

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3



ARMANDO DIAS DUARTE  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA CIVIL 3**



**ARMANDO DIAS DUARTE**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Armando Dias Duarte

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

D812 Coleção desafios das engenharias: engenharia civil 3 /  
Organizador Armando Dias Duarte. - Ponta Grossa -  
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-639-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.390212610>

1. Engenharia civil. I. Duarte, Armando Dias. II. Título.  
CDD 624

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

A coleção de trabalhos intitulada “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Civil 3” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de trabalhos diversos que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que através dos resultados, possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no desenvolvimento profissional.

Os estudos apresentados, foram desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país e também um caso internacional. Em todos esses trabalhos foram apresentadas diversas problemáticas a respeito do estudo de interação solo-estrutura, orçamento de obras, desempenho de materiais, aditivos para materiais da construção civil, análises através da ferramenta Building Information Modelling (BIM), gestão de resíduos **sólidos**, entre outros. Os estudos presentes nos trazem à tona, temas interdisciplinares através da segurança de obras civis, aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Os temas discutidos nesta obra, possuem a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia Civil, com temáticas atuais e que são apresentadas como desafios enfrentados pelos profissionais e acadêmicos, deste modo a obra “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Civil 3”, apresenta uma teoria fundamentada nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que desenvolveram seus trabalhos e pesquisas, os quais serão apresentados de maneira concisa e didática.

A divulgação científica é de suma importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, sendo a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os novos pesquisadores e os que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulguem seus resultados.

Armando Dias Duarte




## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

ANÁLISE DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA EM EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO SOBRE FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS

Mateus Lima Barros

Vinicius Costa Correia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126101>

### **CAPÍTULO 2..... 13**

ANÁLISE DE HASTES DELGADAS EM GRELHAS HIPERESTÁTICAS

Antônio Luís Alves da Cunha

Luiz Carlos Mendes


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126102>

### **CAPÍTULO 3..... 28**

ANÁLISE DE SÓLIDOS INELÁSTICOS SOB DEFORMAÇÃO FINITA USANDO ELEMENTOS BIARTICULADOS 2D E 3D

William Taylor Matias Silva

Sebastião Simão da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126103>

### **CAPÍTULO 4..... 46**


APLICAÇÃO DA NORMA ABNT NBR 16747 (2020) – INSPEÇÃO PREDIAL EM EMPREENDIMENTOS RURAIS – ESTUDO DE CASO

Camilla Cristina Cunha Menezes

Marcos de Paulo Ramos

Thiago Pena Bortone

Rachel Jardim Martini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126104>

### **CAPÍTULO 5..... 58**

APLICAÇÃO DE CURSO EXTENSÃO DE ORÇAMENTO DE OBRAS EM BIM COMPARANDO COM A METODOLOGIA ATUAL DA DISCIPLINA DE ORÇAMENTO DE OBRAS DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE – CAMPUS ESTÂNCIA

Anna Cristina Araujo de Jesus Cruz

José Carlos de Anunciação Cardoso Júnior

Mariana Silveira Araujo

Natália Ramos dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126105>


### **CAPÍTULO 6..... 67**

CORROSÃO NA ARMADURA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DEVIDO AO ATAQUE DE SULFATOS

Henrique Resende dos Santos

Adriano de Paula e Silva

Eduardo Chahud  
Cristiane Machado Parisi Jonov

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126106>

**CAPÍTULO 7..... 78**

**DANOS PÓS INCÊNDIO NA ESTRUTURA DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA. UM ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**


Rodolpho Medeiros Frossard  
Anna Luiza Macachero Victor Rodrigues  
Lara Sandrini  
Matheus Carreiro Zani  
Warribe Lima de Siqueira  
Geilma Lima Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126107>

**CAPÍTULO 8..... 90**

**DEGRADAÇÃO TÉRMICA DE CONCRETOS CONVENCIONAIS SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS E RESFRIAMENTO LENTO**


Moacyr Salles Neto  
Flávio Roldão de Carvalho Lelis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126108>

**CAPÍTULO 9..... 103**

**DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES HOSPITALARES VIA DIMENSÕES MORFOLÓGICAS**


Alyria Donegá  
João da Costa Pantoja

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126109>

**CAPÍTULO 10..... 115**

**DIFICULDADE DOS DISCENTES DE ENGENHARIA CIVIL NA MATÉRIA DE MECÂNICA VETORIAL COMPARANDO OS PARÂMETROS DO ENSINO PRESENCIAL E DO ENSINO REMOTO**

Alessandro Leonardo da Silva  
Emanuela dos Santos Gonzaga  
Gustavo Neves Quintão Gonzales  
Marcelo Robert Fonseca Gontijo  
Thais Prado Vasconcelos Silva  
Rodrigo Silva Fonseca  
Heron Viterbre Debique Sousa  
Ícaro Viterbre Debique Sousa


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261010>

**CAPÍTULO 11..... 125**

**EFEITO DO TEOR e TIPO de CIMENTO NO MÓDULO DE RESILIÊNCIA DE SOLO ARENOSO ESTABILIZADO QUIMICAMENTE**

José Wilson dos Santos Ferreira  
Michéle Dal Toé Casagrande

Raquel Souza Teixeira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261011>

**CAPÍTULO 12..... 136**

ESTUDIOS DE PELIGRO SÍSMICO EN EL MUNICIPIO DE IXHUACÁN DE LOS REYES, VERACRUZ

Gilbert Francisco Torres Morales


Ignacio Mora González

Saúl Castillo Aguilar

René Álvarez Lima

Raymundo Dávalos Sotelo

José Alberto Aguilar Cobos


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261012>

**CAPÍTULO 13..... 150**

ESTUDO DA APLICAÇÃO DO LÁTEX DA SERINGUEIRA AMAZÔNICA (*HEVEA BRASILIENSIS*) COMO ADITIVO EM ARGAMASSA COM CIMENTO PORTLAND PARA MELHORA DE COMPORTAMENTO MECÂNICO

José Costa Feitoza

Natália da Mata Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261013>

**CAPÍTULO 14..... 160**


ESTUDO DE UMA CONTENÇÃO UTILIZANDO FERRAMENTA NUMÉRICA E MÉTODOS APROXIMADOS DE DIMENSIONAMENTO DE TIRANTES

Renathielly Fernanda da Silva Brunetta

Isabela Grossi da Silva

Leandro Canezin Guideli

Vitor Pereira Faro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261014>

**CAPÍTULO 15..... 173**

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO NO GNAISSE MILONÍTICO

Kelly de Oliveira Borges da Costa

Afonso Rangel Garcez de Azevedo

Carlos Maurício Fontes Vieira


Elaine Aparecida Santos Carvalho Costa

Geovana Carla Girondi Delaqua

Gustavo de Castro Xavier

Letícia Borges da Costa

Vinícius Alves Polinicola

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261015>


**CAPÍTULO 16..... 183**

VIGAS DE GRAN ALTURA DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE

Viviana Carolina Rougier

Miqueas Ceferino Denardi

Dario Orestes Vercesi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261016>

**CAPÍTULO 17..... 195**

**GESTÃO E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO: UMA NOVA ABORDAGEM USANDO MODELAGEM 6D**

João Bosco Pinheiro Dantas Filho


Guilherme Bruno de Souza Ribeiro

Pedro Holanda

Bruna Vital Roque

Rodrigo G. Ribeiro

Artur de Almeida Evangelista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261017>

**CAPÍTULO 18..... 206**

**GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS GRAÚDOS COMERCIALIZADOS NOS MUNICÍPIOS DA CHAPADA DO APODI/RN – ANÁLISE COMPARATIVA COM A NORMA NBR 7211/2009**

Renata Samyla Matias Nogueira

Clélio Rodrigo Paiva Rafael

Edna Lucia da Rocha Linhares

Ronald Assis Fonseca

Rokátia Lorrany Nogueira Marinho

Ligia Raquel Rodrigues Santos

Jaiana de Araújo Pinheiro

Carlos Eduardo Carvalho Oliveira

Edyelly Cristtian Galdino Fernandes

Francisco Felinto de Lima Neto

Luzianne Galvão Pimenta

Géssica de Moura Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261018>

**CAPÍTULO 19..... 221**


**INSPEÇÃO PREDIAL EM EMPREENDIMENTOS RURAIS APLICABILIDADE DA NBR 16747**

Camilla Cristina Cunha Menezes

Marcos de Paulo Ramos

Thiago Pena Bortone

Rachel Jardim Martini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261019>

**CAPÍTULO 20..... 232**

**GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Wallace Ribeiro Nunes Neto

Camila Moraes Silva

Pedro Paulo Barbosa Nunes Sobrinho


Carlos Augusto Rocha de Moraes Rego  
Lourival Coelho Paixão  
Marcio Mendes Cerqueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261020>

**CAPÍTULO 21..... 241**

**LOCUS SAECULARIS: MATERIAIS QUE CONSTRÍRAM UMA TRADIÇÃO**


João Hermem Fagundes Tozatto  
Crystian André Montozo Botelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261021>

**CAPÍTULO 22..... 253**

**MODELAGEM NUMÉRICA DE PAREDE DIAFRAGMA ATIRANTADA EM ÁREA URBANA**


Isabela Grossi da Silva  
Renathielly Fernanda da Silva Brunetta  
Leandro Canezin Guideli  
Vitor Pereira Faro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261022>

**CAPÍTULO 23..... 266**

**NOVA TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE TORRES EÓLICAS**

Ilo Borba

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261023>

**CAPÍTULO 24..... 273**

**O CORREDOR BIOCEÂNICO: REESTRUTURAÇÃO TERRITORIAL DE NOVAS HINTERLÂNDIAS**


Carlos Andrés Hernández Arriagada  
Teo Felipe Bruder Gouveia




 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261024>

**CAPÍTULO 25..... 287**

**O MAPA DE DANOS COMO FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO E RESTAURO DE EDIFICAÇÕES: UMA REVISÃO LITERÁRIA**

Lucas Rodrigues Cavalcanti  
Eliana Cristina Barreto Monteiro  
Carlos Fernando Gomes do Nascimento  
Catharina Silveira Rodrigues  
Fabrício Fernando de Souza Lima  
Amanda de Moraes Alves Figueira  
José Maria de Moura Júnior  
Sabrina Santiago Oliveira  
Roberto Revoredo de Almeida Filho  
Flávio Matheus de Moraes Cavalcante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261025>

<b>CAPÍTULO 26.....</b>	<b>302</b>
TREINAMENTO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA O DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO	
João Victor Fernandes Masalkas	
Emerson Felipe Felix	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261026">https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261026</a>	
<b>CAPÍTULO 27.....</b>	<b>316</b>
UMA FORMULAÇÃO ANALÍTICA PARA DETECÇÃO DE PONTOS LIMITES E DE BIFURCAÇÃO	
William Taylor Matias Silva	
Sebastião Simão da Silva	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261027">https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261027</a>	
<b>CAPÍTULO 28.....</b>	<b>333</b>
UTILIZAÇÃO DO CARVÃO OBTIDO A PARTIR DA PIRÓLISE DA CASCA DE ARROZ PARA ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO	
Camila Ribeiro Rodrigues	
Marcelo Mendes Pedroza	
Mayara Shelly Miranda Bequimam	
David Barbosa Dourado	
Danielma Silva Maia	
Marcel Sousa Marques	
Hellen Dayany Barboza Barros	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261028">https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261028</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>338</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>339</b>

Data de aceite: 01/10/2021

### Ilo Borba

Departamento de Engenharia Civil  
Conprel, Construções Projetos e  
Representações Ltda.  
Diretor técnico

**RESUMO:** Neste trabalho, procura-se fornecer as informações básicas sobre novas tecnologias que poderão ser utilizadas nos projetos e nas construções de torres eólicas de concreto armado. Atualmente, são utilizados projetos estruturais compostos de aduelas pré-moldadas, lançadas com guindastes, uma sobre a outra, solidarizadas verticalmente através de cabos de protensão. As citadas aduelas possuem peso da ordem de 50,00 t, sendo lançadas através de guindastes de grande capacidade de carga (200,00 t) e custos de alugueis bastante elevados. Este sistema, muito utilizado nos países desenvolvidos (mão de obra cara e equipamentos baratos), encarece de forma significativa os custos de construção de torres eólicas em nosso País. Além do fato de se tornar necessário a implantação de uma fábrica de pré-moldados para as aduelas, e ainda, ser necessário à utilização de uma logística adequada para proceder aos transportes das mesmas. A nova tecnologia proposta elimina a construção da fábrica de aduelas, a logística para o transporte das mesmas, a utilização dos guindastes de elevados custos, e ainda, a solidarização vertical das aduelas pré-moldadas

através de cabos de protensão. No novo sistema, a torre eólica é projetada em concreto armado, utilizando o processo de forma trepante. Neste trabalho, apresentamos uma comparação de custos do método atualmente utilizado, com a nova tecnologia proposta.

**PALAVRAS - CHAVE:** Torre Eólica, Concreto Armado, Forma Trepante.

## 1 | INTRODUÇÃO

Para efeito da comparação dos custos da nova tecnologia proposta com a atualmente utilizada, foi analisado o projeto estrutural de 60 torres eólicas, com geometria tronco-cônica, em concreto armado, com altura total de 120,00 m, executada pelo sistema de forma trepante, com as seguintes dimensões básicas:

- a) Diâmetro da base = 7,00 m;
- Diâmetro do topo = 3,00 m;
- Espessura da parede = 0,20 m

## 2 | CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS

- a) Concreto estrutural do corpo da torre  
 $F_{ck} = 40$  MPa.
- b) Concreto magro  $F_{ck} = 15$  MPa.
- c) Armação de Aço CA-50
- d) Armação da ligação corpo da torre / fundação = PSB 1080/1230 ( $\phi = 40$  mm).
- e) As paredes da torre deverão ser

executadas com forma trepante.

- f) Turbina da torre tipo Suzlon (S 95 – 2,50 MW).
- g) Diâmetro da hélice da turbina = 90,00 m.
- h) Peso da turbina = 100,00 t.
- i) Força horizontal da turbina = 10,00 t.
- j) Frequencia do motor da turbina = 0,36 Hz.

### 3 I CRITÉRIOS PARA A UTILIZAÇÃO DA FORMA TREPANTE

Uma das alternativas de construção que viabiliza a execução de uma torre eólica de concreto armado, é a utilização do sistema de forma trepante.

Para viabilizar esta análise, contamos com a valiosa colaboração da equipe técnica da Empresa Peri Brasil, Formas e Escoramentos Ltda, a qual externamos os nossos sinceros agradecimentos.

A utilização deste sistema de construção é composta da utilização de formas apropriadas para a execução das paredes, complementadas com a utilização de plataformas trepantes de trabalho adequadas, com o objetivo principal de reduzir bastante o tempo de execução da torre.

O sistema de forma previsto para ser utilizado na execução das paredes da torre eólica é o VARIO GT 24, pelo fato do mesmo possibilitar qualquer tipo de montagem, e ainda, suportar uma pressão máxima do concreto fresco de 100 KN/m<sup>2</sup>.

Os sistemas trepantes (plataformas) poderão ser do tipo CB 240 (para forma externa) e CB 160 (para forma interna), sendo formados pela ligação de perfis verticais basculhantes situados entre as formas e as plataformas, transportado verticalmente através de guindaste com capacidade de carga de 5,00 t.

Por serem de simples manuseio, os sistemas trepantes permitem rápidos ciclos de concretagem e ajustes que atendem as configurações mais diversas.

Entre as diferentes simulações estudadas para o melhor aproveitamento das formas, aquela que apresentou melhores resultados será utilizada nesta análise.

Consideramos a construção de 60 torres, utilizando compensado Rusply (60 utilizações, 25% de perda).

A quantidade de jogos de forma necessária para construção das torres é de 31 unidades, assim distribuídas:

- a) Etapas de concretagem 1 a 30 (H = 3,90 m)
- b) Etapa de concretagem 31 (H = 2,10 m) (última forma externa)

O ciclo de execução do trabalho é de 4 dias corridos, tendo sido obtido da seguinte forma:



Ciclo = 1 dia (armação) + 1 dia (plataforma) + 1 dia (forma) + 1 dia (concretagem)  
 = 4 dias (total)

A cada 4 dias corridos, cada jogo de forma será deslocado horizontalmente.

Portanto, cada etapa de concretagem será executada pelo mesmo jogo de forma.

## 4 | CRONOGRAMAS DE EXECUÇÃO DA FORMA TREPANTE

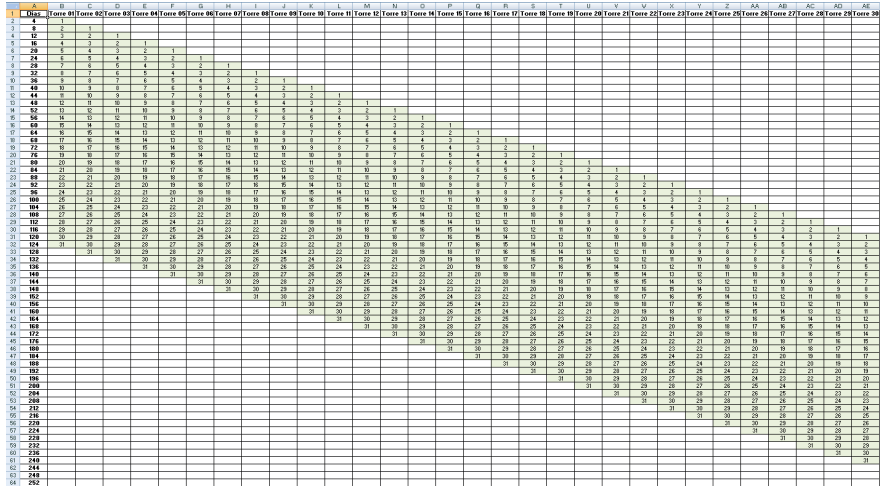


Figura 1 – Cronograma de Execução (Torres 1 a 30)

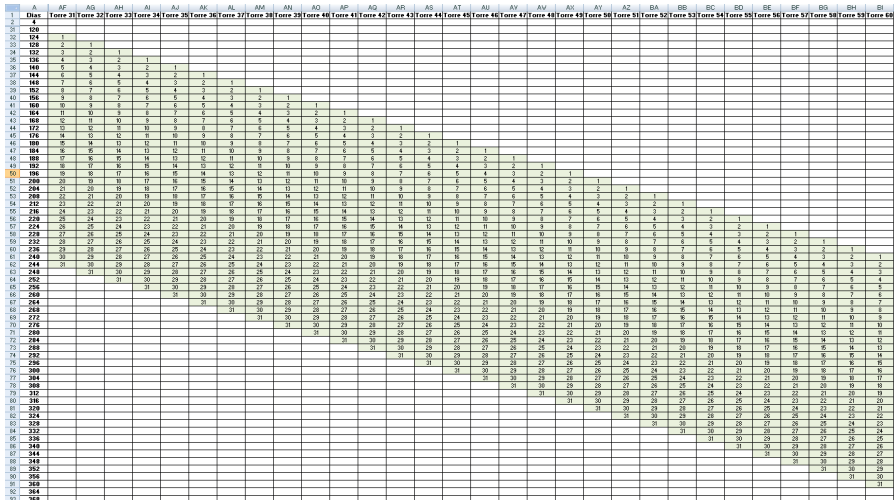


Figura 2 – Cronograma de Execução (Torres 31 a 60)

## 5 | ANÁLISE DE CUSTO PARA A UTILIZAÇÃO DA FORMA TREPANTE

Os custos referentes ao fornecimento das formas trepantes para 1 torre, são obtidos da seguinte forma:

## 5.1 Forma trepante

Locação = R\$ 19.180,12

Venda de serviço de montagem = R\$ 13.855,28

Venda consumíveis da forma = R\$ 927,61

Venda de Cambotas 3D = R\$ 8.262,27

Venda de Compensado = R\$ 10.331,43

Valor total = R\$ 52.556,71

## 5.2 Plataforma trepante

Aluguel = R\$ 39.110,12

Venda plataforma de trabalho = R\$ 6.548,99

Venda de cones perdidos nas concretagens = R\$ 27.137,64

Valor total = R\$ 72.796,75

## 5.3 Escoramento da ultima laje

Aluguel = R\$ 2.717,37

O prazo de execução das 60 torres é de:

1ª torre = 120 dias = 4 meses

2ª a 60ª torre = 4 x 60 = 240 dias = 8 meses

Prazo total = 120 + 240 = 360 dias.

O custo total para a construção das 60 torres, é de:

Forma = 60 x R\$ 52.556,71 = R\$ 3.153.402,60

Plataforma de Trabalho = 60 x R\$ 72.796,75 = R\$ 4.367.805,00

Escoramento = 60 x R\$ 2.717,37 = R\$ 163.042,20

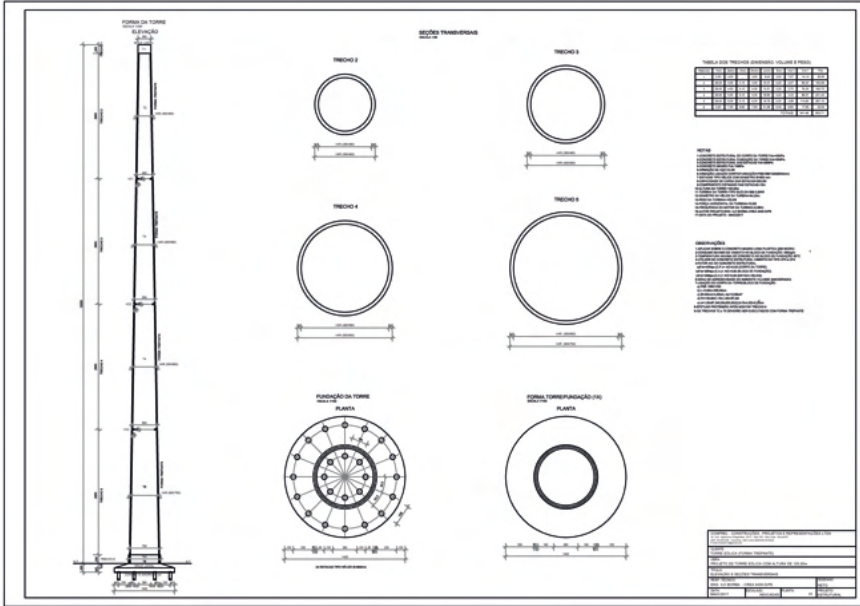
Valor total = 3.153.402,60 + 4.367.805,00 + 163.042,20 = R\$ 7.684.249,80

Portanto, como 1 torre possui uma área total de forma de 3.620,00 m<sup>2</sup>, o custo/m<sup>2</sup>,

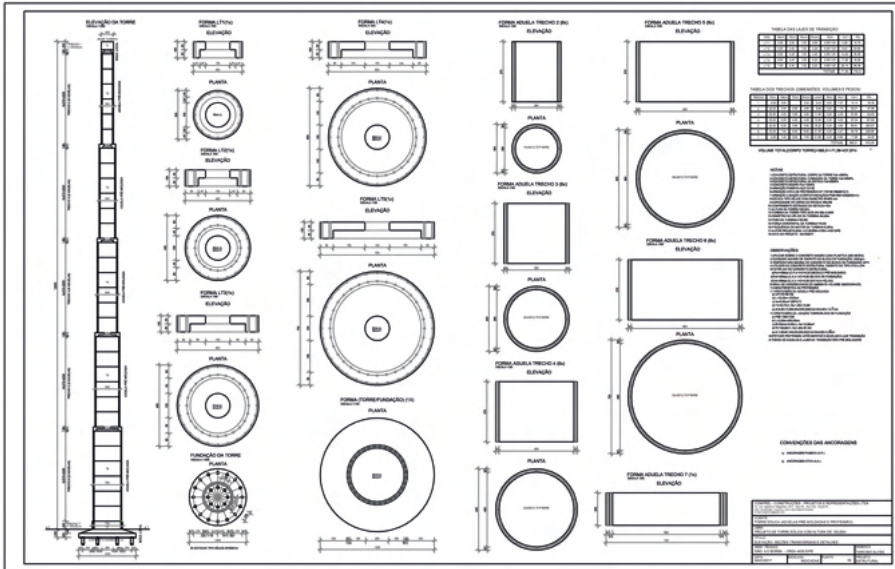
é de:

$C = R\$ 7.684.249,80 / (60 \times 3.620,00) = R\$ 35,38/m^2 = R\$ 36,00/m^2$

# 6 | TORRE EÓLICA (FORMA TREPANTE)



# 7 | TORRE EÓLICA (ADUELAS PRÉ-MOLDADAS E PROTENSÃO VERTICAL)



## 8 | COMPARAÇÃO DE CUSTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE TORRES EÓLICAS

### 8.1 Custo para a construção, utilizando a nova tecnologia (forma trepante).

Custo de construção de 1 torre tronco-cônica de concreto armado, utilizando o processo de forma trepante.

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	UNID.	P.UNIT. (R\$)	P.TOTAL (R\$)
<b>1.0</b>	<b>CORPO DA TORRE EÓLICA</b>				
1.1	Concreto estrutural (Fck = 40 MPa)	342,00	M³	800,00	273.600,00
1.2	Forma trepante	3.620,00	M²	36,00	130.320,00
1.3	Forma convencional (17 mm)	34,00	M²	60,00	2.040,00
1.4	Armação Aço CA-50	51.300,00	Kg	10,00	513.000,00
1.5	Escoramento metálico das vigas	3.000,00	Kg	20,00	60.000,00
				<b>TOTAL =</b>	<b>R\$ 978.960,00</b>

Observações complementares:

No orçamento acima apresentado, não foram considerados os seguintes itens:

- Mão de obra para a montagem da forma trepante (R\$ 30,00/m²)
- Frete para transporte da forma trepante para o local da obra (R\$ 10.000,00/torre).
- Locação de guindastes (2,00 t) para a montagem das formas trepantes (R\$ 70.000,00/torre).

Custo para a construção, utilizando o processo convencional (aduelas pré-moldadas e protensão).

Custo de construção de 1 torre com aduelas pré-moldadas, lançadas através de guindaste (200,00 t), solidarizadas através de cabos de protensão.

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	UNID.	P.UNIT. (R\$)	P.TOTAL (R\$)
<b>1.0</b>	<b>CORPO DA TORRE EÓLICA</b>				
1.1	Concreto estrutural (Fck = 40 MPa)	438,00	M³	800,00	350.400,00
1.2	Forma convencional aduelas (17 mm)	3.470,00	M²	60,00	208.200,00
1.3	Forma convencional lajes transição (17 mm)	160,00	M²	60,00	9.600,00
1.4	Armação Aço CA-50	65.700,00	Kg	10,00	657.000,00
1.5	Armação ativa aço (6 Ø 12,7 CP 190 RB)	17.520,00	Kg	15,00	262.800,00

1.6	Protensão ativa (6 Ø 12.7 CP 190 RB)	120,00	Ud	1.500,00	180.000,00
1.7	Protensão passiva (6 Ø 12.7 CP 190 RB)	120,00	Ud	1.000,00	120.000,00
1.8	Lançamento aduela pré-moldada (P = 24/52) t	30,00	Ud	20.000,00	600.000,00
1.9	Lançamento laje transição (P = 11/53) t	5,00	Ud	20.000,00	100.000,00
				<b>Sub-total 1 =</b>	<b>R\$ 2.488.000,00</b>

Observações complementares:

No orçamento acima apresentado, não foram considerados os seguintes itens:

- Cota referente a implantação de fábrica de aduelas (R\$ 20.000,00/torre).
- Frete para transporte das aduelas (R\$ 90.000,00/torre).

## 9 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme se pode observar através dos orçamentos acima apresentados, o valor obtido para a construção de 1 das torres de um parque eólico que possui 60 torres, é de R\$ 978.620,00, desde que seja obedecida a metodologia de execução apresentada neste trabalho.

O valor acima é bastante inferior ao valor atualmente praticado pelo mercado (R\$ 2.488.000,00), para executar um produto com características semelhantes.

É claro que, se aumentarmos o número de torres a executar, e ainda, se for adotada a mesma metodologia que foi apresentada neste trabalho, poderá se obter um custo de construção ainda mais reduzido.

## REFERÊNCIAS

Joseph E. Bowles, Foundation Analysis and Design, Associate Professor of Civil Engineering, Bradley University, 1968.

Gregory P. Tschebotarioff, Foundations, Retaining and Earth Structures, The Art of Design and Construction and Its Scientific Basis in Soil Mechanics, 1973.

Walter Pfeil, Concreto Armado: Dimensionamento, Livros Técnicos e Científicos, Editora da Universidade de São Paulo/SP, 1975.

Jayme Mason, Concreto Armado e Protendido, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 1976.

Walter Pfeil, Michèle Pfeil, Estruturas de Aço, Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008, LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2009.

Roberto Buchaim, Concreto Protendido, Tração Axial, Flexão Simples e Força Cortante, Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2007.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Altas Temperaturas 78, 79, 87, 88, 90, 91, 102, 173, 174, 175, 180

Análise Estrutural 115, 119, 122, 124, 255

Argamassa 83, 92, 150, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 244, 249, 295, 300

Arquitetura Hospitalar 103, 107, 112

Avaliação de Desempenho 103, 104, 106, 107, 112, 113

### B

Bim 3, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

BIM 5D 58, 59, 61, 65

### C

Cimento 67, 71, 73, 79, 80, 84, 90, 91, 92, 94, 95, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 150, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 162, 163, 164, 165, 207, 245, 254, 258, 304

Concreto 1, 2, 5, 12, 46, 57, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 101, 112, 114, 152, 153, 158, 159, 175, 192, 207, 220, 245, 246, 251, 254, 259, 266, 267, 271, 272, 299, 300, 302, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 312, 313, 314

Concreto Armado 1, 2, 5, 46, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 76, 78, 80, 82, 83, 88, 245, 246, 254, 266, 267, 271, 272, 302, 303, 304, 307, 308, 312, 313

Contenções 160, 172, 253, 255, 265

Corrosão das armaduras 67, 68, 69, 72, 75, 80, 82

### D

Decreto 58, 60, 61, 65, 66, 290, 299

Deep Beams 183, 193, 194

Degradação 48, 76, 80, 87, 90, 91, 92, 102, 105, 177, 289, 294, 295, 297, 300, 337

Disseminação 58, 60, 61, 66

Durabilidade 52, 56, 69, 75, 76, 78, 80, 88, 108, 113, 126, 173, 174, 175, 181, 207, 297, 298

### E

Elementos de barra biarticulados 29, 44, 317

Ementa 58, 60, 62

Empreendimentos Rurais 46, 47, 49, 55, 56

Engenharia Civil 3, 1, 12, 28, 48, 58, 60, 62, 63, 88, 90, 113, 115, 116, 117, 125, 134, 135, 150, 172, 195, 220, 265, 266, 291, 292, 303, 304, 316, 338

Engenharia Diagnóstica 78, 80

## **F**

Fundações Superficiais 1, 2, 3, 4, 12, 265

## **G**

Gnaisse 173, 174, 175, 176, 179, 180

Grelhas Hiperestáticas 13, 14, 26

## **H**

Hastes de Paredes Delgadas 14, 27

Hospital Architecture 103

## **I**

Incêndio 51, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 87, 90, 92, 97, 101, 108, 110, 111, 112, 175

Inspeção Predial 46, 47, 48, 49, 52, 55, 56, 57, 103, 109

Interação Solo-Estrutura 3, 1, 2, 3, 5, 11, 12, 254, 255, 265

Íons Sulfatos 67, 69, 72, 73, 75

## **L**

Látex da seringueira 150, 151, 157

## **M**

Máquinas de ar condicionado 195, 196, 198, 199, 201, 202, 203

Mecânica Vetorial 115, 116, 117, 118, 119

Metodologia Empírico-Mecanística 125, 134

Microzonificación, Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo 136

Modelagem 6D 195

Módulo de Resiliência 125, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135

## **P**

Patologias 47, 48, 56, 57, 76, 115, 291, 296, 298, 300

Pavimentação 125, 129, 134, 135, 239

Performance Evaluation 103

## **R**

Recalque 1, 3, 4, 263

## **S**

SAP2000 1, 2, 3, 5

SFRC 183, 193

Shear Strength 183, 193

Solo-Cimento 125, 126, 128, 131, 133, 134, 135

## **T**

Tensão de bimomento 13, 24, 26

Tensão de flexão 13, 26, 27

Tratamento Térmico 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181

Treliça 28, 29, 40, 116, 119, 120, 316, 317, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 330, 331



# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA CIVIL 3

- 
-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
  -  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
  -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
  -  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA CIVIL 3

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)