4º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO
ENPPPCPM
EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO
4 e 5 de junho de 2025

Integração Pesquisa-Projeto-Produção sobre Lajes Alveolares (2007-2025)

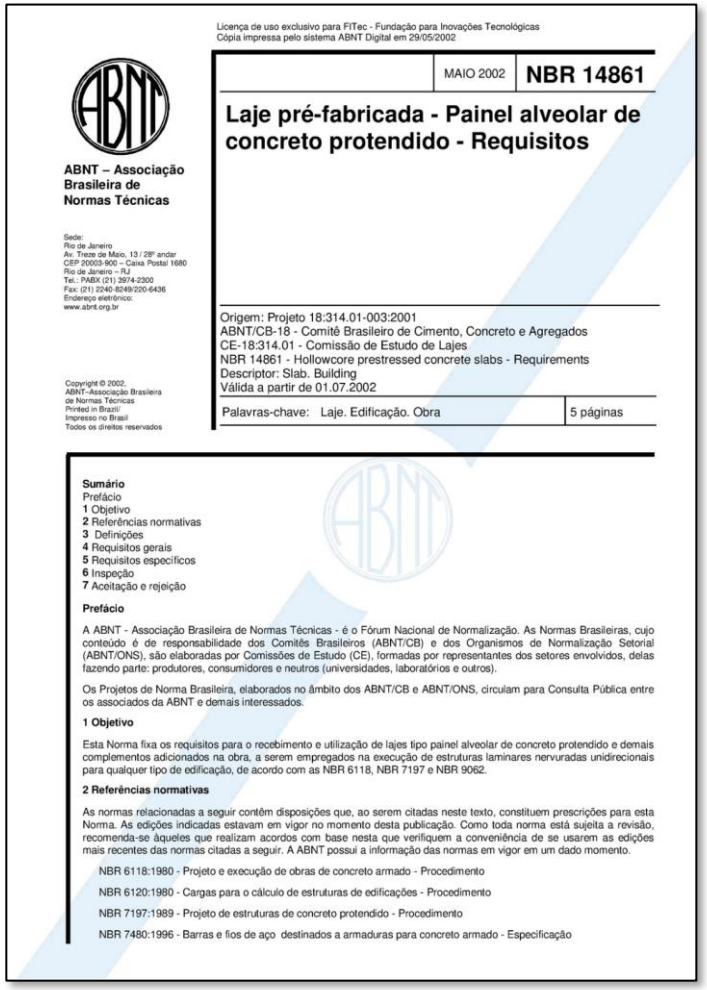
Marcelo de Araujo Ferreira
Professor Titular UFSCar | Coordenador NETPre

ORGANIZAÇÃO
Abcic
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

Convênio de Cooperação UFSCar-ABCIC Outubro 2004

Desempenho de Lajes Alveolares Protendidas (Qualificação de Produto)

Projeto de Norma (2001)
5 páginas
Requisitos (Produto)
Válida a partir de 2002



Licença de uso exclusivo para FITec - Fundação para Inovações Tecnológicas
Cópia impressa pelo sistema ABNT Digital em 29/05/2002

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 / 28º andar
CEP 20003-900 – Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro – RJ
Tel.: PABX (21) 3974-2300
Fax: (21) 2240-8249/220-6436
Endereço eletrônico:
www.abnt.org.br

Copyright © 2002,
ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

MAIO 2002 | NBR 14861

Laje pré-fabricada - Painel alveolar de concreto protendido - Requisitos

Origem: Projeto 18:314.01-003:2001
ABNT/CB-18 - Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados
CE-18:314.01 - Comissão de Estudo de Lajes
NBR 14861 - Hollowcore prestressed concrete slabs - Requirements
Descriptor: Slab. Building
Válida a partir de 01.07.2002

Palavras-chave: Laje. Edificação. Obra | 5 páginas

Sumário

Prefácio
1 Objetivo
2 Referências normativas
3 Definições
4 Requisitos gerais
5 Requisitos específicos
6 Inspeção
7 Aceitação e rejeição

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ABNT/ONS, circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

1 Objetivo

Esta Norma fixa os requisitos para o recebimento e utilização de lajes tipo painel alveolar de concreto protendido e demais complementos adicionados na obra, a serem empregados na execução de estruturas laminares nervuradas unidirecionais para qualquer tipo de edificação, de acordo com as NBR 6118, NBR 7197 e NBR 9062.

2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

NBR 6118:1980 - Projeto e execução de obras de concreto armado - Procedimento

NBR 6120:1980 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações - Procedimento

NBR 7197:1989 - Projeto de estruturas de concreto protendido - Procedimento

NBR 7480:1996 - Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado - Especificação

Criado em 2003

Excelência Abcic
Recomendamos a empresa que apresenta este selo.

(Qualificação do Processo de Produção)

4º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO
4º ENPPPCPM
EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO
4 e 5 de junho de 2025

Cooperação de Pesquisa Universidade-Empresa
Projetos de Pesquisas de Mestrado UFSCar
Ensaios na Fábrica da Cassol em Araucária – PR

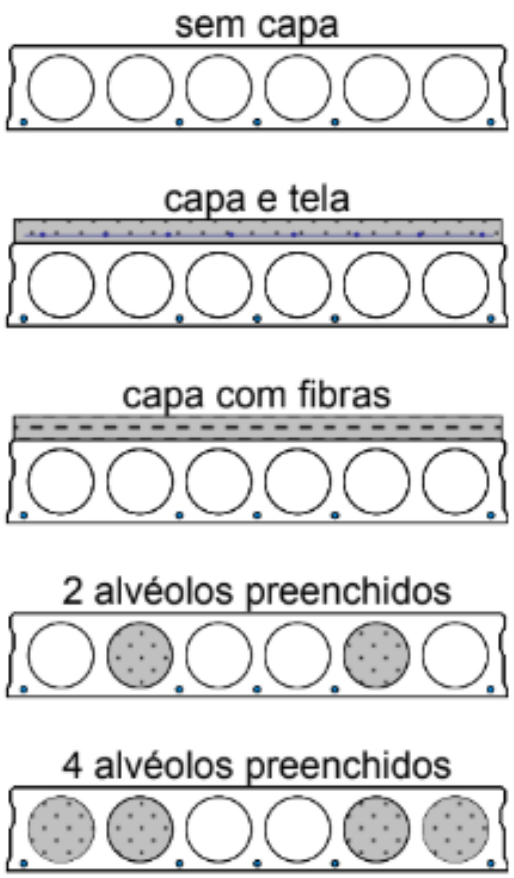
Marcelo Ferreira & Roberto Chust Carvalho

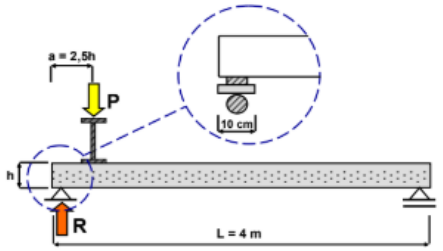
Ensaios de Resistência à Força Cortante – FIP Quality Control (1992)

(Cassol - Julho 2007)

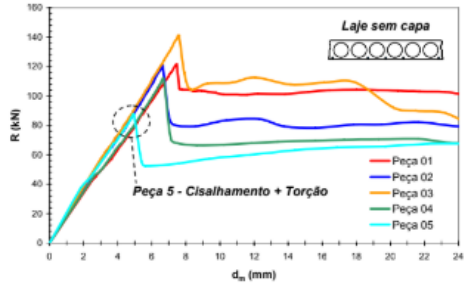
ORGANIZAÇÃO
Abcic
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

Dissertação de Mestrado UFSCar – Fernandes (2007)

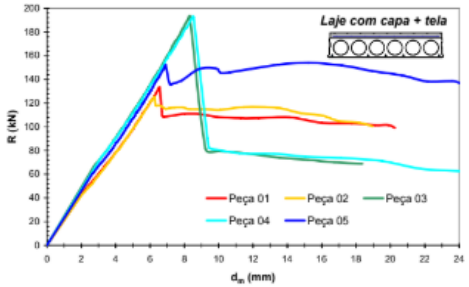




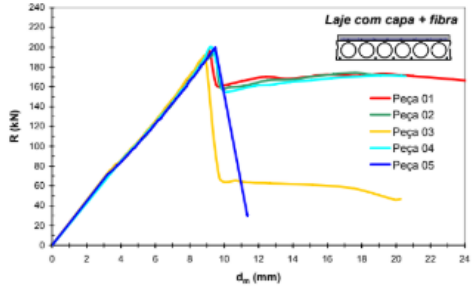
a) Arranjo do ensaio de reação de apoio



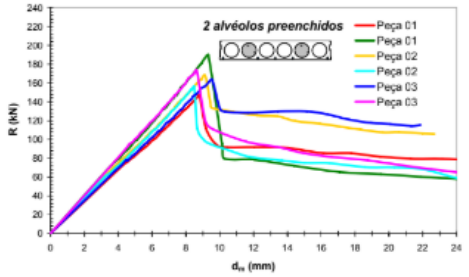
b) Reação de apoio em laje sem capa



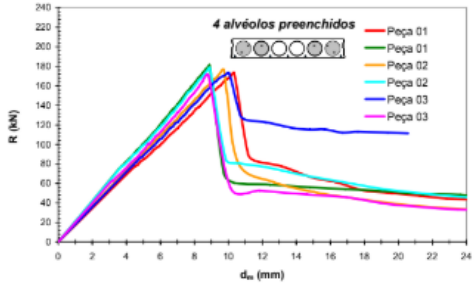
c) Reação de apoio em laje com capa e tela soldada



d) Reação de apoio em laje com capa e fibras metálicas



e) Reação de apoio em laje com capa e tela soldada



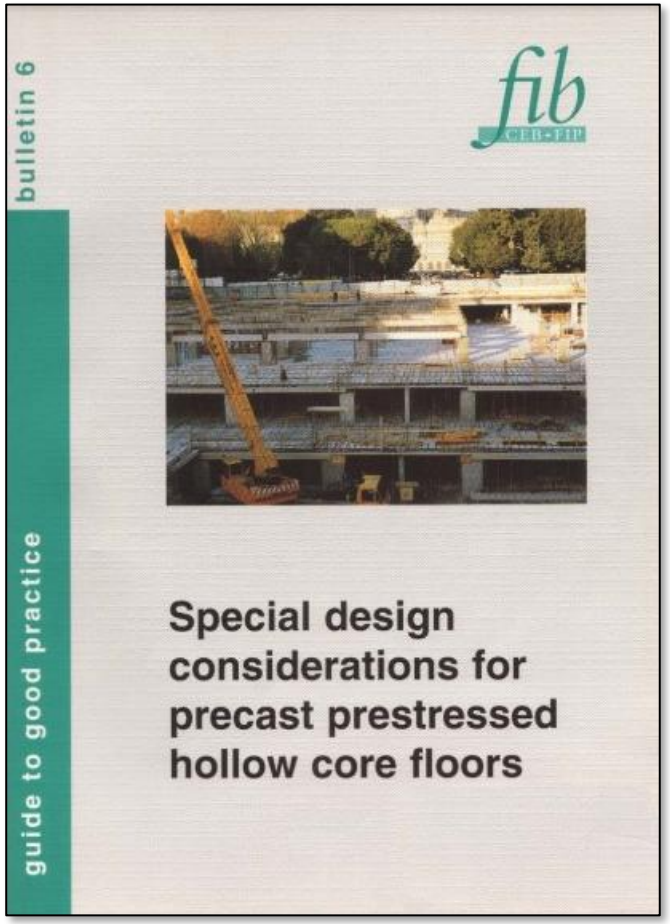
f) Reação de apoio em laje com capa e fibras metálicas

4º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO
ENPPPCPM
EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO
4 e 5 de junho de 2025

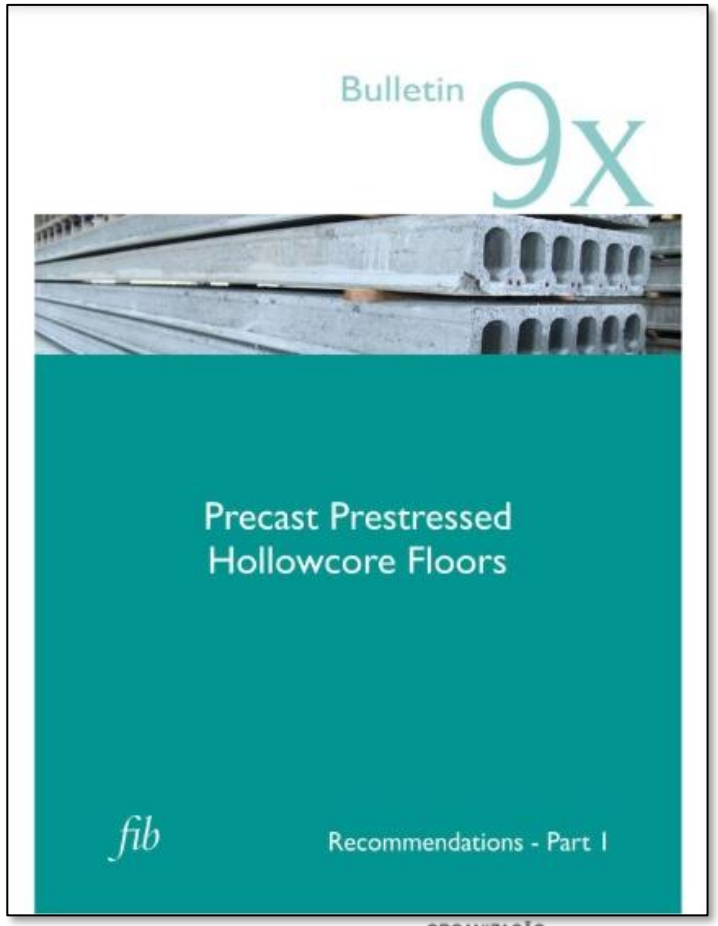
Maio 2007 fib-COM6
TG6.1 Hollow Core
TG6.2 Connections

Maio 2008 Grupo Brasil da fib
Integração fib PCI

FIP 1982 Quality
FIP 1988 Hollow Core
CEB-FIP – FIB 1998
TG6.1 1998-2024



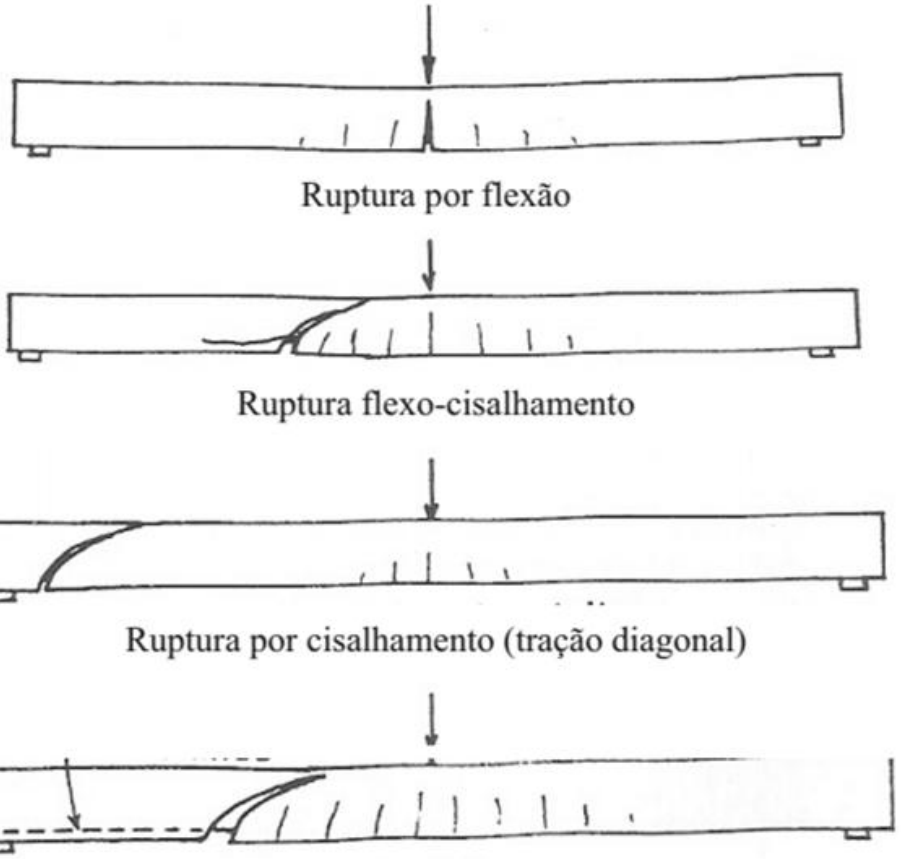
First Draft 2006 (State of Art Report)
Final Draft 2024 (Recommendations)
+ HCS in Seismic Zones
+ Examples - Part 2

