

Engenharia de Construção Civil e Urbana

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Engenharia de Construção Civil e Urbana

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Lorena Prestes
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobom – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	Engenharia de construção civil e urbana [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-852-6 DOI 10.22533/at.ed.526191912 1. Construção civil – Brasil. 2. Engenharia civil. I. Tullio, Franciele Braga Machado. CDD 624
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia de Construção Civil e Urbana” contempla dezoito capítulos com abordagens sobre as mais recentes pesquisas relacionadas a construção civil e modificação do ambiente urbano. A utilização de novas tecnologias, desenvolvimento de novos materiais promovem um avanço na construção civil, permitindo a execução de novas construções, promovendo a reutilização de diversos materiais que antes eram descartados. O uso de ferramentas computacionais permite um maior controle e gerenciamento de obras, proporcionando uma melhor compatibilização de projetos, e evitando diversos problemas na sua execução. Existem aplicativos que permitem realizar o dimensionamento de diversos elementos, contribuindo para a agilidade na execução de projetos. O estudo sobre o comportamento de materiais utilizados na construção civil permite o desenvolvimento de novas soluções, bem como o aprimoramento de sistemas construtivos existentes, proporcionando maior qualidade, eficiência e segurança às obras. A utilização de resíduos de construção e desenvolvimento de materiais, têm sido amplamente utilizados e além de gerar novas soluções, resulta em benefícios ao meio ambiente. Da mesma forma, o uso da eficiência energética também tem sido utilizado em busca de soluções sustentáveis. Ante ao exposto, esperamos que esta obra proporcione ao leitor uma leitura agradável e traga conhecimento técnico, contribuindo para uma reflexão sobre os impactos que as pesquisas geram na engenharia de construção civil e urbana, e que seu uso possa trazer benefícios a sociedade.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DESENVOLVIMENTO DE UM ALGORITMO EM LINGUAGEM PYTHON PARA ANÁLISE DE ESTRUTURAS UTILIZANDO O MÉTODO DOS DESLOCAMENTOS	
Amanda Isabela de Campos	
DOI 10.22533/at.ed.5261919121	
CAPÍTULO 2	16
IMPLANTAÇÃO DO BIM EM UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE – ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA JÚNIOR	
Rafael Braida Ribeiro	
Maurício Leonardo Aguilar. Molina	
DOI 10.22533/at.ed.5261919122	
CAPÍTULO 3	28
VARIAÇÃO DE CALOR EM UMA PLACA: ANÁLISE EXPERIMENTAL E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS	
Fábio Gaspar Santos Júnior	
Ana Carolina Carius	
Mariana Anastácia de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.5261919123	
CAPÍTULO 4	40
UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM PARA ELABORAÇÃO E EXECUÇÃO DE PROJETOS NA CIDADE DE ALFENAS-MG	
Leonardo Avelar Pereira	
Laísa Cristina Carvalho	
Iago Bernardes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.5261919124	
CAPÍTULO 5	56
APLICATIVOS DE SMARTPHONE COMO FERRAMENTA PARA O GERENCIAMENTO DE OBRAS	
Francisco Diego Bezerra Soares	
Guilherme Álvaro Rodrigues Maia Esmeraldo	
DOI 10.22533/at.ed.5261919125	
CAPÍTULO 6	69
A ABORDAGEM <i>DESIGN THINKING</i> NO CURSO DE ENGENHARIA: UMA EXPERIÊNCIA NO DESAFIO DE CRIAR E INOVAR NA COMPLEXIDADE DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA DISCIPLINA DE CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL	
Gilselene Garcia Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.5261919126	
CAPÍTULO 7	86
INFLUÊNCIA DA COLAGEM DE LAMINADOS DE POLÍMERO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO (PRFV) NO REFORÇO DE LIGAÇÕES VIGA-PILAR DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO	
Juliana Penélope Caldeira Soares	
Nara Villanova Menon	
DOI 10.22533/at.ed.5261919127	

CAPÍTULO 8	101
MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO: UM ESTUDO SEMI PROBABILÍSTICO E SEUS DESDOBRAMENTOS	
Ana Carolina Carius	
Leonardo de Souza Corrêa	
Vinícius Costa Furtado da Rosa	
Alex Justen Teixeira	
DOI 10.22533/at.ed.5261919128	
CAPÍTULO 9	115
STUDY OF THE DURABILITY OF COMPOSITES OF EUCALYPTUS CELLULOSE FIBER STERIFIED FOR CEMENT MATRIX REINFORCEMENT	
Laís Fernanda dos Santos Marques	
Leila Aparecida de Castro Motta	
Rondinele Alberto dos Reis Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.5261919129	
CAPÍTULO 10	121
CONTROLE TECNOLÓGICO DA ARGAMASSA POR MEIO DE ENSAIOS DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
Amanda Regina de Souza Macedo	
David Edson Macedo Palhares	
Ariadne de Souza e Silva	
Rafael Alexandre Raimundo	
Cleber da Silva Lourenço	
Ruan da Silva Landolfo	
Uilame Umbelino Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.52619191210	
CAPÍTULO 11	132
A IMPORTÂNCIA DO EMPREGO DE MATERIAIS RETARDANTES AO FOGO NAS GALERIAS COMERCIAIS DA CIDADE DE JUIZ DE FORA	
Jenifer Pungirum Quaglio	
Maria Teresa Barbosa	
Wendell Albuquerque	
DOI 10.22533/at.ed.52619191211	
CAPÍTULO 12	149
CONTRIBUIÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE ENERGIA GEOTÉRMICA NO BRASIL	
Adriana Coelho Vieira	
Brunno Daibert Andrès	
Luis M. Ferreira Gomes	
Peter Kallberg	
DOI 10.22533/at.ed.52619191212	
CAPÍTULO 13	166
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO SIMPLES COM ADIÇÃO DE CINZA DE CANA-DE-AÇÚCAR	
Ítalo Diego e silva morais	
Ariele Rebeca Martins ribeiro	
Francisco Willian Policarpo de Albuquerque	
Walber Alves Freitas	
Francisca Lucivania policarpo de Albuquerque	
DOI 10.22533/at.ed.52619191213	

CAPÍTULO 14	177
ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE USINA RECICLADORA DE RESÍDUOS DE CONCRETO NA INDÚSTRIA DE PRÉ-MOLDADOS: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE MOSSORÓ/RN	
Adeirton Gois de Lima	
Francisco Herikleptom Mariano da Costa	
Lucas Allan Saldanha dos Santos	
Hannah Lerissa Hydaradaya Moura Santos de Farias	
DOI 10.22533/at.ed.52619191214	
CAPÍTULO 15	188
COMPORTAMENTO DE BLOCOS DE TRANSIÇÃO COM PERFIL METÁLICO <i>Behavior of steel pile cap</i>	
Rodrigo Gustavo Delalibera	
Marcell Godoi Sivelli	
José Samuel Giongo	
DOI 10.22533/at.ed.52619191215	
CAPÍTULO 16	206
ESTUDO COMPARATIVO DA ASSOCIAÇÃO DE MEMBROS DE TRELIÇAS ISOSTÁTICAS	
Francisca Ires Vieira de Melo	
Leonardo Henrique Borges de Oliveira	
Layane Silva de Amorim	
Lourena Barbosa Cavalcante Paiva	
Sara Fernandes Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.52619191216	
CAPÍTULO 17	225
FORÇAS DEVIDAS AO VENTO EM ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS ALTOS SEGUNDO DUAS VERSÕES: A SUGERIDA PELA NBR 6123/1988 E OUTRA SIMPLIFICADA	
Marcus Vinicius Paula de Lima	
Nara Villanova Menon	
Maicon de Freitas Arcine	
Juliana Penélope Caldeira Soares	
DOI 10.22533/at.ed.52619191217	
CAPÍTULO 18	240
COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PERFIS DE AÇO FORMADOS A FRIO SUBMETIDOS À COMPRESSÃO DE ACORDO COM A NBR 14762:2010	
Amanda Isabela de Campos	
DOI 10.22533/at.ed.52619191218	
SOBRE A ORGANIZADORA	260
ÍNDICE REMISSIVO	261

COMPORTAMENTO DE BLOCOS DE TRANSIÇÃO COM PERFIL METÁLICO *Behavior of steel pile cap*

Rodrigo Gustavo Delalibera

Professor Doutor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, email: delalibera@ufu.br

Marcell Godoi Sivelli

Engenheiro civil, Universidade federal de Uberlândia Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica Av. João Naves de Ávila, 2121 - Santa Mônica, Uberlândia MG, CEP: 38408-100

José Samuel Giongo

Professor Doutor, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

RESUMO: Em situações em que se faz necessário a utilização de estacas pré-moldadas de concreto, os perfis metálicos surgem como uma alternativa viável, técnica e econômica. Contudo, os modelos de cálculo relacionados ao dimensionamento de bloco sobre estacas não foram desenvolvidos para a utilização de perfis metálicos. A literatura técnica limita-se às estacas convencionais de concreto. Este trabalho tem por objetivo, a análise do comportamento de blocos de transição utilizando estacas metálicas, verificando a influência do comprimento de embutimento da mesma no interior do bloco, a presença de uma placa de distribuição no topo da estaca e a variação da

taxa e detalhamento da armadura. Os resultados numéricos apontaram que comprimento de embutimento da estaca tem grande influência no comportamento mecânico do bloco, embora este aspecto ainda não tenha sido explorado analiticamente e experimentalmente. Verificou-se que com a variação do embutimento da estaca as tensões de tração foram distribuídas com maior eficiência, por outro lado a variação da armadura não mostrou efeito significativo em algumas das situações analisadas. Os resultados também indicaram que o uso de uma chapa metálica no topo da estaca tem um efeito favorável na distribuição de tensões no núcleo do bloco.

