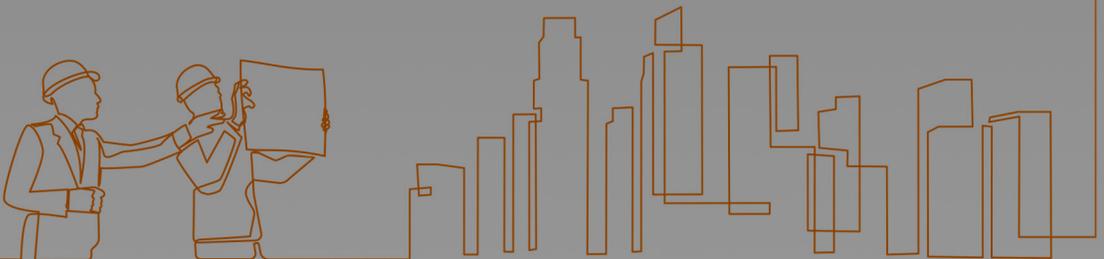


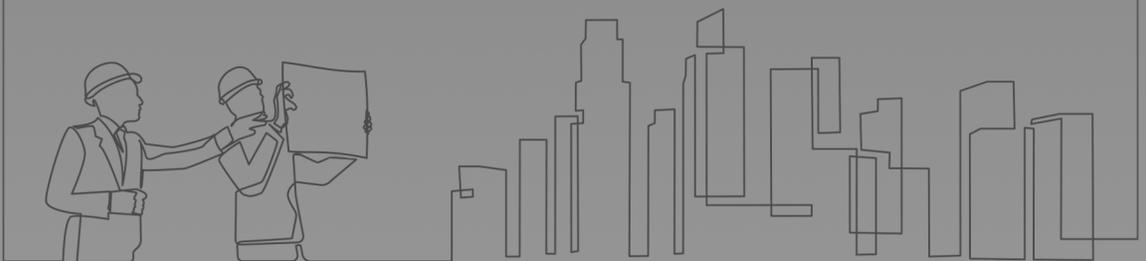
# TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

**Edna Alves Oliveira  
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco  
(Organizadores)**



# TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

**Edna Alves Oliveira  
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco  
(Organizadores)**



**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
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. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

## Tecnologia em materiais e processos construtivos

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Edna Alves Oliveira  
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco

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

T255 Tecnologia em materiais e processos construtivos /  
Organizadores Edna Alves Oliveira, Luiz Antônio  
Melgaço Nunes Branco. – Ponta Grossa - PR: Atena,  
2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-589-1

DOI 10.22533/at.ed.891201811

1. Tecnologia. 2. Materiais e processos construtivos. I.  
Oliveira, Edna Alves (Organizadora). II. Branco, Luiz Antônio  
Melgaço Nunes (Organizador). III. Título.

CDD 601

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.

## APRESENTAÇÃO

O homem sempre buscou na natureza, esse rico conjunto de elementos envolvendo mares, rios, lagos, terras, flora e fauna, sua capacidade de sobrevivência. Primitivamente caçando e coletando, vivendo no nomadismo até o surgimento das primeiras comunidades, quando sua capacidade e habilidades lhe permitiram perceber que não havia mais necessidade de tantos deslocamentos. A ideia de recurso como insumo estava clara. Havia abundância de materiais e com adequação ferramental a vida evoluía. Era o início de conquistas e realizações na área do conhecimento humano. Ocorriam, portanto, os primeiros passos no campo da experimentação científica, fato que permitiu, ao longo do tempo, a expansão da visão de mundo, bem como o domínio e controle cada vez mais maior dentro de uma vida já em sociedade.

Dentre as várias áreas do saber que evoluíram desde então, surge a engenharia como uma grande aplicadora desse conhecimento, transformando os recursos naturais ou gerando bens que são necessários e largamente utilizados para o desenvolvimento tecnológico. Dessa forma, a técnica, a metodologia e a instrumentação no mundo são uma constante e embasam toda a vida humana contemporânea. E tomada, então, como referencial, a tecnologia requer um olhar atento sobre o qual o trabalho repousa. Atualmente, o método científico tende a ser dominante e hegemônico, caracterizando-se por uma ciência experimental, por isso, a instrumentação e a medição são formas de garantir a confiabilidade de resultados. Para tal e perante tantas possibilidades de materiais, técnicas e ensaios, é necessário aprender a lidar com o novo que emerge a cada momento. Um dos paradigmas da educação que se aplica, nesse caso, é a formação de profissionais sobretudo na área tecnológica não apenas dotando-os de elementos técnicos para dominar uma realidade, mas permitindo-lhes compreender o significado e tendências dessa mesma realidade.

