

ESCOLA POLITÉCNICA  
DA USP

**NATAL, 07/10 a 10/10 de 2014**

## **PARAMETRIZAÇÃO DE PISTA EXPERIMENTAL DE PAVIMENTO DE CONCRETO CONTINUAMENTE ARMADO ATRAVÉS DE MÉTODO NÃO DESTRUTIVO**

Lucio Salles de Salles  
José Tadeu Balbo

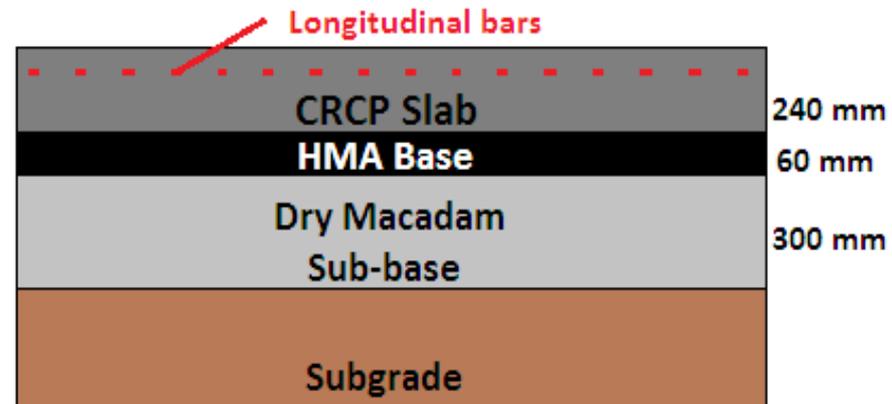
# PISTA EXPERIMENTAL: PCCA

- Pavimento de concreto sem juntas
- PCCA = “Let it crack”
- Fissuração controlada pela Armadura Longitudinal → Única Função
- Sem Juntas, sem barras de transferência
- Placas longas, duráveis e muito mais suáveis ao rolamento



# PCCA DE CURTA EXTENSÃO

- 4 seções
- 50 m de comprimento; 5.05 metros de largura
- Setembro, 2010
- Mesmas camadas
- Diferentes Taxas de armadura
  - Seção 1 (0.6%)
  - Seção 2 (0.7%)
  - Seção 3 (0.5%)
  - Seção 4 (0.4%)
- Armadura longitudinal (20 mm)
- Armadura transversal 20 mm, espaçadas em 0.9 m
- Sem ancoragem no final das seções



Steel details in Section 1



Moist curing (sections 1 and 2)



