

2º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO
EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO

2º ENP
P Produção
P Projeto
P Pesquisa
CPM

SÃO CARLOS - SP / BRASIL

03/04 DE NOVEMBRO DE 2009

Análise da influência de viga de travamento em blocos de concreto armado sobre duas estacas com cálice embutido

Rodrigo Barros

Engenheiro Civil

barrosrn@sc.usp.br



Rodrigo Delalibera

Professor Adjunto

delacivil@gmail.com

José Samuel Giongo

Professor Doutor

jsgiongo@sc.usp.br

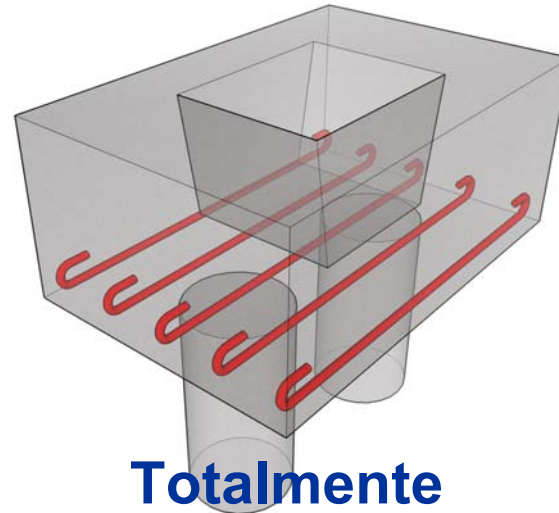


São Carlos-SP, 03 de Novembro de 2009



Concreto pré-moldado:

- Ligações: ponto chave!
- Pilar-fundação: bloco sobre estacas
- Solução: cálice de fundação



**Cálice
externo**

**Totalmente
embutido**

**Parcialmente
embutido**



Objetivos:

- Estudar o comportamento do bloco sobre duas estacas;
- Influência da viga de travamento;
- Avaliar os resultados do Programa DIANA;

Justificativas:

- Importância do elemento estrutural bloco sobre estacas;
- Ausência de bibliografia específica sobre cálice embutido;
- Estudos das ligações em elementos pré-moldados;



Blocos com cálice embutido:

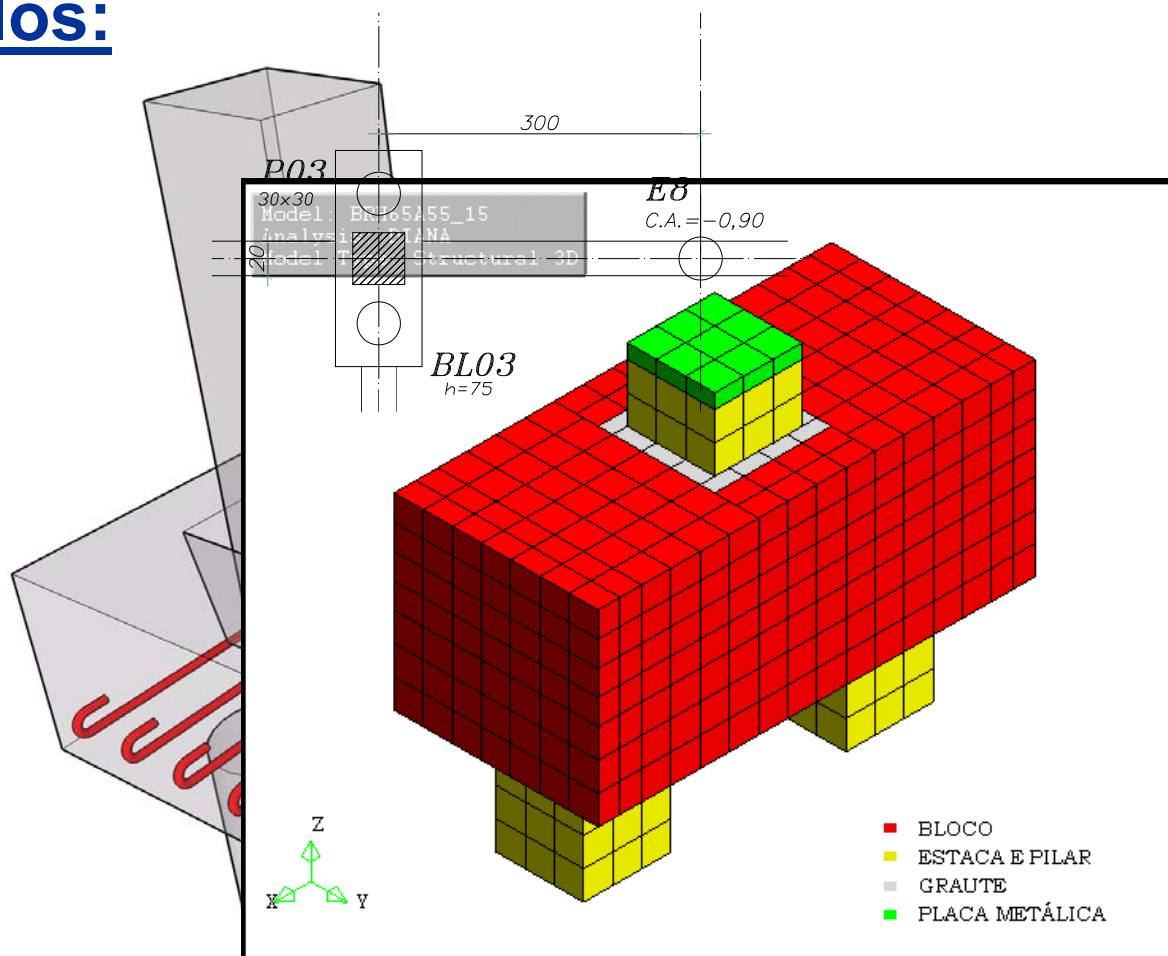
- Parâmetros** {
- Ângulo da biela de compressão (45° e 55°)
 - Espessura da parede lateral (15cm e 20cm)
 - Conformação das paredes (Lisa e Rugosa)
 - Viga de travamento: (cv1, cv2 e 0)