Nesse sentido, esta publicação é uma modesta contribuição a esse processo de formação e todos capítulos são oriundos de atividades de pesquisas desenvolvidas e conduzidas diretamente pelos autores.

Os organizadores desejam expressar agradecimentos a todos que graciosamente se dispuseram a colaborar nesta publicação e esperam que a leitura possa ser enriquecedora e fonte de inspiração.

Edna Alves Oliveira

Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco

Belo Horizonte, agosto/2020

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE UMA HABITAÇÃO POR MEIO DE TRÊS MÉTODOS CONSTRUTIVOS**

Cynara Fiedler Bremer  
Mariana Tonini de Araujo

**DOI 10.22533/at.ed.8912018111**

### **CAPÍTULO 2..... 15**

#### **AVALIAÇÃO DA MICROESTRUTURA E DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO COM INCORPORAÇÃO DE BACTÉRIAS DO GÊNERO BACILLUS SUBTILIS**

Gláucia Nolasco de Almeida Mello  
Samuel Ângelo Santiago

**DOI 10.22533/at.ed.8912018112**

### **CAPÍTULO 3..... 27**

#### **COMPORTAMENTO AO CISALHAMENTO DE MINI PAREDES EXECUTADAS COM BLOCOS ENCAIXÁVEIS DE SOLO CIMENTO**

Juliana Moreira Senna Guimarães  
Edna Alves Oliveira  
João Batista Santos de Assis

**DOI 10.22533/at.ed.8912018113**

### **CAPÍTULO 4..... 46**

#### **ESTUDOS DE IMPLANTAÇÃO DE COBERTURAS VERDES EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE**

Adriano de Paula e Silva  
Cristiane Machado Parisi Jonov  
Priscila Salvador Santos

**DOI 10.22533/at.ed.8912018114**

### **CAPÍTULO 5..... 65**

#### **PLANEJAMENTO DE CRONOGRAMAS FÍSICO FINANCEIROS UTILIZANDO LINHA DE BALANÇO E TECNOLOGIA BIM**

Danielle Meireles de Oliveira  
Sidnea Eliane Campos Ribeiro  
Aldo Giuntini de Magalhães  
Sérgio Geraldo dos Reis Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.8912018115**

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>75</b>
<b>POSSIBILIDADE DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSA E CONCRETO COM RESÍDUOS DE MARMORES E GRANITOS</b>	
Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco André Ricardo de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8912018116</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>88</b>
<b>TIJOLITO – SISTEMA AG CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA</b>	
João Batista Santos de Assis Juliana Senna Guimarães Rúbia Nunes Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8912018117</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>101</b>
<b>VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS MISTOS EM CONCRETO E BLOCO CERÂMICO PARA VEDAÇÃO</b>	
Jamile Salim Fuina Bernardo Caetano Chaves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8912018118</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>117</b>

## ESTUDOS DE IMPLANTAÇÃO DE COBERTURAS VERDES EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE

### **Adriano de Paula e Silva**

Prof. Titular da Escola de Engenharia da UFMG, [apsilva@demc.ufmg.br](mailto:apsilva@demc.ufmg.br)

### **Cristiane Machado Parisi Jonov**

Prof<sup>ª</sup> Adjunto da Escola de Engenharia da UFMG, [cparisijonov@demc.ufmg.br](mailto:cparisijonov@demc.ufmg.br)

### **Priscila Salvador Santos**

Mestre em Construção Civil, UFMG, [prisalvadorbh@gmail.com](mailto:prisalvadorbh@gmail.com);