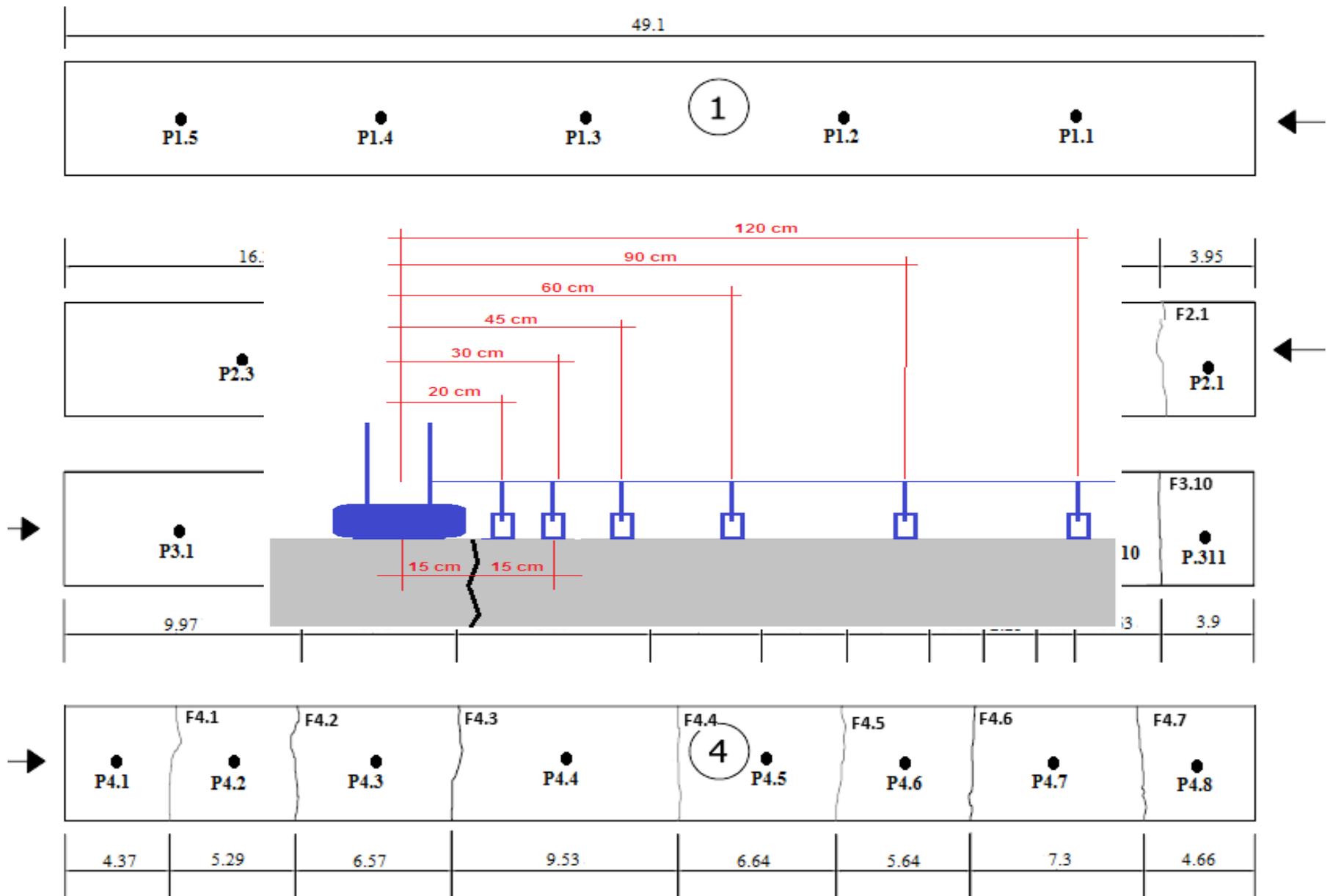
# PROBLEMA

- PCCA de curta extensão apresentou um padrão de fissuração muito diferente do PCCA tradicional
- Número de fissuras, espaçamento entre fissuras e a influência da taxa de armadura
- Teste não destrutivo para verificar o desempenho estrutural do pavimento
- FWD
- Retroanálise e Parametrização das seções: k e E
- Determinação da LTE nas fissuras

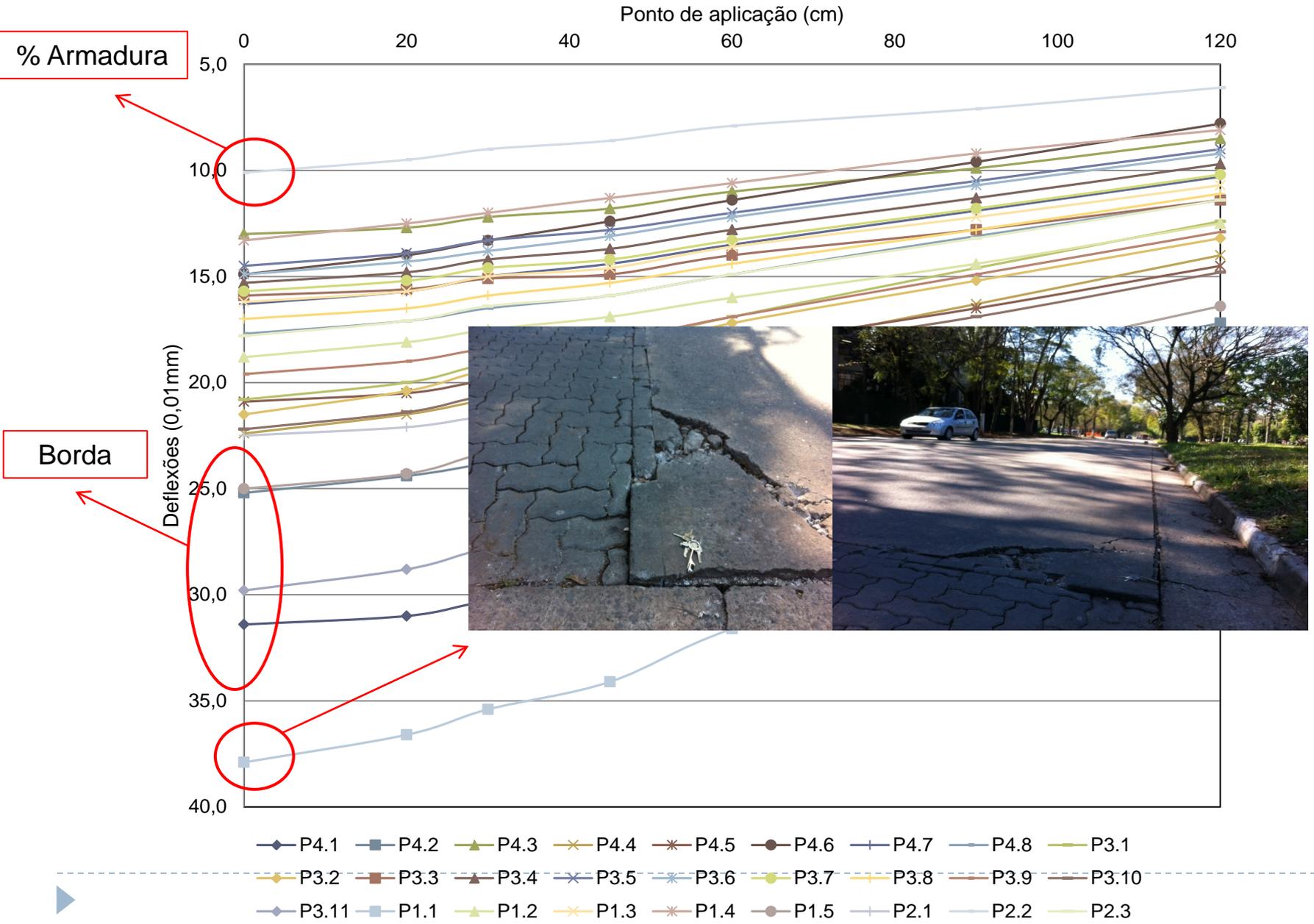
Seção	Taxa de Armadura (%)	Nº de fissuras (04/2014)	Espaçamento médio (m)
1	0,6	0	0
2	0,7	2	16,7
3	0,5	10	4,55
4	0,4	7	6,25