Total: 24 Modelos

- Viga de travamento** {
- cv1 = 18,5 kN/m
 - cv2 = 29,5 kN/m



Modelos:





Simulação Numérica:

-Diana;  **TNO DIANA**
A TNO Company

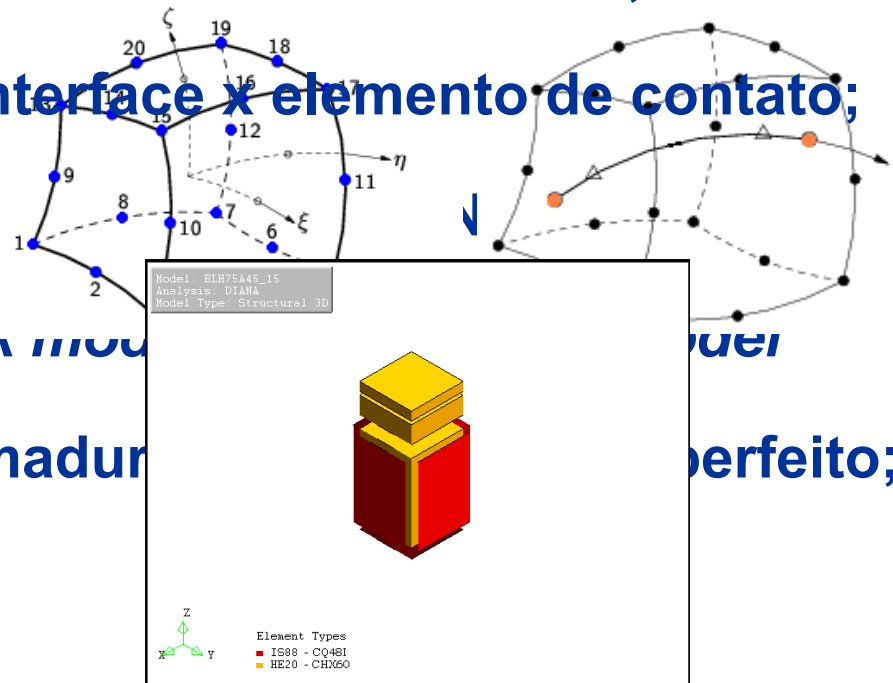
-Elementos: CHX60 e Reinforcements;

-Elemento de interface x elemento de contato;

-ABNT NBR 6

-Smearred crack model

-Barras das armaduras





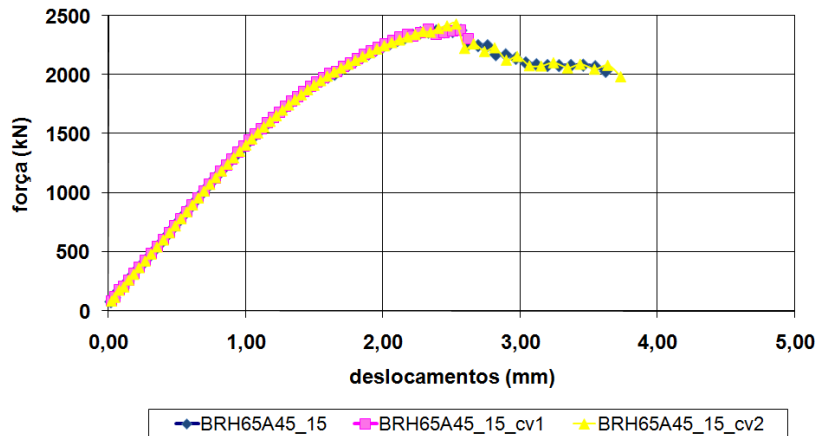
Resultados da Análise Paramétrica:

- Coeficiente de retenção ao cisalhamento, $\beta=0,99$;
- Critérios de convergência em energia (1%);
- Ação crescente ao longo da análise;
- Método de Newton-Raphson regular;
- Ação em forma de pressão;
- “*Fixed Crack Model*”;

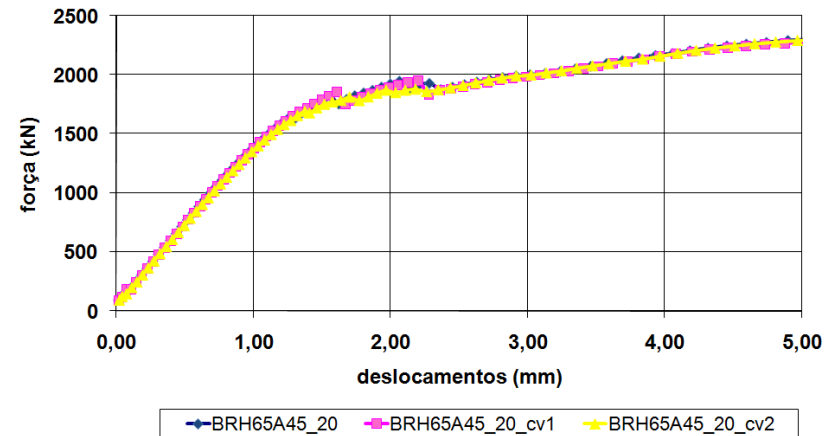


Blocos com viga, Parede Rugosa, $\theta=45^\circ$:

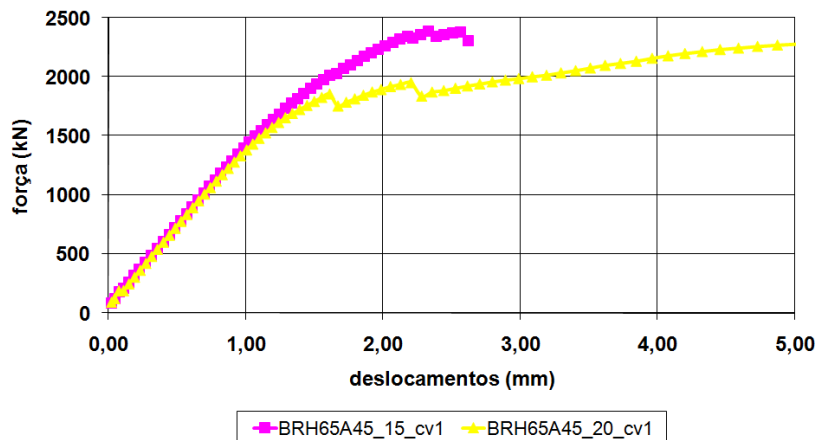
BLOCO COM PAREDE RUGOSA, 45° , $e=15$



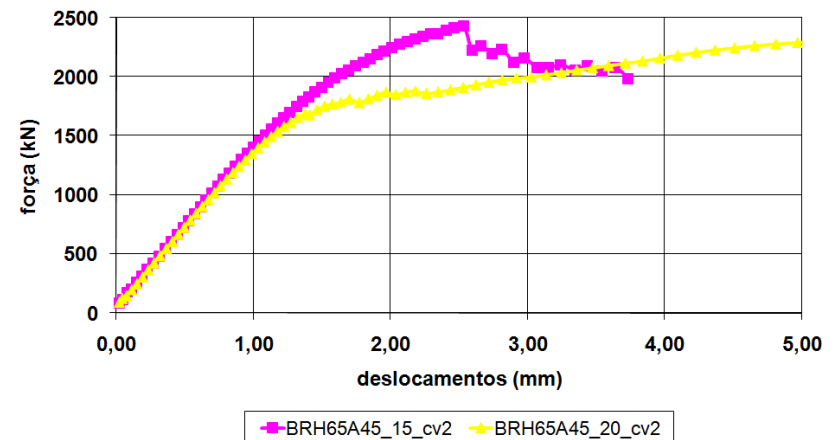
BLOCO COM PAREDE RUGOSA, 45° , $e=20$



BLOCO COM PAREDE RUGOSA, 45° , cv1



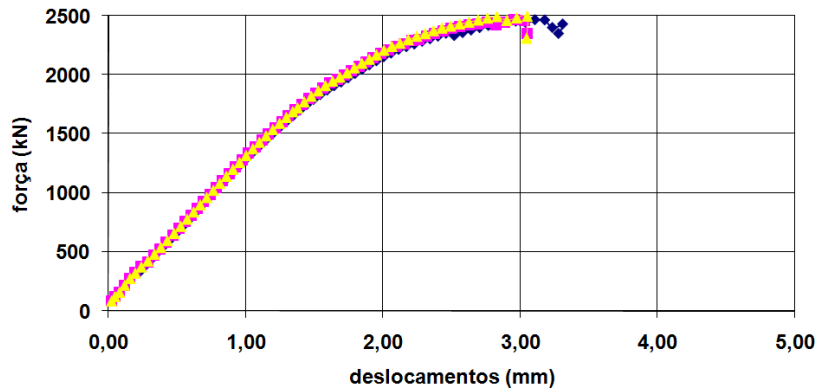
BLOCO COM PAREDE RUGOSA, 45° , cv2





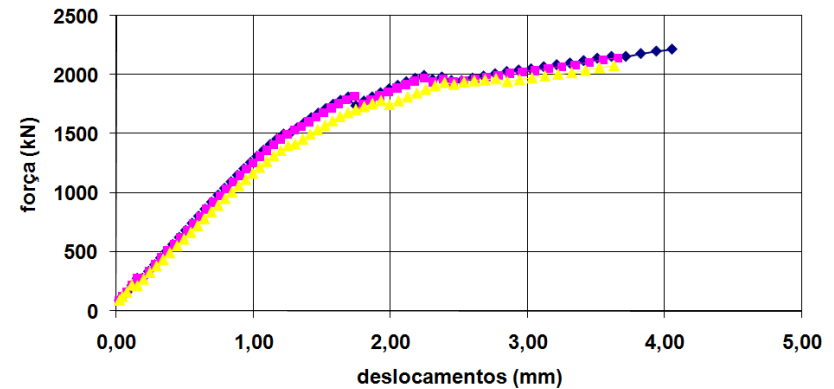
Blocos com viga, Parede lisa, $\theta=45^\circ$:

BLOCO COM PAREDE LISA, 45° , $e=15$



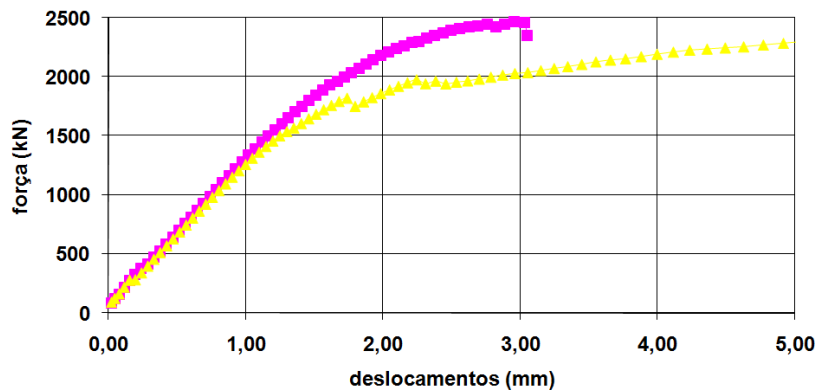
◆ BLH75A45_15 ■ BLH75A45_15_cv1 ▲ BLH75A45_15_cv2

BLOCO COM PAREDE LISA, 45° , $e=20$



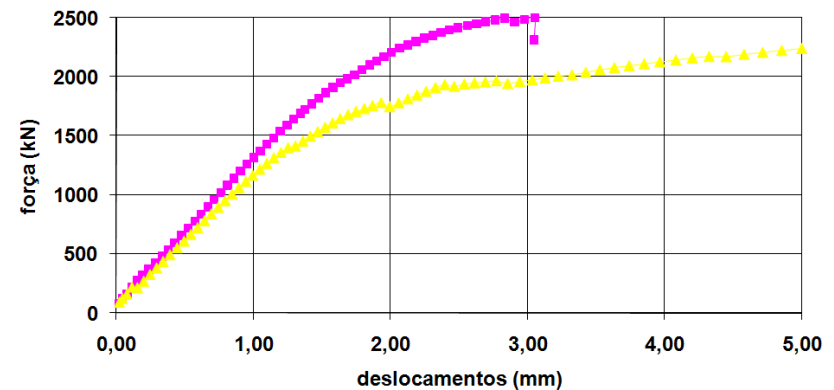
◆ BLH75A45_20 ■ BLH75A45_20_cv1 ▲ BLH75A45_20_cv2