**RESUMO:** É apresentado um estudo de implantação de modelos de coberturas verdes em edificações residenciais do Município de Belo Horizonte, Minas Gerais. Foram definidos 6 tipos de projetos que representassem as tipologias das edificações do município, e estabelecidos 3 modelos de cobertura verde a serem implantados nos respectivos projetos. O estudo utiliza como base, projetos-padrão das edificações do Município de Belo Horizonte, especificados por Chaib (2016). O tema é bastante conhecido no âmbito internacional, porém no Brasil é novo, principalmente para o município de Belo Horizonte, para o qual existem poucos estudos. Para o desenvolvimento do trabalho, foi realizado um estudo de caso a partir de visita técnica a cobertura verde de um Centro de Promoção da Saúde localizada no município de Belo Horizonte. A visita auxiliou na definição dos modelos de cobertura verde e no levantamento dos serviços necessários para a realização da cobertura. A partir da definição dos serviços, foram obtidos os custos unitários de implantação dos modelos

de cobertura verde, no qual foi levado em consideração a tipologia de projeto, o encargo social desonerado e os valores de horista. As análises realizadas levaram a conclusão que apesar do alto custo de implantação dos modelos adotados, o modelo 1 é viável para as tipologias de edificações adotadas, e os modelos 2 e 3 necessita de um estudo maior quanto ao impacto do mesmo na estrutura da edificação.

**PALAVRAS CHAVE:** Edificação. Cobertura verde. Vegetação. Custo de implantação.

### GREENHOUSE IMPLANTATION STUDIES IN RESIDENTIAL BUILDINGS IN THE MUNICIPALITY OF BELO HORIZONTE

**ABSTRACT:** It is presented a study of the implantation of models of green coverage in residential buildings of the Municipality of Belo Horizonte, Minas Gerais. Six types of projects were selected that represent the typologies of the buildings of the municipality, and three models of coverage are implanted in the previous projects. The study used basis, standard designs of the buildings of the Municipality of Belo Horizonte, separated by Chaib (2016). The theme is well known in the international arena, but in Brazil it is new, mainly for the municipality of Belo Horizonte, for the qualities few studies. The development of the work was done from the clinical case study of a health institution in the region of Belo Horizonte. The visit assisted in the choice of models of green coverage and no request of the services needed to perform the coverage. From the framework of the services, the unit costs were excluded from the implementation of the green cover models, a project typology, the social charge discharged and the hourly values were not taken into account. The published analyzes led to the conclusion of a process of adoption of adopted data models,

model 1 is feasible for typologies of adopted buildings, and models 2 and 3 need a greater knowledge about the impact of the same in the structure of the building.

**KEYWORDS:** Edification. Green roof. Vegetation. Deployment cost.

## INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, a ocupação urbana em várias partes do mundo cresceu de forma desordenada e junto cresceram os problemas gerados por ela. No Brasil, a urbanização acelerada trouxe com ela problemas como: enchentes, a falta de conforto térmico e acústico nas edificações e altos gastos de energia devido à falta de luz natural.

Nos últimos anos as inundações nas cidades brasileiras se tornaram cada vez mais frequentes e devastadoras, o que levou à realização de vários estudos sobre o tema. As inundações podem causar impactos sociais e econômicos através da perda de bens materiais e imateriais; do alto custo dos trabalhos de recuperação das edificações das áreas atingidas; dos danos à infraestrutura urbana; dos prejuízos indiretos causados pelos custos de congestionamentos e dos lucros cessantes (JONOV, 2012).

Os telhados verdes vêm sendo utilizados ao longo da história, mas para diversas finalidades como: estéticas, vernaculares, lazer, ecológicas e por fim sustentáveis (BALDESSAR, 2012). Pode-se definir o telhado verde como acessível, que se caracteriza por ser uma área aberta ao uso de pessoas gerando benefícios sociais aos seus usuários e agregando valor ao edifício; e inacessível, o qual não permite a circulação de pessoas, podendo ser planos, inclinados e curvos (OLIVEIRA, 2009).

A tecnologia chamada de telhado verde é composta, de modo geral, pela sobreposição de camadas, dentre as quais estão: a estrutura da cobertura (estrutura do teto), a impermeabilização (membrana à prova d'água), a barreira anti-raiz, a camada de drenagem, a camada filtrante (filtro de impurezas), o substrato (solo) e a vegetação (PLACITELLI, 2010).

Os telhados verdes, de acordo com Lima (2013), são uma ótima alternativa, pois permitem: a retenção das águas, devido à presença de substrato e vegetais que auxiliam nesta função; a possibilidade de reuso das águas retidas durante as precipitações; a agricultura urbana; e a redução de impostos como meio de incentivar o crescimento dessa ferramenta, um fator pouco citado pelos demais autores pesquisados. Porém ressalta que no Brasil, os telhados verdes são considerados desnecessários por algumas comunidades e de valor apenas estético para classes financeiras altas, mesmo difundidos em diversos países como Alemanha, Espanha, Suíça entre outros. Reforça ainda a falta de apoio e/ou incentivo do poder público para sua implantação desta tecnologia nas áreas urbanas.

