuva para o BCP

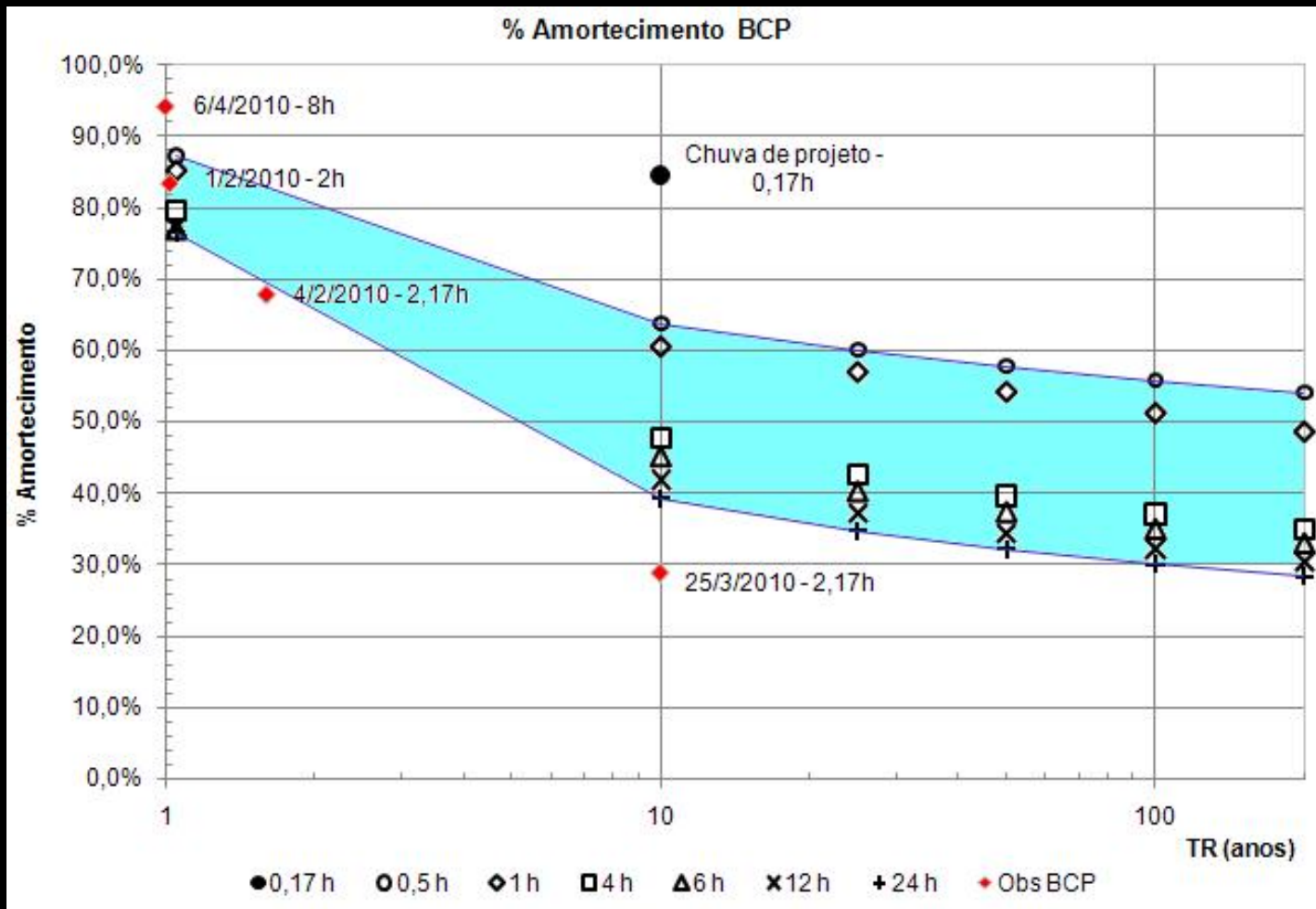
TR (anos)	% Amortecimento						
	Duração (h)						
	0,17	0,5	1	4	6	12	24
1,05		87,38%	85,11%	79,52%	77,10%	77,39%	76,55%
10	84,51%	63,80%	60,57%	47,70%	45,24%	41,93%	39,26%
25		60,11%	57,04%	42,65%	40,33%	37,22%	34,75%
50		57,82%	54,27%	39,65%	37,44%	34,49%	32,18%
100		55,85%	51,32%	37,14%	35,04%	32,26%	30,12%
200		54,13%	48,72%	35,02%	33,03%	30,41%	28,43%

Tabela - Relação %Amortecimento x TR x Duração da Chuva dos Eventos Observados

TR (anos)	% Amortecimento		
	Duração (h)		
	2	2,17	8
< 1			94,23%
1,02	83,46%		
1,60		67,88%	
10		28,90%	



## BLOCOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO POROSO (BCP)



# RESULTADOS



## CAMADA POROSA DE ATRITO (CPA)

Tabela – Relação %Amortecimento x TR x Duração da Chuva para o CPA

TR (anos)	% Amortecimento						
	Duração (h)						
	0,17	0,5	1	4	6	12	24
1,05		84,90%	68,48%	64,82%	64,36%	63,84%	63,51%
10	95,75%	77,01%	60,63%	57,89%	57,49%	57,11%	56,88%
25		75,90%	59,78%	57,26%	56,92%	56,62%	56,44%
50		75,22%	59,29%	56,91%	56,61%	56,36%	56,21%
100		74,64%	58,87%	56,64%	56,38%	56,15%	56,03%
200		74,13%	58,52%	56,42%	56,18%	55,99%	55,88%

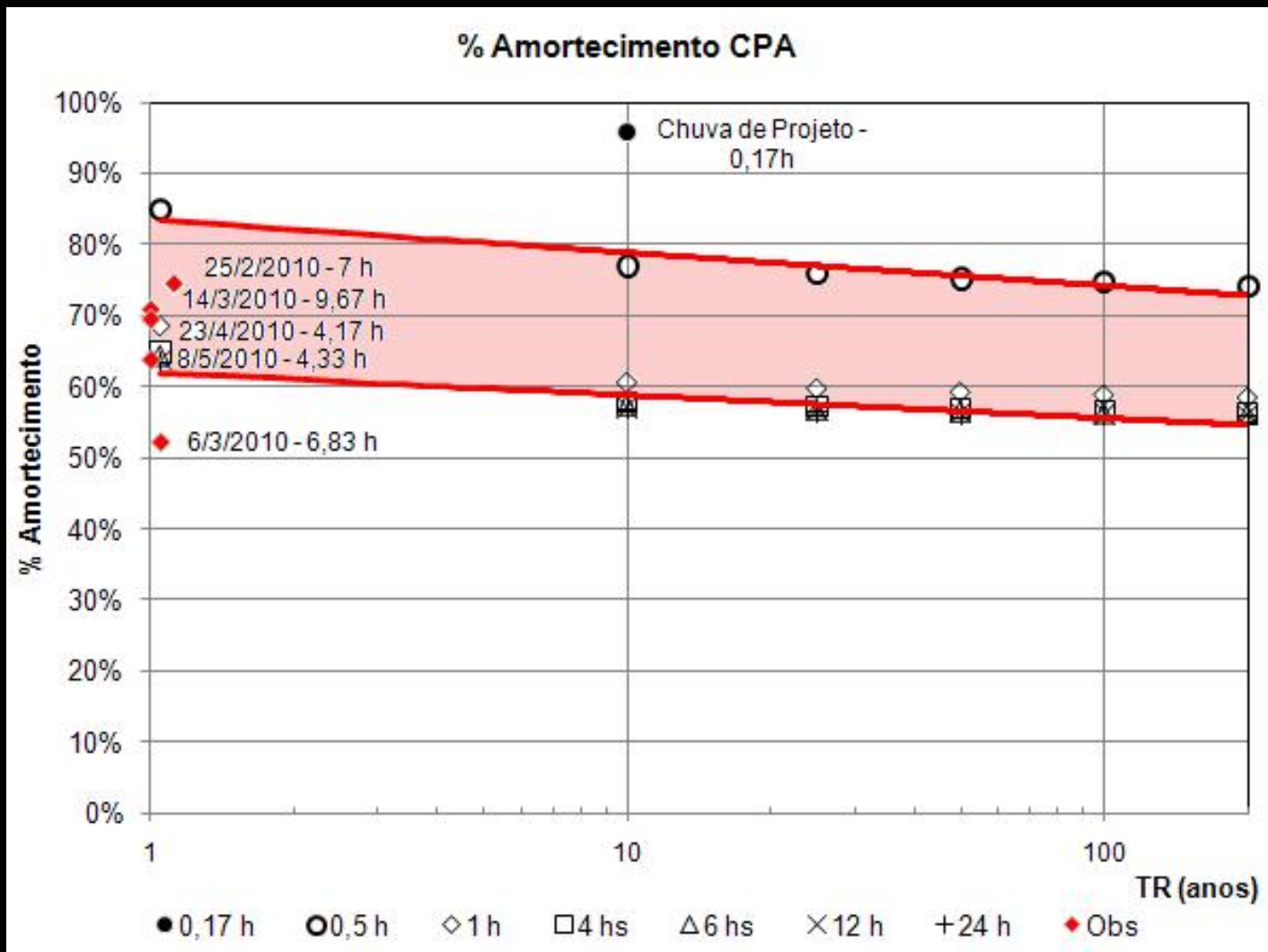
Tabela - Relação %Amortecimento x TR x Duração da Chuva dos Eventos Observados

TR (anos)	% Amortecimento				
	Duração (h)				
	4,17	4,33	6,83	7	9,67
< 1	69,47	63,84			70,83
1,05			52,31		
1,12				74,45	
Evento	23/4/10	8/5/10	6/3/10	25/2/10	14/3/10

# RESULTADOS



## CAMADA POROSA DE ATRITO (CPA)



# CONCLUSÕES



## BCP

Para recorrência entre 10 e 200 anos tem desempenho de 64% (0,5h) a 28% (24h).