BLOCO COM PAREDE LISA, 45° , cv1



■ BLH75A45_15_cv1 ▲ BLH75A45_20_cv1

BLOCO COM PAREDE LISA, 45° , cv2

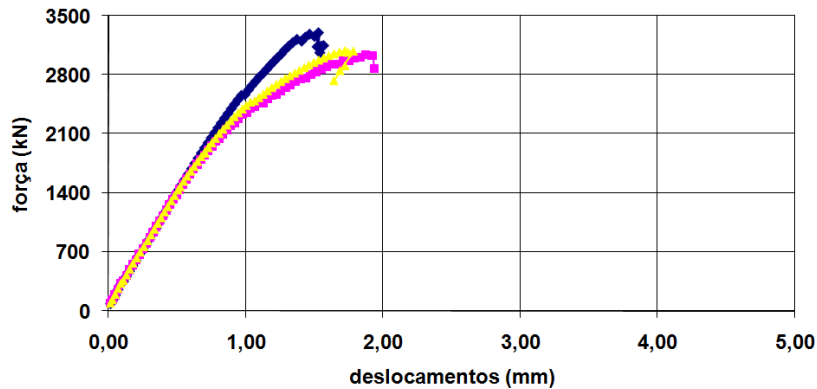


■ BLH75A45_15_cv2 ▲ BLH75A45_20_cv2



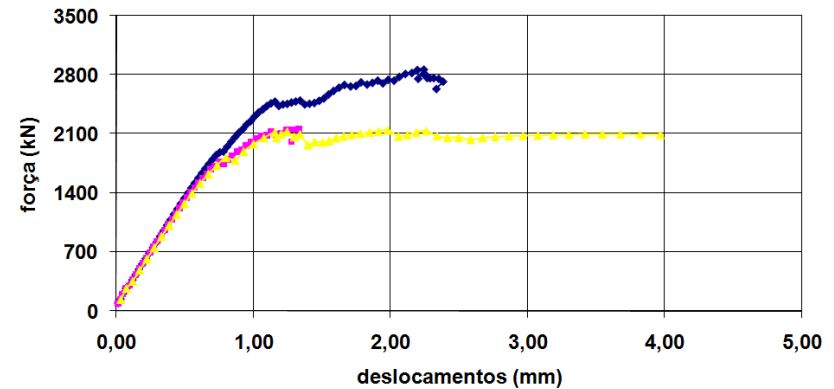
Blocos com viga, Parede Rugosa, $\theta=55^\circ$:

BLOCO COM PAREDE RUGOSA, 55° , $e=15$



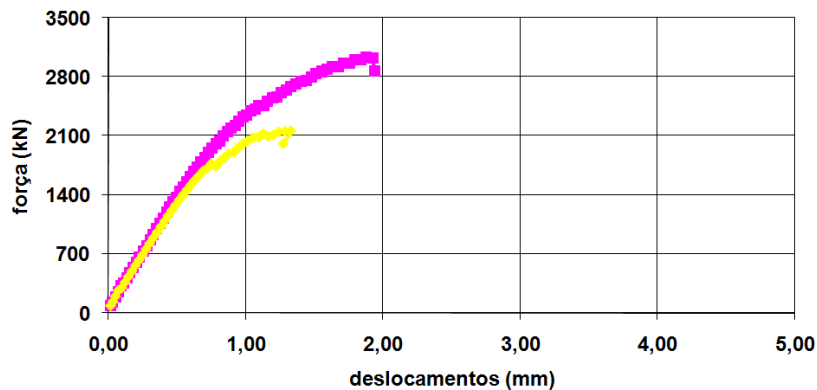
BRH65A55_15 BRH65A55_15_cv1 BRH65A55_15_cv2

BLOCO COM PAREDE RUGOSA, 55° , $e=20$



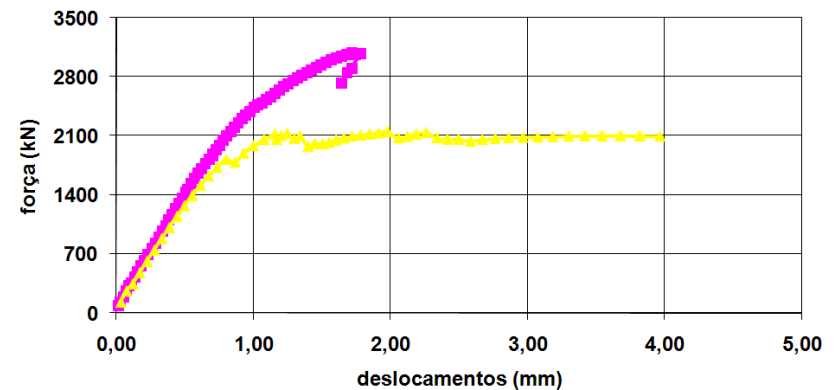
BRH65A55_20 BRH65A55_20_cv1 BRH65A55_20_cv2