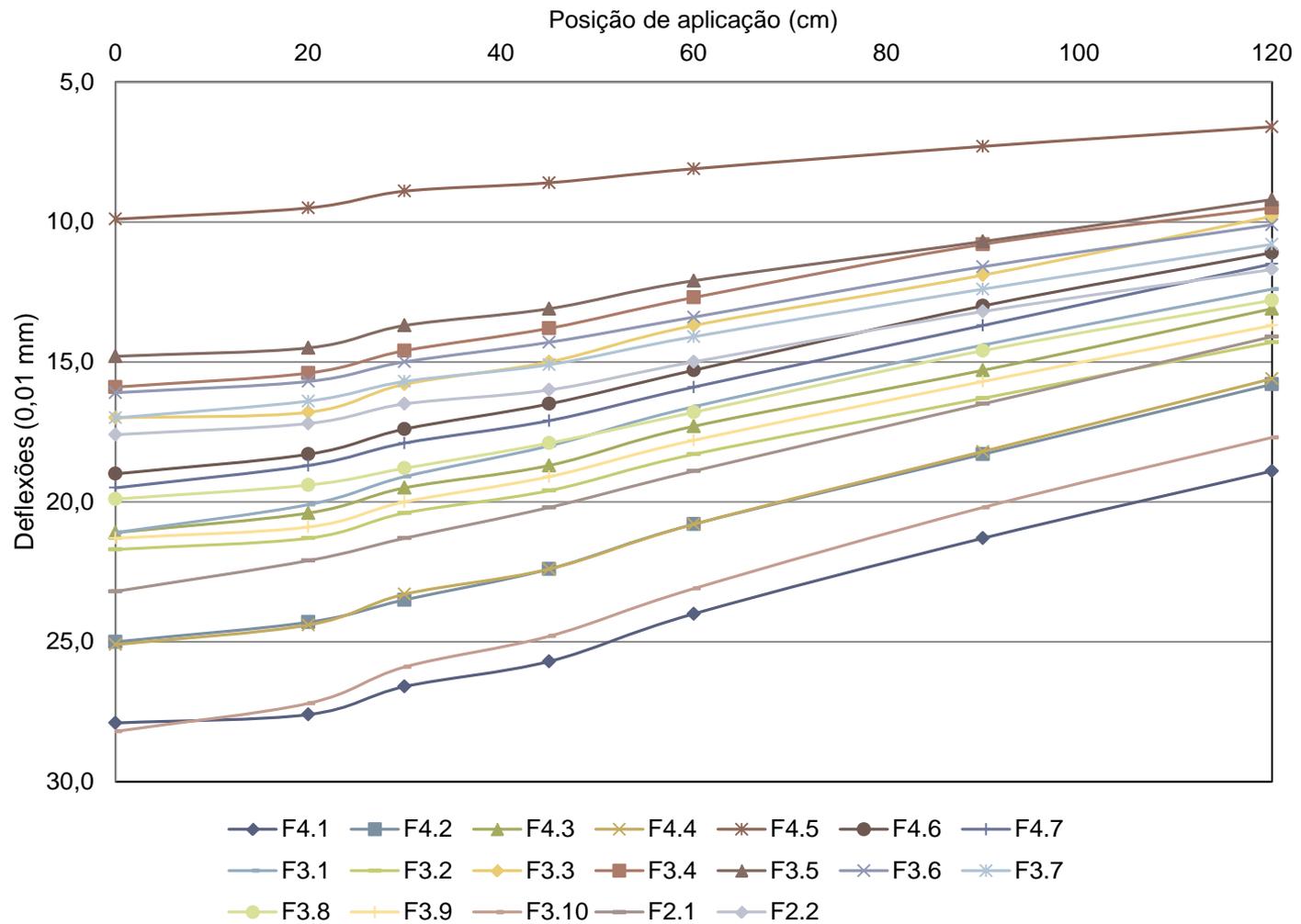
# PONTOS DE APLICAÇÃO DO FWD



# ANÁLISE DE DEFLEXÕES

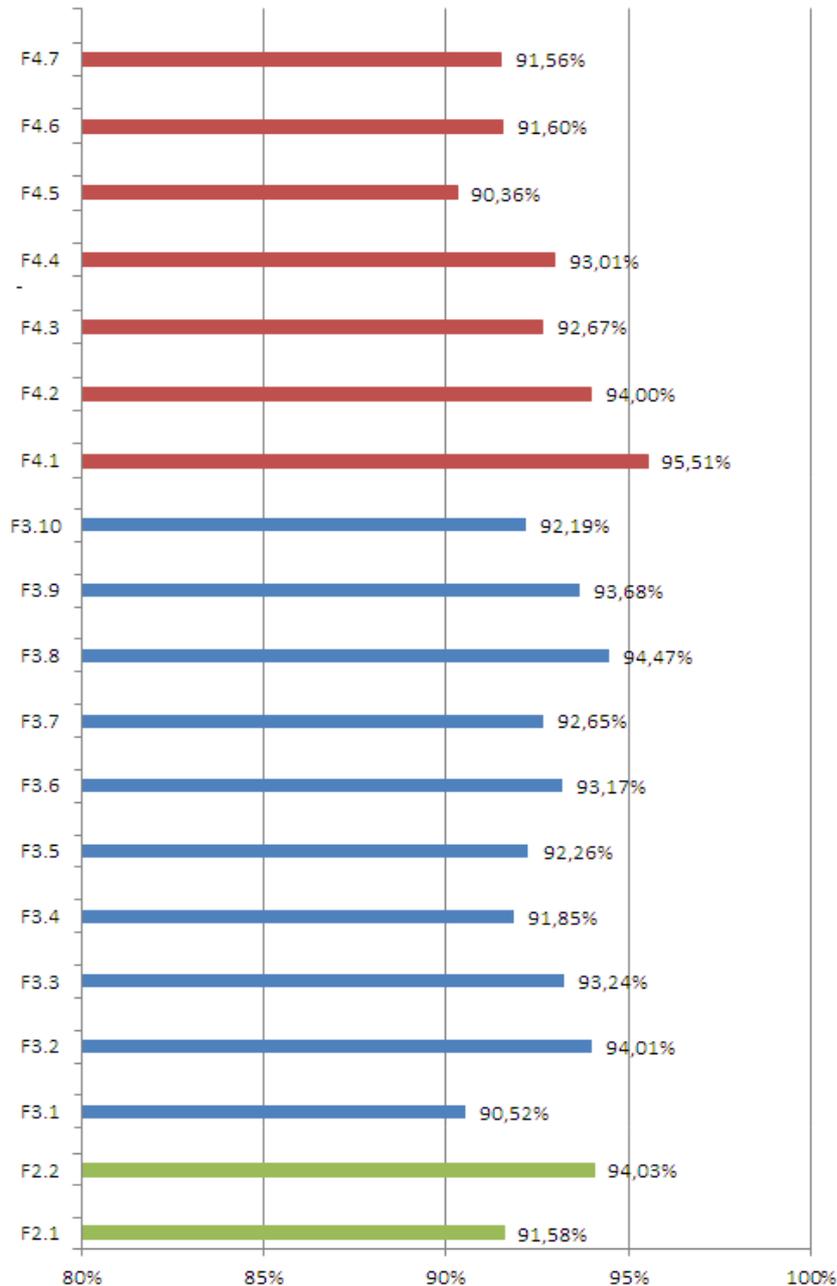


# ANÁLISE DE DEFLEXÕES

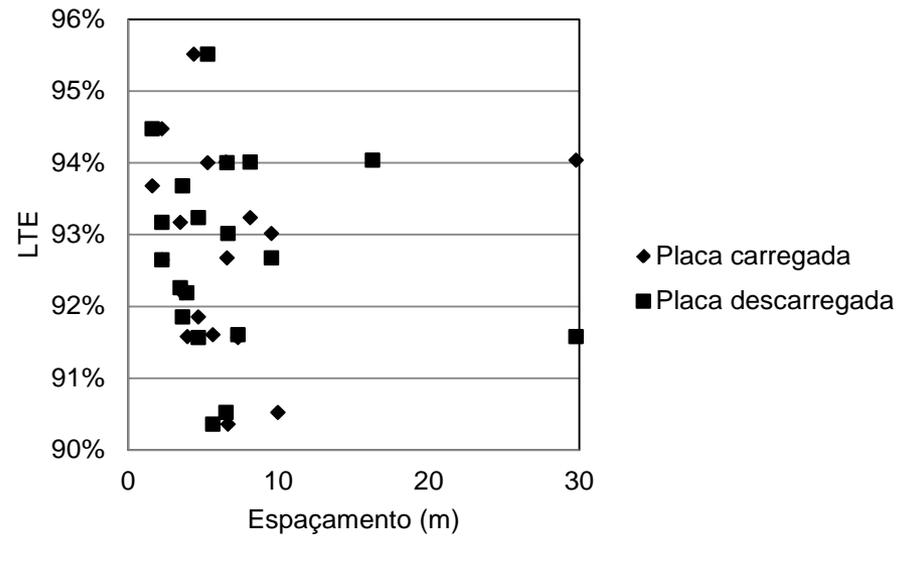


- Não há aumento nas deflexões quando a carga é aplicada nas fissuras

# EFICIÊNCIA DE TRANSFERÊNCIA DE CARGA (LTE)



- LTE > 90%
- % de Armadura
- F3.1 (90,52%)  
F4.1 (95,51%) → Borda
- Espaçamento entre fissuras



- Simulação de LTE nas aplicações de meio de placa

# RETROANÁLISE DAS BACIAS DE DEFLEXÃO

	Ponto	Carga (Kgf)	AREA	ℓ (pol)	k MPa/m	E MPa	
	1	P4.1	6171	33,344	60,710	10,022	48.080
	2	P4.2	6198	32,238	47,733	20,106	36.862
	3	P4.3	6227	31,985	45,561	42,883	65.265
	4	P4.4	6200	31,473	41,769	29,349	31.552
	5	P4.5	6187	32,670	52,005	20,460	52.858
	6	P4.6	6219	29,758	32,801	70,594	28.861
	7	P4.7	6169	31,362	41,032	41,544	41.591
	8	P4.8	6167	31,729	43,576	34,023	43.328
	9	P3.1	6192	30,981	38,702	36,600	29.003
	10	P3.2	6170	30,670	36,999	38,493	25.477
	11	P3.3	6214	32,792	53,378	25,667	73.588
	12	P3.4	6169	31,608	42,701	40,960	48.094
	13	P3.5	6206	31,283	40,524	48,133	45.844
	14	P3.6	6159	31,248	40,307	46,972	43.789
	15	P3.7	6169	31,834	44,372	37,039	50.713
	16	P3.8	6170	31,906	44,930	33,390	48.057
	17	P3.9	6159	32,173	47,158	26,303	45.943
	18	P3.10	6163	31,811	44,192	26,378	35.531
	19	P3.11	6134	31,732	43,596	20,082	25.622
	20	P1.1	6100	31,646	42,976	16,147	19.453
	21	P1.2	6177	31,979	45,513	29,476	44.671
	22	P1.3	6198	31,704	43,391	37,671	47.164
	23	P1.4	6181	30,541	36,341	64,536	39.753
	24	P1.5	6130	31,896	44,852	22,634	32.351
	25	P2.1	6167	33,680	66,428	11,704	80.488
	26	P2.2	6190	30,297	35,153	90,736	48.938
	27	P2.3	6146	31,551	42,299	35,726	40.393

- Simulação teórica da resposta real do pavimento

- Parametrização das seções: E e k

- Menor Erro Quadrático + Erro percentual individual (<5%)

- Estimativa de parâmetros: estudos de Hall (1991) e Crovetti (1994)