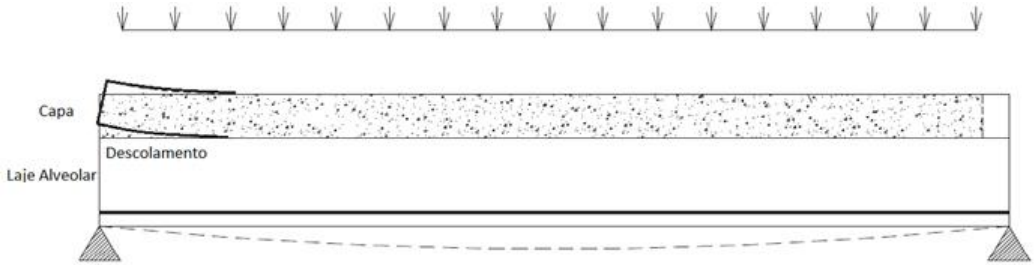


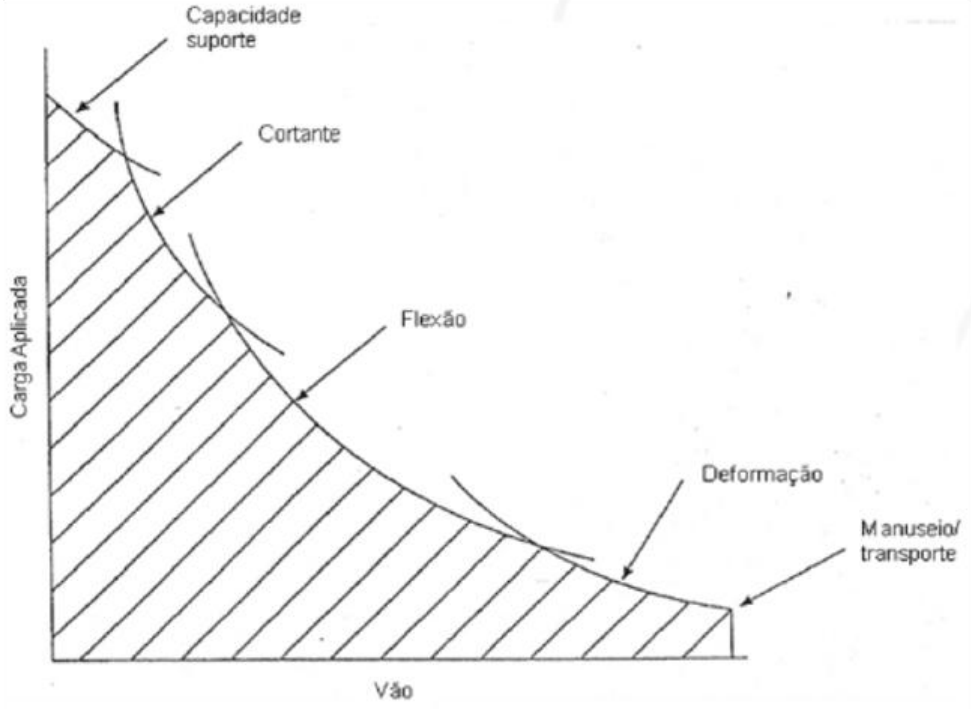
ORGANIZAÇÃO
Abcic
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

Convênio UFSCar x University of Nottingham (2005-10)

Dr Kim S Elliott (2004, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014)



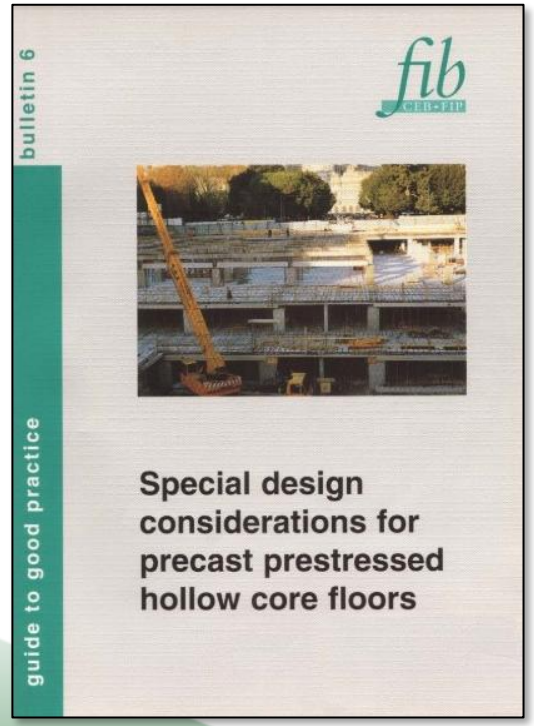




Abcic
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

4º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO
ENPPPCPM
EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO
4 e 5 de junho de 2025

FIP 1982 Quality
FIP 1988 Hollow Core
CEB-FIP – FIB 1998
TG6.1 1998-2024



Comissão de Estudo (2009-2011)
42 páginas
Requisitos (Projeto) e Procedimentos
Válida a partir de 2011
Referências:
FIB Bulletin 6 + EN1186:2005 + NBR 6118

NORMA BRASILEIRA

ABNT NBR 14861

Segunda edição
28.10.2011

Válida a partir de
28.11.2011

Lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido — Requisitos e procedimentos

Precast prestressed hollow core slabs — Requirements and procedures

ICS 91.060.99; 91.100.30

ISBN 978-85-07-03069-0

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 14861:2011
36 páginas

© ABNT 2011

Comissão de Estudo (2018-2021)
60 páginas
Requisitos (Projeto) e Procedimentos
Válida a partir de 2022
Referências:
FIB Bulletin 6 + EN1186:2005
FIB Bulletin 9x Draft 2007-19
IPHA + BIBM (HCS Floors under Fire)
PCI Hollow Core Manual
Pesquisas NETPre (UFSCar-UFG)
NBR 9062:2017 LAP em Situação de Incêndio

NORMA BRASILEIRA

ABNT NBR 14861

Terceira edição
31.03.2022

Versão corrigida
24.05.2022

Lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido — Requisitos e procedimentos

Precast prestressed hollow core slabs — Requirements and procedures

ORGANIZAÇÃO

Abcic
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

4º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO
ENPPPCPM
EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO
4 e 5 de junho de 2025

Ensaios para Caracterização do Desempenho Estrutural de Lajes Alveolares – Lab NETPre 2008

Marcelo Ferreira | Roberto Chust Carvalho | Fernando Almeida
Luis Bachega, Bruna Catoia, Roberto Catoia, Altibano Ortenzi

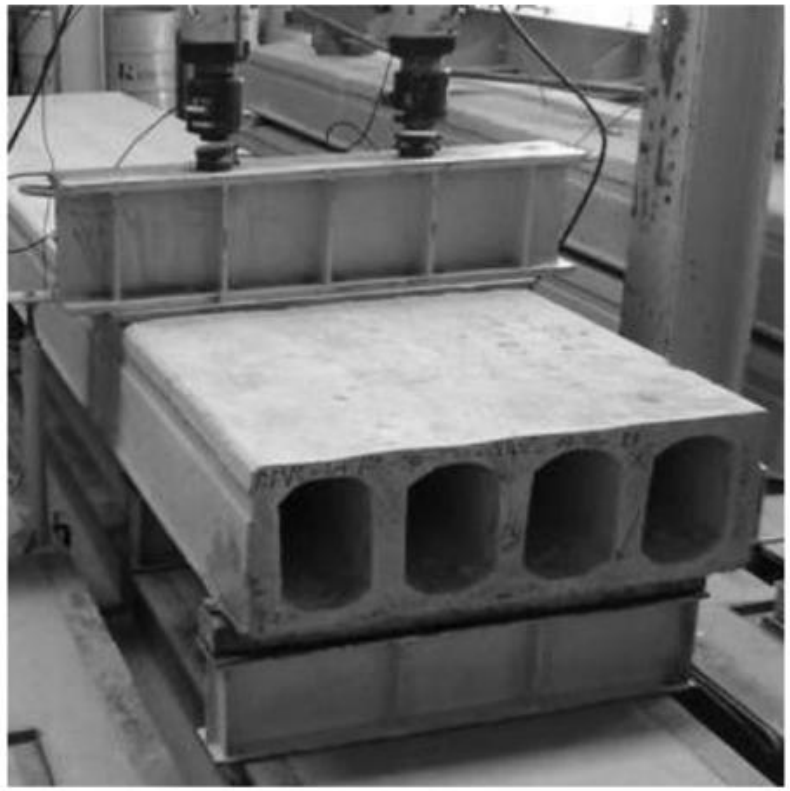
Ensaios de Flexão e Resistência à Força Cortante (Mais de 300 ensaios desde 2007)

ORGANIZAÇÃO
Abcic
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

4º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO
ENPPPCPM
EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO
4 e 5 de junho de 2025

Ensaios para Caracterização do Desempenho Estrutural de Lajes Alveolares – Lab NETPre 2008

Marcelo Ferreira | Roberto Chust Carvalho | Fernando Almeida
Luis Bachega, Bruna Catoia, Roberto Catoia, Altibano Ortenzi



Ensaios para Validação da Produção

ORGANIZAÇÃO
Abcic
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

PESQUISAS SOBRE LAJES ALVEOLARES – NETPRE UFSCar (2007 a 2025)

- *Resistência à Força Cortante – Mecanismo Flexo-Cortante*
- *Resistência à Força Cortante – Mecanismo Tração Diagonal*
- *Comportamento de Lajes Alveolares com Continuidade*
- *Resistência à Força Cortante – Preenchimento de Alvéolos*
- *Resistência à Força Cortante – Lajes com Recortes*
- *Resistência à Força Cortante – Seção Composta (Alvéolos + Capa + Armadura)*
- *Novas Demandas de Projeto – Data Centers | Pontes e Viadutos*

PESQUISAS SOBRE LAJES ALVEOLARES – NETPRE UFSCar (2007 a 2025)

- ***Resistência à Força Cortante – Mecanismo Flexo-Cortante***
- ***Resistência à Força Cortante – Mecanismo Tração Diagonal***
- ***Comportamento de Lajes Alveolares com Continuidade***
- ***Resistência à Força Cortante – Preenchimento de Alvéolos***
- ***Resistência à Força Cortante – Lajes com Recortes***
- ***Resistência à Força Cortante – Seção Composta (Alvéolos + Capa + Armadura)***
- ***Novas Demandas de Projeto – Data Centers | Pontes e Viadutos***

Mecanismo Flexo-Cortante

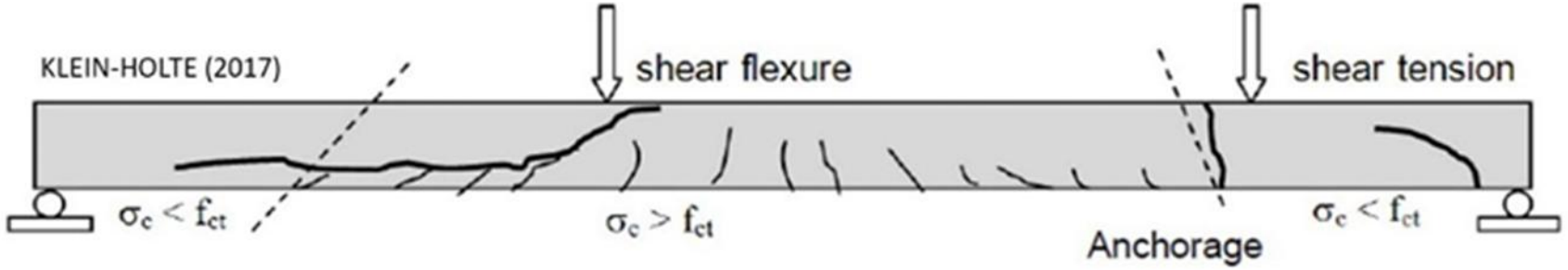


Figure 1. Main failure modes in hollow core slabs [9].

EC2 → 0,18 National Appendix

CEB – MC78 | CEB – MC90

Scale factor → k = (1.6 – d)

Prestress

$$V_{Rd1} = [0.25 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot (1.2 + 40\rho_1) + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

Tension strength

Longitudinal reinforcement

Figure 6. Identification of the parameters considered in the equation recommended by NBR 14861 [2].

Tese de Doutorado – Bruna Catoia (2011)

Expressão $V_{Rd,fl}$ pela NBR6118 (CEB-FIP 1990)

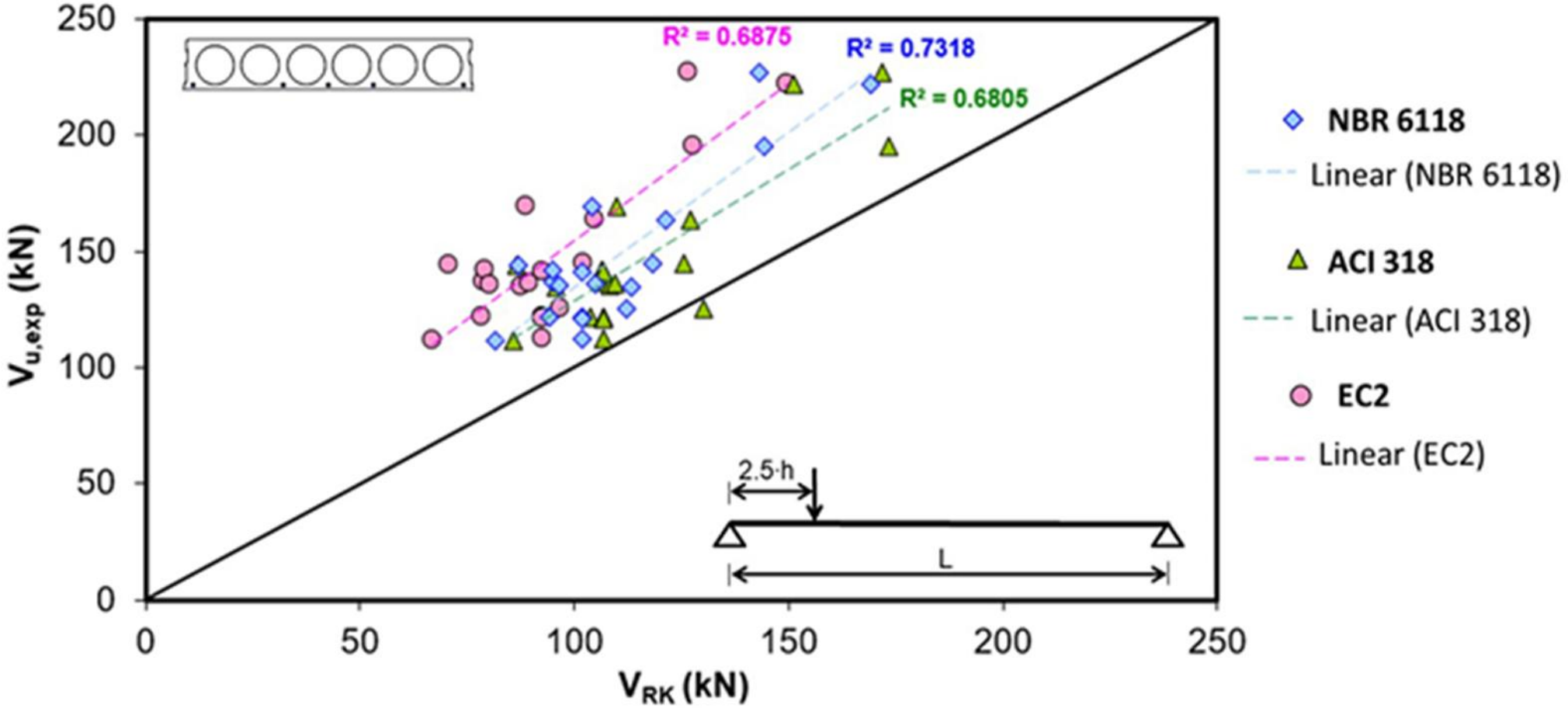


Figure 8. Relationship between $V_{u,exp}$ e V_{Rk} considering the use of equations recommended by NBR 6118, EC2 e ACI 318 [17].