BLOCO COM PAREDE RUGOSA, 55° , cv1



BRH65A55_15_cv1 BRH65A55_20_cv1

BLOCO COM PAREDE RUGOSA, 55° , cv2

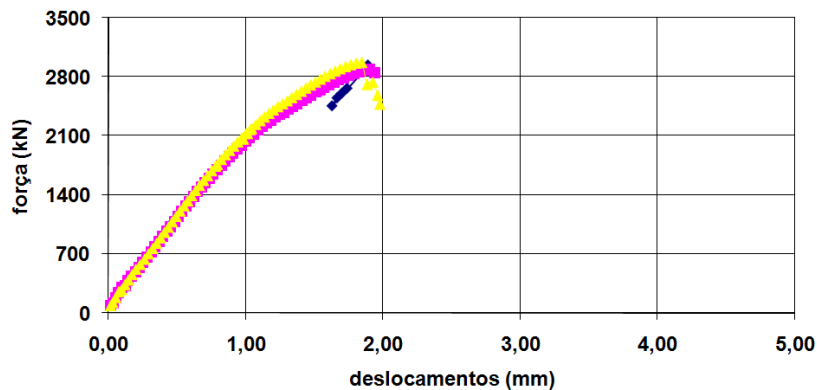


BRH65A55_15_cv2 BRH65A55_20_cv2



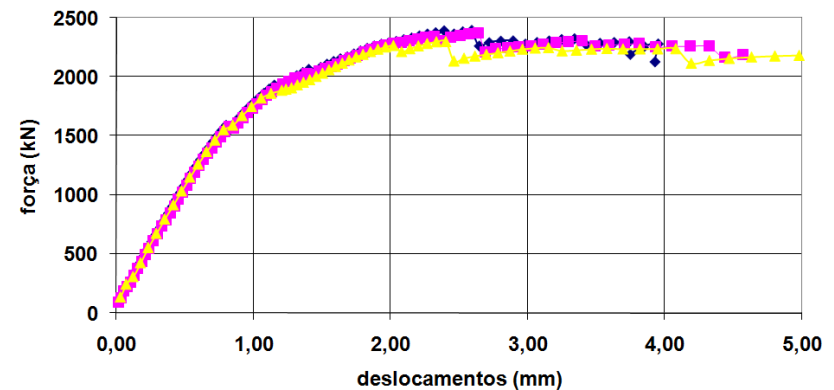
Blocos com viga, Parede Lisa, $\theta=55^\circ$:

BLOCO COM PAREDE LISA, 55° , $e=15$



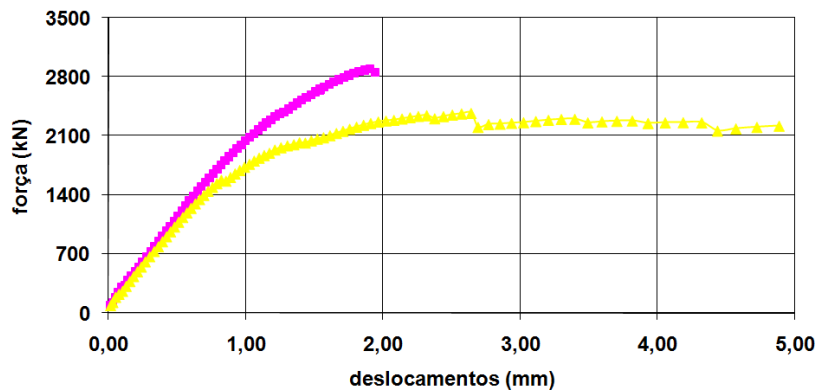
◆ BLH75A55_15 ■ BLH75A55_15_cv1 ▲ BLH75A55_15_cv2

BLOCO COM PAREDE LISA, 55° , $e=20$



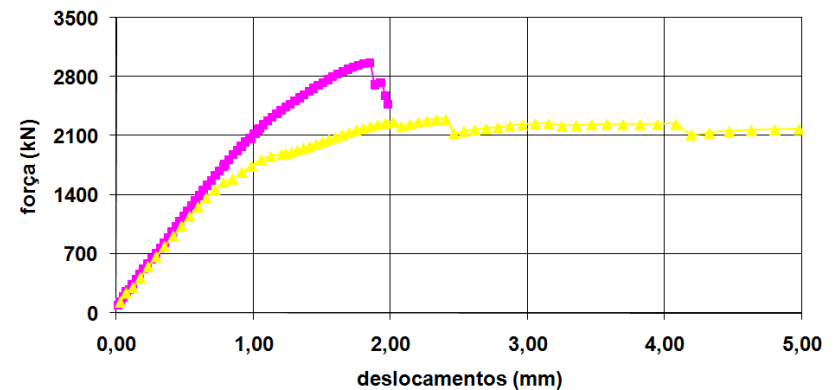
◆ BLH75A55_20 ■ BLH75A55_20_cv1 ▲ BLH75A55_20_cv2