Os telhados verdes podem ser construídos sobre superfícies planas ou telhados inclinados. Segundo Thomaz (2008) para que a água não escorra muito rápido, o sistema é aplicado em telhados quase planos com inclinação de aproximadamente 5°, para inclinações acima de 20°, outras estruturas para conter o fluxo de água devem ser feitas.

Segundo Kibert (2012) os telhados verdes podem ser classificados como intensivos e extensivos. Os sistemas extensivos têm como característica possuir uma baixa manutenção e exigirem pouca ou nenhuma irrigação e adubação. Os tipos de plantas mais adequadas

para este sistema são as nativas e alguns tipos de plantas exóticas que estejam adaptadas à região e que necessitem de pouca manutenção (de acordo com estudos feitos no Brasil). No caminho inverso estão os sistemas intensivos que necessitam de alta manutenção, devido aos gramados e vegetações de médio e grande porte, como arbustos e árvores característicos. Devido ao porte maior da vegetação, os sistemas intensivos são mais complexos e pesados do que os extensivos e requerem maior investimento e manutenção. A espessura do substrato no sistema extensivo varia entre 2 a 15 cm, enquanto no intensivo é de 20 cm ou mais (MAGALHAES, 2015).

Diferentemente do Baldessar (2012), a IGRA (2017) classifica o telhado verde em três formas:

(a) Extensivo: caracterizado por baixa manutenção; não necessita de irrigação; a camada de substrato contém poucos nutrientes, o que permite altura entre 6 a 20 cm; a capacidade de carga é baixa, entre 60 a 150 kg/m<sup>2</sup>; o custo de instalação é considerado baixo; a vegetação principal é de gramíneas e ervas, plantas menos exigentes e de crescimento baixo; apropriado para locais que não se destinam ao uso como jardins.

(b) Semi-intensivo: necessita de manutenção e irrigação periódica; o substrato tem de 12 a 25 cm; o peso médio de 120 a 250 kg/m<sup>2</sup>, o custo de instalação é médio, a vegetação característica são as gramíneas, ervas e arbustos; e sua característica é ser um telhado verde projetado.

(c) Intensivo: é um sistema de alta manutenção; a irrigação e a fertilização devem ser realizadas regularmente; a altura do substrato está entre 15 a 40 cm; o peso médio entre 180 a 500 kg/m<sup>2</sup>; necessita de alto custo de instalação; a vegetação é composta de arbustos, árvores, plantas perenes e gramas; propício para ser utilizado como um jardim.

De acordo com um estudo realizado por Vacilikio e Fleischfresser (2011), ao comparar a temperatura interna de dois ambientes idênticos, sendo um com cobertura convencional e outro com telhado verde, verificou-se a redução da amplitude térmica quando o telhado verde é utilizado, contribuindo para o conforto térmico do ambiente (Figura 1).

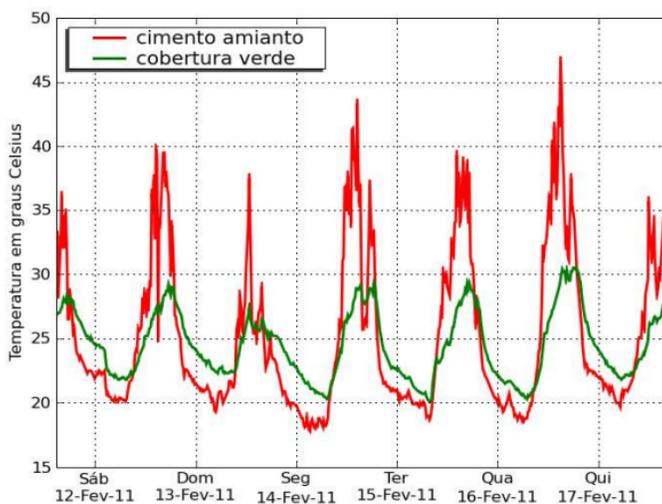


Figura 1 - Comparação das temperaturas internas

Fonte: Vacilikio e Fleischfresser (2011)

Segundo Palla et al. (2010 apud REDA, TANZILLO e COSTA, 2012), os telhados verdes têm como fundamental característica a capacidade de retenção e detenção de águas pluviais. O ciclo hidrológico de uma região urbana pode ser restaurado com a utilização, em boa parte das edificações, de telhados verdes (Figura 2).

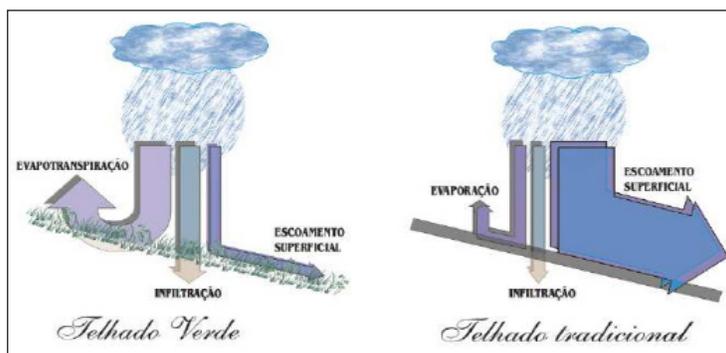


Figura 2 - Evapotranspiração x Evaporação

Fonte: Laar (2001 apud OLIVEIRA 2009)

## Projetos-Padrão do Município

Chaib (2016) realizou um estudo de caso no qual fez uma organização do cadastro de edificações residenciais unifamiliares (casas) e multifamiliares (edifícios de apartamentos) existentes no município de Belo Horizonte, determinando projetos-padrões para cada situação. Esta organização das edificações foi realizada através de

características como: área de cobertura, padrão construtivo e altura. O autor, por meio da correlação de cinco projetos-padrão residenciais unifamiliares e dez multifamiliares, reduz e compatibiliza a variabilidade das edificações, utilizando como base, principalmente a NBR12.721 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006). Conforme Tabela 1, Chaib (2016) estabeleceu três projetos-padrão a mais que os da norma: R1-X (unifamiliar), R8-X e R8-Y (multifamiliares) e determinou o número de edificações existentes no município correspondente a cada projeto-padrão.

Projetos-Padrão – Nomenclatura e características gerais	
Unifamiliares (casas)	
RP1-Q	Residência unifamiliar popular (1 pavimento)
R1-B	Residência unifamiliar padrão baixo (1 pavimento)
R1-N	Residência unifamiliar padrão normal (1 pavimento)
R1-A	Residência unifamiliar padrão alto (1 pavimento)
R1-X <sup>(1)</sup>	Residência unifamiliar padrão luxo (2 pavimentos)
Multifamiliares (edifícios de apartamentos)	
PIS	Residência multifamiliar – projeto de interesse social (térreo e 4 pavimentos-tipo)
PP-B	Residência multifamiliar – padrão baixo (térreo e 3 pavimentos-tipo)
R8-B	Residência multifamiliar – padrão baixo (térreo e 7 pavimentos-tipo)
PP-N	Residência multifamiliar – padrão normal (pilotis e 4 pavimentos-tipo)
R8-N	Residência multifamiliar – padrão normal (garagem, pilotis e 8 pavimentos-tipo)
R8-Y <sup>(1)</sup>	Residência multifamiliar – padrão normal (garagem, pilotis e 8 pavimentos-tipo)
R16-N	Residência multifamiliar – padrão normal (garagem, pilotis e 16 pavimentos-tipo)
R8-A	Residência multifamiliar – padrão alto (garagem, pilotis e 8 pavimentos-tipo)
R8-X <sup>(1)</sup>	Residência multifamiliar – padrão alto (garagem, pilotis e 8 pavimentos-tipo)
R16-A	Residência multifamiliar – padrão alto (garagem, pilotis e 16 pavimentos-tipo)

Tabela 1 – Nomenclatura dos projetos-padrão de edificações residenciais

Fonte: Chaib (2016).

Chaib (2016) também identificou as faixas de áreas de projeção de cobertura de cada edificação residencial enquadrando-as de acordo com os projetos-padrão (Tabela 2).

Critério 1: Áreas de projeção de cobertura (m <sup>2</sup> )	Critério 2: Altura dos edifícios (m)	Enquadramento com os projetos- padrão	
A<200	-	PIS	Padrão baixo
200≤A<220	H<17	PP-B	Padrão baixo
	H≥17	R8-B	
220≤A<370	H<20	PP-N	Padrão normal
	20≤H<35	R8-N	
	H≥35	R16-N	
370≤A<750	H<35	R8-A	Padrão alto
	H≥35	R16-A	
750≤A<1.000	H<35	R8-X	Padrão alto
1.000≤A<1.400	H<35	R8-Y	Padrão normal

Tabela 2 – Enquadramento dos edifícios com os projetos-padrão multifamiliares

Fonte: Chaib (2016).

Diante do exposto, o principal objetivo deste trabalho é propor a implantação de modelos de cobertura verde em projetos de edificações padrão, do tipo multifamiliares, no município de Belo Horizonte.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Coleta de Dados

O estudo, realizado no município de Belo Horizonte, contou inicialmente com uma visita técnica realizada a um Centro de Promoção da Saúde, edificação com sistema de cobertura verde licenciada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente do município de Belo Horizonte (Figura 3). A partir das visitas ao edifício, foi elaborado um estudo de caso com pesquisas de campo e vistorias da edificação.



Figura 3- Localização do Centro de Promoção da Saúde

Fonte: adaptado de Google Earth (2017).

Esse Centro de Promoção da Saúde foi escolhido para visita, através de indicação da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA) de Belo Horizonte, que listou alguns empreendimentos licenciados pela secretaria, que poderiam ser visitados. A fim de conhecer melhor a edificação, o funcionamento e manutenção de uma cobertura verde, foi então realizada visita técnica no ano de 2017, acompanhada pelos professores do Departamento de Engenharia de Materiais de Construção (DEMC) e Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG (EHR).

A cobertura verde da edificação é do tipo intensivo, com a presença de vegetação de porte pequeno a grande. A vegetação utilizada requer constante adubação e irrigação (Figura 4).



Figura 4 - Cobertura verde do Centro de Promoção da Saúde

Fonte: Autores

## Projetos adotados

A partir dos projetos-padrão multifamiliares e das áreas de projeção de cobertura para o município de Belo Horizonte estabelecida por Chaib (2016), foram definidos seis tipos de projetos de edificação. Cada edificação foi denominada conforme Tabela 3.

Nomenclatura da Edificação	Caracterização da Edificação			
	Enquadramento com os projetos-padrão*		Áreas de projeção de cobertura (m <sup>2</sup> )*	Altura dos edifícios (m)*
Projeto 1	PIS	Padrão baixo	A<200	-
Projeto 2	PP-B	Padrão baixo	200≤A<220	H<17
	R8-B			H≥17
Projeto 3	PP-N	Padrão normal	220≤A<370	H<20
	R8-N			20≤H<35
	R16-N			H≥35
Projeto 4	R8-Y	Padrão normal	1.000≤A<1.400	H<35
Projeto 5	R8-A	Padrão alto	370≤A<750	H<35
	R16-A			H≥35
Projeto 6	R8-X	Padrão alto	750≤A<1.000	H<35

Tabela 3 – Definição tipos de Edificação

\*Dados Chaib (2016)

Fonte: Elaboração própria baseada em informações de Chaib (2016).

Para os projetos 1, 4 e 6 não foram possíveis obter o projeto padrão para utilizar como base da amostragem. No caso do Projeto 1 (projeto-padrão PIS), o layout não foi disponibilizado pela CBIC (*Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil*); já os Projetos 4 e 6, cujos respectivos projetos padrões são R8-Y e R8-X, foram desenvolvidos por Chaib (2016) para adequar aos projetos padrões do município de Belo Horizonte, os modelos não estão contemplados na NBR 12.721 (ABNT, 2006), e por consequência, não foram desenvolvidos projetos pelo CBIC.

Para o desenvolvimento dos projetos 4 e 6 foram utilizados como base dados os projetos padrão H16-N e R16-A da NBR 12.721 (ABNT, 2006); já para os layouts dos projetos 1, 4 e 6 foram utilizados os projetos padrão PP-B, H16-N e R16-A disponibilizados pelo CBIC.