- Utilização do Programa EverFE



# RETROANÁLISE: PROCEDIMENTO

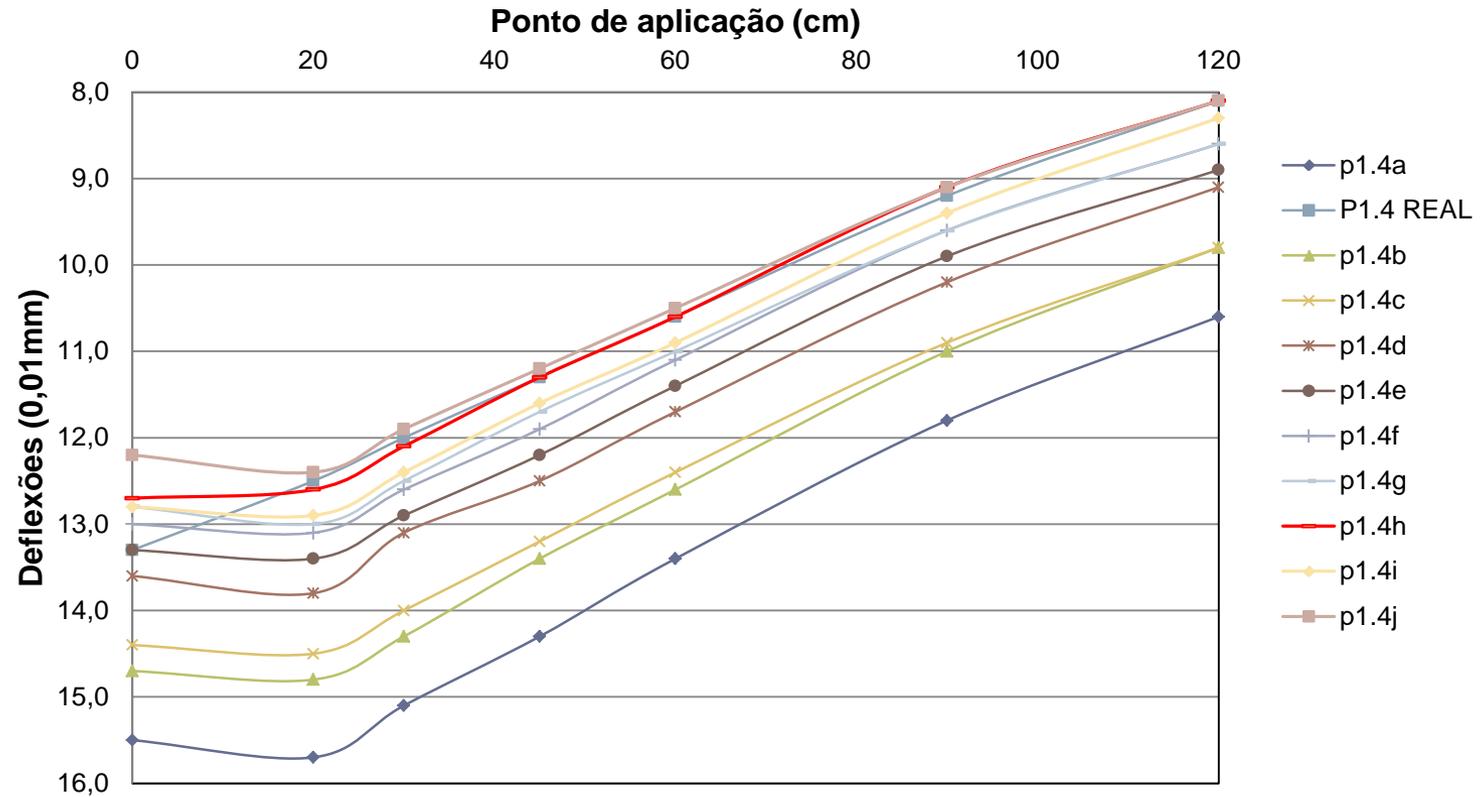
Tent.	Arq.	E (MPa)	k (MPa/m)	0	20	30	45	60	90	120	Erro (%) TOTAL	Erro <sup>2</sup>
				13,3	12,5	12,0	11,3	10,6	9,2	8,1		
1	p1.4a	35000	120	15,5	15,7	15,1	14,3	13,4	11,8	10,6	180,06%	54,54
				Erro(%)	16,5%	25,6%	25,8%	26,5%	26,4%	28,3%		
2	p1.4b	35000	130	14,7	14,8	14,3	13,4	12,6	11,0	9,8	126,10%	27,08
				Erro(%)	10,5%	18,4%	19,2%	18,6%	18,9%	19,6%		
3	p1.4c	38000	130	14,4	14,5	14,0	13,2	12,4	10,9	9,8	114,20%	21,84
				Erro(%)	8,3%	16,0%	16,7%	16,8%	17,0%	18,5%		
4	p1.4d	38000	140	13,6	13,8	13,1	12,5	11,7	10,2	9,1	66,03%	7,64
				Erro(%)	2,3%	10,4%	9,2%	10,6%	10,4%	10,9%		
5	p1.4e	38000	145	13,3	13,4	12,9	12,2	11,4	9,9	8,9	47,70%	4,20
				Erro(%)	0,0%	7,2%	7,5%	8,0%	7,5%	7,6%		
6	p1.4f	38000	150	13,0	13,1	12,6	11,9	11,1	9,6	8,6	32,60%	1,83
				Erro(%)	2,3%	4,8%	5,0%	5,3%	4,7%	4,3%		
7	p1.4g	40000	150	12,8	13,0	12,5	11,7	11,0	9,6	8,6	29,76%	1,48
				Erro(%)	3,8%	4,0%	4,2%	3,5%	3,8%	4,3%		
8	p1.4h	38000	160	12,7	12,6	12,1	11,3	10,6	9,1	8,1	7,23%	0,39
				Erro(%)	4,5%	0,8%	0,8%	0,0%	0,0%	1,1%		
9	p1.4i	40000	155	12,8	12,9	12,4	11,6	10,9	9,4	8,3	20,42%	0,83
				Erro(%)	3,8%	3,2%	3,3%	2,7%	2,8%	2,2%		
10	p1.4j	40000	160	12,2	12,4	11,9	11,2	10,5	9,1	8,1	12,82%	1,26
				Erro(%)	8,3%	0,8%	0,8%	0,9%	0,9%	1,1%		

E

k



# RETROANÁLISE: PROCEDIMENTO



# RETROANÁLISE: ANÁLISE DOS DADOS

- Execução da placa de concreto
  - Aplicação do FWD
  - Deflexões da estrutura
- Influenciam os resultados
- Menores valores próximos a borda

## ➤ E

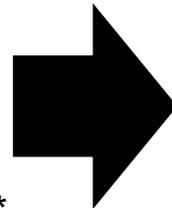
Variações (excluindo os valores de borda):

34.000 a 38.000 MPa (Seção 1)

25.000 a 42.000 MPa (Seção 3)

25.000 a 45.000 MPa (Seção 4)

\*(Seção 2)\*\*



38.000 MPa

38.000 MPa

25.000 MPa

35.000 Mpa

\* Valor de 60.000 MPa muito elevado para o concreto empregado

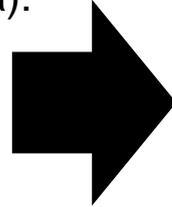
\*\*Valores altos nas proximidades da borda = maior rigidez da placa

# RETROANÁLISE: ANÁLISE DOS DADOS

## ➤ k

Variações (excluindo os valores de borda):

95 a 160 MPa/m (Seção 1)	160 MPa/m
85 a 135 MPa/m (Seção 3)	135 MPa/m
70 a 155 MPa/m (Seção 4)	85 MPa/m
(Seção 2)	105 Mpa/m



- Valores denotam uma base bastante rígida sobre o subleito
- Colim (2009): base de CCR valores entre 60 e 125 MPa/m



# CONCLUSÕES

## FWD

- Deflexões mais elevadas em pontos próximos à borda longitudinal
- Bacias obtidas em aplicações tangentes as fissuras mostram resultados semelhantes àqueles de meio de placa: **PCCA se comporta como uma estrutura contínua**
- LTE > 90% para todas as fissuras
- LTE fictício no meio da placa = LTE real na fissura: **PCCA se comporta como uma estrutura contínua**
- Processo de retroanálise: variações de E e k compatíveis para a maioria dos pontos.
- **Valores de E e k inferiores nas proximidades da borda**
- Borda da seção 1 apresenta valores muito baixos (12.000 MPa): deterioração do concreto devido a defeito na junta