PALAVRA-CHAVE: Blocos sobre estacas; Estacas metálicas; Análise Numérica; Cota de arrasamento; Ancoragem de Estacas Metálicas.

ABSTRACT: In some design situations of precast concrete piles, the use steel piles instead may show as a handle and economical alternative. In this regard, the analytical models for pile cap design have not been developed for the use of steel piles, in fact, most of the technical literature is limited only to conventional concrete piles. This work reports the numerical analysis of a steel pile cap, verifying the influence of the pile embedment length into the pile cap, the influence of a bearing plate at the pile head and the also the influence of two ways of

reinforcement design. The pile embedment into the cap showed to be a great influence on the mechanical behavior of the pile cap, although this aspect has not been well explored yet, either analytically or experimentally. The results showed that through the pile embedment variation the tensile stress can be better distributed into the pile cap, however the reinforcement design did not showed big influence. The results also pointed out that a steel plate resting at the top of the steel pile may lead to a positive effect by improving the load distribution into the pile cap.

KEYWORDS: Pile cap; Steel pile; Numerical analysis; Pile embedment; Steel pile connection.

1 | INTRODUÇÃO

As estacas em sua grande variedade, são elementos estruturais com grande esbeltez e com seções transversais pequenas, cuja finalidade é alcançar resistência nas camadas mais profundas do solo. A ligação entre as estacas e a superestrutura é feita por meio do bloco sobre estacas (ou bloco de coroamento), que segundo o item 22.7.1 da NBR 6118:2014, é conceituado como uma estrutura de volume usada para transmitir às estacas e aos tubulões os esforços solicitantes para a fundação.

Os primeiros trabalhos de relevância a respeito do dimensionamento de blocos sobre estacas foram de Blévoit & Frémy (1967). A partir deste trabalho, muitos avanços ocorreram em função de novos trabalhos e pesquisas, formando assim a base para a maioria das normas existentes. Grande parte dos trabalhos, contudo investigou blocos ligados a estacas convencionais de concreto, o que deixou um vasto campo inexplorado acerca dos blocos ligados às estacas constituídas com perfis metálicos.

No Brasil as estacas metálicas começaram a serem mais utilizadas em meio às demais estacas a partir por volta dos anos 2000, com a introdução dos perfis estruturais de alta resistência da empresa Gerdau. Desde então o uso de estacas metálicas em fundações profundas vem ganhando espaço gradualmente. Porém, é importante informar, que estacas compostas por trilhas de trem, também foram muito utilizadas.

Sua principal desvantagem ainda fica por conta do custo elevado em comparação com outros tipos de estaca, todavia, em algumas situações o uso das mesmas se mostra economicamente viável, pois permitem a possibilidade de cravação em praticamente todos os tipos de solo, além de uma elevada eficiência em relação à vibração durante o processo de cravação.

A partir do crescente uso de blocos sobre estacas metálica, diversas técnicas construtivas foram difundidas visando criar a ligação entre o bloco e o perfil metálico. Até a revisão da ABNT NRB 6122:2010, a ligação era feita embutindo-se a estaca metálica cerca de 20 cm a 30 cm no bloco, e uma armadura de fretagem em espiral era colocada em volta da estaca, logo acima da armadura de flexão. Este método se tornou inviável após a NBR 6118 de 2010 que impôs que os blocos rígidos devem ter

no mínimo 85% da armadura principal disposta essencialmente nas faixas definidas pelas estacas.

Atualmente um dos métodos de ancoragem bastante difundido entre os engenheiros, consiste em soldar uma chapa metálica no topo da estaca, com adição de vergalhões soldados verticalmente no topo da mesma, aumentando assim a aderência. O manual técnico da empresa Gerdau, entretanto, desaconselha este tipo de ligação por meio de chapa metálica. O principal motivo é a dificuldade técnica de execução. O mesmo manual aconselha a criação de uma camisa de fretagem envolvendo parte da estaca abaixo da cota de arrasamento e em adição, a soldagem de vergalhões na estaca para aumentar a aderência. De acordo com a NBR 6122:2010 a escolha da ligação fica a critério do engenheiro, seja por placa, por fretagem ou vergalhões soldados.

Este trabalho tem como objetivo a analisar numericamente diferentes ligações entre bloco-estaca. As variáveis aqui estudadas serão o comprimento de embutimento das estacas, a presença de uma placa de distribuição no topo da estaca e a disposição da armadura no bloco.

1.1 Justificativa

O bloco de ligação é um elemento de grande importância na estrutura, com ausência de inspeção visual quando em uso, assim é de grande interesse a previsão analítica e numérica de seu comportamento mecânico. Portanto este trabalho se justifica em função da pouca normatização e estudo específico acerca de blocos sobre estacas metálicas.

1.2 Metodologia

Este trabalho analisou numericamente 8 blocos de concreto apoiados sobre uma estaca metálica de perfil H, sob pilares retangulares. As variáveis deste estudo foram o embutimento da estaca, a presença de uma placa de distribuição no topo da estaca e a disposição da armadura. Através de um modelo analítico e instruções normativas foi possível definir a área de aço da armadura e a máxima carga para o pilar. Para isso considerou-se no dimensionamento do bloco sobre uma estaca o comportamento análogo ao de um bloco parcialmente carregado. Após o dimensionamento analítico do bloco foi possível introduzir e analisar as variáveis deste estudo numericamente, através do programa ANSYS® (ANalyser SYStem) que é um programa de simulações de engenharia. A análise numérica considerou o comportamento plástico das barras de aço da armadura e a fissuração do concreto.

2 I DIMENSIONAMENTO DOS MODELOS POR CRITÉRIOS ANALÍTICOS

2.1 Geometria do modelo

2.1.1 Dimensões da estaca

Para a estaca foi adotado um perfil metálico I com as mesmas características do perfil W 150 x 18, fornecido pela Gerdau. A dimensões da seção transversal do perfil estão indicadas na figura 1.

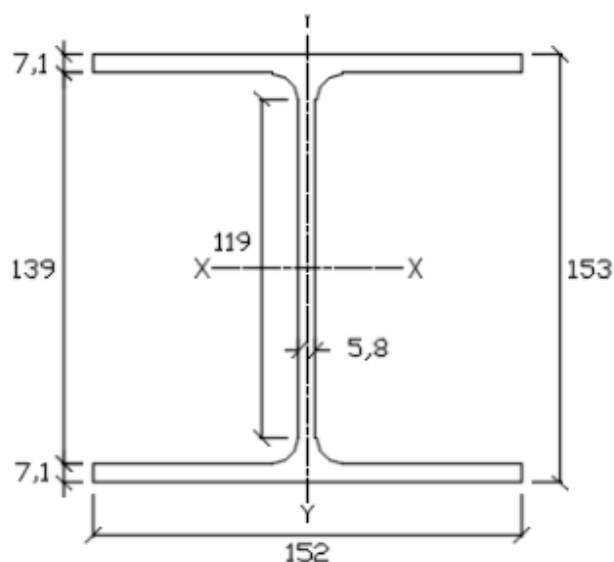


Figura 1 – Estaca metálica. Seção transversal, Gerdau (2015), dimensões em cm.

2.1.2 Dimensões do bloco

A geometria do bloco aqui estudado foi definida de acordo com ABNT NBR 6118:2014 e recomendações técnicas existentes, e ao mesmo visando simplificar futuros ensaios experimentais. As dimensões do pilar foram escolhidas de forma a causar um fluxo de tensões não lineares ao longo do bloco. As dimensões do bloco de concreto e da placa metálica foram definidas conforme a figura 2.

