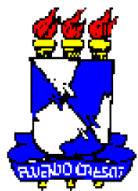


# PROPOSTAS DE MODELOS DE BIELAS E TIRANTES PARA A LIGAÇÃO DO CÁLICE TOTALMENTE EMBUTIDO EM BLOCO DE FUNDAÇÃO

Rodrigo Rabelo de Carvalho  
Rejane Martins Fernandes Canha  
Mounir Khalil El Debs



Departamento de Engenharia Civil  
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia  
Universidade Federal de Sergipe

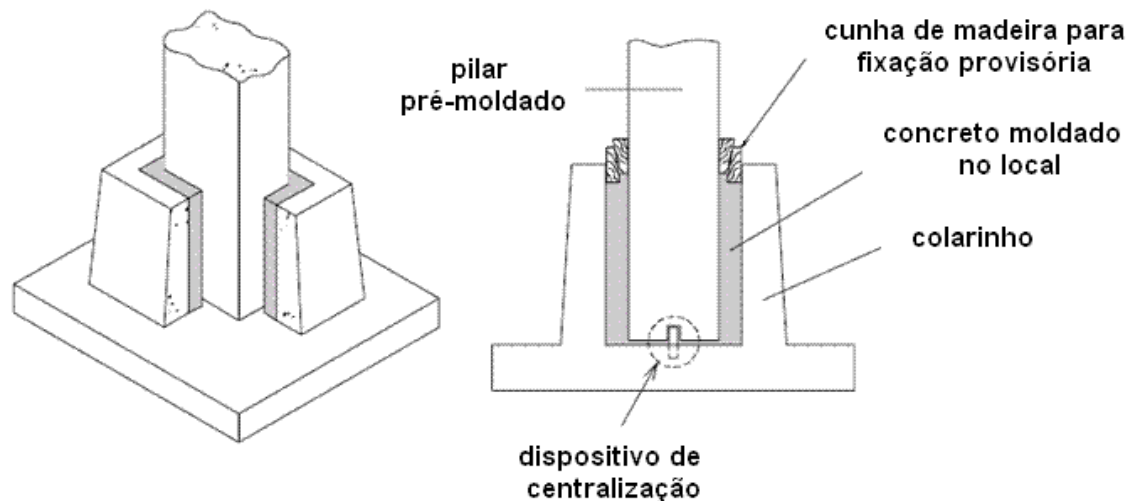


Departamento de Engenharia de Estruturas  
Escola de Engenharia de São Carlos  
Universidade de São Paulo

# Definição

## Cálice de Fundação: Brasil

Embutimento de parte do pilar pré-moldado em uma cavidade da fundação.



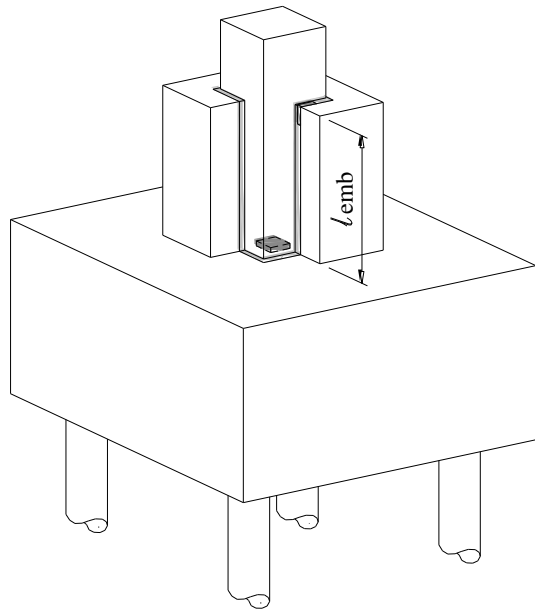
Cálice: pré-moldado ou moldado no local ou só colarinho pré-moldado.

Fundações rasas e profundas

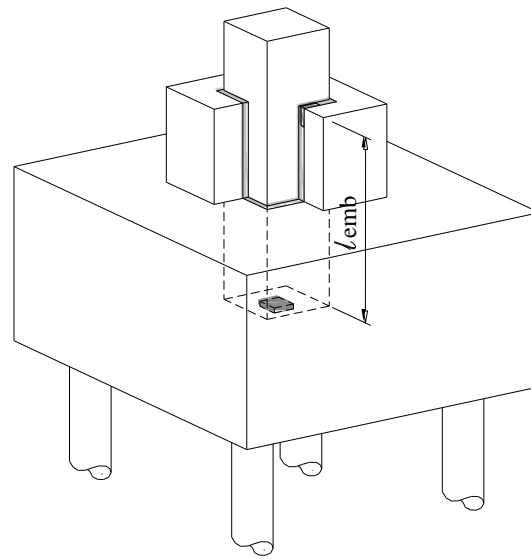
Modelos de dimensionamento:

- Interface lisa ou rugosa.
- Grandeza da excentricidade da força normal

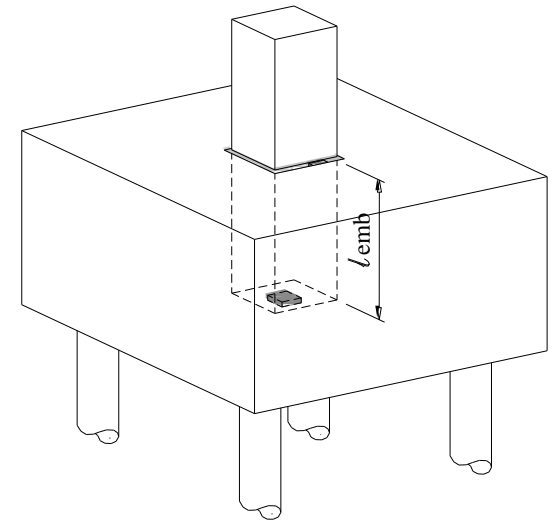
## Variantes para o bloco de fundação



Cálice externo ao  
bloco de fundação



Cálice parcialmente embutido  
no bloco de fundação



Cálice totalmente embutido

# Modelos de Bielas e Tirantes propostos

## Considerações iniciais

- Geometria dos blocos
  - Blocos de fundação monolíticos: NBR 6118 (2007), Montoya (2000) e Alonso (1983)
  - Cálice externo: CANHA (2004) e CAMPOS (2010)
  - Bloco rígido, cálice embutido, paredes de conformação lisa e o caso de grande excentricidade da força normal.
- Modelo de Bielas e Tirantes
  - Processo do caminho de carga
  - Quantidade e posição das bielas e dos tirantes de forma que fossem compatibilizados os esforços com a geometria determinada.

# Modelos de Bielas e Tirantes propostos

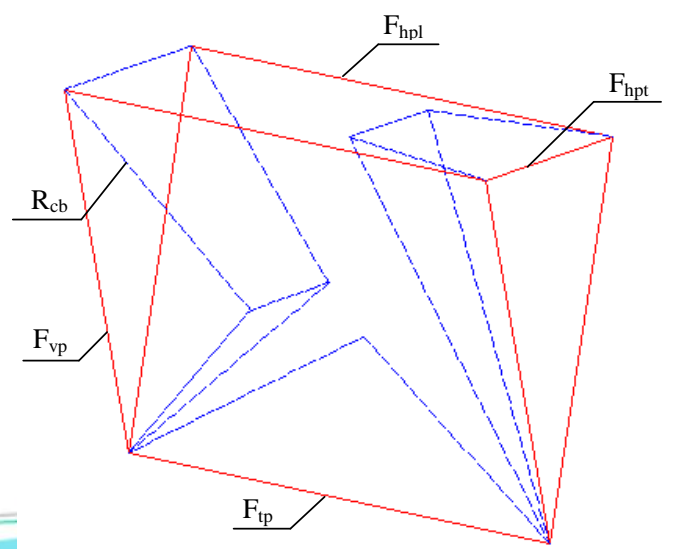
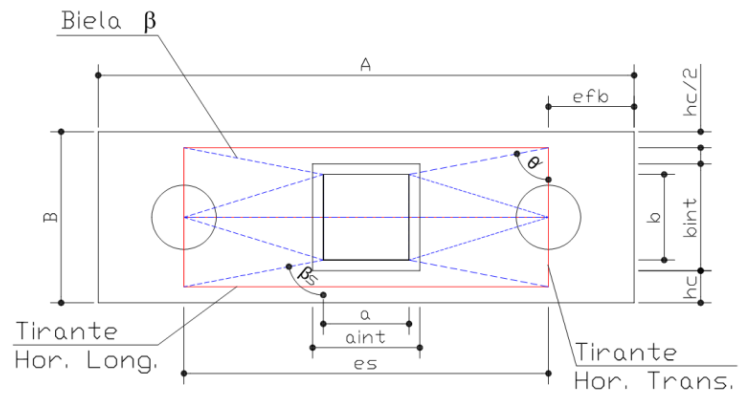
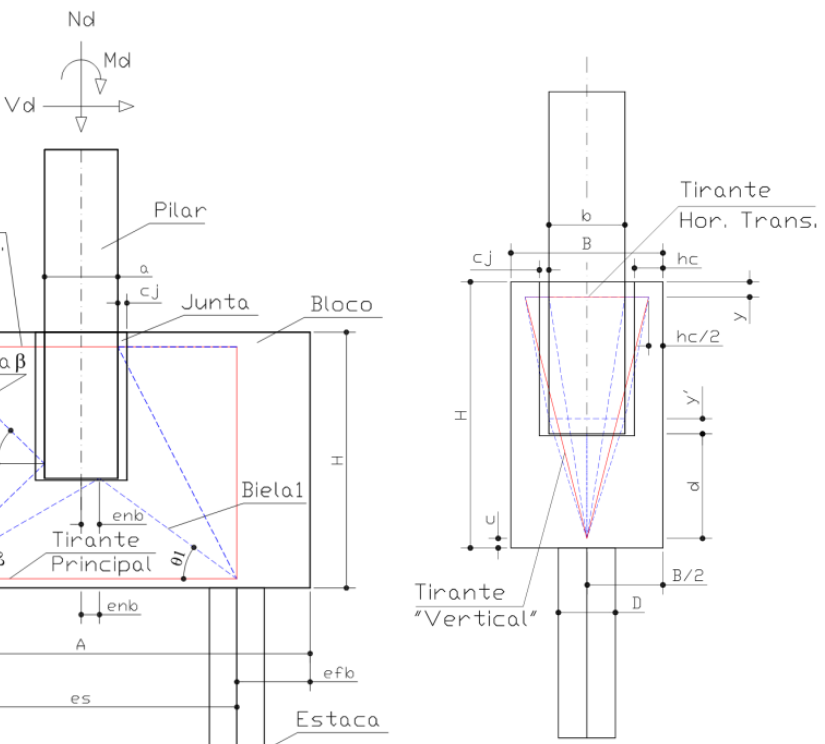
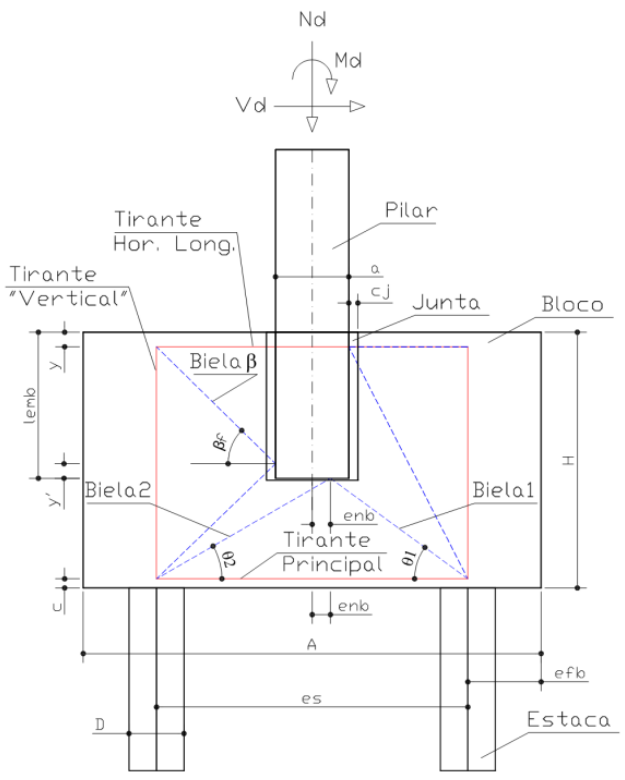
## Blocos analisados

- 12 blocos
- Campos (2010)
  - 4 combinações: 40x40, 40x60, 60x40, 60x60.
  - Nome dos blocos: a quantidade de estacas e os lados a e b do pilar. Exemplo: bloco 346
- Coerência e analogia com o dimensionamento do colarinho externo e da base do bloco para estruturas de concreto armado moldado in loco

# Modelos de Bielas e Tirantes propostos

## Blocos analisados

- Bloco sobre 2 estacas

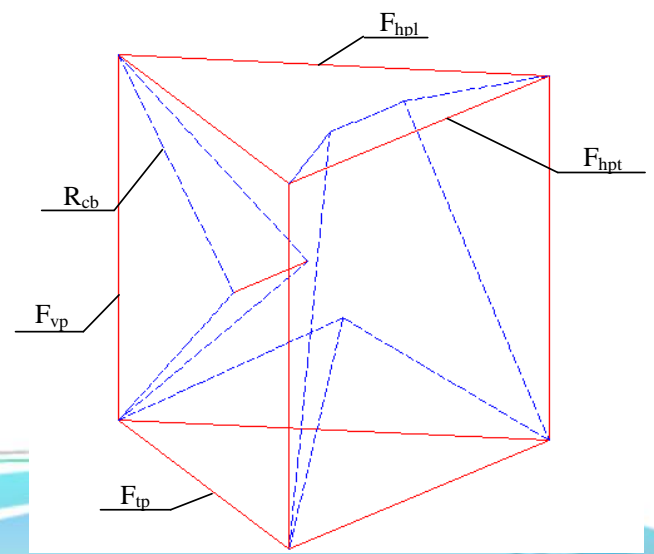
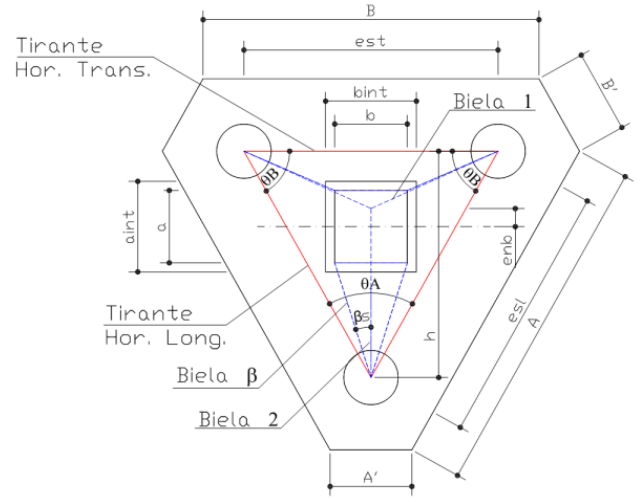
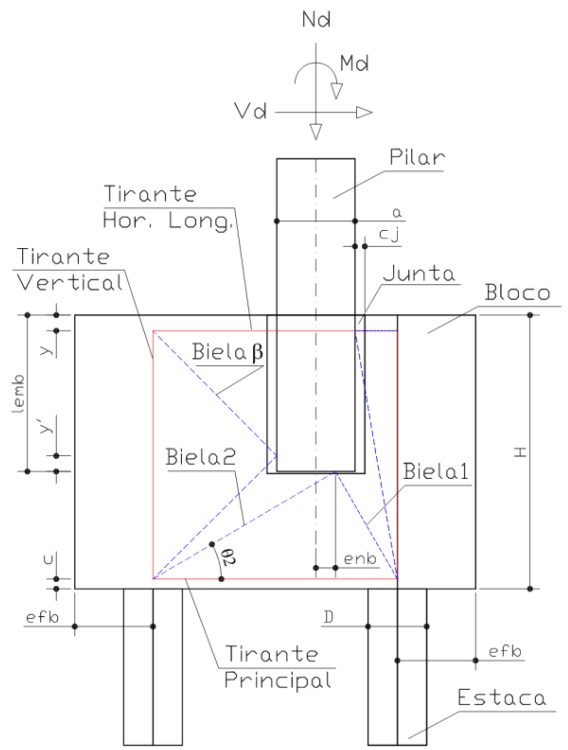
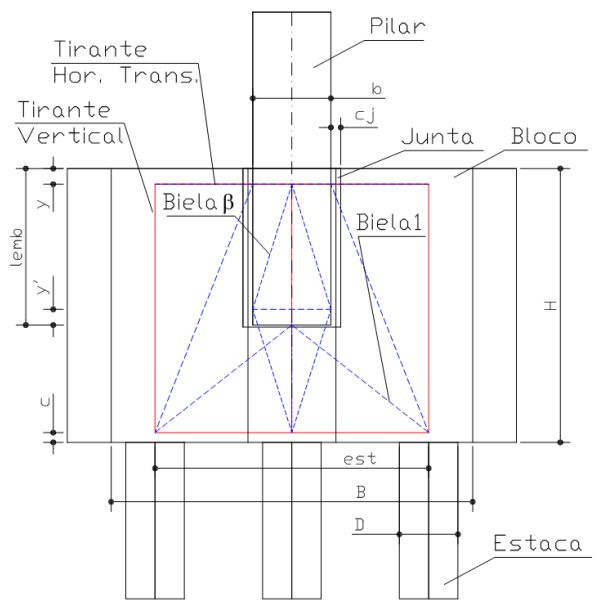




# Modelos de Bielas e Tirantes propostos

## Blocos analisados

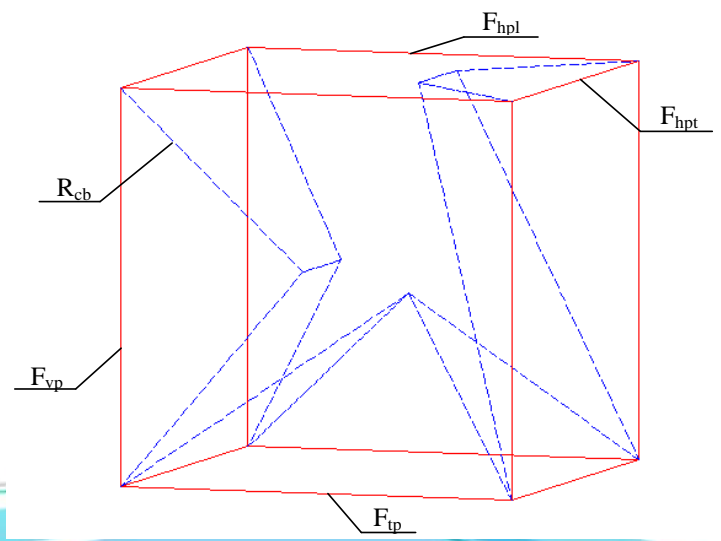
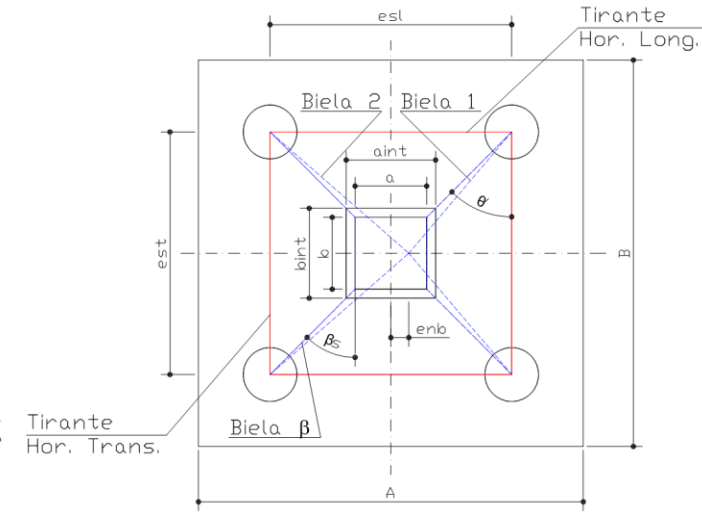
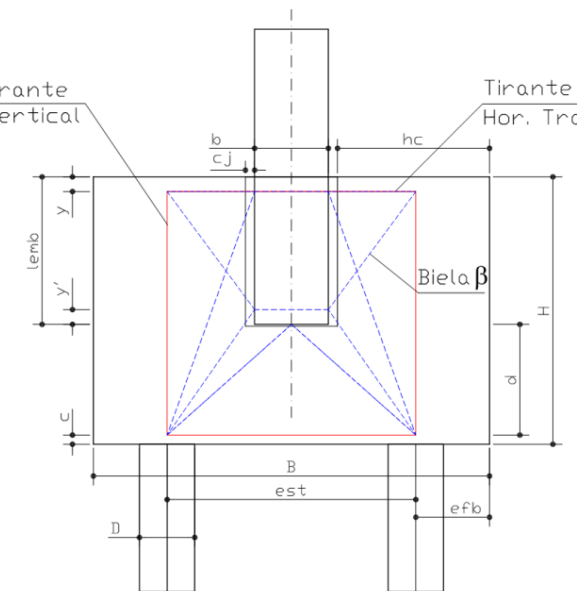
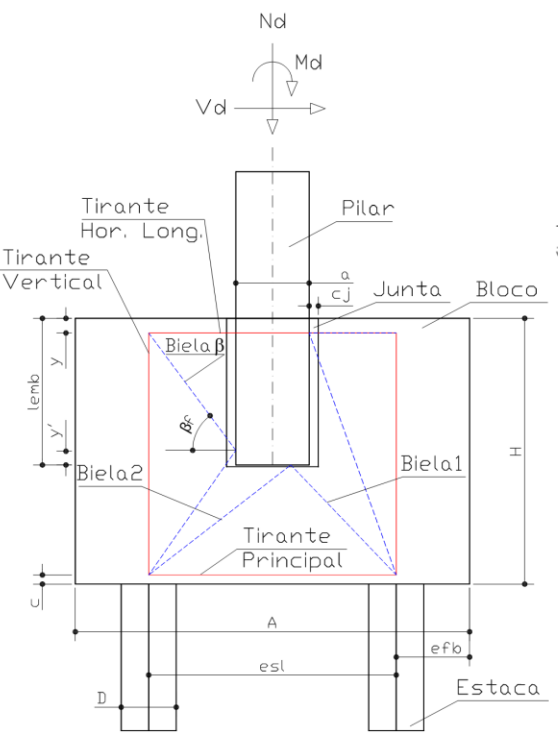
- Bloco sobre 3 estacas



# Modelos de Bielas e Tirantes propostos

## Blocos analisados

- Bloco sobre 4 estacas





## *Principais resultados*

- 2 Tabelas:
  - Parâmetros geométricos de cada bloco e os esforços solicitantes utilizados na análise
  - Forças internas nas barras, as armaduras correspondentes aos tirantes e a verificação da biela beta.
- Os blocos apresentam dimensões mais robustas em termos de comprimento longitudinal e altura quando a maior dimensão da seção transversal do pilar é disposta paralelamente a maior dimensão em planta do bloco

## Principais resultados

- Ângulos  $\theta_1$  e  $\theta_2$ :  $> 30^\circ$  e  $< 45^\circ$
- Ângulos  $\theta'$ :  $10,14^\circ$  no bloco 346 até  $81,97^\circ$  no bloco 266.
  - Relação com o esforço no tirante principal horizontal transversal
- Maiores taxas de armadura estão presentes nos blocos sobre três estacas, com especial atenção a armadura horizontal principal transversal do bloco 346. A intensa concentração de armadura nesta região está intimamente ligada ao valor de  $\theta'$
- Verificação da biela beta não atendida no modelo 246. Solução de projeto mais conveniente seria aumentar o  $f_{ck}$  do concreto para 25 MPa ( $f_{be} = 15,18$  Mpa)

## *Considerações finais e conclusões*

- A formulação modelada foi capaz de fundir o método das bielas e tirantes com as diversas recomendações da literatura técnica para o cálice externo e o bloco de fundação monolítico, a ponto de se obter um roteiro no processo de dimensionamento, desde a geometria no bloco, passando pela verificação das bielas até o dimensionamento das armaduras.
- Para uma melhor resposta dos modelos propostos e por se tratarem de estruturas tridimensionais complexas, todas as bielas devem ser verificadas.
- Os nós também deverão ser verificados quanto a resistência e ancoragem das armaduras.

# Referências



- ALONSO, U. R. (1983). Exercícios de Fundações. Ed. Edgard Blücher Ltda., São Paulo.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2007). NBR 6118:2007 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro.
- CAMPOS, G.M. (2010). Recomendações para o projeto de cálices de fundação. 183p. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- CANHA, R.M.F. (2004). Estudo teórico-experimental da ligação pilar-fundação por meio de cálice em estruturas de concreto pré-moldado. 279 p. Tese (Doutorado em Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- CARVALHO, R. R. (2012). Análise da ligação do cálice embutido em bloco de fundação. 67 p. Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- MONTOYA, P. J.; MESEGUER, A.; CABRE, M. (2000). Hormigón armado. 14ª Edición basada em EHE ajustada al Código Modelo y al Eurocódigo. Gustavo Gili, Barcelona, Espanha.