Pesquisa de Doutorado UFSCar – Marcel Salles (2020)

Marcelo Ferreira & Daniel de Lima Araujo (UFG)

Figura 5-21 - Medidas retiradas da seção transversal de cada seguimento

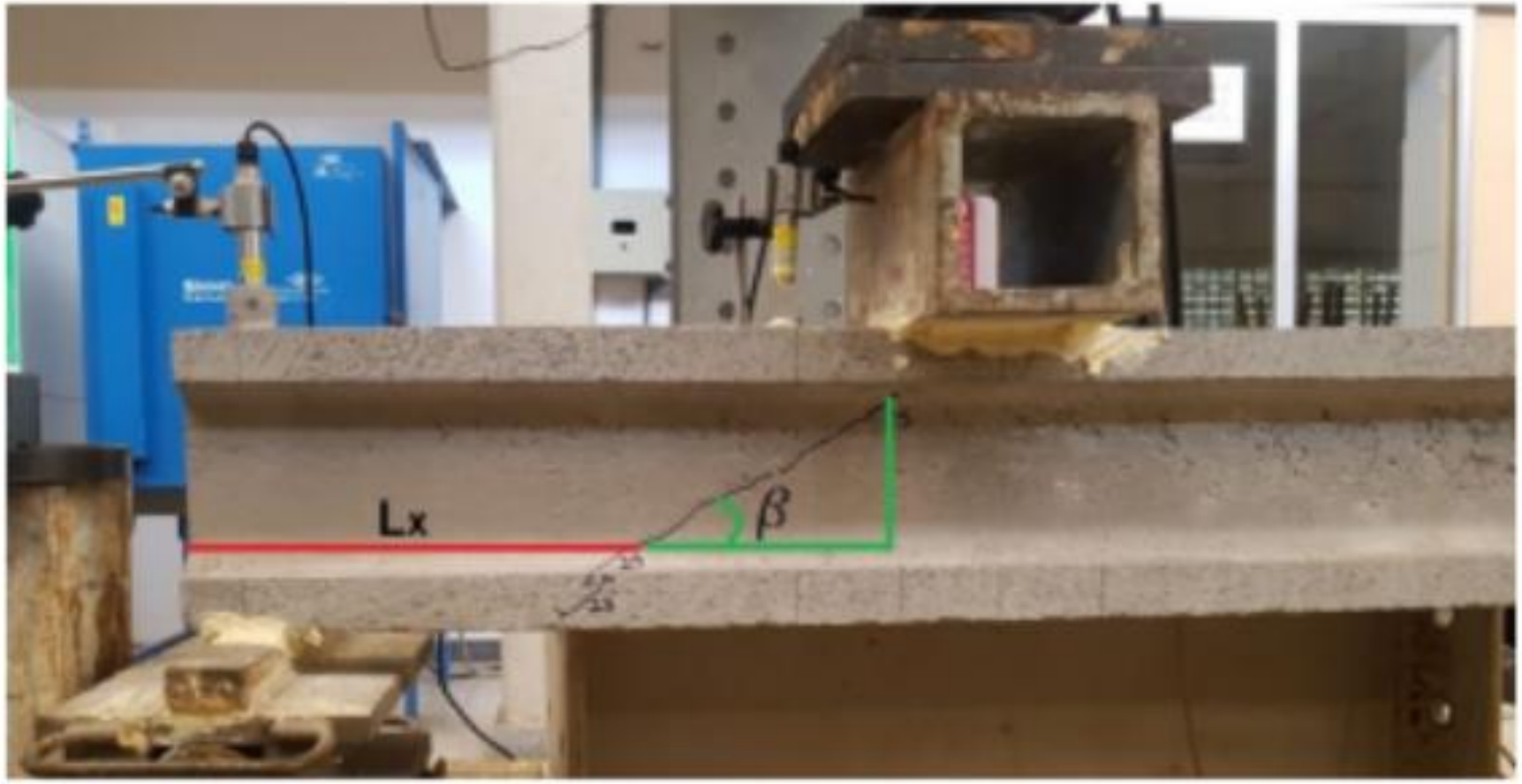
Apoio Marka

Pesquisa de Doutorado UFSCar – Marcel Salles (2020)

Marcelo Ferreira & Daniel de Lima Araujo (UFG)

Pesquisa de Doutorado UFSCar – Marcel Salles (2020)

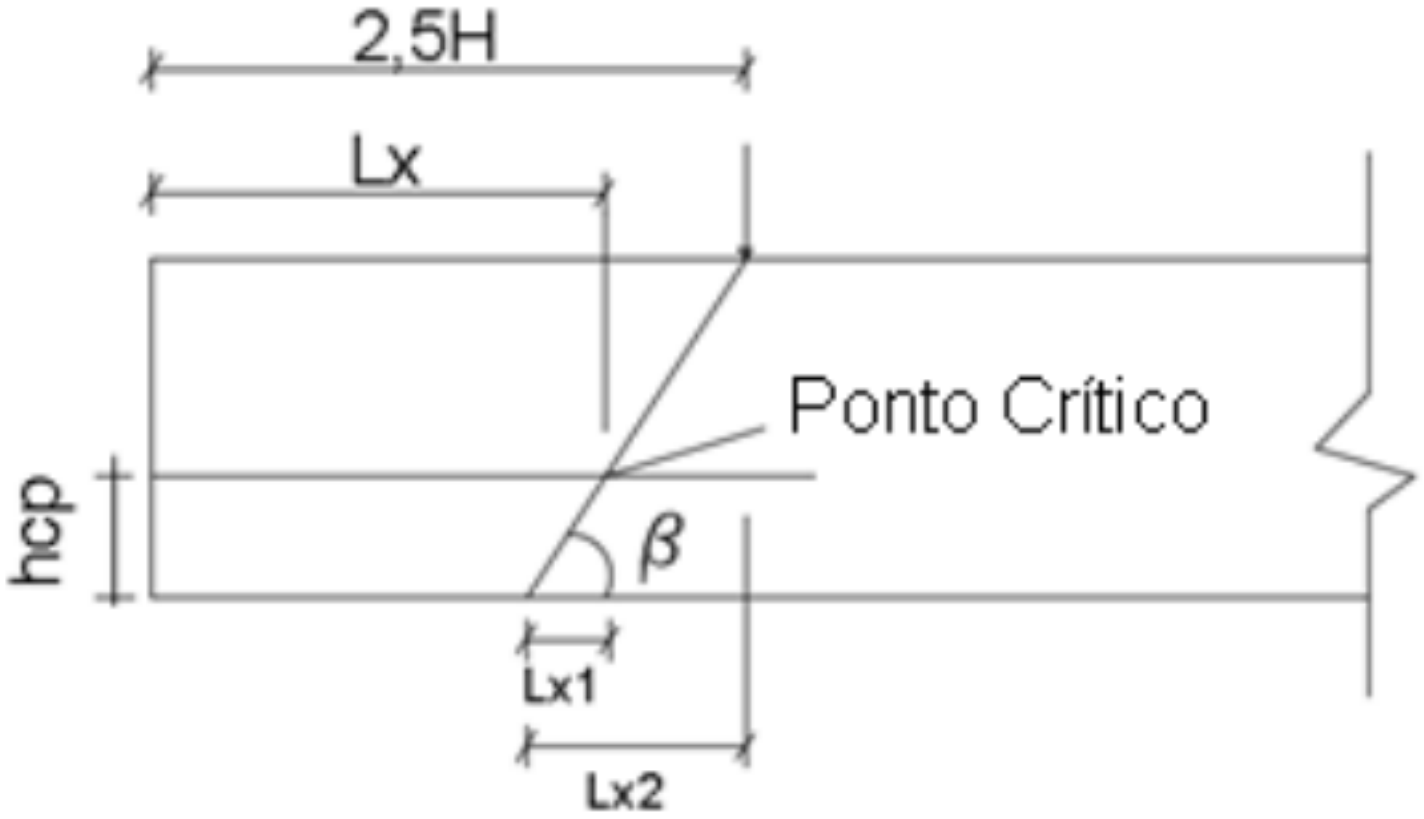
Marcelo Ferreira & Daniel de Lima Araujo (UFG)



Pesquisa de Doutorado UFSCar – Marcel Salles (2020)

Marcelo Ferreira & Daniel de Lima Araujo (UFG)

Figura 12-3 - Padrão de fissura



4º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO
4 e 5 de junho de 2025

IBRACON Structures and Materials Journal
Revista IBRACON de Estruturas e Materiais
ISSN 1983-4195 ismj.org

Bruna Catoia[a]
Arthur Lima Rocha[a]
Marcelo de Araújo Ferreira[a]

ORIGINAL ARTICLE

Flexure shear capacity of prestressed hollow core slabs

Resistência à flexo-cortante de lajes alveolares protendidas

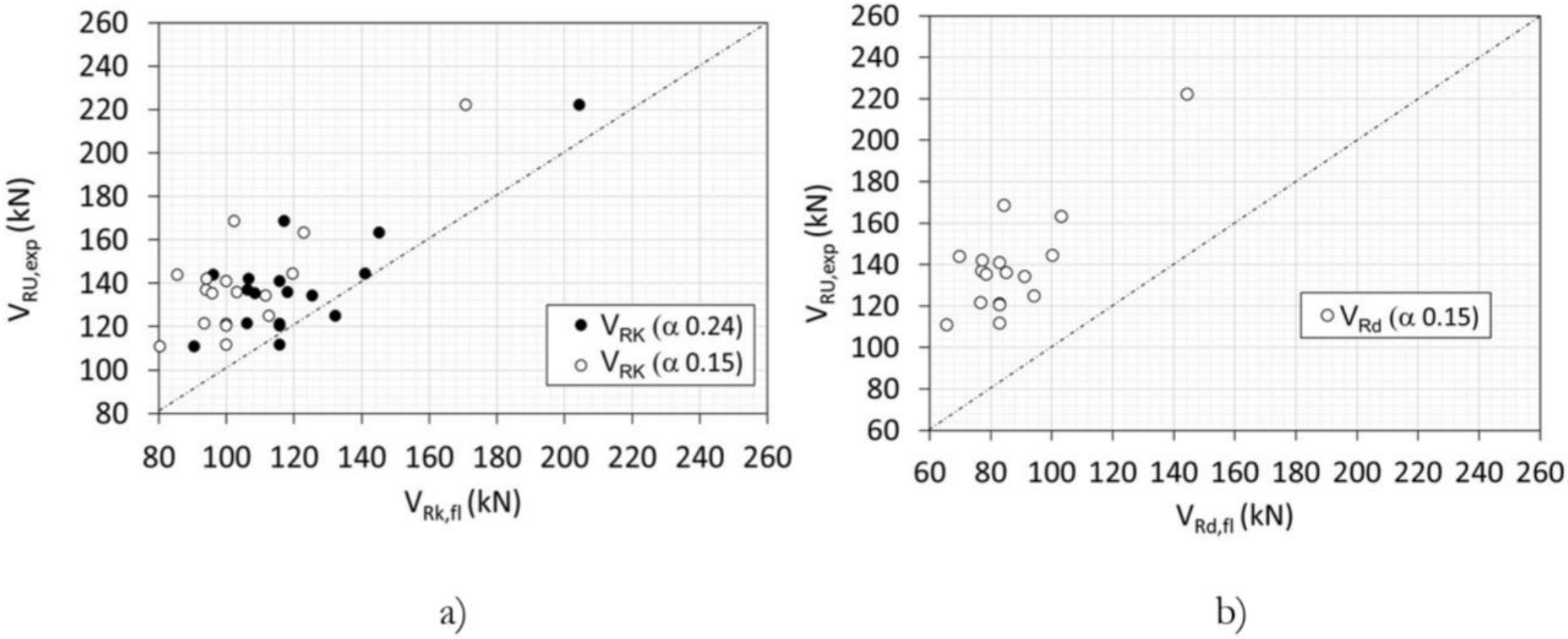
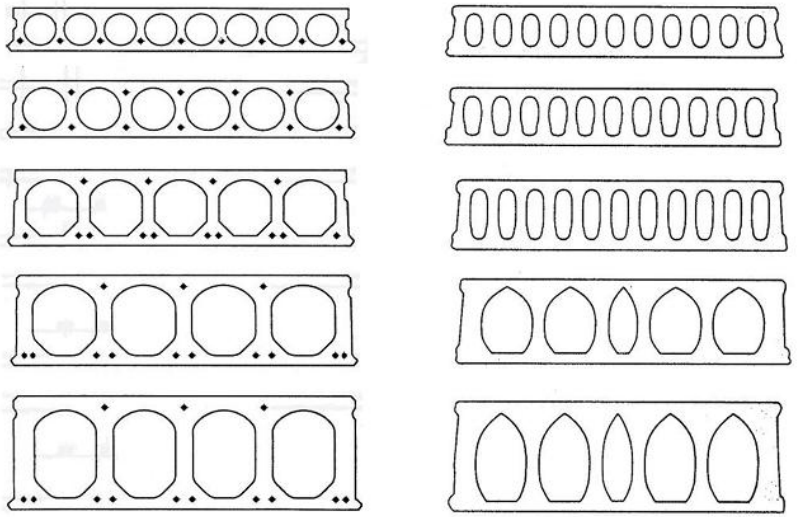


Figure 13. a) Graphs $V_{R,exp}$ versus $V_{Rk\ (0.24)}$.and $V_{R,exp}$ versus $V_{Rk\ (0.15)}$, b) Graphs $V_{Ru,exp}$ versus $V_{Rd\ (0.15)}$.

Abcic
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

PESQUISAS SOBRE LAJES ALVEOLARES – NETPRE UFSCar (2007 a 2025)

- *Resistência à Força Cortante – Mecanismo Flexo-Cortante*
- ***Resistência à Força Cortante – Mecanismo Tração Diagonal***
- *Comportamento de Lajes Alveolares com Continuidade*
- *Resistência à Força Cortante – Preenchimento de Alvéolos*
- *Resistência à Força Cortante – Lajes com Recortes*
- *Resistência à Força Cortante – Seção Composta (Alvéolos + Capa + Armadura)*
- *Novas Demandas de Projeto – Data Centers | Pontes e Viadutos*



Extrusão

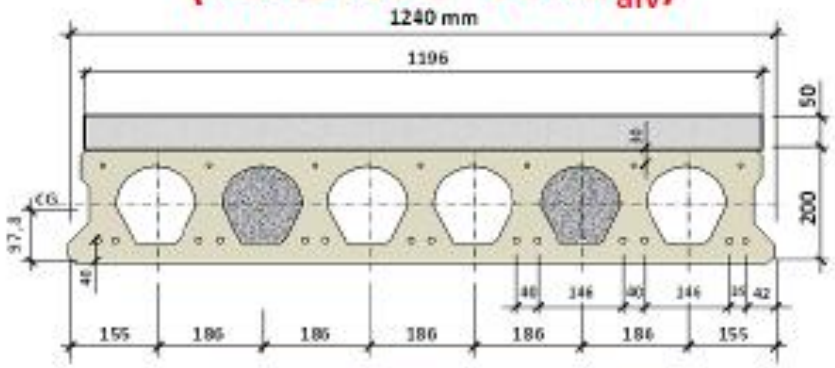
Fôrmas deslizantes

$h \leq 200$ mm

Flexure Shear Mechanism

Baixa Eficiência

(NBR14861 - 50%b_{alv})

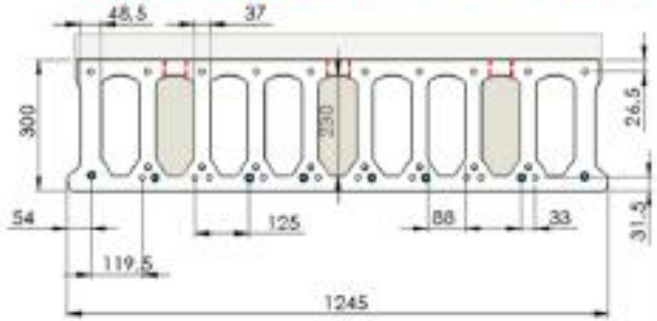


$h \geq 260$ mm (300 mm)

Tension Shear Mechanism

Melhor Eficiência

(FIB & EN1168 – 2/3b_{alv})



Pesquisa de Mestrado UFSCar – Mateus Marquesi (2014)

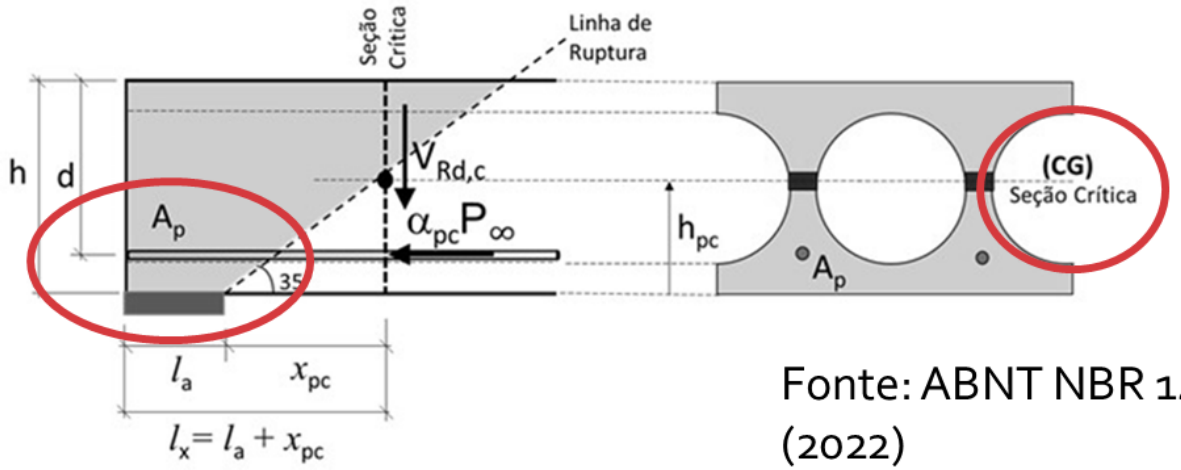
Orientador Marcelo Ferreira

Destaque: MELHOR MESTRADO IBRACON 2015

Pesquisa Temática UFSCar e ABCIC

Ensaios com 36 lajes alveolares (03 empresas)

- A partir das pesquisas no NETPRE, a ABNT NBR 14861:2022 traz o dimensionamento a partir do mecanismo de tração diagonal:



Fonte: ABNT NBR 14861 (2022)

ABNT NBR 14861:2022 – 250≤h ≤320

$$\boldsymbol{V_{Rdc}} = 0{,}95 \cdot \frac{\boldsymbol{I \cdot b_w}}{\boldsymbol{S_c}} \cdot \sqrt{\boldsymbol{f_{ctd}^2} + \boldsymbol{\alpha_{pc}} \cdot \boldsymbol{\sigma_{cp}} \cdot \boldsymbol{f_{ctd}}}$$

$$\alpha_{\mathrm{pc}} = \frac{l_x}{l_{pt2}} = \frac{l_a + x_{pc}}{1{,}2 \cdot l_{bpt}} \qquad \sigma_{cp} = \frac{N_{p,t=\infty}}{A_{\text{seção, simples}}}$$

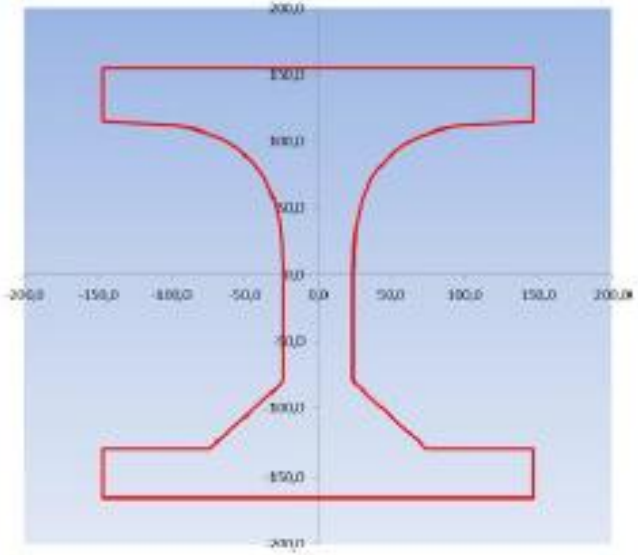
Estudo da Geometria da Seção Transversal – LINDSTRON (2007) – C6-Fib-TG6.1

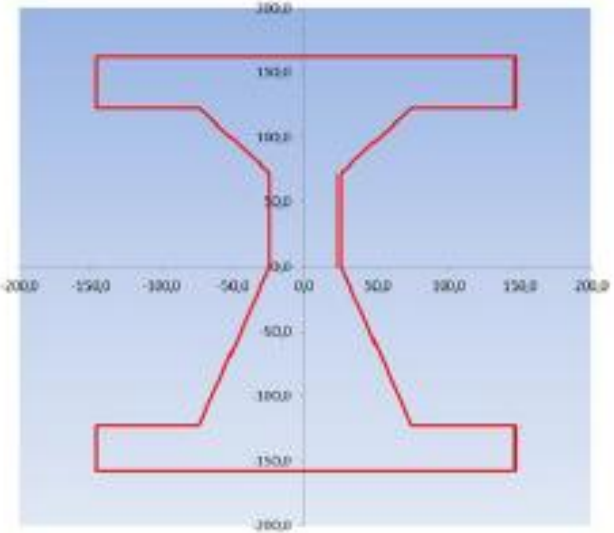
	Height = 200 mm Tfl_top = 30 mm Tfl_bot = 30 mm Bw = 45.67 mm $N_{sup} = N_{bot} = 2$
	$N_{sup} = 2$ $N_{bot} = 2.5$
	$N_{sup} = 2$ $N_{bot} = 3$
	$N_{sup} = 2$ $N_{bot} = 4$
	$N_{sup} = 2$ $N_{bot} = 8$
	$N_{sup} = 4$ $N_{bot} = 4$
	$N_{sup} = 2.5$ $N_{bot} = 1.5$

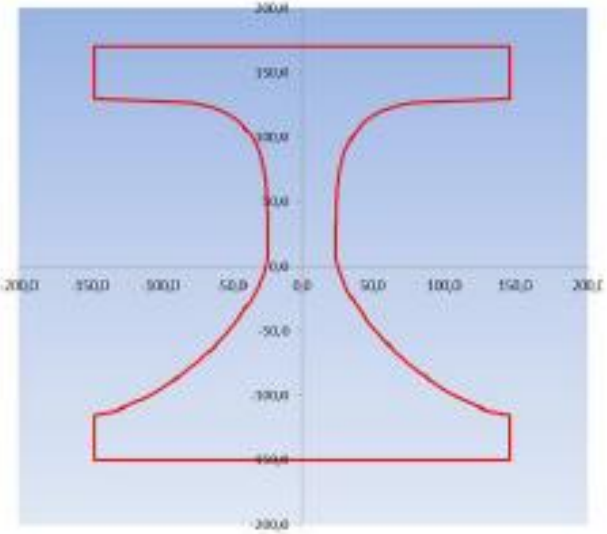
$$\left(\frac{x}{r_h}\right)^N + \left(\frac{z}{r_v}\right)^N = 1$$

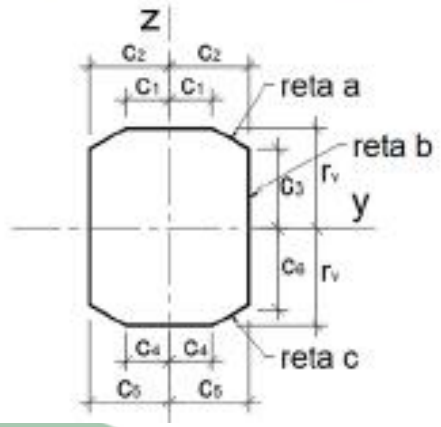
MACIEL (2017)

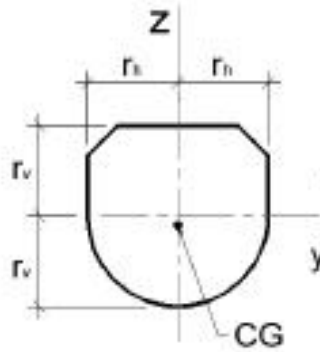
Estudo Numérico da Geometria do Alvéolo – MACIEL (2007) + NETPRE (Chust & Ferreira)

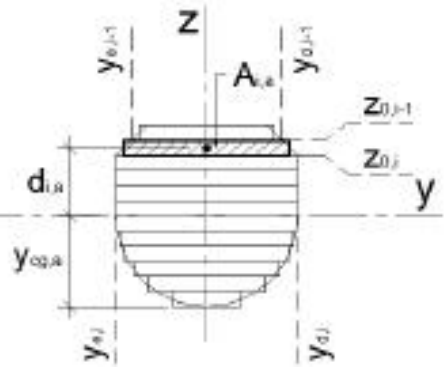


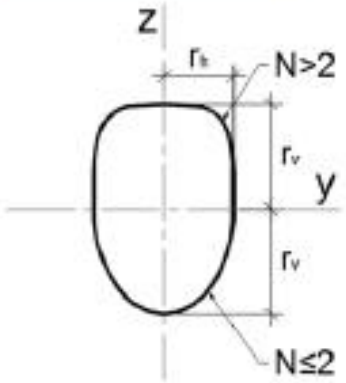


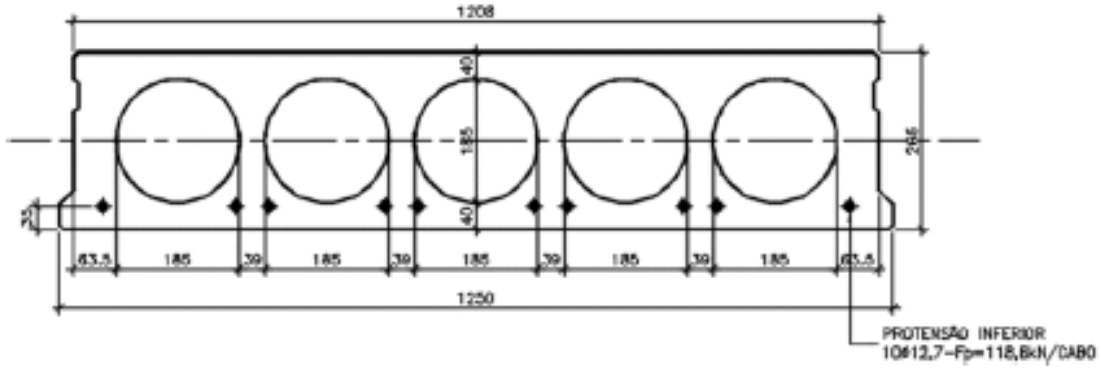


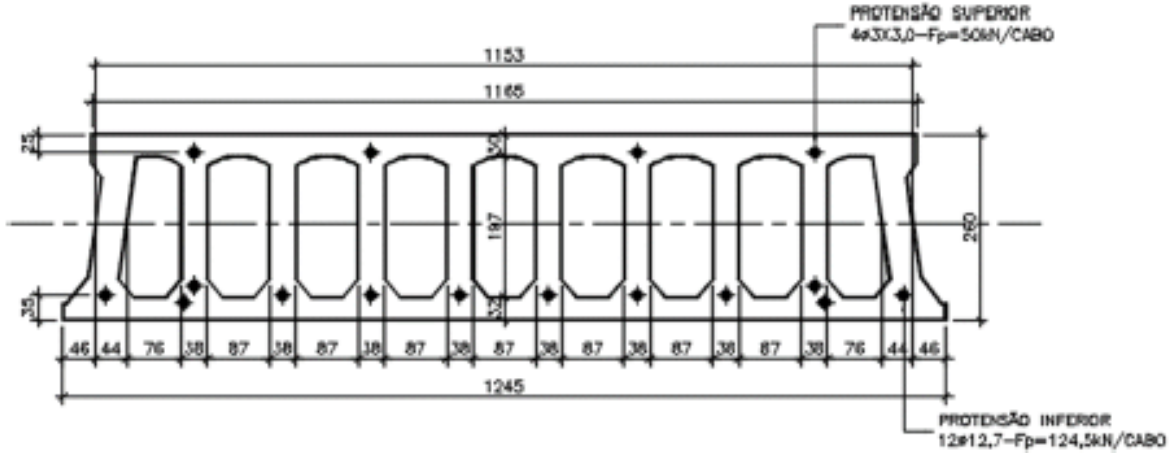












Tension Shear – EC2

$$V_{Rd,c} = \frac{I \cdot b_w}{S} \cdot \sqrt{{f_{ctd}}^2 + \alpha_l \cdot \sigma_{cp} \cdot f_{ctd}}$$

Tension Shear – FIB & EN1168:2005 (improved)

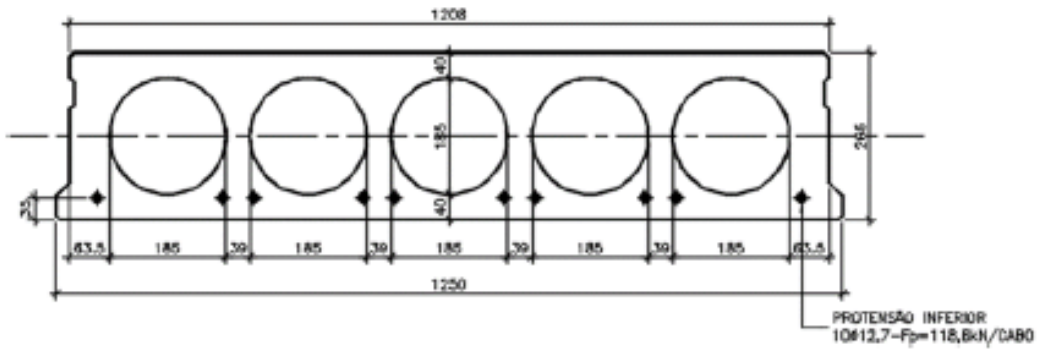
$$V_{Rd,c} = \varphi \cdot \frac{I \cdot b_w}{S_c} \cdot \sqrt{{f_{ctd}}^2 + \beta \cdot \alpha_l \cdot \sigma_{cp} \cdot f_{ctd}}$$

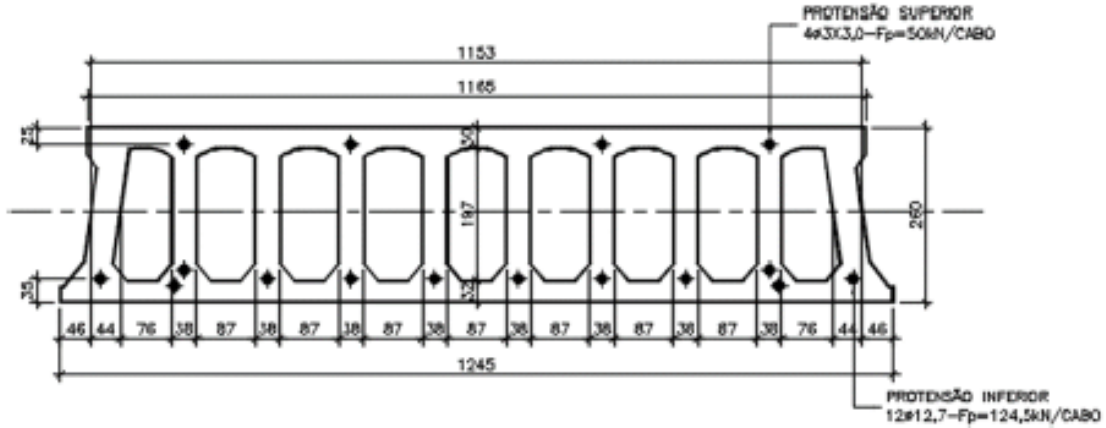
φ=0,8

β=0,9

*** PARA LAJES COM ESPESSURA SUPERIOR A 450mm DEVE-SE APLICAR FATOR REDUTOR GLOBAL DE 0,9 ***

Estudo Numérico da Geometria do Alvéolo – MACIEL (2007) + NETPRE (Chust & Ferreira)

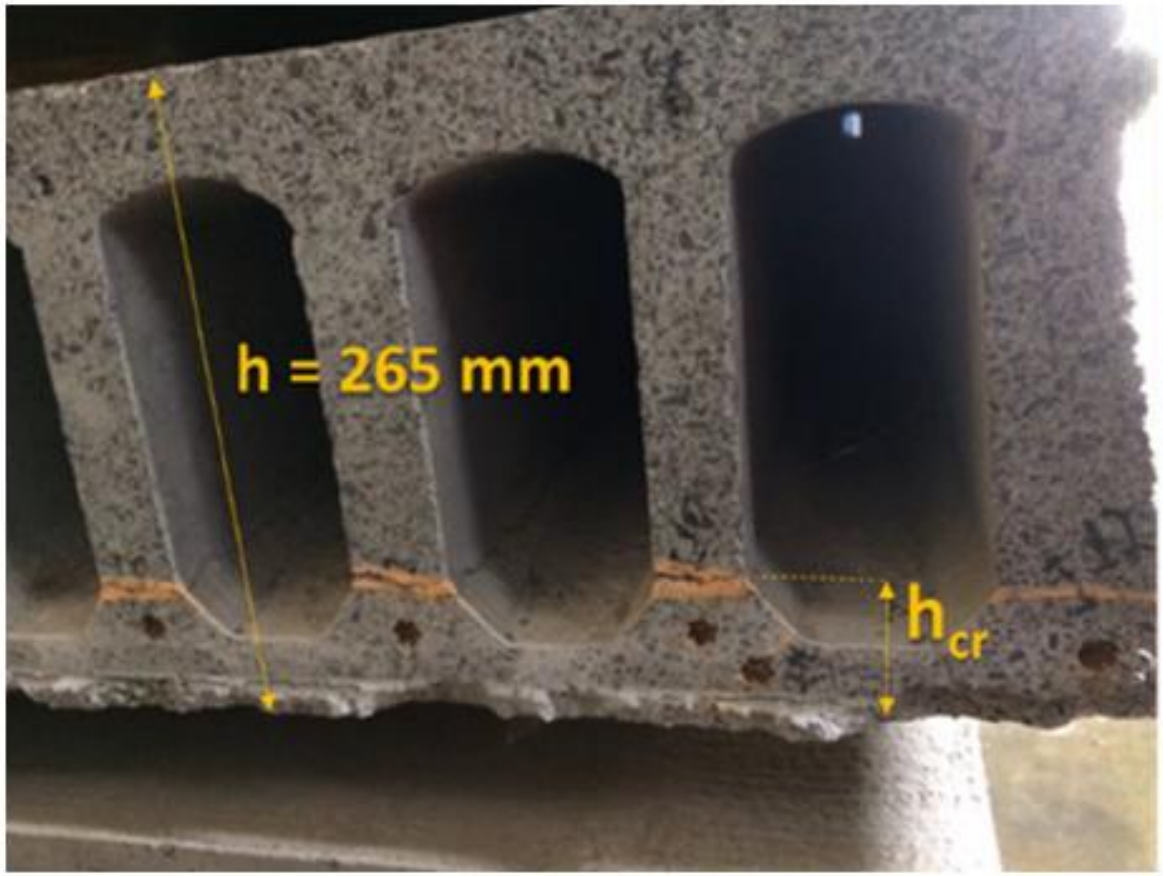


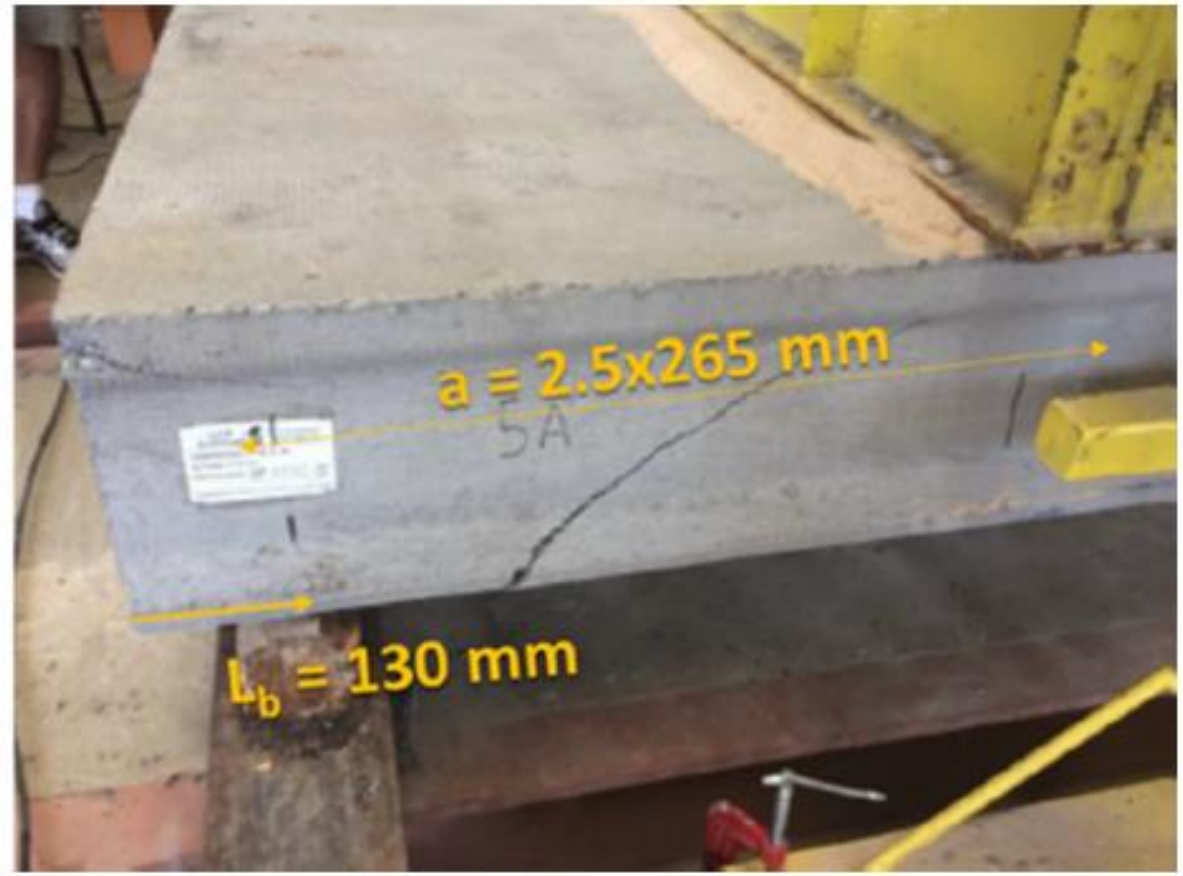


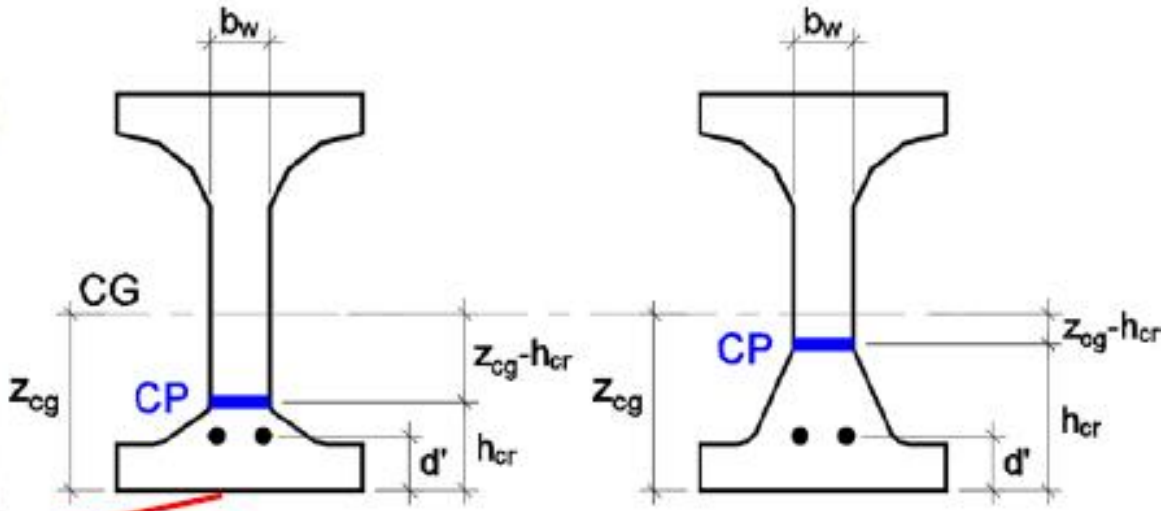
CORTANTE RESISTENTE (γ_c = 1,0)							
Protótipo	$h_{nominal}$ (mm)	$V_{R,exp}$ (kN)	$V_{R,cal}$ (kN)			$V_{R,exp}/V_{R,cal}$	
			(1)	(2)	Diferença	(1)	(2)
Protótipo A	265	233	163,4	172,2	5,4%	1,43	1,35
Protótipo B	260	244	264,2	259,7	1,7%	0,92	0,94

Protótipo A - Alvéolo Circular (LA02-C-A) Protótipo B - Alvéolo Misto (LA05-B)

(1) Seção transversal de projeto (2) Seção transversal real


h = 265 mm
h_{cr}


a = 2.5x265 mm
L_b = 130 mm

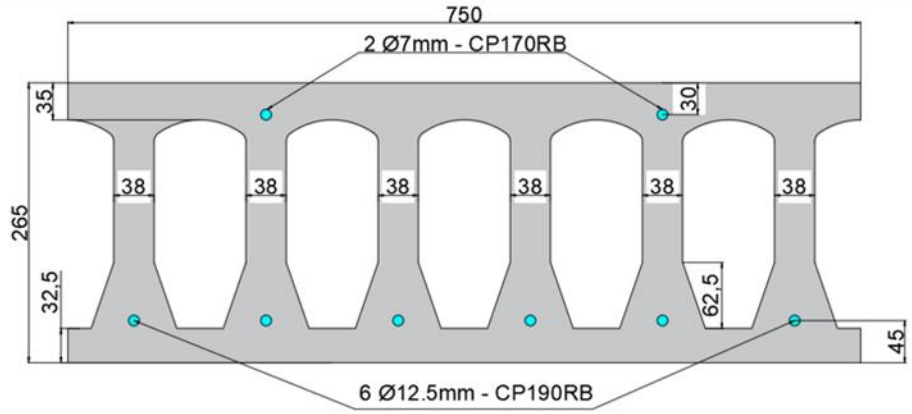


Aumentando h_{crit}, aumenta a resistência à força cortante (Tension Shear Capacity)

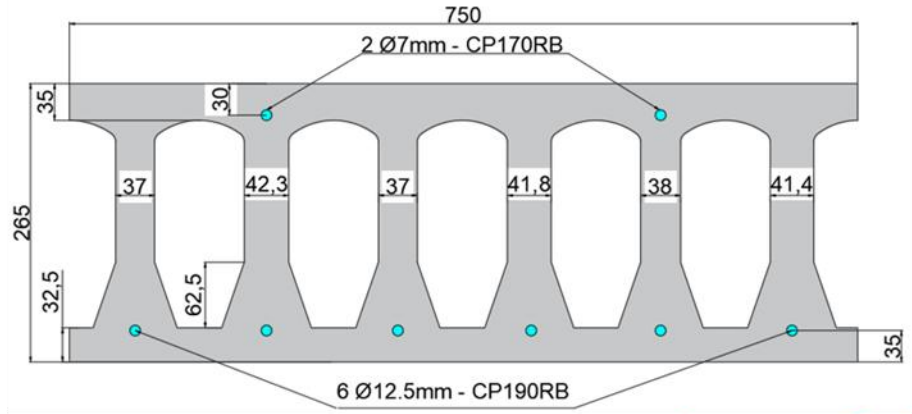
$\beta_{cp} = 0,74$ $\beta_{cp} > 0,80$

Increased 18%

Características da seção e materiais:



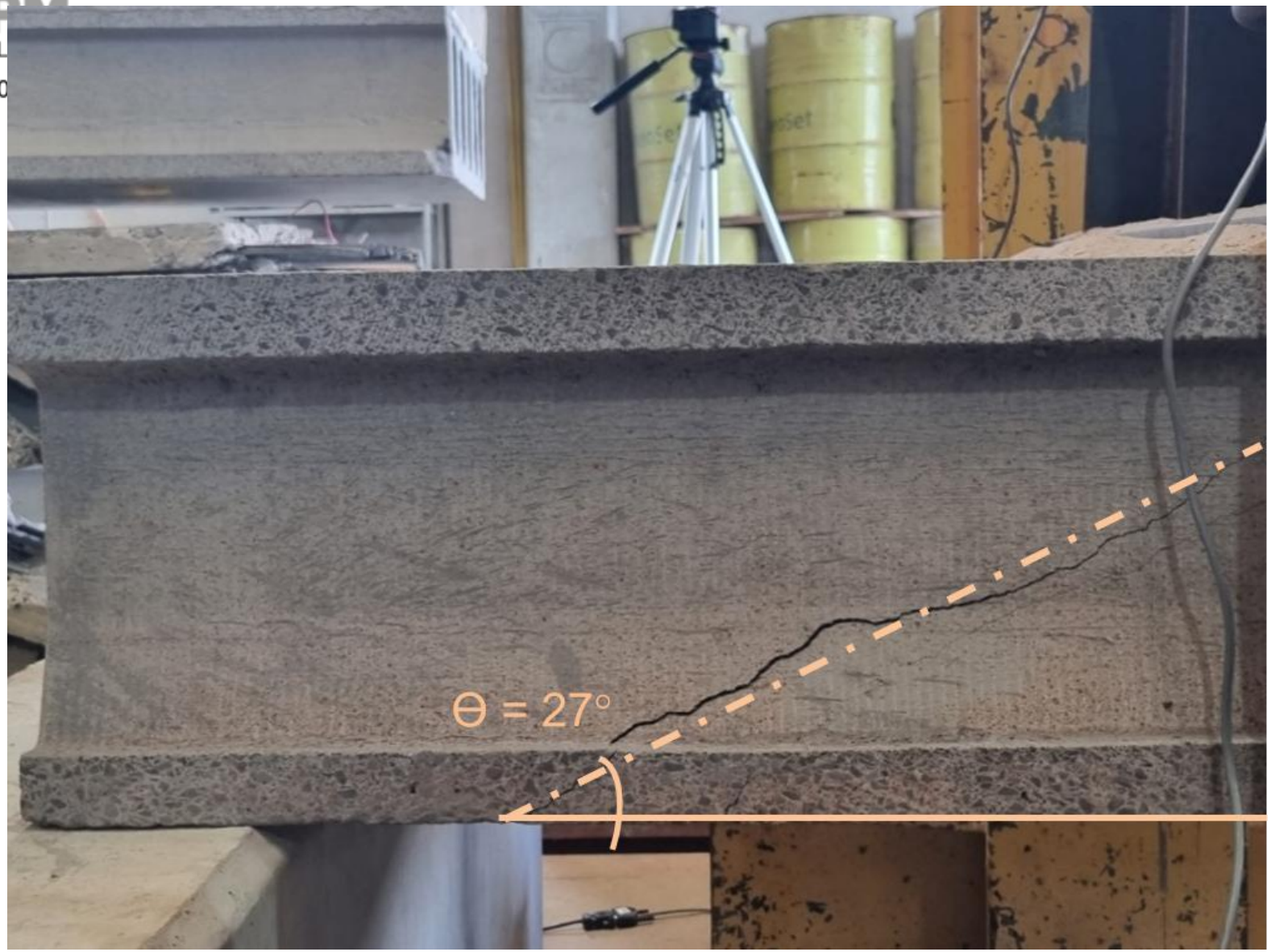
Seção simples teórica



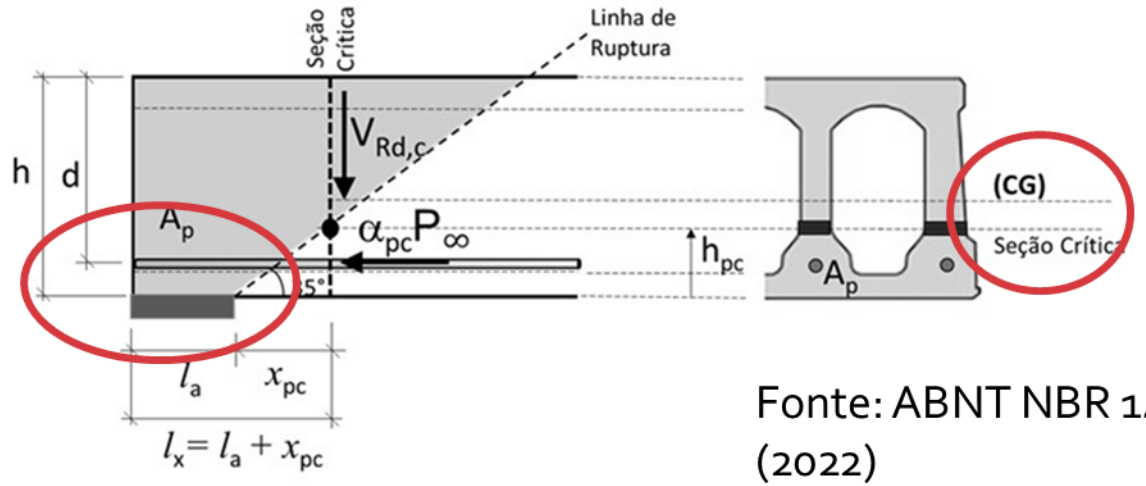
Seção simples real – Laje 1 $\beta_{cp} = 0,85$

Fonte: Próprio Autor

- Informações:
  - $\sigma_{pi,\ sup}$ = 1243,3MPa
  - $\sigma_{pi,\ inf}$ = 1239,6MPa
  - $\sum b_{w,\ teórico}$ = 228 mm
  - $\sum_{bw,\ real}$ = 237,5mm
  - f_{ck} = 50MPa


Θ = 27°

- Proposta apresentada pelo NETPre, a ABNT NBR 14861:2022 traz o dimensionamento a partir do mecanismo de tração diagonal:



Fonte: ABNT NBR 14861 (2022)

ABNT NBR 14861:2022 – 250≤h ≤320

$$\boldsymbol{V_{Rdc} = \beta_{pc} \cdot \frac{I \cdot b_w}{S_c} \cdot \sqrt{f_{ctd}^2 + 0,9 \cdot \alpha_{pc} \cdot \sigma_{cp} \cdot f_{ctd}}}$$

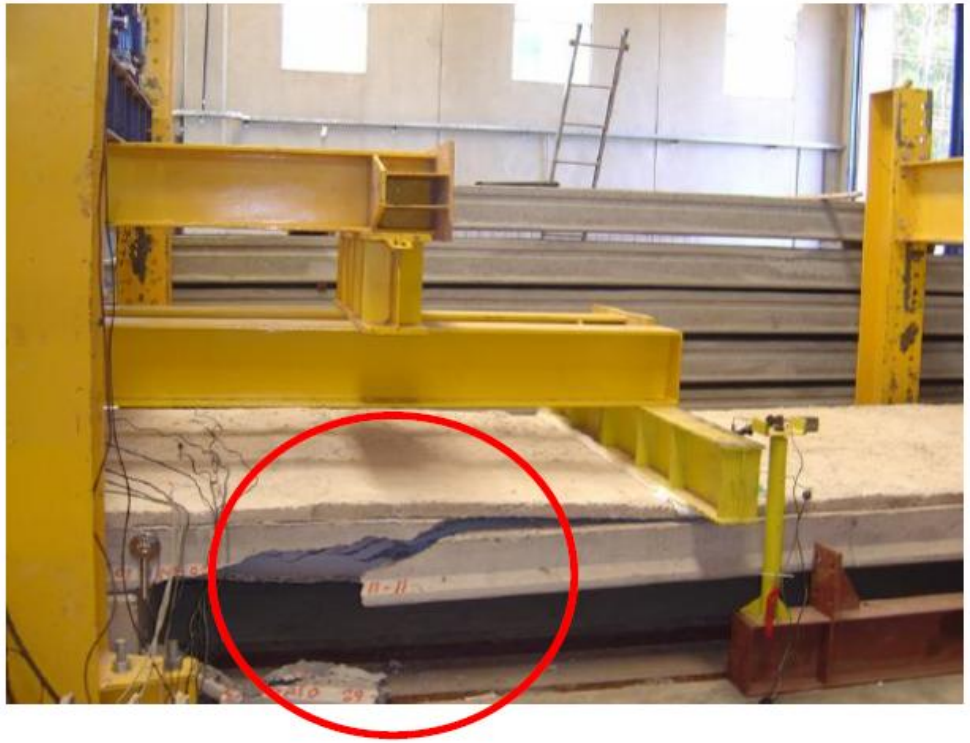
$$\beta_{pc} = 0,5 + \frac{h_{pc}}{h} \qquad \alpha_{pc} = \frac{l_x}{l_{pt2}} = \frac{l_a + x_{pc}}{1,2 \cdot l_{bpt}} \qquad \sigma_{cp} = \frac{N_{p,t=\infty}}{A_{seção,\, simples}}$$

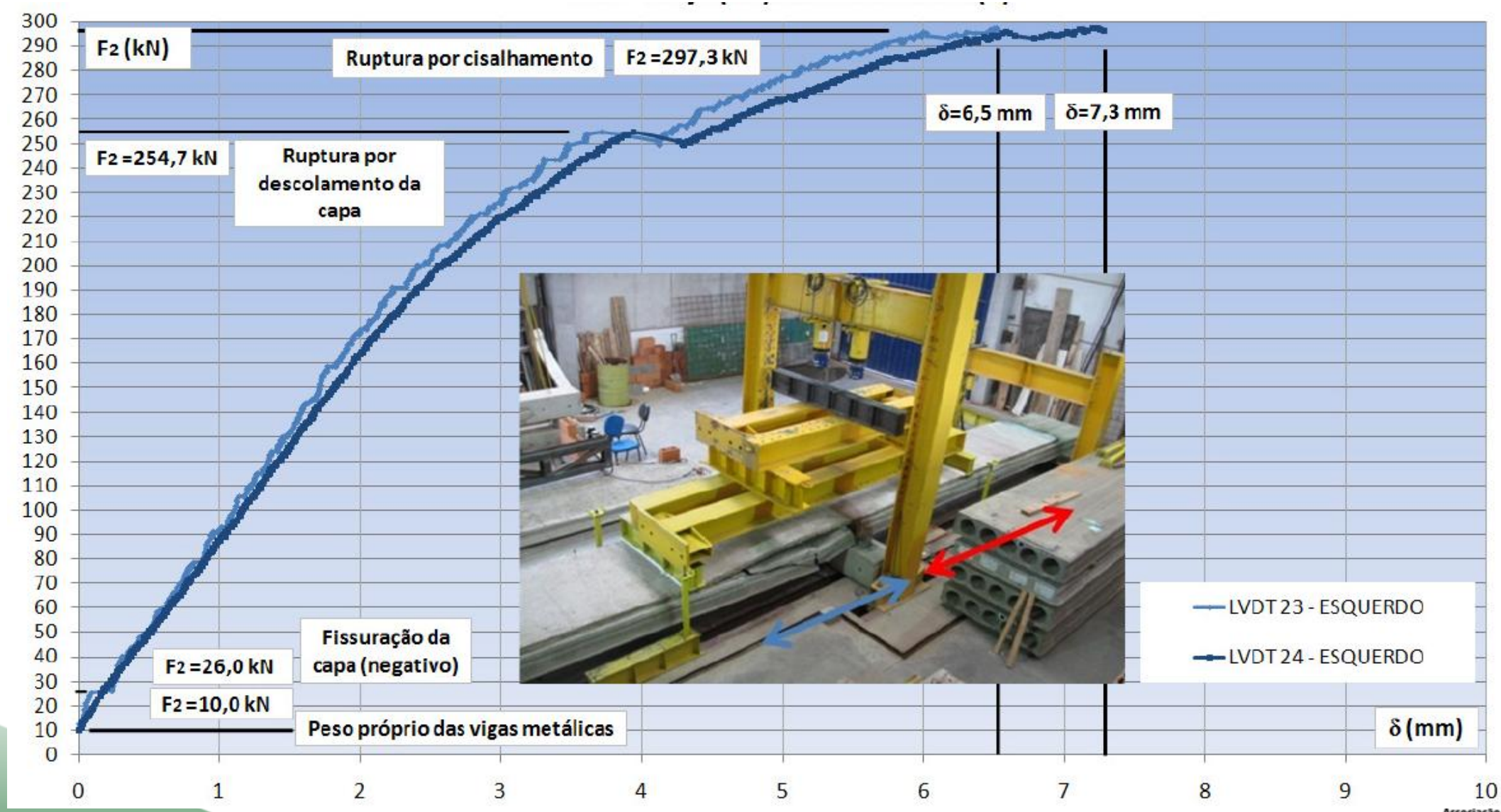
PESQUISAS SOBRE LAJES ALVEOLARES – NETPRE UFSCar (2007 a 2025)

- *Resistência à Força Cortante – Mecanismo Flexo-Cortante*
- *Resistência à Força Cortante – Mecanismo Tração Diagonal*
- ***Comportamento de Lajes Alveolares com Continuidade***
- *Resistência à Força Cortante – Preenchimento de Alvéolos*
- *Resistência à Força Cortante – Lajes com Recortes*
- *Resistência à Força Cortante – Seção Composta (Alvéolos + Capa + Armadura)*
- *Novas Demandas de Projeto – Data Centers | Pontes e Viadutos*

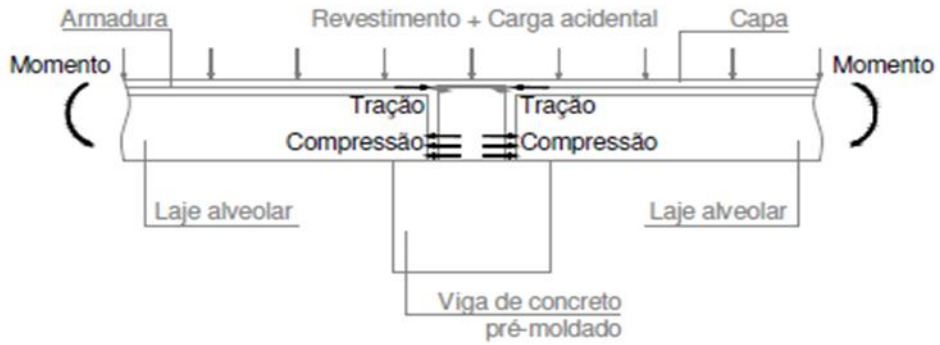
Pesquisa de Doutorado UFSCar – A. Santos (2014)

Libânio Pinheiro & Roberto Chust Carvalho

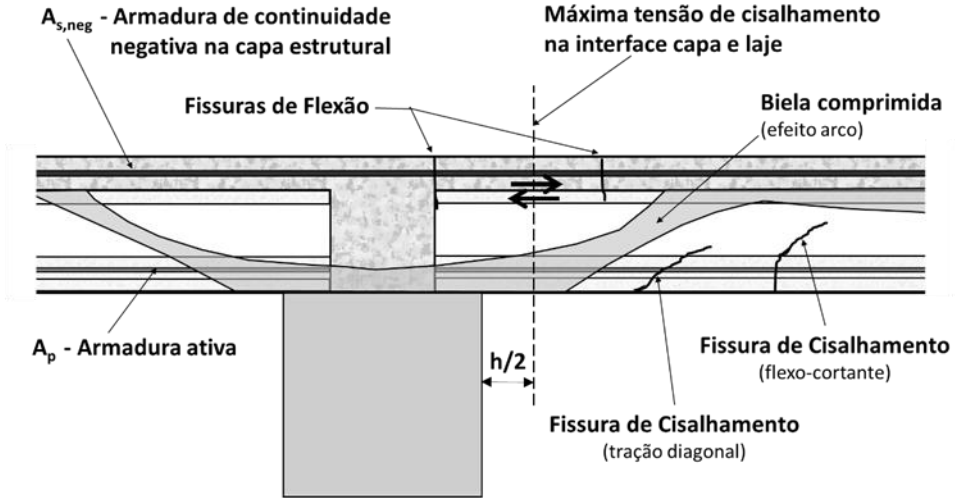



F2 (kN)
Ruptura por cisalhamento
F2 =297,3 kN
δ=6,5 mm
δ=7,3 mm
F2 =254,7 kN
Ruptura por descolamento da capa
Fissuração da capa (negativo)
F2 =26,0 kN
F2 =10,0 kN
Peso próprio das vigas metálicas
LVDT 23 - ESQUERDO
LVDT 24 - ESQUERDO
δ (mm)
300
290
280
270
260
250
240
230
220
210
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

- Modificação dos esforços no elemento composto



Fonte: Adaptado de Elliott(2002)



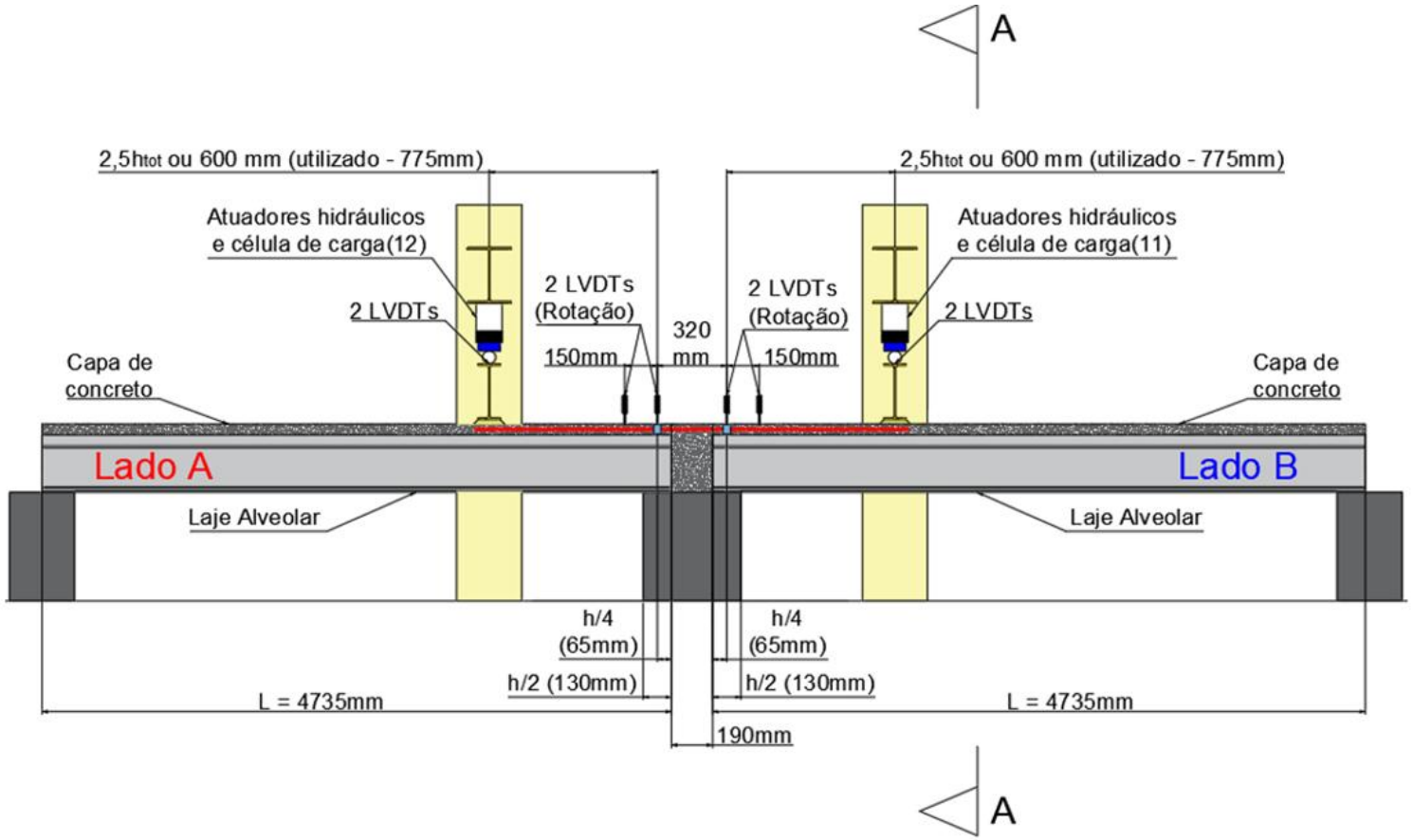
Fonte: ABNT NBR14861:2022

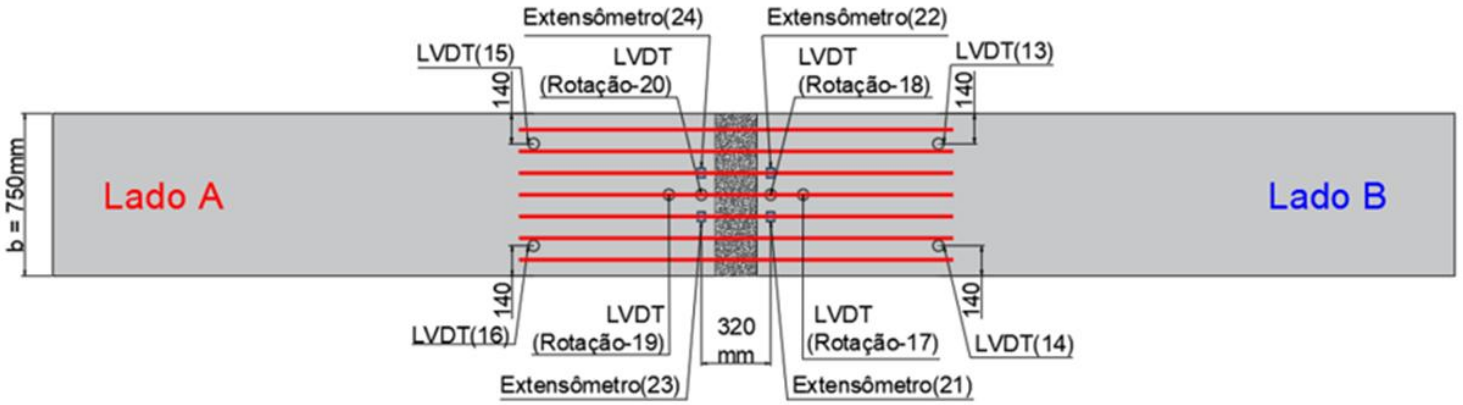
4º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO
ENPPPCPM
EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO
4 e 5 de junho de 2025