Desempenho 17% inferior ao CPA em eventos curtos e 50% em eventos com duração 24h.

## CPA

Desempenho melhor em eventos com período de retorno entre 10 e 200 anos, 77% (0,5h) a 56% (24h).

Eficiência média de 60%, chegando até 95% em eventos com 10 min. de duração.

# CONCLUSÕES



***“Em ambos protótipos foram determinadas curvas envoltórias,  
que representam as porcentagens de amortecimento mínimas  
e máximas encontradas em função do período de retorno.  
Portanto, o desempenho/eficiência de cada módulo está contido  
nas curvas envoltórias superior e inferior”.***

***“Pavimentos permeáveis são dispositivos  
eficientes para o amortecimento de  
picos de cheia”.***

# CONCLUSÕES



1

- O desempenho dos pavimentos permeáveis foi **excelente até o término da pesquisa!**

2

- É imprescindível a elaboração de projetos estrutural e hidráulico;

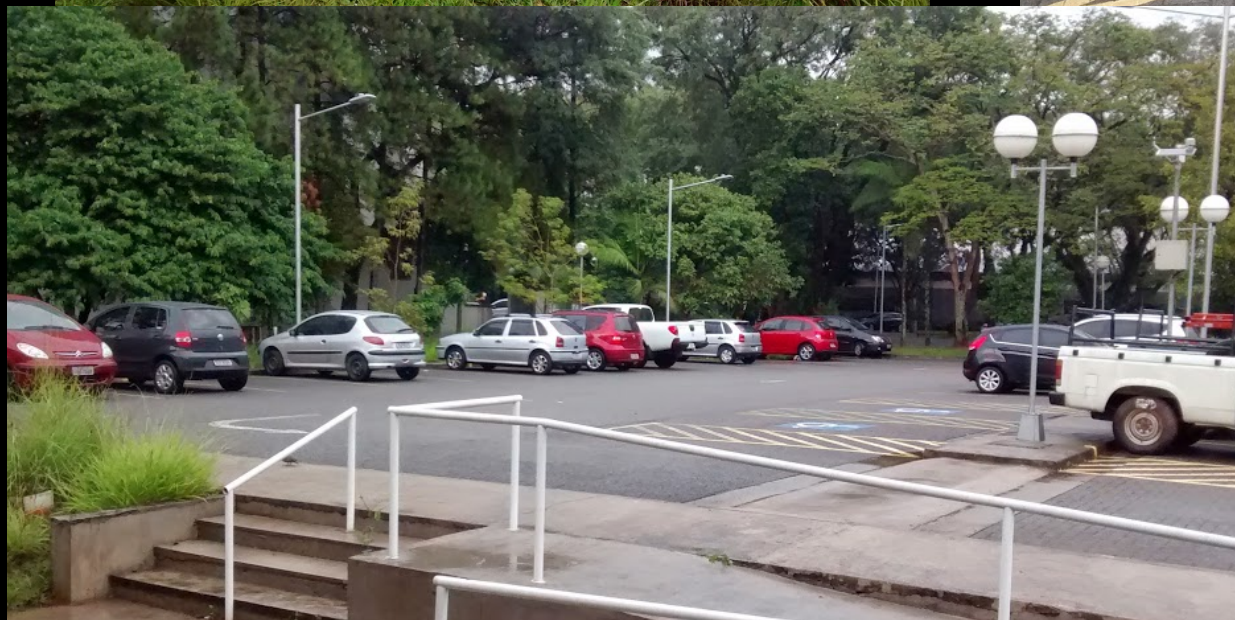
3

- A construção e o ensaio do pavimento foi **um sucesso didático!**



# COMENTÁRIOS FINAIS

## CHUVA DE 06/06/2014





# OBRIGADA!

**Para mais detalhes consultar/For more details:**

**[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/  
3/3147/tde-31082011-160233/pt-br.php](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-31082011-160233/pt-br.php)**

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Liliane Lopes Costa Alves Pinto**

**[lcengenharia@uol.com.br](mailto:lcengenharia@uol.com.br) ou  
[llopescosta74@gmail.com](mailto:llopescosta74@gmail.com)**

**Prof. Dr. Rubem La Laina Porto**

**[rlporto@usp.br](mailto:rlporto@usp.br)**

**Prof. Dr. José Rodolfo Scarati Martins**

**[scarati@usp.br](mailto:scarati@usp.br)**

**Prof. Dr. Carlos Yukio Suzuki**

**[carlos.suzuki@planservi.com.br](mailto:carlos.suzuki@planservi.com.br)**