BLOCO COM PAREDE LISA, 55° , cv1



■ BLH75A55_15_cv1 ▲ BLH75A55_20_cv1

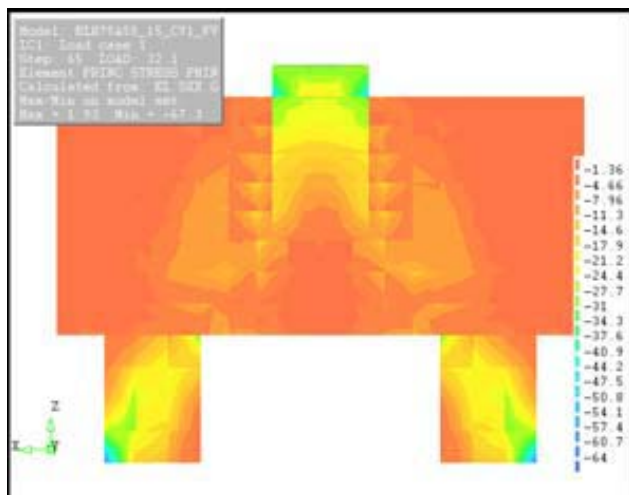
BLOCO COM PAREDE LISA, 55° , cv2



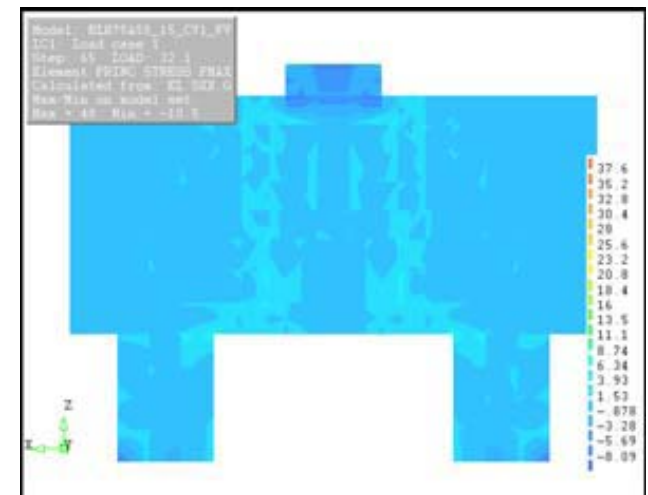
■ BLH75A55_15_cv2 ▲ BLH75A55_20_cv2



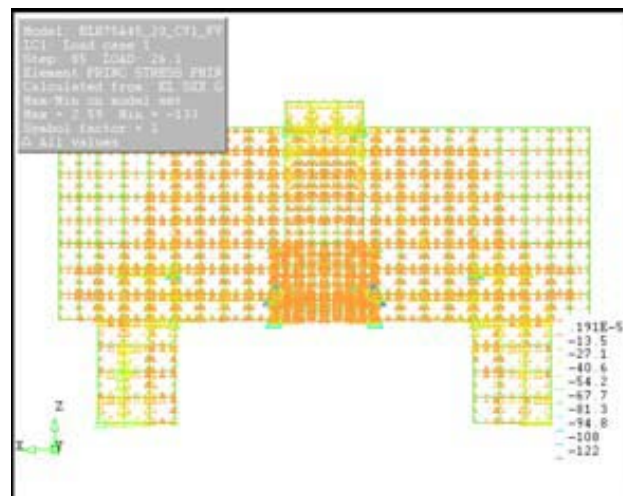
Tensões principais e Fluxo de tensões:



Compressão

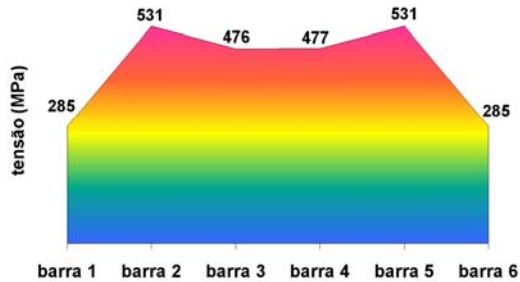
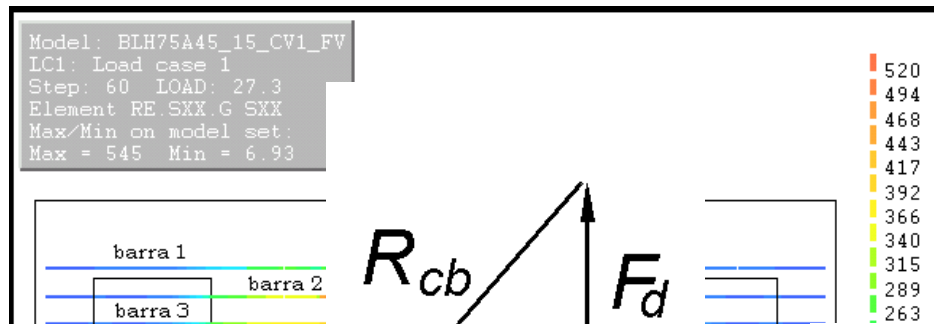


Tração

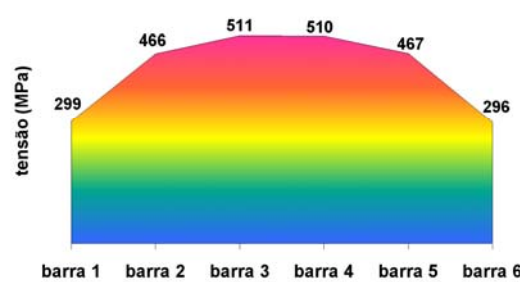




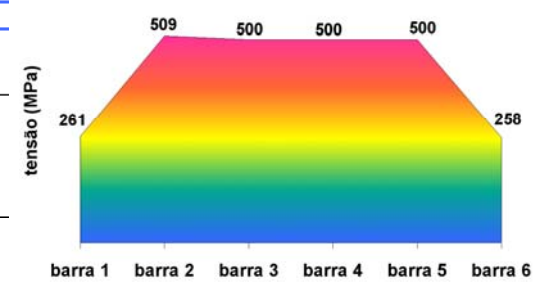
Resultados Numéricos versus Analíticos:



BLH75A45_20



BLH75A45_20_cv1



BLH75A45_20_cv2



Inclinação da Biela:

Ângulo de 45°: $\theta_{\text{méd}} = 59^\circ$

Ângulo de 55°: $\theta_{\text{méd}} = 61,5^\circ$

Critérios	$\sigma_{\text{cb,p}}$ (MPa)	$\sigma_{\text{cb,e}}$ (MPa)
Blévoit & Frémy (1967)	35	25
Schäfer & Schlaich (1988)	16,70	12,14
Schlaich & Schäfer(1991)	19,64	14,29
CEB-FIP (1990)	13,66	9,64
CSA (2004)	12,75	11,25
ACI (2008)	20,00	15,00

MODELO	Força R_{st} (kN)	Força R_{cb} (kN)	Ângulo da biela	$\sigma_{\text{cb,p}}$ (MPa)	$\sigma_{\text{cb,e}}$ (MPa)
BLH75A45_15	785	1446	57°	38,27	19,13
BLH75A45_15_cv1	812	1389	54°	38,05	19,02
BLH75A45_15_cv2	714	1607	64°	39,87	19,93
BLH75A45_20	711	1394	59°	36,01	18,01
BLH75A45_20_cv1	625	1343	62°	33,73	16,86
BLH75A45_20_cv2	866	1439	53°	40,05	20,03
BLH75A55_15	564	1743	71°	40,94	20,47
BLH75A55_15_cv1	648	1569	66°	38,30	19,15
BLH75A55_15_cv2	765	1448	58°	37,92	18,96
BLH75A55_20	800	1421	56°	38,22	19,11
BLH75A55_20_cv1	742	1452	59°	37,56	18,78
BLH75A55_20_cv2	794	1421	56°	38,08	19,04
BRH65A45_15	727	1619	63°	40,27	20,13
BRH65A45_15_cv1	717	1386	59°	36,00	18,00
BRH65A45_15_cv2	712	1646	64°	40,57	20,29
BRH65A45_20	686	1339	59°	34,65	17,33
BRH65A45_20_cv1	612	1337	63°	33,43	16,71
BRH65A45_20_cv2	873	1482	54°	40,76	20,38
BRH65A55_15	598	1354	64°	33,54	16,77
BRH65A55_15_cv1	819	1413	55°	38,55	19,27
BRH65A55_15_cv2	681	1663	66°	40,51	20,26
BRH65A55_20	408	1152	69°	27,39	13,69
BRH65A55_20_cv1	626	1663	68°	39,90	19,95
BRH65A55_20_cv2	866	1362	50°	39,21	19,61



Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia de Estruturas



Agradecimentos:

