

# Engenharia de Construção Civil e Urbana

Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)



# Engenharia de Construção Civil e Urbana

Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)



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 Pietrobon – 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>16</b>
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	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>28</b>
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	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>40</b>
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	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>56</b>
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	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>69</b>
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	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>86</b>
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	

<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>101</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5261919128</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>115</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5261919129</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>121</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191210</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>132</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191211</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>149</b>
CONTRIBUIÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE ENERGIA GEOTÉRMICA NO BRASIL	
Adriana Coelho Vieira	
Brunno Daibert Andrès	
Luis M. Ferreira Gomes	
Peter Kallberg	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191212</b>	
<b>CAPÍTULO 13 .....</b>	<b>166</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191213</b>	

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>177</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191214</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>188</b>
COMPORTAMENTO DE BLOCOS DE TRANSIÇÃO COM PERFIL METÁLICO <i>Behavior of steel pile cap</i>	
Rodrigo Gustavo Delalibera	
Marcell Godoi Sivelli	
José Samuel Giongo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191215</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>206</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191216</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>225</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191217</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>240</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191218</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>260</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>261</b>

## 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**

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil  
Maringá, PR

### **Nara Villanova Menon**

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil  
Maringá, PR

### **Maicon de Freitas Arcine**

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil  
Maringá, PR

### **Juliana Penélope Caldeira Soares**

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil  
Maringá, PR

**RESUMO:** Apresenta-se um estudo para determinação das cargas de vento em edifícios altos por dois métodos de cálculos diferentes. Inicialmente, uma revisão teórica dos principais elementos abordados no trabalho é realizada, como os procedimentos apresentados na NBR 6123:1988 para a determinação das cargas devidas ao vento nas estruturas. Descreve-se a seguir o método simplificado e informações sobre o software utilizado no estudo. São apresentados os modelos que foram estudados e as considerações para a modelagem no programa. Para as análises foi

utilizando o software SAP 2000 v15 e avaliou-se os deslocamentos e os esforços causados pelo vento em edifícios modelos. Através de comparações de resultados obtidos nas simulações dos quatro edifícios, pelos dois métodos de aplicação de carga, verificou-se a proximidade dos resultados, com a finalidade de mostrar a aplicabilidade e abrangência do método simplificado.

**PALAVRAS CHAVE:** edifícios altos, ação do vento, modelagem estrutural.

**WIND FORCES IN HIGH BUILDING STRUCTURES USING TWO DIFFERENT METHODS: SUGGESTED BY NBR 6123/1988 AND OTHER SIMPLIFIED**

**ABSTRACT:** A study is presented to determine wind loads in tall buildings by two different calculation methods. Initially, a theoretical review of the main elements addressed in the work is performed, such as the procedures presented in NBR 6123: 1988 for the determination of wind loads in the structures. The simplified method and information about the software used in the study are described below. The models that were studied and the considerations for modeling in the program are presented. For the analyzes, it was used the software SAP 2000 v15 and it was evaluated the displacements and the efforts caused by wind in model buildings. Through comparisons of the results obtained in

the simulations of the four buildings by the two load application methods, the proximity of the results was verified, to show the applicability and comprehensiveness of the simplified method.

**KEYWORDS:** tall buildings, wind action, structural modeling.

## 1 | INTRODUÇÃO

Segundo Betin (2007) a estrutura de uma edificação é composta basicamente de pilares e vigas, os quais devidamente dimensionados formam grelhas e pórticos que possibilitarão suporte para as placas (lajes). Cabe ao projetista estrutural dimensionar e lançar estes pilares de modo que os mesmos suportem as cargas verticais submetidas ao edifício. O autor salienta que a função de cada pavimento é de suportar os esforços gravitacionais resistidos pelas lajes, que carregam as vigas que, por sua vez, se apoiam em pilares, de modo que as cargas advindas de cada pavimento sejam transmitidas com segurança à fundação da edificação.

No entanto, quando se trata de edifícios altos, é imprescindível considerar a ação da força do vento na análise da estabilidade da edificação. De acordo com Fusco (1986), deve-se considerar a ação do vento, pois esta causa efeitos estáticos e dinâmicos importantes, que podem levar a instabilidade da edificação.

A NBR 6123/88 - Forças Devidas ao Vento em Edificações, é a norma brasileira que orienta o cálculo de edificações submetidas à ação do vento. Esta norma tem por objetivo fixar as condições exigíveis na consideração das forças devidas à ação estática e dinâmica do vento, para efeitos de cálculo das edificações.

O presente trabalho buscou analisar o efeito da ação dos ventos sobre edificações, através da aplicação das forças devido ao vento em edifícios altos, por dois métodos distintos: O sugerido pela NBR 6123/88 e um método de simplificado. Foi analisado também a viabilidade da adoção do método simplificado (como uma alternativa para tornar o processo de análise mais simples e rápido) por meio de um comparativo com os resultados obtidos pelo método convencional de aplicação.

## 2 | MÉTODO PROPOSTO PELA ABNT NBR 6123:1988

A NBR 6123 (1988) “Forças devidas ao Vento em Edificações” apresenta o método de cálculo para determinar a intensidade das forças horizontais devido ao vento agindo sobre a estrutura.

## 3 | MÉTODO SIMPLIFICADO

De acordo com PITTA (1988), buscando uma maior facilidade de cálculo, é comum, para uma análise dos painéis de contraventamento através dos métodos

contínuos, a utilização de uma força uniformemente distribuída igual para toda a altura do edifício. O autor ainda recomenda que, caso se faça uso dessa metodologia para o cálculo dos esforços devido ao vento, a altura aconselhável a ser utilizada para o cálculo do coeficiente  $S_2$  da NBR 6123:1988 seja de 2/3 da altura total da edificação.

No presente trabalho, o método simplificado utilizado consiste na aplicação de esforços pelo método das “faixas de carga” utilizando um valor de  $S_2$  constante para toda a altura da edificação. Conseqüentemente, os esforços também serão constantes, visto que o coeficiente  $S_2$  é o único que varia conforme a altura da edificação.

### 3.1 Distribuição das Cargas de Vento na Fachada

Segundo GUARNIER (2009), a estrutura do edifício é assimilada a um conjunto de elementos resistentes verticais (chamados de painéis de contraventamento), travados entre si, horizontalmente, em vários níveis, pelas lajes dos vários pavimentos. Tais painéis são formados pela associação de pilares, pilares paredes e vigas.

De acordo com STAMATO (1978), a literatura técnica demonstra uma maior preocupação com o detalhamento dos esforços que agem sobre os painéis, tendo o problema da distribuição das cargas de vento entre os painéis, uma divulgação muito menor.

Um critério simplista comumente empregado para a distribuição dos esforços é o das “faixas de carga”, mostrado na Figura 1, por meio da planta baixa do andar-tipo de uma edificação:

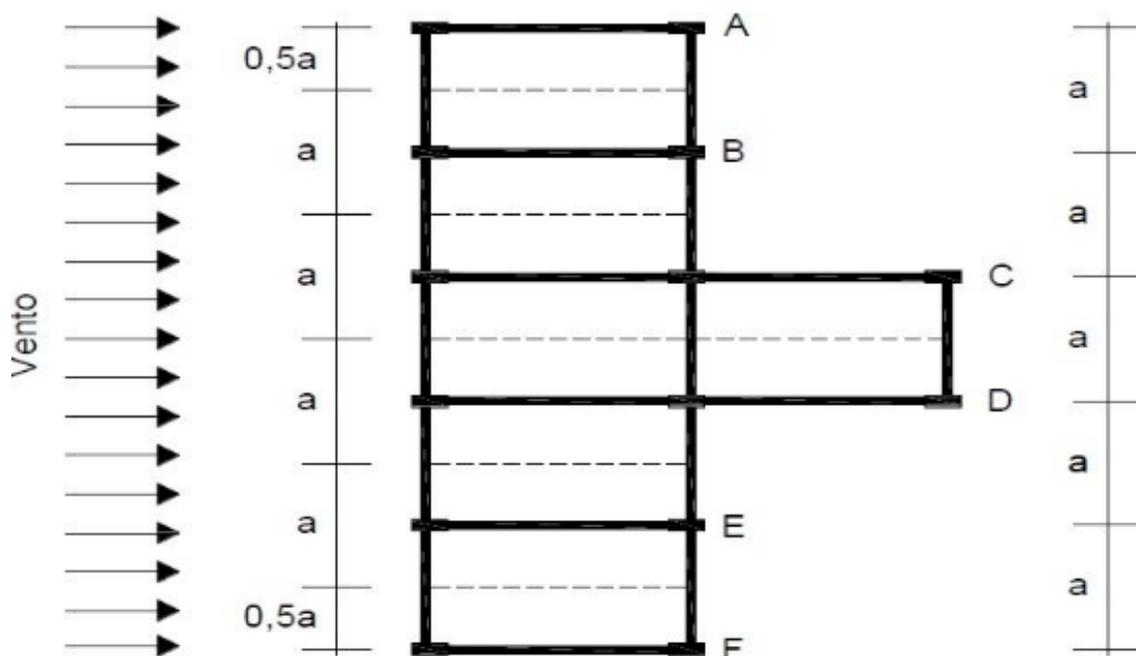


Figura 1 – Exemplo de representação de faixas de carga.

Fonte: STAMATO (1988)

Conforme mostrado pela Figura 1, os pórticos B, C, D e F, possuem faixas iguais

de contribuição da ação do vento. Já os pórticos A e F, possuem metade dessa faixa, já que são pórticos de divisa. Além disso, admitindo que as vigas sejam de mesma seção e os pilares de mesma forma, o deslocamento será igual para todos os pórticos. Para que isso aconteça, os pórticos C e D, que apresentam maior rigidez, receberam maior carga que os demais pórticos.

A Figura 1 mostra ainda a distribuição de áreas de contribuição para o carregamento do vento no sentido horizontal. A distribuição vertical dos esforços de vento, acontece de maneira análoga. Os pavimentos intermediários terão a mesma faixa de contribuição (tamanho igual ao pé direito), com a força aplicada na laje de divisão. Porém, a última laje recebe a contribuição apenas da metade do pé-direito, sendo a força aplicada sobre a laje de cobertura.

#### 4 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a verificação da aplicabilidade do método simplificado na simulação de esforços devido ao vento, utilizou-se de dois layouts diferentes de planta baixa: uma com geometria retangular e a outra de geometria quadrada. Além disso, variou-se a altura da edificação, sendo feito a simulação para edifícios de sete e de trinta andares. Para cada edifício proposto, fez-se a simulação no SAP 2000 V15, pelos dois métodos: o método da NBR 6123 (1988) e o método simplificado. Com isso, gerou-se oito modelagens diferentes. As características de cada modelo, são mostradas no Quadro 1.

Modelo 1	Edifício de geometria quadrangular, com 7 andares, utilizando o método simplificado para determinação dos esforços devido a ação do vento.
Modelo 2	Edifício de geometria quadrangular, com 7 andares, utilizando o método proposto pela norma para determinação dos esforços devido a ação do vento.
Modelo 3	Edifício de geometria retangular, com 7 andares, utilizando o método simplificado para determinação dos esforços devido a ação do vento.
Modelo 4	Edifício de geometria retangular, com 7 andares, utilizando o método proposto pela norma para determinação dos esforços devido a ação do vento.
Modelo 5	Edifício de geometria quadrangular, com 30 andares, utilizando o método simplificado para determinação dos esforços devido a ação do vento.
Modelo 6	Edifício de geometria quadrangular, com 30 andares, utilizando o método proposto pela norma para determinação dos esforços devido a ação do vento.
Modelo 7	Edifício de geometria retangular, com 30 andares, utilizando o método simplificado para determinação dos esforços devido a ação do vento.

Modelo 8	Edifício de geometria retangular, com 30 andares, utilizando o método proposto pela norma para determinação dos esforços devido a ação do vento.
----------	--

Quadro 1 – Características dos exemplos estudados

Os layouts de planta baixa utilizados para a simulação dos esforços devido a ação do vento nas edificações, são os mostrados nas Figuras 2 e 3.

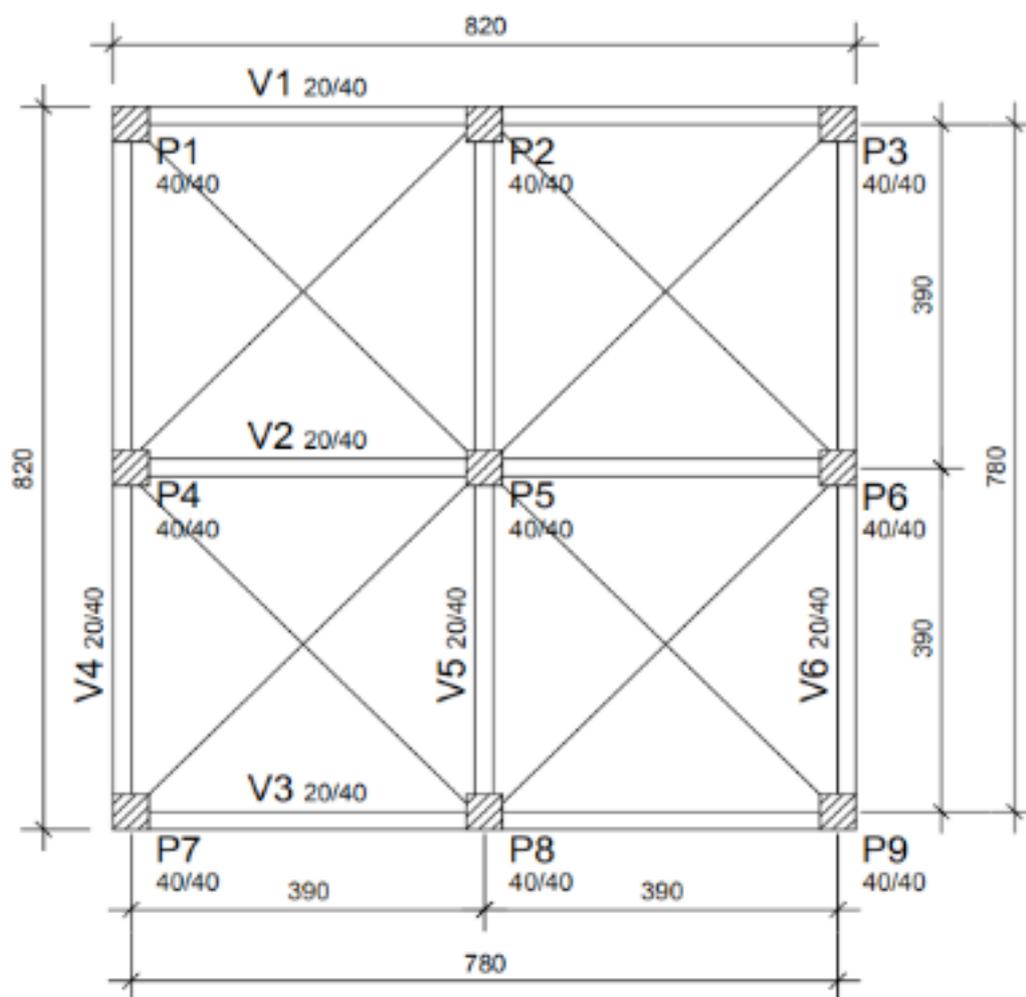


Figura 2.0 – Edifício de geometria quadrangular.

Fonte: MONCAYO (2011).

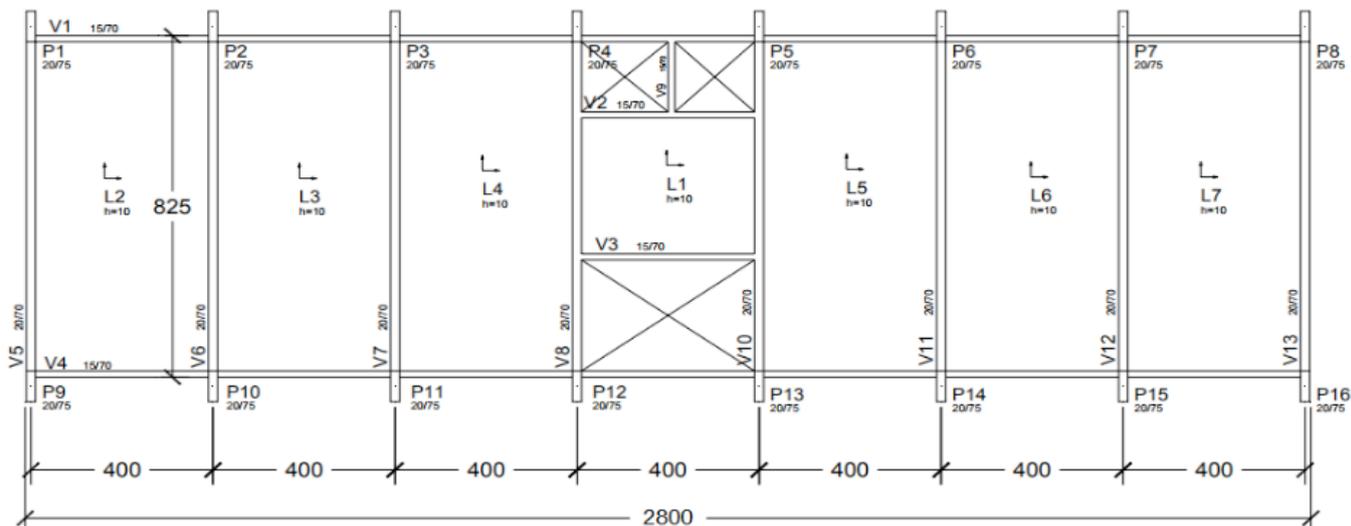


Figura 3 – Edifício de geometria retangular

Fonte: Adaptado FRANÇA (1985).

As plantas escolhidas para o desenvolvimento deste estudo são típicas de uma estrutura convencional de concreto armado. O layout de edifício de geometria quadrangular, apresentado na Figura 2 possui dimensões 8,20 m por 8,20 m e seções de pilares e vigas mostradas na mesma figura. Já o layout de edifício de geometria retangular, mostrado na Figura 3, possui dimensões de 8,25 m por 28,00 m e também possui seções de pilares e vigas mostradas na figura. Para cada um dos modelos, calculou-se inicialmente a ação do vento de acordo com a NBR 6123 (1988) – Forças devidas ao vento em edificações. Para o cálculo das forças, foi necessário a adoção de alguns fatores, relativos ao local em que o empreendimento será construído e a sua futura utilização:

- O local escolhido é a cidade de Maringá – PR., portanto, com velocidade básica do vento ( $V_0$ ) igual a 43 m/s, para essa localidade.
- O terreno em que a edificação seria implantada é plano, sendo o fator topográfico ( $S_1$ ) igual a 1,0.
- Para o cálculo do coeficiente  $S_2$ , considerou-se o novo centro da cidade de Maringá, local esse cercado de edificações grandes, altas e pouco espaçadas (Categoria V). Além disso, para os edifícios de sete andares, com altura de topo igual a 21 metros (Pé-direito de 3,0m), foi adotada a Classe B (Maior dimensão vertical ou horizontal está entre 20 e 50 metros). Já para os edifícios de 30 andares, com altura de topo igual a 90 metros (Pé-direito de 3,0m), foi adotada a Classe C (Maior dimensão vertical ou horizontal excedendo 50m), porém, trabalhando a favor da segurança, será também adotada a Classe B para esses edifícios. A edificação seria utilizada para fins residenciais, sendo assim, pertencente ao grupo 2. Para tal grupo, o coeficiente  $S_3$  é igual a 1,0.
- Para a simulação dos edifícios no SAP 2000v15, os dados utilizados para o material da estrutura, foram os seguintes:

- Concreto de resistência característica ( $F_{ck}$ ) igual a 30 Mpa;
- Módulo de elasticidade ( $E$ ) igual a 26071,59 MPa, calculado de acordo com a NBR 6118:2014;
- Peso específico de 25 kN/m<sup>3</sup>;
- Coeficiente de Poisson utilizado de 0,2.
- A fundação foi considerada trabalhando como apoio de terceiro gênero, engastada no solo, e as lajes tendo comportamento de diafragma rígido.

## 4.2 Cargas Devidas ao Vento

Nesta seção apresentam-se os oito modelos para os quais foram determinados os coeficientes de ajuste  $S_2$ , os coeficientes de arrasto ( $C_a$ ), os resultados dos coeficientes de ajuste ( $S_2$ ), as velocidades características ( $V_k$ ), as pressões dinâmicas ( $q$ ) e as Forças de arrasto ( $F_a$ ). Os modelos 1, 2, 3 e 4, são para os edifícios de 7 andares. São mostradas nas figuras 4 a 11 as distribuições dos esforços devido ao vento para as primeiras lajes de cada edifício.

### MODELO 1

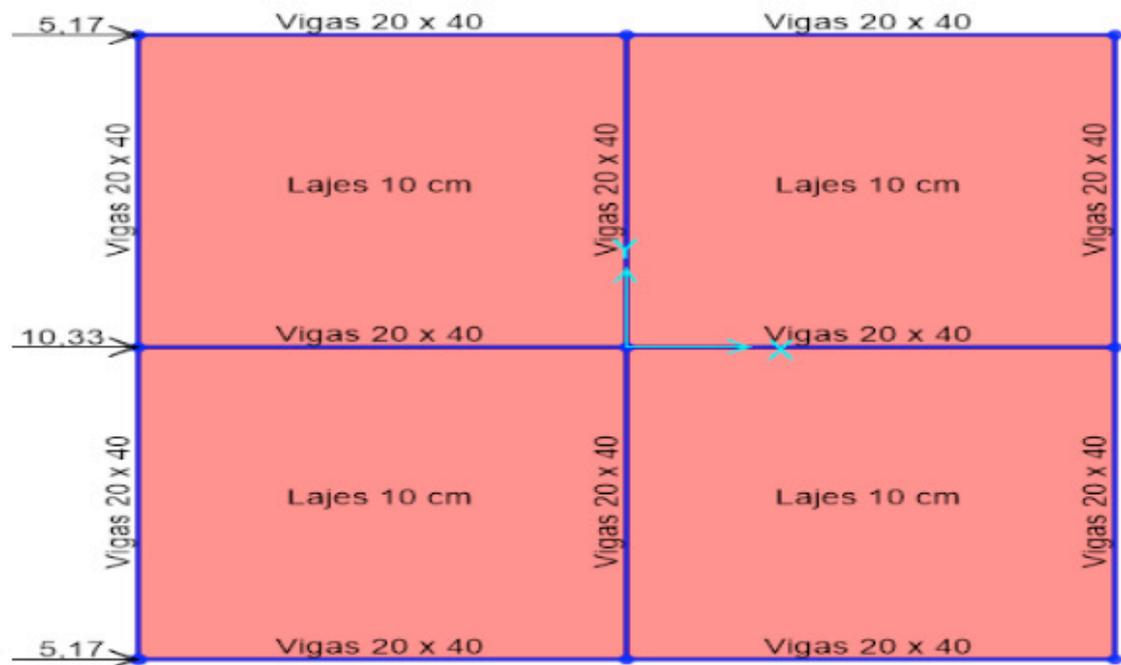


Figura 4 – Distribuição dos esforços devido ao vento na primeira laje do edifício

### MODELO 2

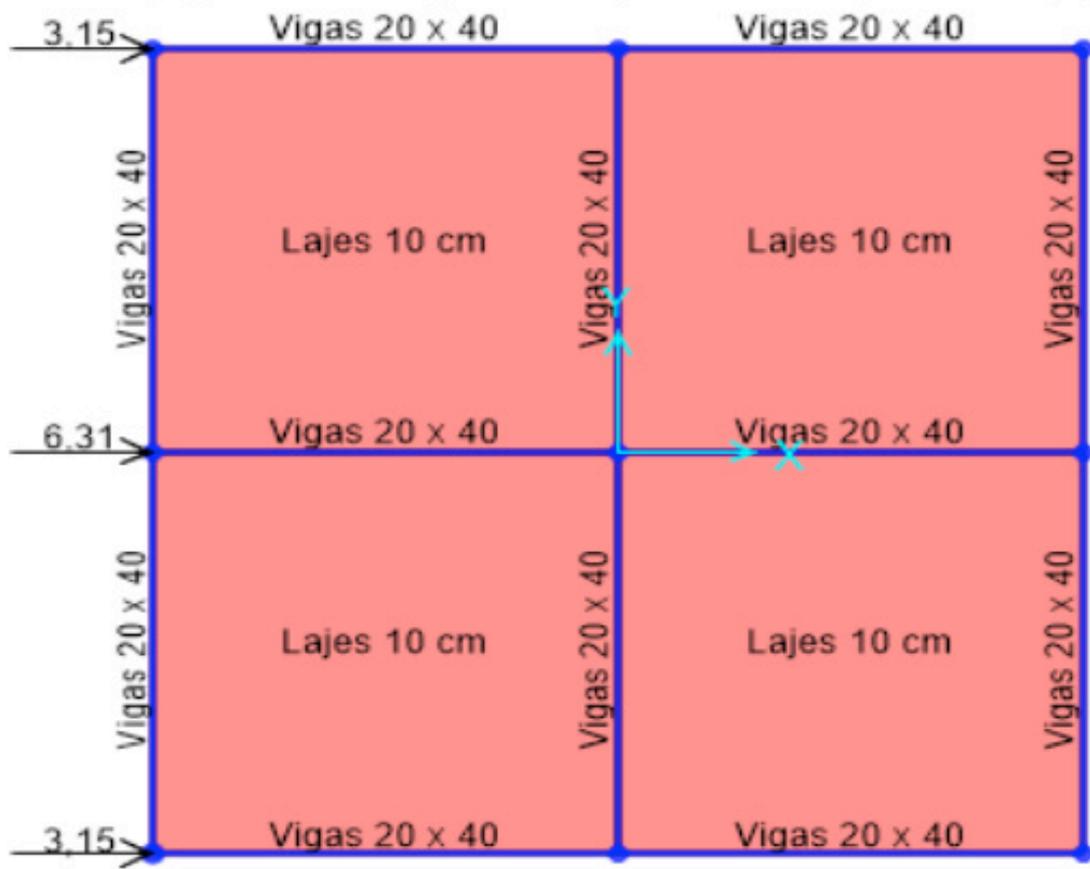


Figura 5 – Distribuição dos esforços devido ao vento na primeira laje do edifício

### MODELO 3

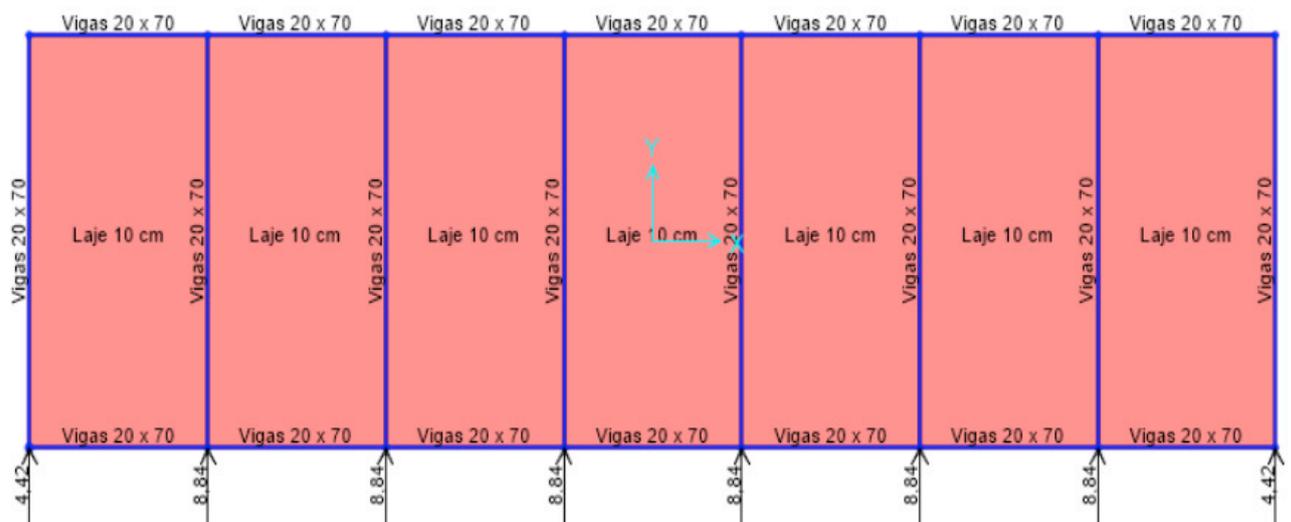


Figura 6.0 – Distribuição dos esforços devido ao vento na primeira laje do edifício

### MODELO 4

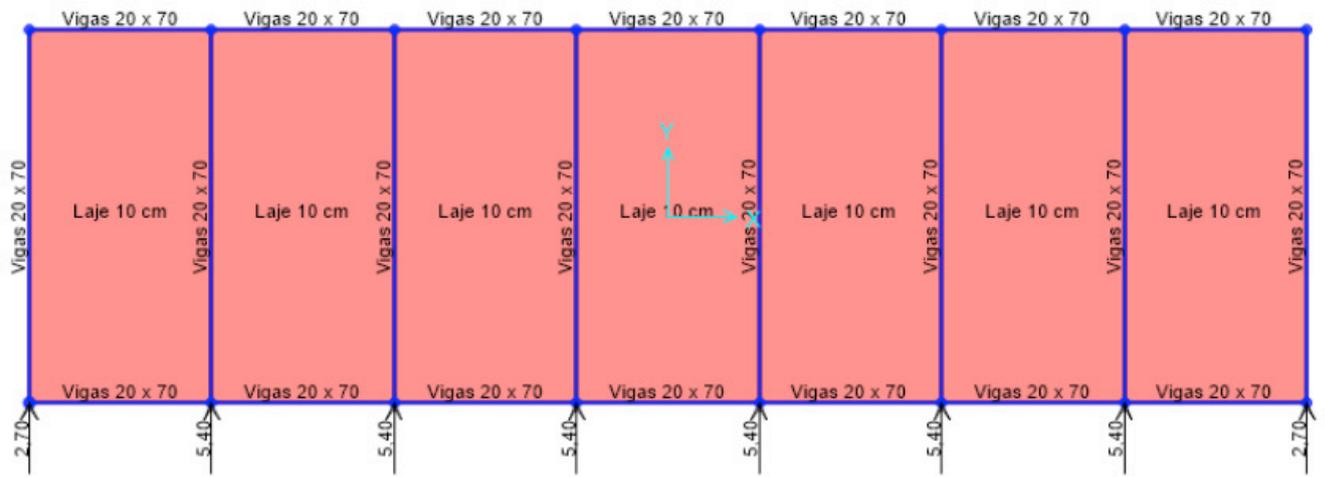


Figura 7 – Distribuição dos esforços devido ao vento na primeira laje do edifício

### MODELO 5

Os modelos 5, 6, 7 e 8, são para os edifícios de 30 andares. Poderia ser possível a classificação dos mesmos como Classe C. Porém, optou-se pela segurança e foi adotada a Classe B para todas as edificações no cálculo do fator  $S_2$ . Portanto, os valores dos parâmetros meteorológicos, que são os mesmos já apresentados para todos os modelos de sete andares, não serão mais apresentados.

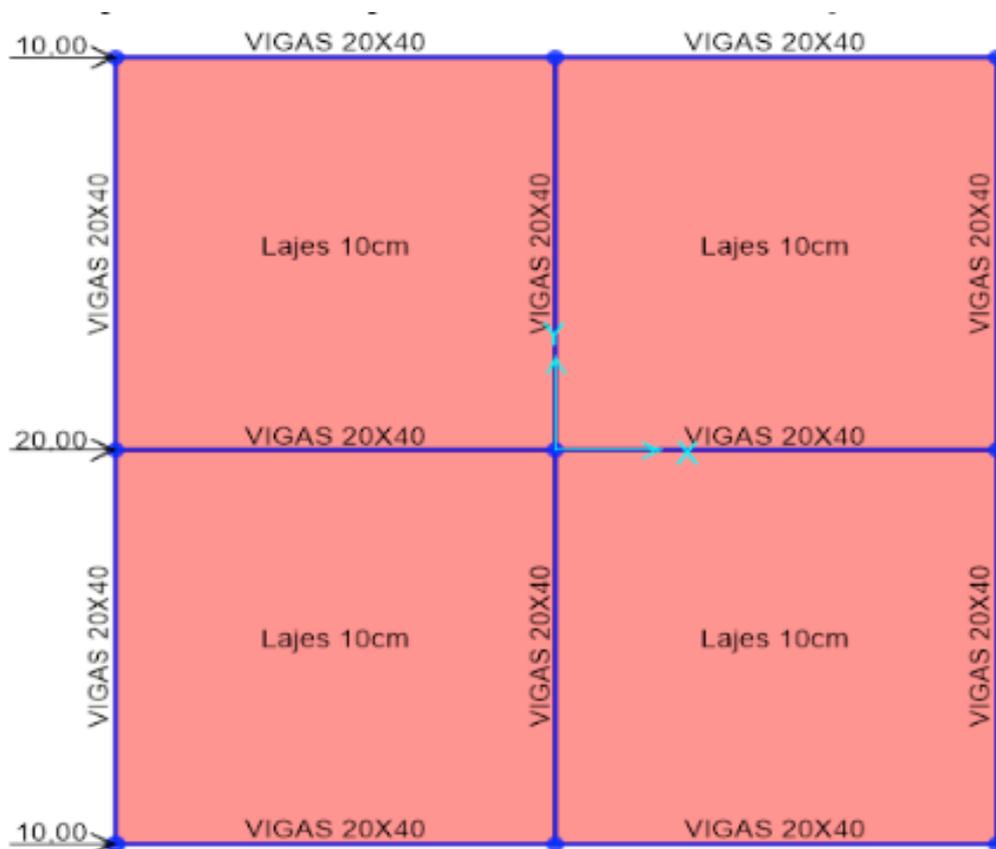


Figura 8– Distribuição dos esforços devido ao vento na primeira laje do edifício

### MODELO 6

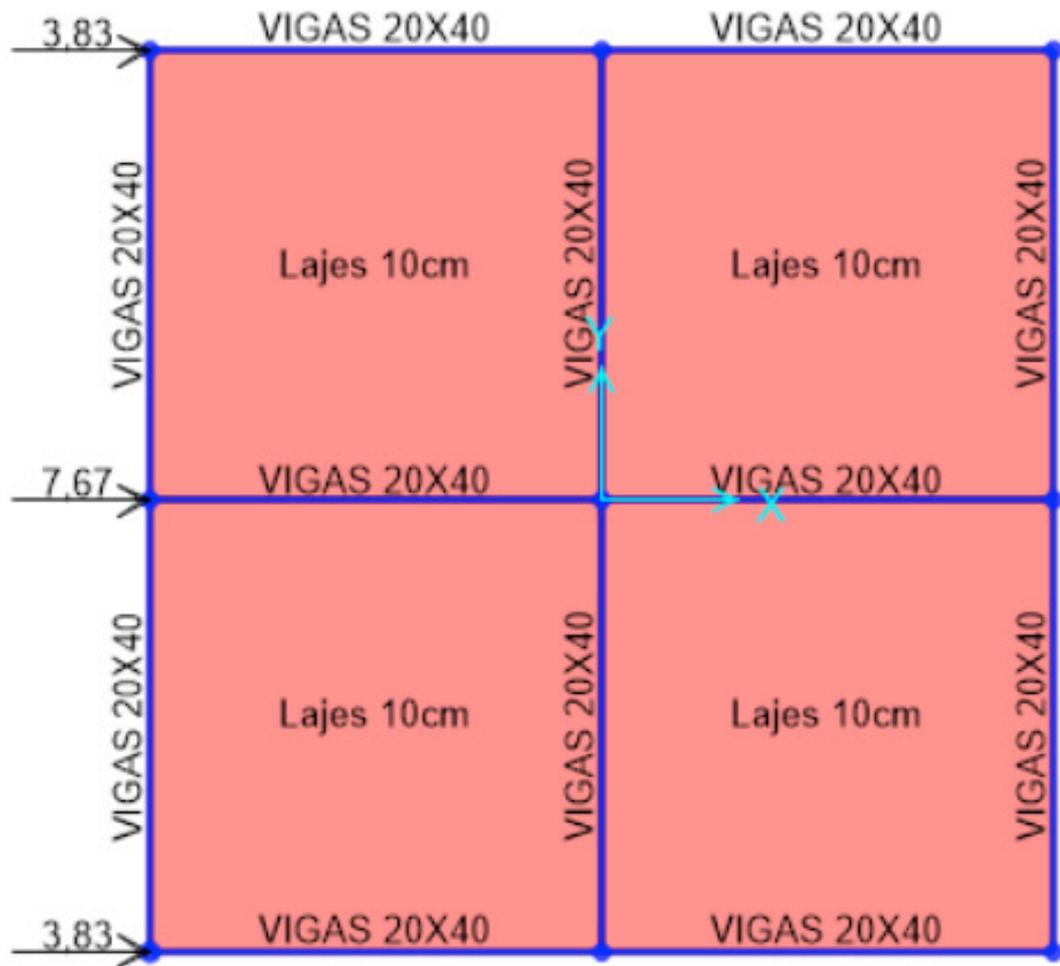


Figura 9 – Distribuição dos esforços devido ao vento na primeira laje do edifício

### MODELO 7

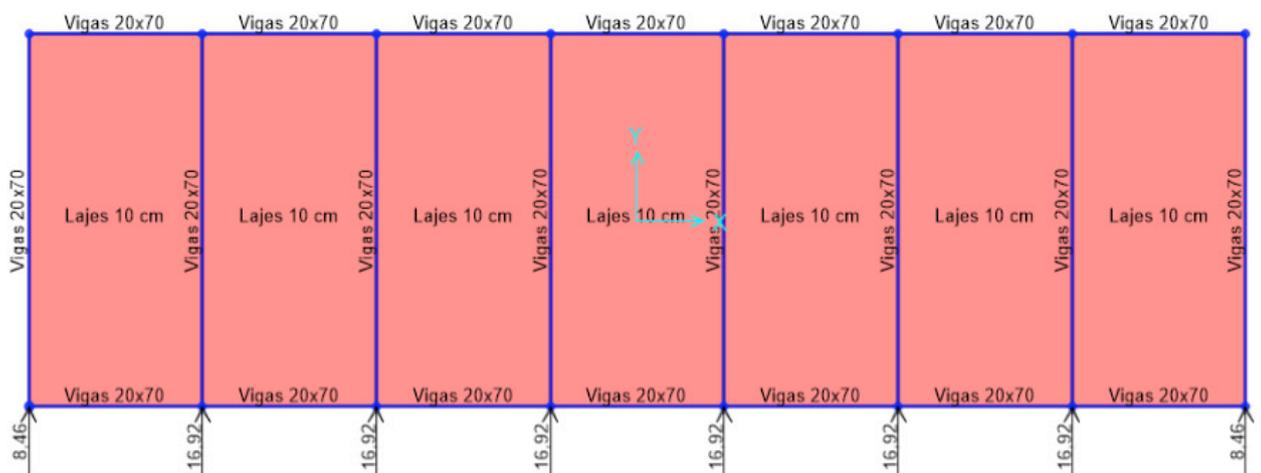


Figura 10 – Distribuição dos esforços devido ao vento na primeira laje do edifício

### MODELO 8

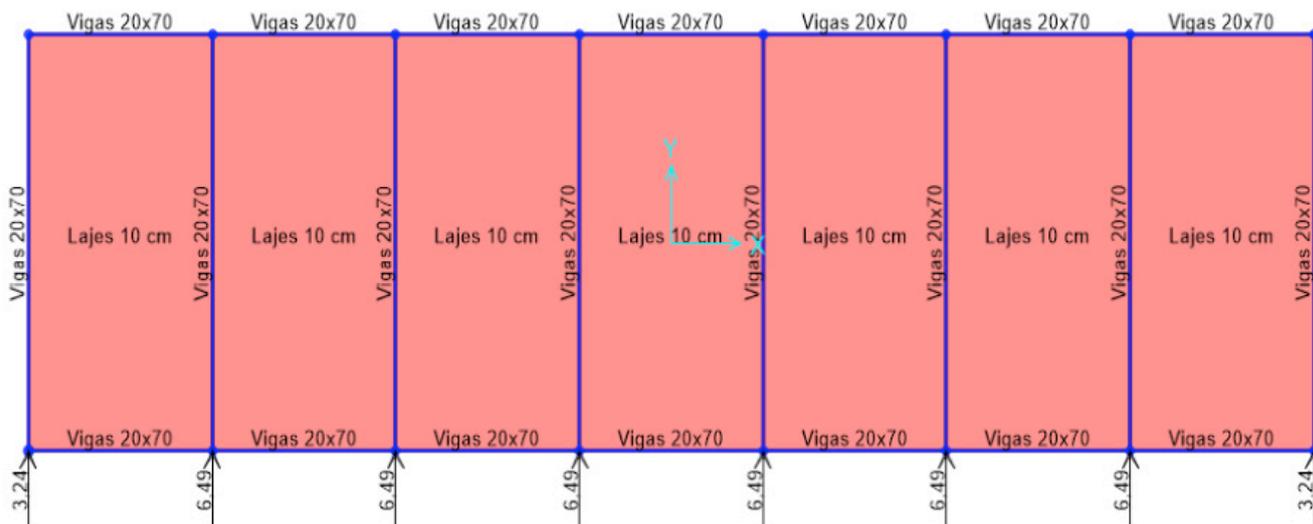


Figura 11 – Distribuição dos esforços devido ao vento na primeira laje do edifício

### 4.3 Modelagem Computacional

Para a simulação dos modelos no software SAP 2000 V15, alguns critérios de projeto foram definidos, conforme já descrito no presente trabalho. Na prática, um prédio de 30 andares teria que ter uma parte estrutural mais reforçada do que um prédio de 7 andares, com vigas e pilares de maiores dimensões, maior taxa de armadura e sistema de contraventamento mais eficaz. Porém, como o intuito do estudo é mostrar unicamente a influência dos esforços devido a ação do vento no edifício, traçando um comparativo entre os modelos, procurou-se adotar para todos as mesmas considerações, de modo a tornar mais visível a discrepância dos resultados.

Nas Figuras 12 e 13 apresentam-se os quatro modelos 3D gerados no programa, onde para cada um foi aplicado os dois métodos de carregamento, resultando no total de oito edifícios modelos:



Figura 12 – Edifício de geometria quadrangular e retangular com 7 andares.

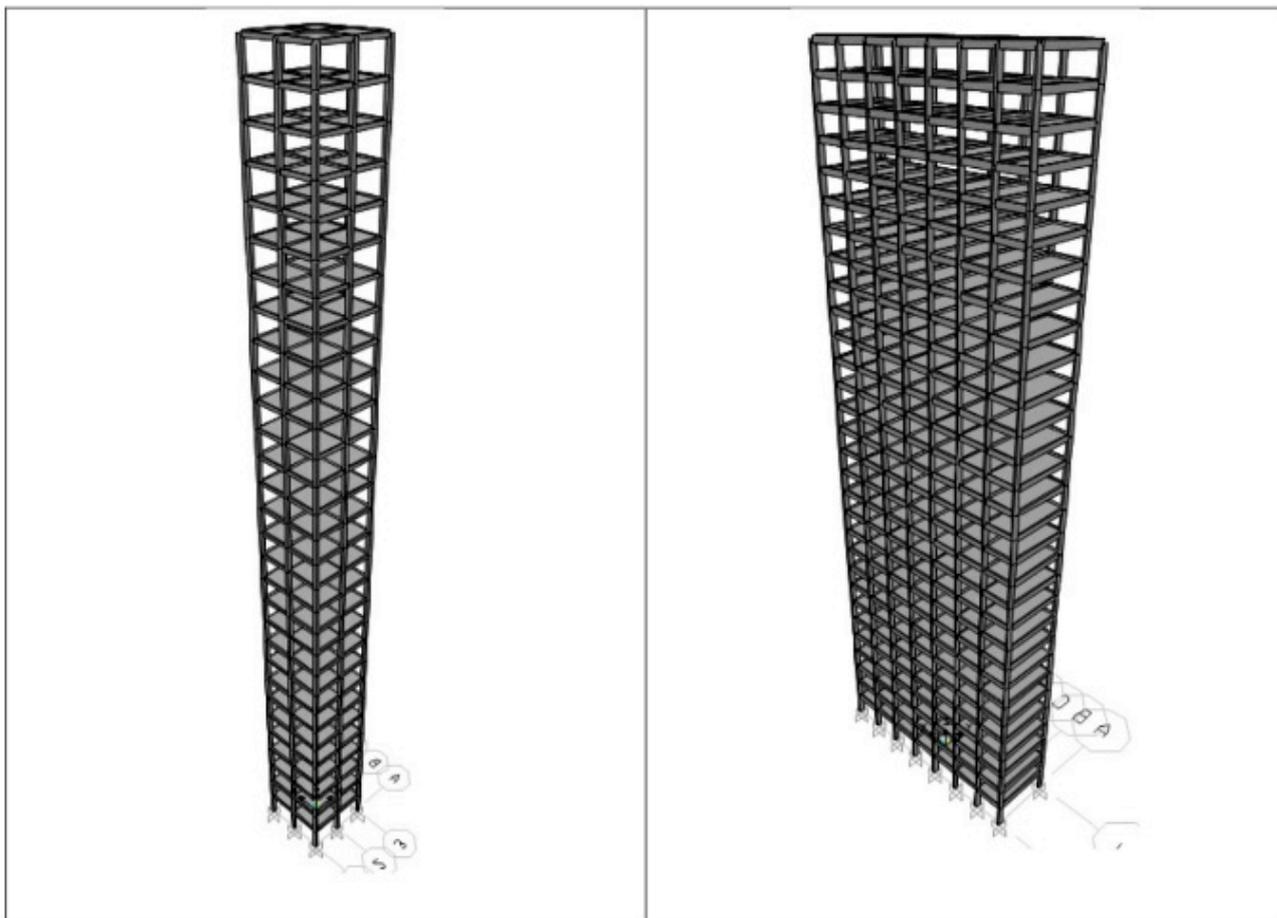


Figura 13 – Edifício de geometria quadrangular e retangular com 30 andares

Para todos os modelos, são mostrados os esforços de cortante e normal, atuantes em cada elemento estrutural (viga ou pilar) para cada uma das direções. Os momentos fletores em x, y e z, também são apresentados no programa, para todas as vigas e pilares. Além disso, as deformações de cada pavimento são mostradas para cada pórtico da estrutura. Por ser inviável a apresentação de todos esses valores, e pelo intuito do trabalho não ser detalhar um modelo específico, foi necessário a escolha dos dados que seriam coletados para que o comparativo entre as edificações pudesse ser realizado. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos por meio da análise de esforços no software SAP 2000 v15, para os oito modelos propostos nesta pesquisa.

Modelo	Método de cálculo S <sub>2</sub>	Deslocamento topo (mm)	Deslocamento 1º pav (mm)	Momento na base (máx.)(KN.m)	Normal máx. (KN)	Local de ocorrência
1	Simplificado	8,44	1,34	34,16	54,43	Pilar 2B
2	NBR 6123	8,41	1,23	31,23	54,51	Pilar 2B
3	Simplificado	6,80	0,94	61,37	54,20	Pórticos centrais
4	NBR 6123	6,81	0,88	56,41	54,40	Pórticos centrais
5	Simplificado	606,59	12,87	315,99	2224,46	Pilar 2B
6	NBR 6123	607,85	11,40	278,23	2194,21	Pilar 2B
7	Simplificado	564,16	9,38	581,97	2285,44	Pórticos centrais
8	NBR 6123	566,83	8,35	514,96	2257,25	Pórticos centrais

Tabela 1 – Resumo dos resultados.

## 5 | CONCLUSÃO

Analisando os resultados obtidos neste trabalho, pode-se observar que a adoção do método simplificado para determinação dos esforços devido ao vento em edifícios de múltiplos pavimentos traz uma boa aproximação ao método normatizado pela NBR 6123 (1988). Em todos os casos analisados, a diferença entre os esforços calculados pelos dois métodos não passou de 15%, o que mostra a abrangência da aplicabilidade para diversas geometrias e alturas de edificações.

Os esforços e as deformações resultantes da aplicação pelo método simplificado foram (na maioria dos casos) maiores do que os encontrados pela norma, o que faz com que a utilização da simplificação não comprometa a segurança do dimensionamento da estrutura.

Após serem consideradas no SAP 2000 as duas situações de aplicação de cargas, pelo método simplificado e o da Norma NBR 6123 (1988), pode-se concluir que o método simplificado proposto por PITTA (1988), apesar de simplista, pode ser aplicado para casos em que a precisão de cálculo não seja tão requerida. Essa análise simplificada não tem o objetivo de substituição do proposto pela norma, sendo apenas uma alternativa para estimar os esforços de forma rápida e simples.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 6123**: Forças Devidas ao Vento em Edificações. Rio de Janeiro, 1988.

BETIN, C. **Estrutura em edifícios de concreto armado com pavimentos em laje plana**. Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação de Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, 2007.

FRANÇA, R. L. e S. **Exemplo de cálculo do esforço de 2ª ordem global em um edifício de concreto armado**. IN: Colóquio sobre estabilidade global das estruturas de concreto armado, Instituto

Brasileiro de Concreto, São Paulo, SP, 1985.

FUSCO, P. B. **Estruturas de Concreto**. Solicitações Normais, Estados Limites Últimos. Teoria de Aplicações. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Dois S.A, 1981.

GUARNIER, C.R.F. **Metodologias de detalhamento de Estruturas Metálicas**. Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2009.

MONCAYO, W. J. Z. **Análise de segunda ordem global em edifícios com estrutura de concreto armado**, 2011. 221f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

PITTA, J. A. A. (1988). **Ações devidas ao vento em edifícios de andares múltiplos, edifícios com coberturas do tipo shed e do tipo duas águas com lanternim**. 151p. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SAP2000 PLUS. **Integrated Finite Elements Analysis and Design of Structures. Computers and Structures**, Inc. Berkeley, California, USA. Version 15, 2011.

STAMATO, M. C. **Distribuição das cargas de vento entre os painéis de contraventamento**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1978.

## **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