Resistência à Força Cortante de Lajes Alveolares Contínuas
Mecanismo de Tração Diagonal

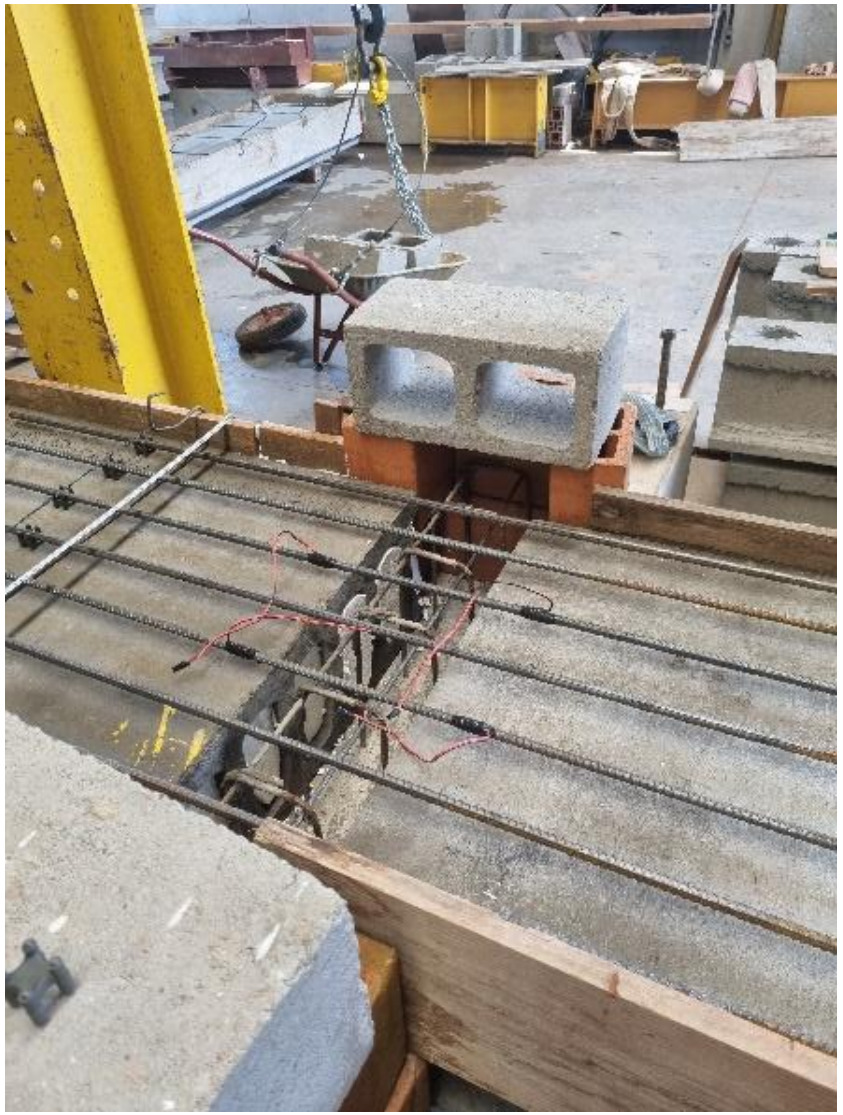
Tese Doutorado – Arthur L. Rocha (2023)

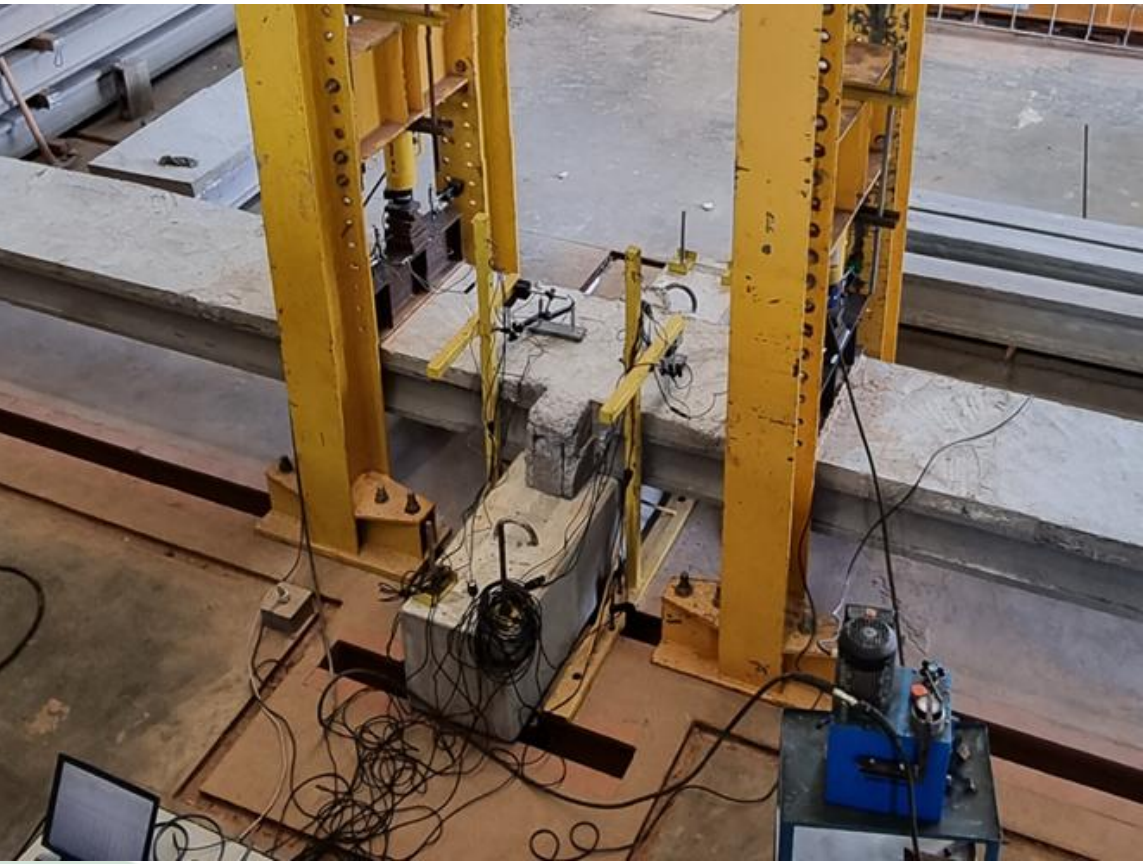
ORGANIZAÇÃO
Abcic
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

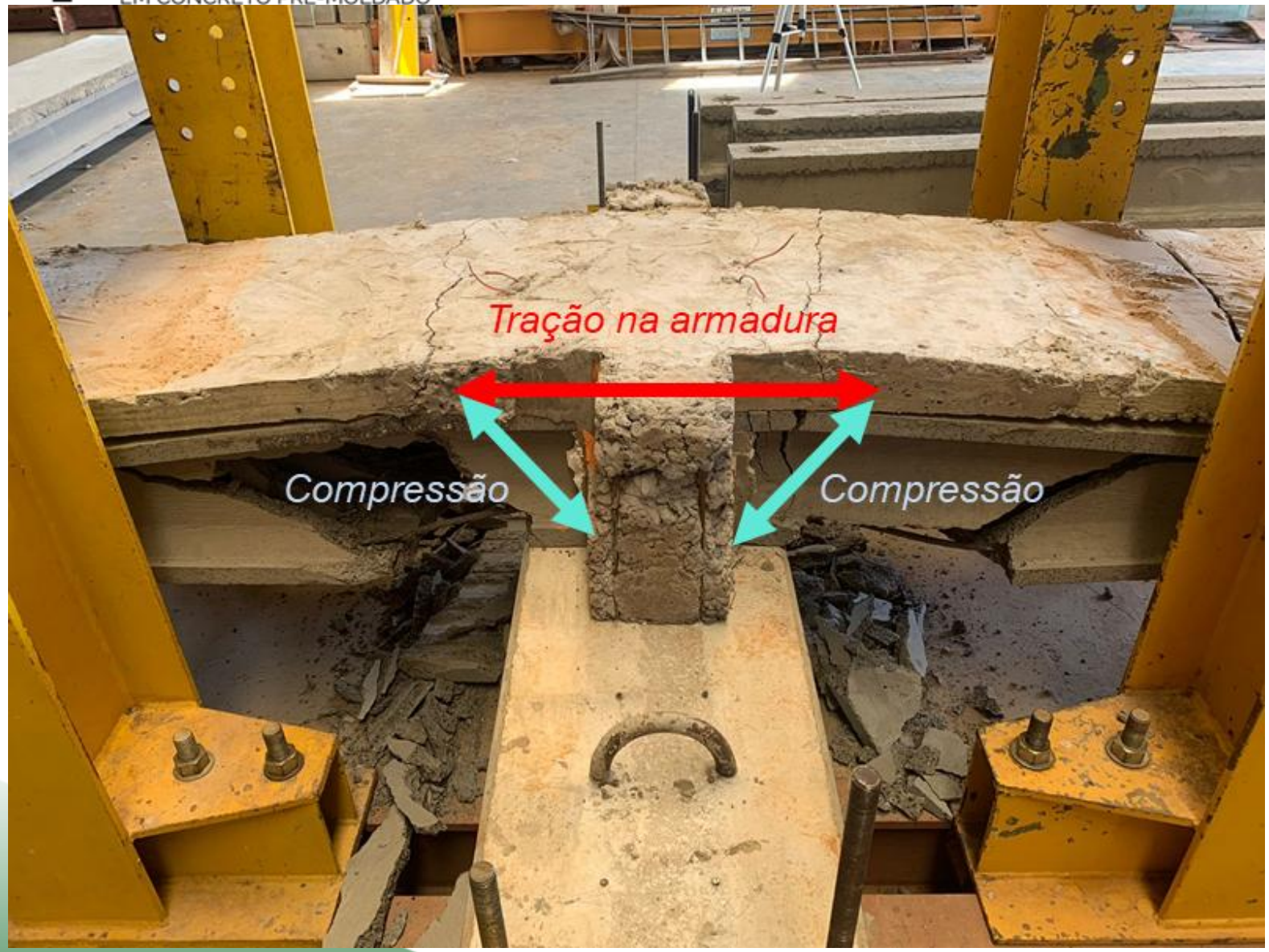




ORGANIZAÇÃO
Abcic
Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto



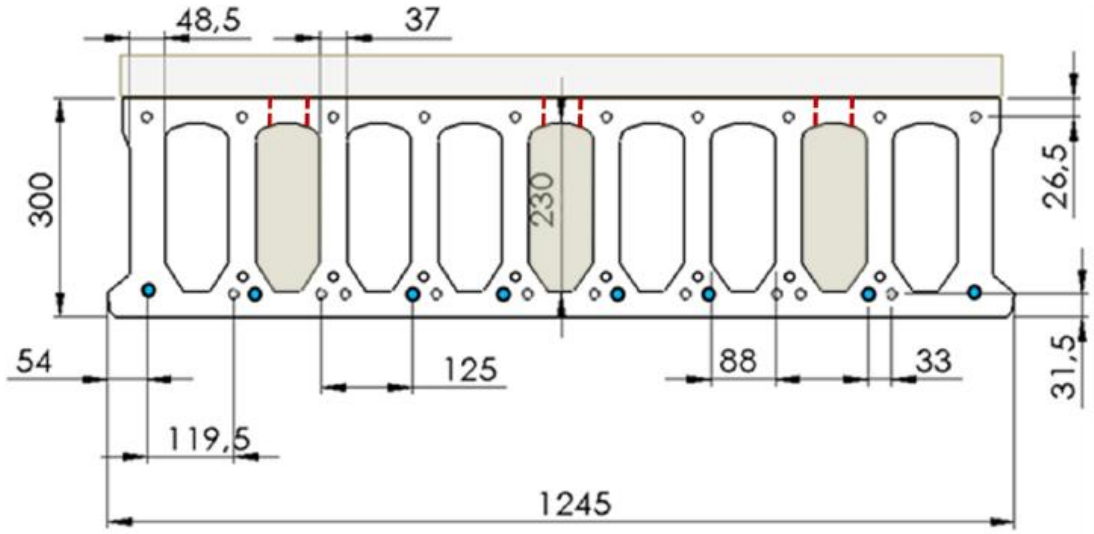



Tração na armadura
Compressão
Compressão

PESQUISAS SOBRE LAJES ALVEOLARES – NETPRE UFSCar (2007 a 2025)

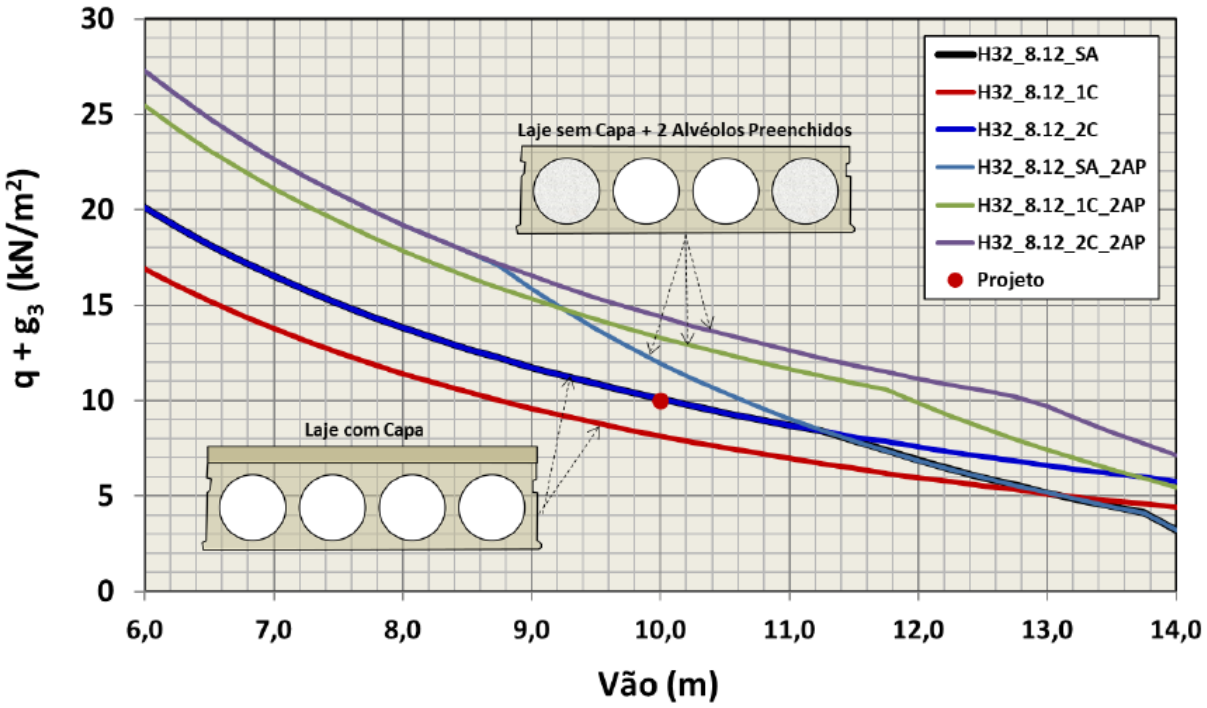
- *Resistência à Força Cortante – Mecanismo Flexo-Cortante*
- *Resistência à Força Cortante – Mecanismo Tração Diagonal*
- *Comportamento de Lajes Alveolares com Continuidade*
- ***Resistência à Força Cortante – Preenchimento de Alvéolos***
- *Resistência à Força Cortante – Lajes com Recortes*
- *Resistência à Força Cortante – Seção Composta (Alvéolos + Capa + Armadura)*
- *Novas Demandas de Projeto – Data Centers | Pontes e Viadutos*

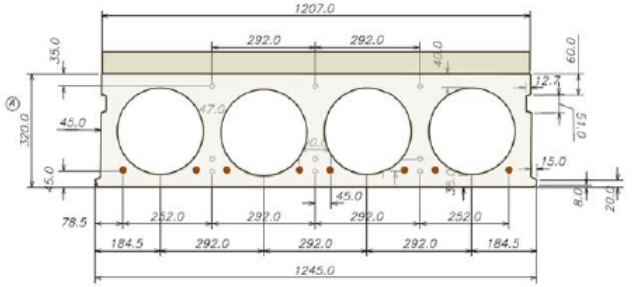
MECANISMOS DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO (Preenchimento de Alvéolos)

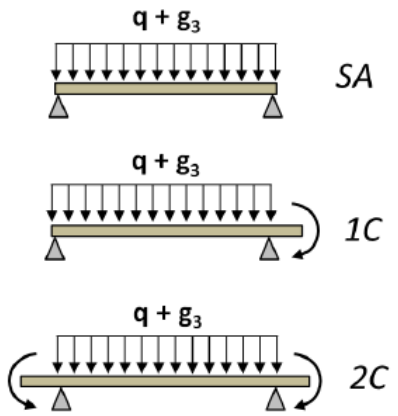


Estudo do efeito da continuidade e preenchimento de alvéolos em projeto de lajes alveolares Ferreira (2017)

MECANISMOS DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO (Preenchimento de Alvéolos)







PESQUISAS SOBRE LAJES ALVEOLARES – NETPRE UFSCar (2007 a 2025)

- *Resistência à Força Cortante – Mecanismo Flexo-Cortante*
- *Resistência à Força Cortante – Mecanismo Tração Diagonal*
- *Comportamento de Lajes Alveolares com Continuidade*
- *Resistência à Força Cortante – Preenchimento de Alvéolos*
- ***Resistência à Força Cortante – Lajes com Recortes***
- *Resistência à Força Cortante – Seção Composta (Alvéolos + Capa + Armadura)*
- *Novas Demandas de Projeto – Data Centers | Pontes e Viadutos*

Pesquisa de Doutorado UFSCar – Gregory Pinheiro (2017)

Fernando M. Almeida Filho & Armando Lopes (UNICAMP)

a)

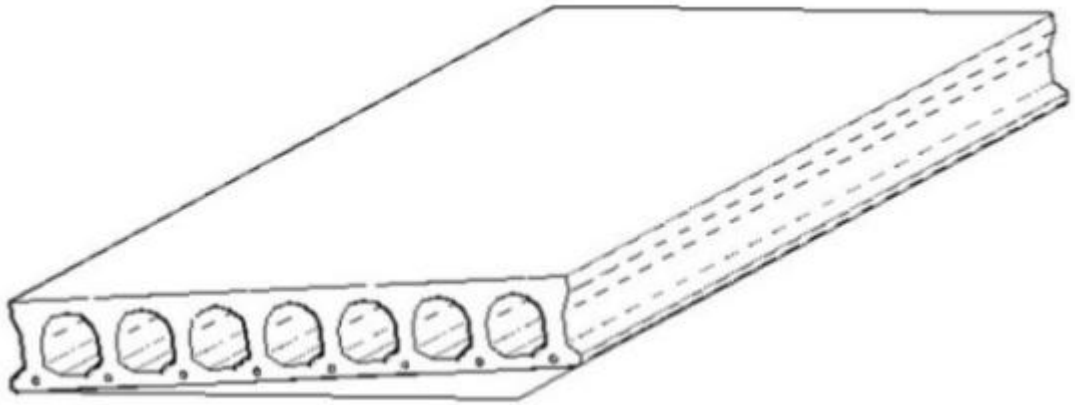
b)

Pesquisa de Doutorado UFSCar – Gregory Pinheiro (2017)

Fernando M. Almeida Filho & Armando Lopes (UNICAMP)

Pesquisa de Doutorado UFSCar – Gregory Pinheiro (2017)

Fernando M. Almeida Filho & Armando Lopes (UNICAMP)



8 cordoalhas CP190 RBϕ 9,5 mm	
$f_{ck,laje}$ = 39,09 MPa	$f_{ctk,laje}$= 2,94 MPa
$E_{c,laje}$ = 30,62 GPa	$f_{t,aço}$= 1890,9 MPa
h_{laje} = 202,00 mm	L_{laje} = 5575,00 mm
B_{laje} = 1327,50 mm	$\sum b_w$ = 321 mm
Ac_{laje} = 156745 mm²	P = 83,2 kN

Dados gerais

Modelo montado para ensaio

PESQUISAS SOBRE LAJES ALVEOLARES – NETPRE UFSCar (2007 a 2025)

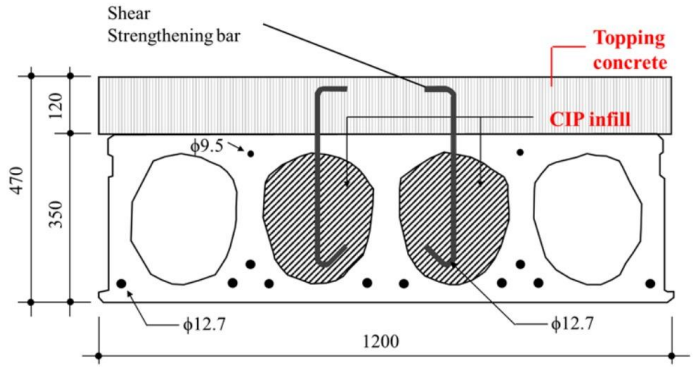
- *Resistência à Força Cortante – Mecanismo Flexo-Cortante*
- *Resistência à Força Cortante – Mecanismo Tração Diagonal*
- *Comportamento de Lajes Alveolares com Continuidade*
- *Resistência à Força Cortante – Preenchimento de Alvéolos*
- *Resistência à Força Cortante – Lajes com Recortes*
- ***Resistência à Força Cortante – Seção Composta*** ***(Alvéolos + Capa + Armadura)***
- *Novas Demandas de Projeto – Data Centers | Pontes e Viadutos*

Novas Demandas de Projeto

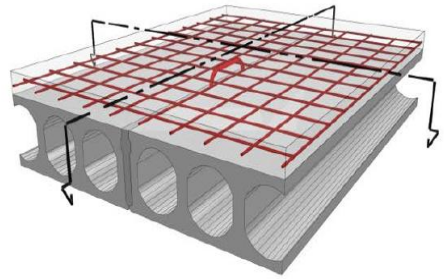
Altas Sobrecargas Permanentes – Data Centers (TRRF 120 min)

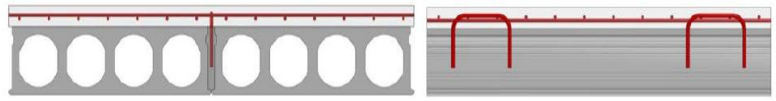
Cargas Concentradas em Pontes e Viadutos

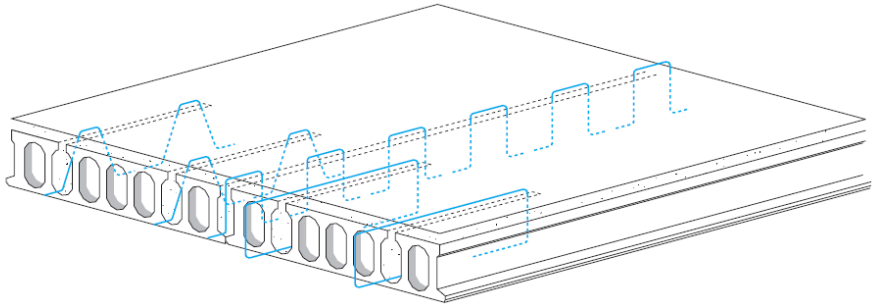
Armadura de Costura entre o Alvéolo e a Capa

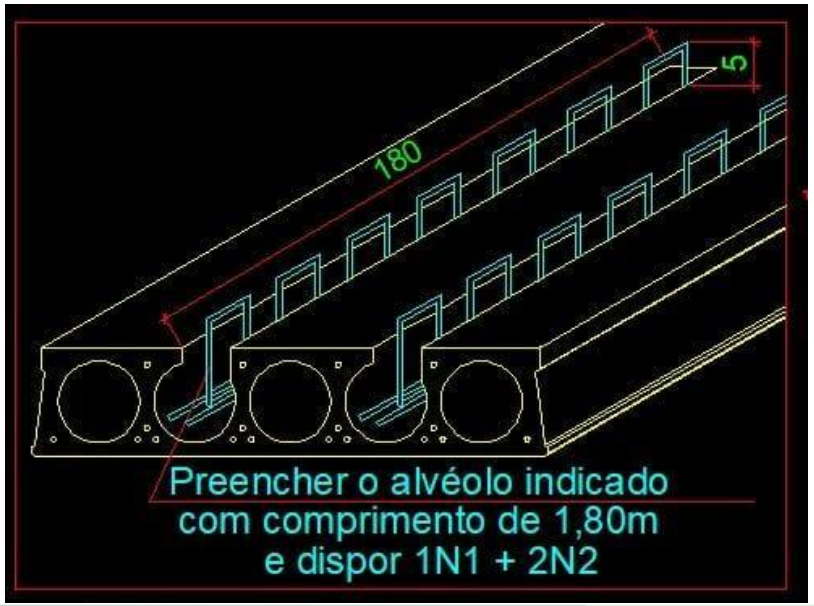


(**b**) RCF









Novas Demandas de Projeto

Altas Sobrecargas Permanentes – Data Centers

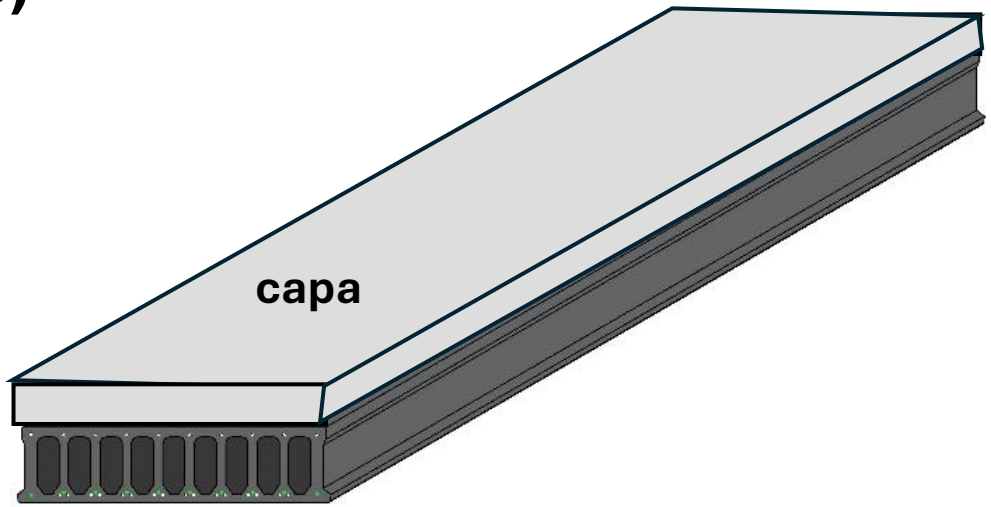
Cargas Concentradas em Pontes e Viadutos

Pesquisa de Doutorado UFSCar – Mariana Bandieira (2023 em andamento)

fib Bulletin 6 (2000)

ABNT NBR 14861:2022

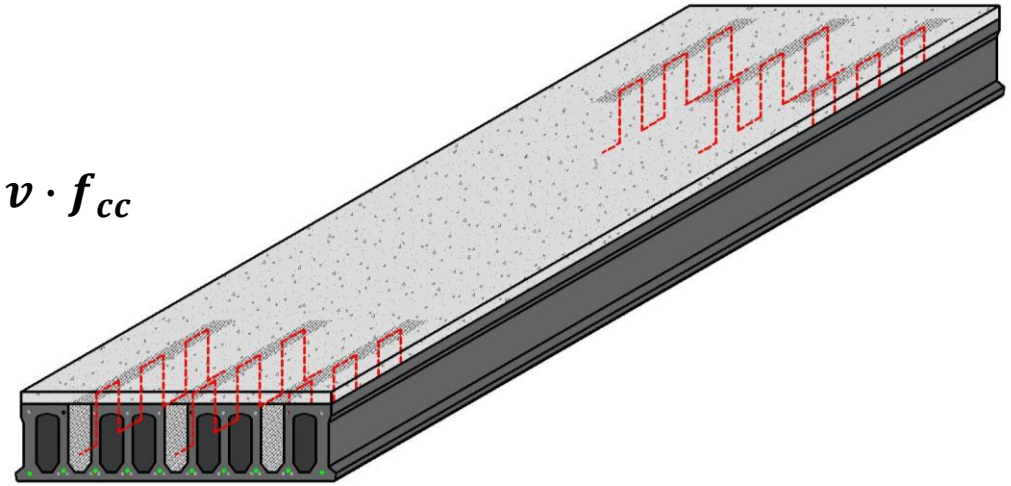
$$V_{Rd,cc} = V_{Rd,c} \cdot \frac{S.I'}{S'.I} + V_{Sd(g1+g2)} \cdot \left(1 - \frac{S.I'}{S'.I}\right)$$



fib Model Code (2010)

$$\tau_u = \tau_c + \mu\left(\rho \cdot k \cdot f_y \cdot \sigma_n\right) + \alpha \cdot \rho \cdot \sqrt{f_y \cdot f_{cc}} \leq \beta \cdot v \cdot f_{cc}$$

Dowel Action



Pesquisa de Doutorado UFSCar – Mariana Bandieira
(2023 em andamento)

Estudo de Traço para Preenchimento dos Alvéolos

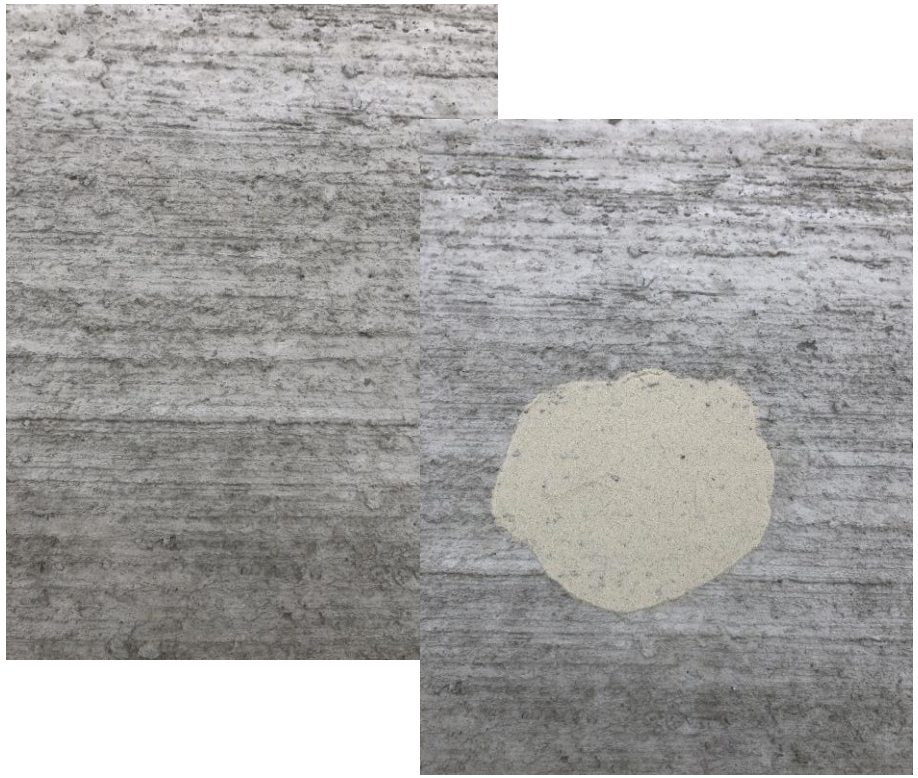
Pesquisa de Doutorado UFSCar – Mariana Bandieira

(2023 em andamento)

Fabricação das lajes H300 mm a serem ensaiadas (6 m)

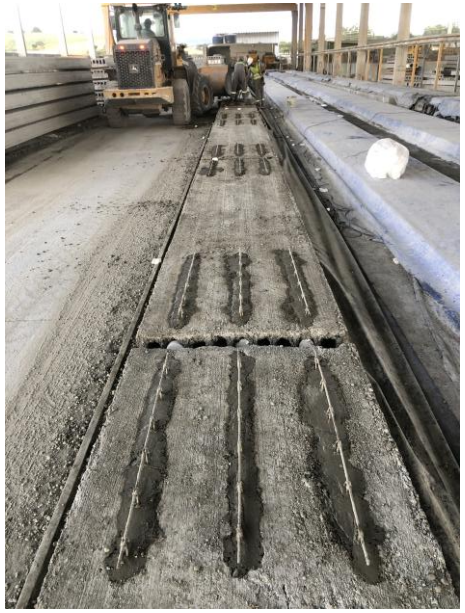
Pesquisa de Doutorado UFSCar – Mariana Bandieira
(2023 em andamento)

Avaliação da Rugosidade



Pesquisa de Doutorado UFSCar – Mariana Bandieira
(2023 em andamento)

Preenchimento de Alvéolos com Armação Treliçada



Pesquisa de Doutorado UFSCar – Mariana Bandieira
(2023 em andamento)

Ensaios Não Destrutivos
(Prova de Carga)

Concretagem da capa

Parceiro na Pesquisa – Lajes Puma

Obrigado !