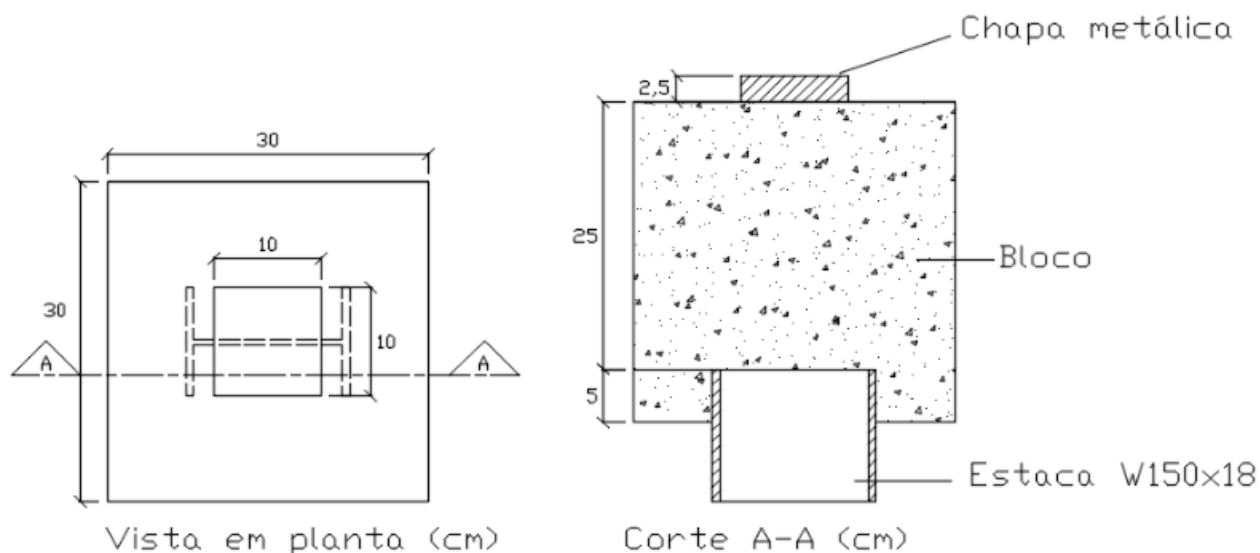


Figura 2 – Bloco sobre estaca metálica. Vista em planta e corte, autores (2017), dimensões em cm.

2.2 Dimensionamento das Armaduras

2.2.1 Bloco parcialmente carregado

Ao se dimensionar a armadura de tração, o bloco sobre uma estaca é tratado analogamente a um bloco parcialmente carregado. De acordo com Fusco (1995) o equilíbrio das tensões atuantes no bloco se dá por bielas inclinadas de compressão (compressão diagonal), que se equilibram a partir de esforços transversais de tração. Os esforços de tração tendem a produzir o fendilhamento (tração diagonal) do bloco, assim deve-se prever no dimensionamento uma armadura capaz de resistir tais esforços.

Os blocos parcialmente carregados foram estudados por Langendonck (1957), Leonhardt e Monning (1978) e Fusco (1995). De acordo com Fusco (1995) nos blocos parcialmente carregados as pressões externas se propagam-se de forma não uniforme ao longo de um comprimento de perturbação l_0 . Neste trecho l_0 é admitido um estado triplo de tensões onde são observadas tensões longitudinais de compressão σ_{ccz} além de tensões transversais de tração σ_{cty} e σ_{ctx} . O comprimento de regularização l_0 tem ordem de grandeza igual à maior dimensão da área de aplicação da força F_{co} . A figura 3 ilustra a formação das tensões de tração e compressão ao longo do bloco parcialmente carregado.

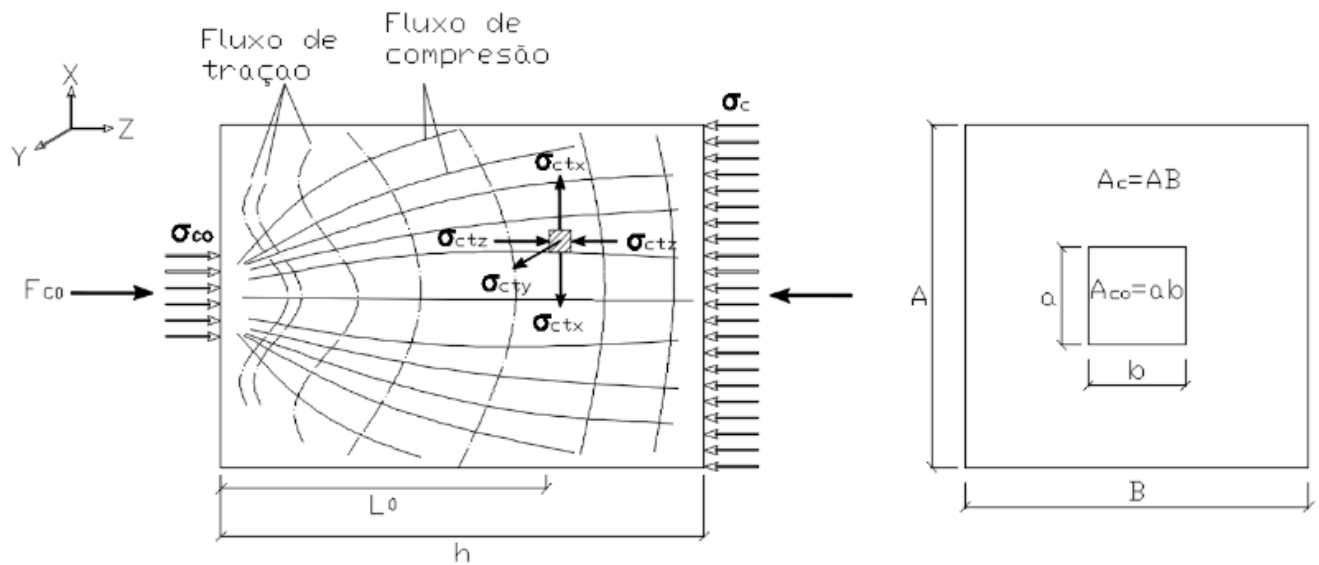


Figura 3 – Bloco parcialmente carregado. Formação de tensões, Fusco (1995).

De acordo com Fusco (1995) o equilíbrio das tensões atuantes no bloco se dá por bielas inclinadas que resistem às tensões de compressão, as bielas por sua vez se equilibram a partir de esforços transversais de tração. Os esforços de tração tendem a produzir o fendilhamento do bloco, portanto deve-se prever no dimensionamento uma armadura capaz de resistir esses esforços de tração.

A armadura transversal é calculada a partir do modelo proposto por Langendonck (1957), ilustrado na figura 4. No modelo proposto por Langendonck (1957), partindo-se do equilíbrio de forças é possível se chegar a a força de tração R_{tt} , equação 1

$$R_{tt} * Z = \frac{F_d}{2} * 0,25(A - a) s \quad (\text{Equação 1})$$

A distância (Z) entre as forças (R_{tt}) e (R_{tc}) pode ser determinada a partir do modelo, seu valor é $0,445 * A$. Após a substituição de valores na equação 1, a força R_{tt} é determinada por meio da equação 2.

$$R_{tt} = 0,28 * \left(1 - \frac{a}{A}\right) * F_d \quad (\text{Equação 2})$$

No dimensionamento do bloco sobre uma estaca o modelo de bloco parcialmente carregado da figura 2 é reajustado para o modelo da figura 3. Neste modelo o topo da estaca é análogo à base do bloco parcialmente carregado. A área da estaca metálica foi simplificada como a área de um retângulo que envolve o perfil metálico, o que pode alterar os resultados, contudo ainda não existe um método analítico que leve em consideração a geometria do perfil I, W ou H.

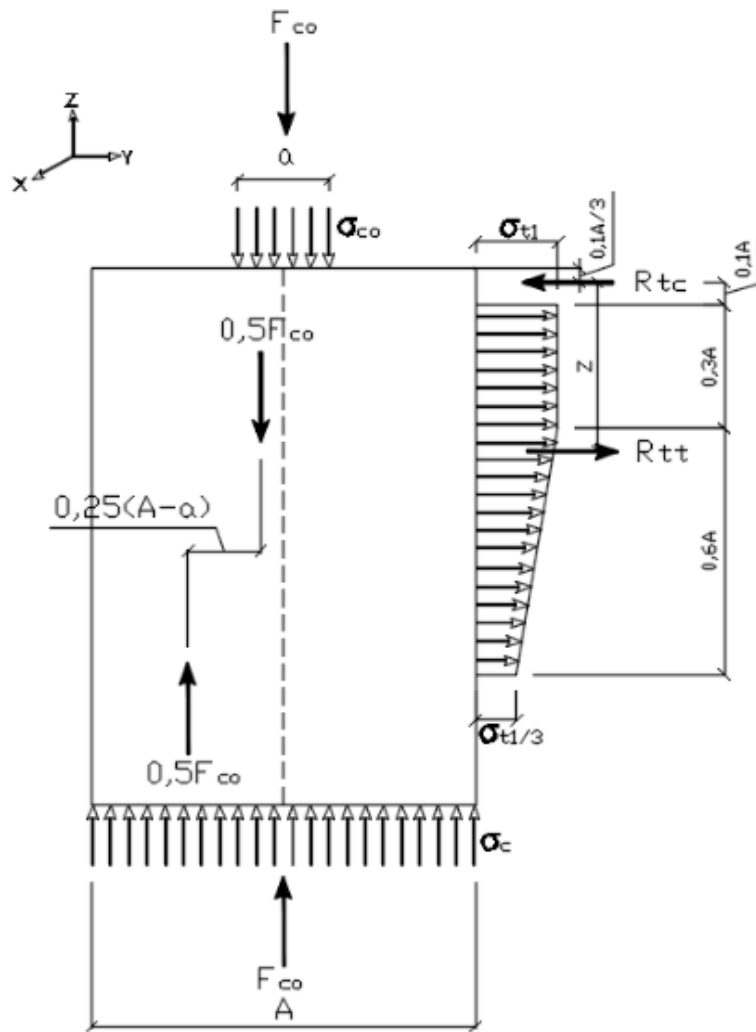


Figura 4 – Modelo para determinação da força transversal . (Langendonk (1957))

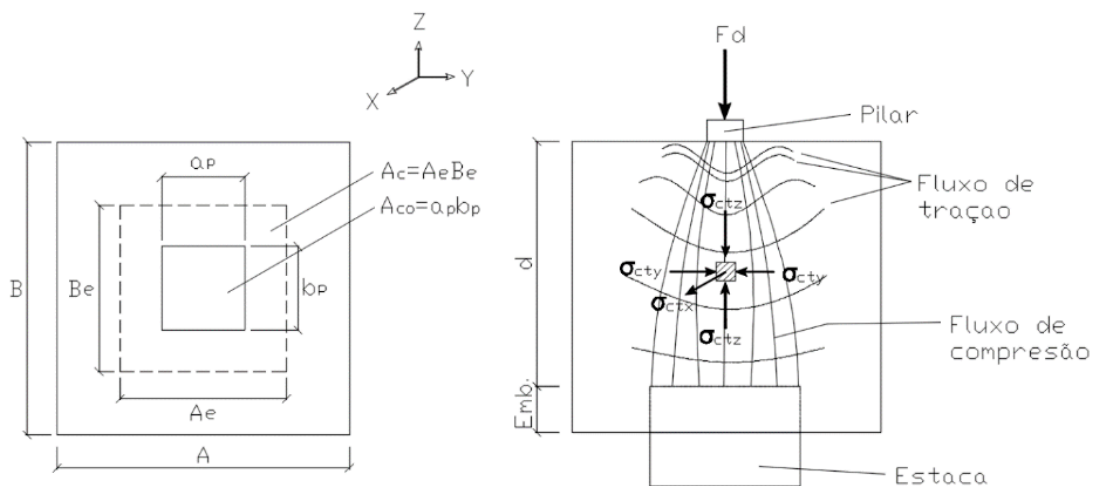


Figura 3 – Modelo para determinação das forças de tração em bloco sobre uma estaca, autores (2017).

A partir do modelo da figura 3, a equação 2 é reajustada algebricamente, se transformando nas equações 4 e 5, que fornecem o valor das forças de tração R_{ttx} e R_{tty} .

$$R_{ttx} = 0,28 * \left(1 - \frac{ap}{Ae}\right) * F_d \quad (\text{Equação 4})$$

$$R_{tty} = 0,28 * \left(1 - \frac{bp}{Be}\right) * F_d \quad (\text{Equação 5})$$

2.2.2 Determinação da área de aço

A armadura para o bloco sobre uma estaca é então calculada para as direções x e y, através das equações 6 e 7, onde f_{yd} é a resistência de cálculo do escoamento das barras de aço.

$$A_{sx} = \frac{R_{ttx}}{f_{yd}} \quad (\text{Equação 6})$$

$$A_{sy} = \frac{R_{tty}}{f_{yd}} \quad (\text{Equação 7})$$

De acordo com a NBR 6118:2014 além da armadura destinada a resistir aos esforços de tração, a pressão de contato deve ser verificada por meio da equação 8, de modo a não ultrapassar o valor resistente de cálculo correspondente ao esmagamento do concreto.

$$F_{Rd} = A_{CO} * f_{cd} \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 3,3 f_{cd} A_{CO} \quad (\text{Equação 8})$$

Na equação 8, os valores de A_{CO} e A_{c1} foram substituídos pelas respectivas áreas do pilar e da estaca, os valores de resistência de cálculo f_{cd} e f_{yd} foram iguais a 25 MPa e 500 MPa, respectivamente. Portando em acordo com a equação 8 a força máxima no bloco para que não haja esmagamento do concreto tem intensidade igual 31,2 kN. Assim o valor de F_{Rd} foi usado nas equações 4 e 5. Por fim, as áreas de aço A_{sx} e A_{sy} foram determinadas e se encontram resumidas na tabela 1.

Áreas		Resultante de tração Rtt		Áreas de aço	
Pilar	Estaca	R_{ttx}	R_{tty}	A_{sx}	A_{sy}
(cm^2)	(cm^2)	(Kn)	(Kn)	(cm^2)	(cm^2)
100	156.06	30,3	1,7	0,61	0,03

Tabela 1 – Área de armadura destinada a resistir os esforços de tração no bloco.

2.2.3 Detalhamento

De acordo com a NBR 6118:2014 a armadura deverá resistir a todos os esforços de tração no bloco, contudo a disposição das barras fica a critério do engenheiro, sendo recomendado o uso de estribos horizontais para os esforços de fendilhamento e estribos verticais construtivos. Este trabalho buscou avaliar numericamente dois tipos de armaduras, as quais receberam as siglas A1 e A2. O modelo de armadura A1, foi formado por estribos verticais construtivos e por estribos horizontais nas laterais e no núcleo. O modelo de armadura A2, foi formado por estribos horizontais de cintamento e por barras verticais construtivas. Ambos modelos possuem área de aço superior à área calculada analiticamente. Os detalhamentos de cada armadura estão ilustrados nas figuras 4 e 5.

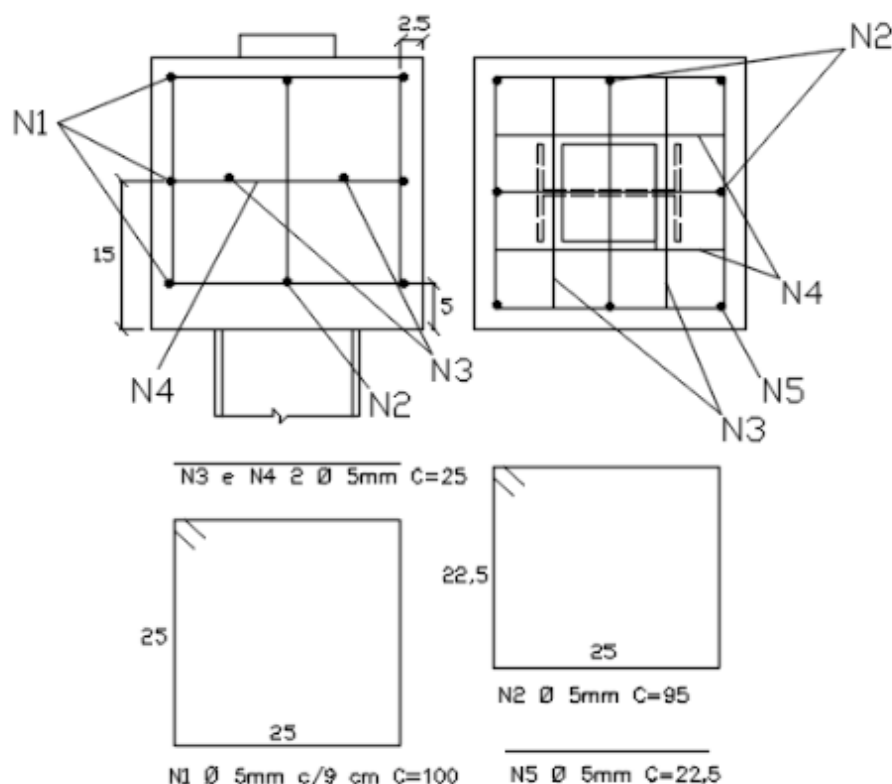


Figura 4 – Detalhamento da armadura A1. Vista lateral e superior, autores (2017).

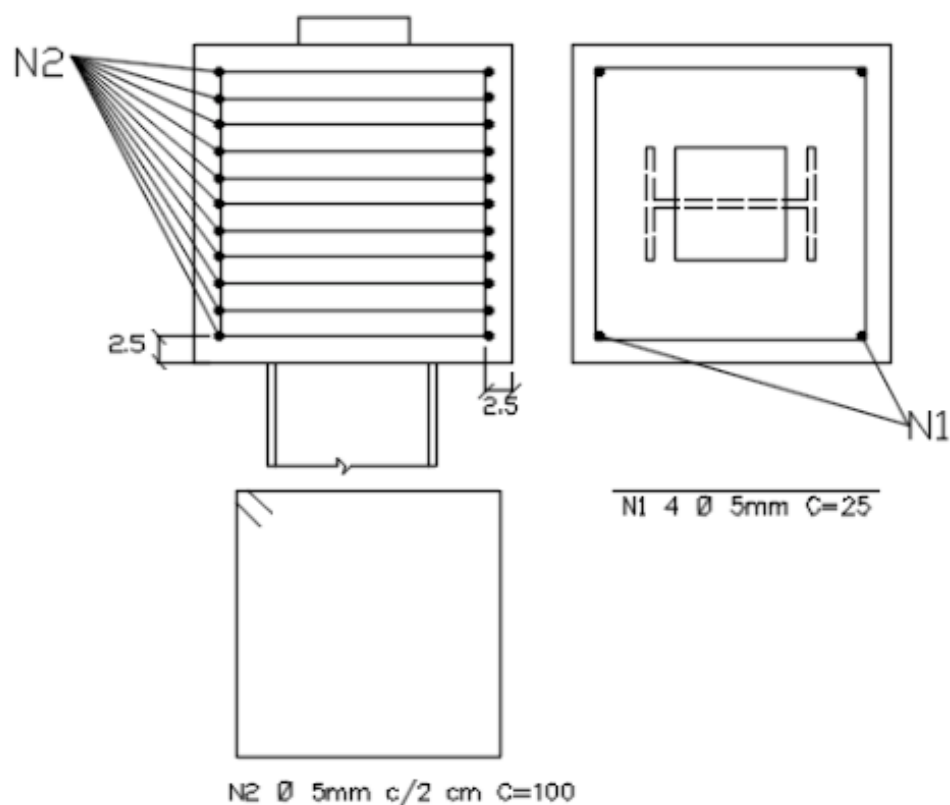


Figura 5 – Detalhamento da armadura A2. Vista lateral e superior, Autores (2017).

3 | ANÁLISE NUMÉRICA

A análise numérica preservou os aspectos definidos no dimensionamento analítico. O comportamento mecânico do bloco foi avaliado considerando-se as seguintes variáveis: profundidade de embutimento da estaca, presença de placa de distribuição no topo da estaca e disposição da armadura. O pilar foi simplificado a uma chapa metálica com comportamento elástico e linear, afim de se distribuir igualmente a carga e também facilitar futuros ensaios experimentais. As taxas de armaduras respeitam a área de aço mínima definida analiticamente, contudo não foram fixadas a esse valor pois serão uma variável de estudo.

3.1 Definição dos Modelos e Variáveis

Cada bloco recebeu um nome formado de acordo com as variáveis aqui estudadas, por exemplo, no modelo EMB5-C/P-A1: EMB5 = embutimento da estaca igual a 5 centímetros, C/P = com placa de distribuição (S/P = sem placa de distribuição), A1 = armadura do tipo A1 e S/A = bloco sem armadura. Na tabela 2 são resumidas as características geométricas de cada modelo.

Modelo	Embutimento	Placa no topo da estaca	Tipo de armadura
	(cm)		
EMB5-C/P-A1	5	Sim	'A1
EMB5-S/P-A1	5	Não	A1
EMB5-C/P-A2	5	Sim	A2
EMB5-S/P-A2	5	Não	A2
EMB15-S/P-A2	15	Não	A1
EM25-S/P-A2	25	Não	A1
EMB5-C/P-A0	5	Não	S/A
EMB15-S/P-A0	15	Não	S/A
EM25-S/P-A0	25	Não	S/A

Tabela 2 – Características geométricas dos modelos.

3.2 Definição dos Elementos Finitos

O programa ANSYS® possui uma vasta biblioteca de elementos que simulam diversos materiais utilizados em análise estrutural, permitindo inclusive análise não linear dos materiais. Para a simulação do concreto foi escolhido o elemento *Solid65*. A estrutura interna deste elemento numérico é definida por oito nós, com três graus de liberdade (translação nodal em x, y e z). O aspecto mais interessante deste elemento é a possibilidade de análise não-linear, com capacidade de simular de fissuração, esmagamento, deformação plástica e fluência do concreto.

Para simulação das barras de aço foi escolhido o elemento link180. A estrutura interna deste elemento finito é definida por dois nós, com três graus de liberdade (translação nodal em x,y e z). A plasticidade do elemento foi definida como *Bilinear Kinematic Hardening*.

Para simulação da estaca e da chapa metálica foi escolhido o elemento solid185. A estrutura interna deste elemento finito é definida por oito nós, com três graus de liberdade (translação nodal em x,y e z). O elemento permite a consideração da plasticidade e de grandes deformações. Assim como no elemento Link180, a plasticidade foi definida como *Bilinear Kinematic Hardening*.

3.3 Aspectos da simulação numérica

A rede de elementos finitos adotada foi do tipo *Hex Mapped*, com dimensão máxima de 2,5 centímetros para os elementos.

O elemento Solid65 que simula o concreto foi ajustado com os seguintes dados de entrada: módulo de elasticidade longitudinal do concreto; coeficiente de Poisson; resistência última do concreto à compressão e tração; e coeficientes de transferência de cisalhamento. Para este estudo foi escolhido o concreto de classe C25. O módulo de elasticidade longitudinal do concreto, E_{cs} , e a resistência última à tração, f_{tk} , foram definidos de acordo com a ABNT NBR 6118:2014. O coeficiente de Poisson, ν , adotado para o concreto foi igual a 0,2 e os coeficientes de transferência cisalhamento, β ,

sendo 0,85 para fissuras abertas e 1 para fissuras fechadas.

Nas barras de aço, na estaca e na chapa metálica que substitui o pilar, adotou-se critério de falha de *Von Mises*. O módulo de elasticidade utilizado foi igual a 210 GPa, o coeficiente de Poisson igual a 0,3 e a resistência característica ao escoamento igual a 500 MPa.

A condição de contorno aplicada aos modelos impediu todas as translações nodais na base da estaca. A força definida no dimensionamento analítico, foi dividida pela área do pilar e aplicada como uma pressão distribuída na chapa metálica. Os detalhes da malha e das condições de contorno do bloco estão mostrados na figura 6.

Durante a análise, a pressão atuante no bloco foi dividida em cem incrementos, sendo aplicado prioritariamente um incremento por vez, podendo atingir um máximo de dois e mínimo de meio incremento. O carregamento do bloco era então interrompido quando algum dos materiais atingia o estado de falha. Para a solução do sistema de equações não-linear utilizou-se o critério de *Newton-Raphson* modificado, com uma tolerância de 5% para a convergência em deslocamentos e em força.

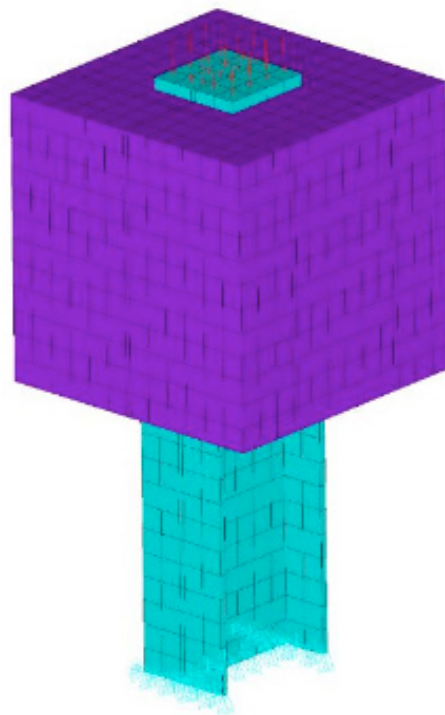


Figura 7 - Malha de elementos finitos, autores(2017).

4 | RESULTADOS

4.1 Placa de Apoio e Armaduras

O comportamento estrutural dos modelos EMB5-S/P-S/A, EMB5-S/P-A1, EMB5-S/P-A2, EMB5-C/P-S/A, EMB5-C/P-A1, EMB5-C/P-A2 foram avaliados com variação da presença de placa de apoio no topo da estaca, além desse critério, foi levado em

consideração a variação da disposição da armadura. O gráfico da figura 8 mostra a comparação entre força e deslocamento nodal no núcleo do bloco (região central).

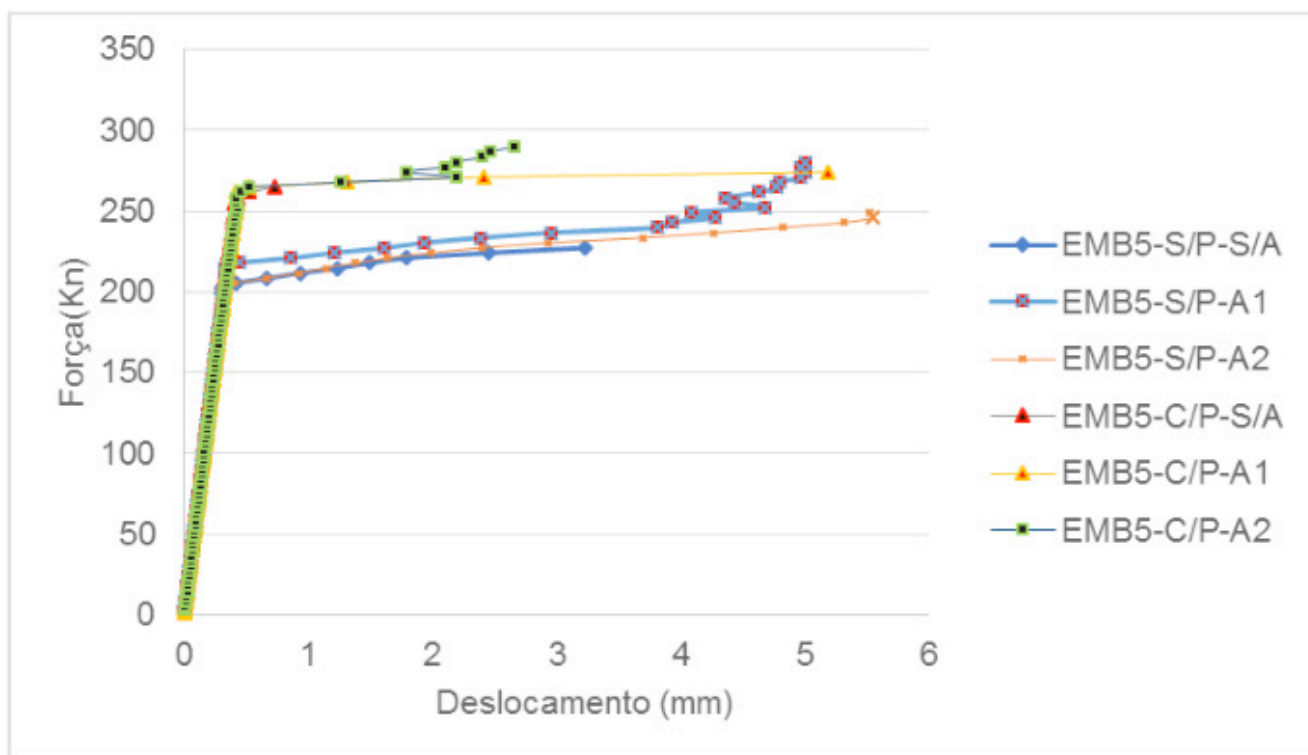


Figura 8 – Gráfico de força vs deslocamento. Região do núcleo (Autor(2017))

A partir do gráfico observou-se que nos estágios iniciais de carregamento, comportamento dos modelos se mantiveram praticamente iguais, independente da presença da placa e da variação da armadura. A medida que o carregamento aumentou foi possível observar que a presença da placa elevou a capacidade resistente e a linearidade dos deslocamentos. Nos modelos com placa foi observado que a ausência de armadura no modelo EMB5-C/P-S/A resultou em menor ductilidade em comparação com os modelos armados EMB5-C/P-A1 e EMB5-C/P-A2. Nestes modelos a armadura A1 conferiu maior ductilidade ao bloco. Entre os modelos sem placa, a ausência de armadura no modelo EMB5-S/P-S/A resultou em menor ductilidade em comparação com os modelos armados EMB5-S/P-A1 e EMB5-S/P-A2. Assim como nos modelos com placa, a disposição de armadura do tipo A1 apresentou maior resistência e ductilidade.

Além da análise de força-deslocamento, em função da placa de distribuição, o fluxo de tensões de tração no interior bloco foi avaliado. Nesta análise foram avaliados os modelos EMB5-C/P-S/A e EMB5-S/P-S/A, ambos sem armaduras e carregados com 80 passos de carga. A figura 9 ilustra o comportamento do fluxo de tensões na maior direção da estaca, no modelo com placa, EMB5-C/P-S/A. Na figura 10 por sua vez, é ilustrado, o fluxo de tensões do modelo sem placa, EMB5-S/P-S/A. A partir da comparação dos fluxos de tensões entre os modelos, é possível se notar que a placa

provocou uma melhor distribuição das tensões de tração no interior do bloco, e ainda diminuiu a máxima tensão de tração.

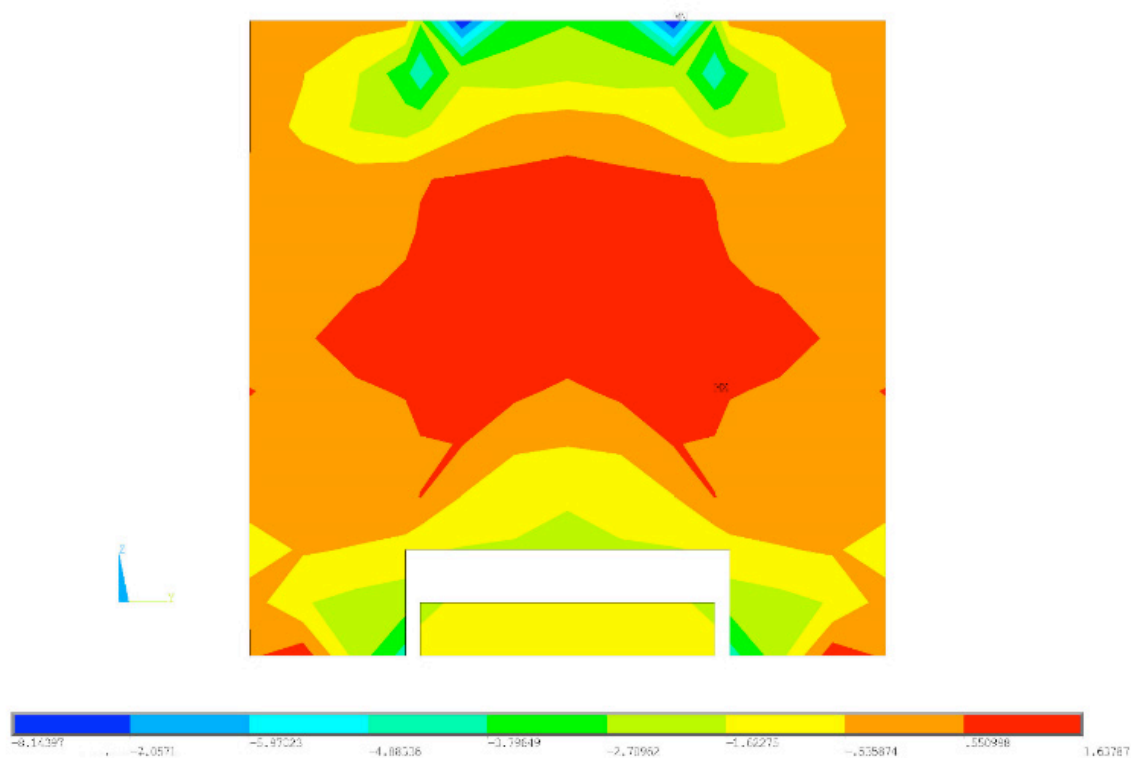
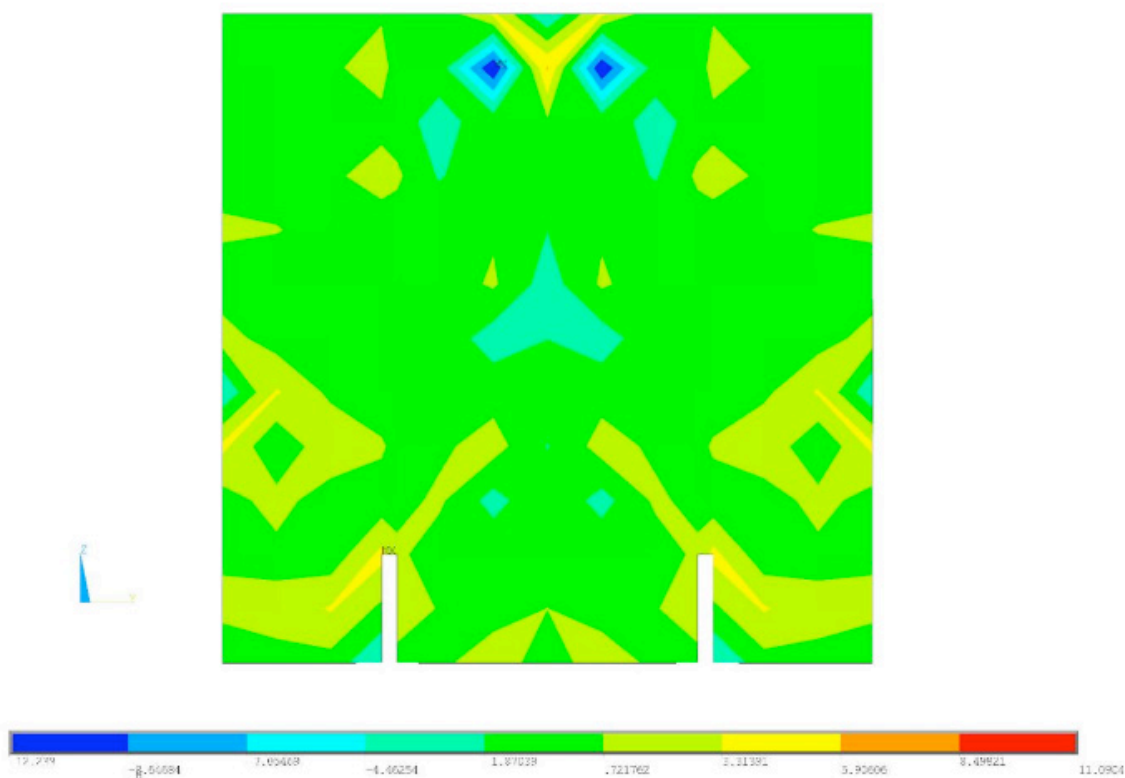


Figura 9 – Fluxo de tensões na direção Y. Modelo EMB5-C/P-S/A (ANSYS(2017)).



4.2 Embutimento da estaca e armaduras

O comportamento estrutural dos modelos, EMB5-S/P-A2, EMB15-S/P -S/A, EMB15-S/P-A2, EMB25-S/P-A2 e EMB25-S/P-A2 foram avaliados com variação da profundidade de embutimento da estaca, além desse critério, foi levado em avaliado a presença ou não de armadura de cintamento (confinamento). O gráfico da figura 11 apresenta a comparação entre força e deslocamento nodal na região nuclear dos modelos analisados.

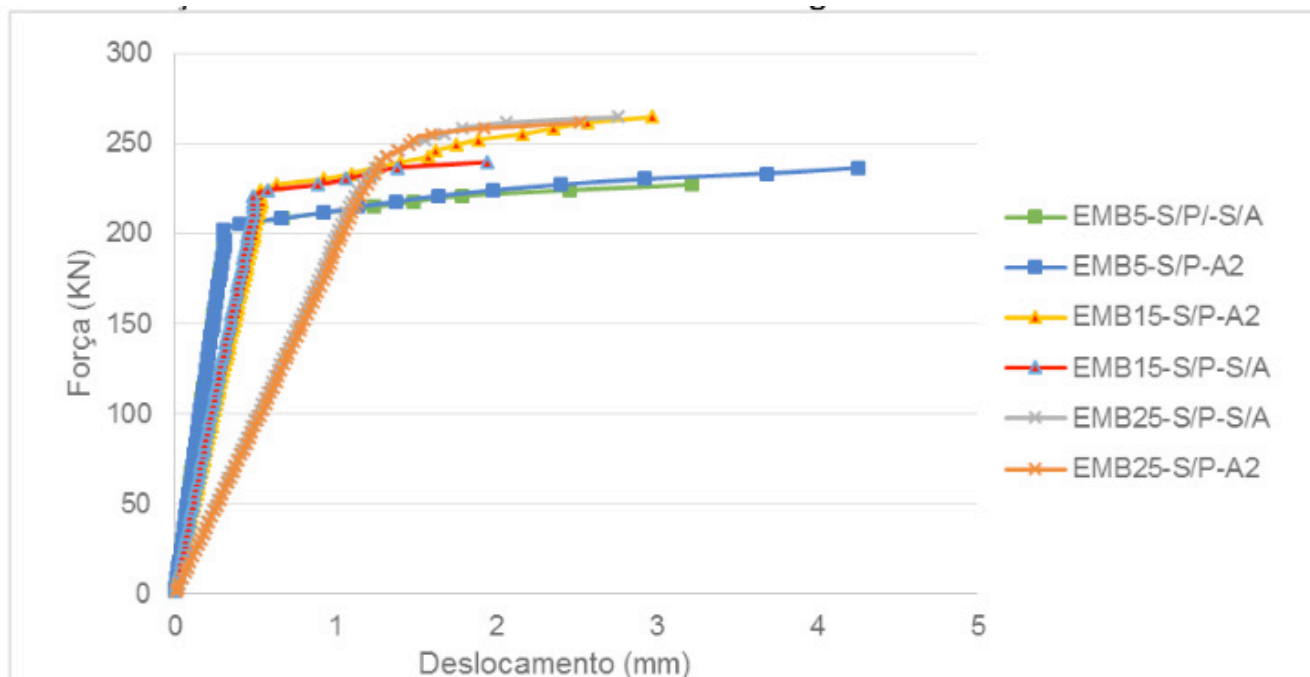


Figura 11 – Gráfico de força vs deslocamento. Região do núcleo (Autor(2017))

A partir do gráfico observou-se que nos estágios iniciais de carregamento, os modelos em análise apresentaram diferenças significativas de plasticidade, sendo que o aumento do módulo de rigidez, bem como o limite de proporcionalidade se mantiveram diretamente proporcionais ao aumento de embutimento da estaca. A força limite última cresceu diretamente em relação ao aumento do embutimento da estaca no bloco. De forma generalizada a presença de armadura de cintamento aumentou ligeiramente a força última e a ductilidade dos blocos.

O fluxo de tensões de tração no interior bloco também foi avaliado. Nesta análise foram analisados os modelos EMB15-S/P-S/A e EMB25-S/P-S/A, além do modelo EMB5-S/P-S/A ilustrado anteriormente na figura 9. Para esta análise o carregamento foi limitado a 80 passos de carga considerou-se ausência de armaduras. A figura 12 ilustra o comportamento do fluxo de tensões na direção Y do modelo EMB15-S/P-S/A. Na figura 13, por sua vez, é ilustrado, o fluxo de tensões na direção Y do modelo EMB25-S/P-S/A. A partir da análise visual dos modelos numéricos, nota-se que

maiores embutimentos são favoráveis à distribuição das tensões de tração no bloco, nota-se ainda que, a tensão de máxima de tração é significativamente reduzida com o aumento do embutimento.

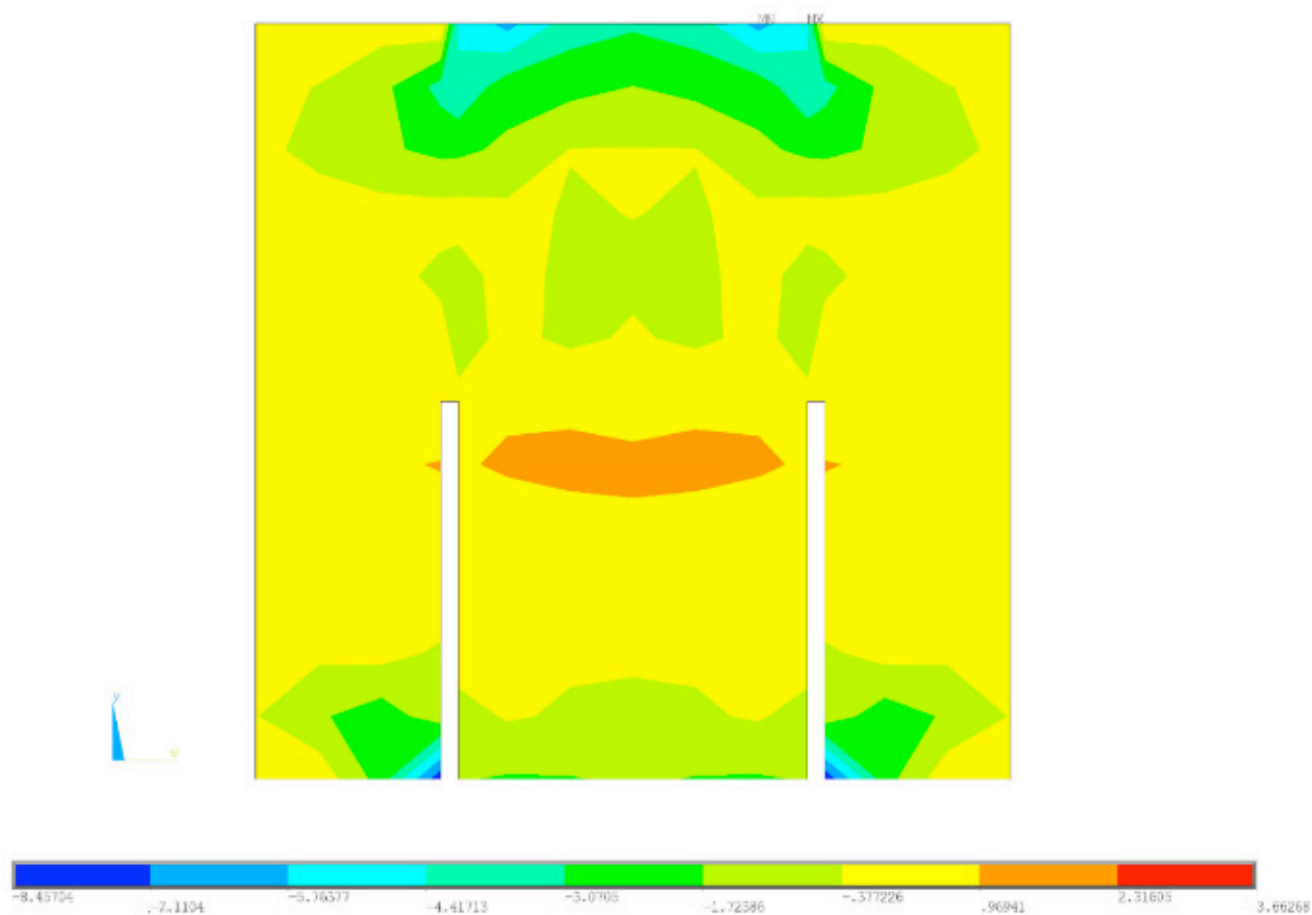


Figura 12 – Fluxo de tensões na direção Y. Modelo EMB15-S/P-S/A (ANSYS(2017)).



Figura 13 – Fluxo de tensões na direção Y. Modelo EMB25-C/P-S/A (ANSYS(2017)).

4.3 Força Última

A força última resistida por cada modelo está descrita na tabela 2.

Modelo	Força ultima (kN)
EMB5-C/P-A1	286,5
EMB5-S/P-A1	280,3
EMB5-C/P-A2	289,7
EMB5-S/P-A2	261,6
EMB15-S/P-A2	310,3
EM25-S/P-A2	267,8
EMB5-C/P-S/A	277,2
EMB15-S/P-S/A	274,1
EM25-S/P-S/A	264,7

Tabela 2 – Força última em cada modelo

5 | CONCLUSÃO

Em virtude dos resultados obtidos numericamente, foi possível verificar que a placa de distribuição teve uma influência significativa no que diz respeito às tensões de tração no interior do bloco. Esta técnica construtiva é interessante no dimensionamento do bloco sobre uma estaca.

Nos modelos com embutimento de cinco centímetros e armadura do tipo 1, verificou-se maior eficiência em relação ao modelo 2, pois além de se ter uma menor taxa de aço, tal armadura possibilitou maior ductilidade aos modelos.

O maior embutimento da estaca no bloco apresentou como um fator benéfico à distribuição de tensões, reduzindo os valores globais de tensão ao longo da maior dimensão da estaca.

A partir deste trabalho espera-se a realização de ensaios experimentais para comprovar os resultados obtidos no modelo numérico.

6 | AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro. 2010

FUSCO, P.B. (1995). **Técnica de armar as estruturas de concreto**. São Paulo, Editora Pini Ltda.

GERDAU, (2015). **Estacas Metálicas Gerdau**. disponível em: <https://www.gerdau.com/br/pt/productsservices/products/Document%20Gallery/manual-estacas-metalicas.pdf>, acesso em março de 2017.

LANGENDONCK, T. (1957). **Cálculo de concreto armado**. São Paulo, v.1-2.

LEONHARDT, F.; MONNING, E. (1978). **Construções de Concreto**. Rio de Janeiro, Interciência, v.2-3.

SOBRE O ORGANIZADORA

FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ação do vento 225, 226, 228, 229, 230, 235
Algoritmo 1, 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 240, 251, 254, 258
Análise estrutural 1, 2, 4, 9, 14, 15, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 98, 198, 224
Aplicativo 28, 56, 60, 61, 62, 63, 66
Aprendizagem 69, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 84
Argamassa 107, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131
Armaduras 93, 95, 192, 196, 197, 199, 200, 202

B

BIM 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 40, 41, 42, 43, 53, 54, 55, 58
Blocos de concreto 190

C

Cálculo 1, 4, 10, 14, 15, 33, 38, 63, 66, 69, 75, 80, 84, 86, 90, 93, 98, 101, 104, 105, 106, 109, 112, 172, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 188, 195, 205, 210, 211, 226, 227, 230, 233, 238, 240, 245, 247, 248, 249, 251, 254, 257
Compatibilização 23, 24, 25, 40, 41, 44, 46, 49, 53, 55
Concreto 45, 52, 54, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 123, 130, 131, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 195, 198, 205, 230, 231, 238, 239
Controle tecnológico 121, 122, 127, 130

D

Desenvolvimento 1, 16, 34, 41, 42, 43, 53, 56, 57, 58, 59, 63, 65, 66, 69, 70, 71, 74, 77, 84, 90, 131, 149, 151, 163, 167, 209, 230, 259
Dimensionamento 2, 3, 26, 46, 50, 88, 142, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 197, 199, 204, 208, 212, 223, 238, 240, 241, 242, 246, 247, 249, 258, 259

E

Edificações 17, 41, 44, 54, 67, 87, 90, 99, 121, 122, 124, 130, 133, 135, 137, 140, 141, 142, 147, 148, 226, 229, 230, 233, 237, 238
Elementos finitos 15, 28, 33, 34, 38, 198, 199, 246
Eletricidade 149, 152, 153, 154, 156, 159, 160, 161, 163
Energia 5, 6, 15, 46, 59, 126, 149, 150, 151, 152, 153, 156, 158, 159, 161, 162, 163, 164, 166, 168, 170, 179, 183, 184, 186
Energia renovável 149
Ensaio 28, 101, 104, 108, 109, 110, 111, 112, 121, 122, 128, 129, 130, 169, 170, 191, 197, 205
Estabilidade 86, 87, 88, 92, 93, 98, 99, 115, 226, 238, 246, 249, 258
Estacas 157, 188, 189, 190, 205
Estruturas 1, 2, 3, 9, 14, 15, 28, 38, 41, 45, 54, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 99, 100, 105, 113, 119, 167, 168, 169, 171, 176, 178, 179, 186, 205, 207, 208, 223, 224, 225, 238, 239, 241, 259

G

Gerenciamento de obras 56, 58, 60, 61, 66

Gerenciamento de projetos 16, 19, 27, 67

I

Inovação 41, 69, 70, 72, 73, 74, 85, 179

M

Materiais 2, 28, 30, 31, 35, 38, 44, 53, 60, 62, 63, 88, 99, 102, 103, 105, 109, 111, 113, 119, 120, 121, 122, 123, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 140, 143, 147, 148, 167, 168, 169, 172, 198, 199, 223, 228

Método dos deslocamentos 1, 3, 9, 14, 15

Modelagem estrutural 225

Módulo de elasticidade 4, 10, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 115, 121, 122, 127, 128, 130, 131, 198, 199, 209, 231, 244

P

Perfis de aço 240, 241, 249, 258, 259

Pré-moldados 90, 177, 178, 179, 180, 181, 186, 187

Projeto 1, 2, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 68, 70, 72, 74, 82, 87, 88, 89, 90, 99, 104, 109, 112, 124, 132, 134, 135, 142, 147, 168, 178, 181, 184, 186, 205, 224, 235, 238, 259

Projeto arquitetônico 26, 44, 54

Propriedades geométricas 3, 209, 222, 242, 243, 245, 249, 251

R

Reciclagem 120, 177, 180, 181, 182, 186, 187

Reforço estrutural 86

Resíduos sólidos 167, 177, 179, 180, 186

Resistência 23, 26, 35, 45, 88, 89, 90, 101, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 121, 122, 124, 126, 127, 128, 129, 131, 142, 166, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 189, 195, 198, 199, 200, 231, 240, 242, 249, 251, 257, 258

S

Segurança 53, 132, 134, 135, 139, 140, 142, 143, 151, 179, 212, 226, 230, 233, 238, 260

Simulações 28, 30, 31, 33, 35, 98, 190, 225

Sustentabilidade 19, 20, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 186

T

Tecnologia 27, 40, 41, 42, 53, 54, 57, 58, 59, 61, 67, 68, 121, 131, 152, 153, 157, 161, 163, 166, 260

Treliças 9, 14, 15, 206, 207, 208, 209, 211, 212, 213, 220, 223, 224

V

Viga 50, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 98, 99, 100, 102, 103, 112, 206, 209, 212, 221, 222, 223, 237, 246