As características dos seis projetos adotados são apresentadas a seguir:

(a) Projeto 1:

projeto: Elaboração própria;

faixa da área de cobertura: < 200 m<sup>2</sup>;

padrão: baixo;

característica: térreo + 4 pavimentos tipos com total de 20 unidades residenciais

(b) Projeto 2:

projeto: CBIC;

faixa da área de cobertura: 200 ≤ A < 220 m<sup>2</sup>;

padrão: baixo;

característica: térreo + 3 pavimentos tipos; total de 16 unidades residenciais

(c) Projeto 3:

projeto: CBIC;

faixa da área de cobertura:  $220 \leq A < 370 \text{ m}^2$ ;

padrão: normal;

característica: pilotis + 4 pavimentos tipo; total de 16 unidades residenciais

(d) Projeto 4:

projeto: Elaboração própria;

faixa da área de cobertura:  $1000 \leq A < 1400 \text{ m}^2$ ;

padrão: normal;

característica: garagem + pilotis + 8 pavimentos tipo; total de 64 unidades residenciais

(e) Projeto 5:

projeto: CBIC;

faixa da área de cobertura:  $370 \leq A < 750 \text{ m}^2$ ;

padrão: alto;

característica: garagem + pilotis + 8 pavimentos tipo; total de 16 unidades residenciais

(f) Projeto 6:

projeto: Elaboração própria;

faixa da área de cobertura:  $750 \leq A < 1000 \text{ m}^2$ ;

padrão: alto;

característica: subsolo + pilotis + 8 pavimentos tipo com total de 32 unidades residenciais

## Modelos adotados

Definidos os seis tipos de projetos a serem trabalhados, foram estudados as implantações de três modelos de cobertura verde para cada um dos projetos. Os modelos escolhidos foram adequados aos tipos de edificações estudadas, que no caso, são edificações já existentes cujas coberturas foram projetadas para receber uma carga “x”. A mudança do tipo de uso da cobertura irá acarretar em novas cargas sobre a laje, por esse motivo, optou-se por trabalhar com modelos que iram carregar menos a estrutura da edificação.

O sistema de aplicação de cobertura verde utilizado nos modelos adotados é a aplicação contínua, ou seja, o substrato é aplicado diretamente sobre a base impermeabilizada com todas as outras diferentes camadas. Os modelos de cobertura verde adotados foram:

(a) Modelo 1:

São retiradas as telhas e mantida a estrutura do telhado, que servirá como base da cobertura. A cobertura verde, composta por uma espécie de vegetação, é do tipo extensiva. A cobertura ocupa 100% da área do telhado existente e não tem área destinada ao uso comum dos moradores.

(b) Modelo 2:

A estrutura do telhado é removida e a cobertura verde é instalada sobre uma parte

da laje da cobertura. A cobertura verde, composta por uma espécie de vegetação, é do tipo extensiva. A cobertura tem uma parte da área destinada ao uso comum dos moradores.

(c) Modelo 3:

A estrutura do telhado é removida e a cobertura verde é instalada sobre uma parte da laje da cobertura. A cobertura verde é do tipo semi-intensiva, composta por duas ou mais espécies de vegetação. A cobertura tem uma parte da área destinada ao uso comum dos moradores.

### **Serviços de engenharia necessários para a implantação dos modelos de coberturas verdes adotados**

A partir dos Modelos 1, 2 e 3 propostos, foram detalhados os serviços de engenharia, necessários para a implantação das coberturas verdes nos projetos adotados. Para cada serviço, foram criadas as composições de preço unitário, também denominada CPU, que é composta pelo custo da mão de obra, custo dos materiais e custo dos equipamentos.

Na composição de preço unitário de cada serviço, foram adotados os valores do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil do estado de Minas Gerais, referente ao mês de maio de 2018 (SINAPI, 2018). Para a composição da mão de obra, foi considerado o encargo social desonerado e os valores de horista. Já para a composição dos insumos que não foram encontrados diretamente na SINAPI, foram realizadas pesquisas de preços dos insumos na região de Belo Horizonte e utilizado a média entre os valores encontrados.

Após finalizar as CPU's é feita a Relação de Insumos e Preços (RIP), para cada modelo adotado. Depois de preenchida a RIP, foi realizado o levantamento de quantidades e preços para obter o valor do custo da implantação do telhado verde dos Projetos 1 a 6, para cada um dos três modelos estudados.

Com base nas informações já obtidas, foram levantados os custos unitários de implantação da cobertura verde por metro quadrado para cada um dos projetos, de acordo com os modelos estudados.

Para a elaboração do custo unitário levam-se em consideração os custos diretos, os custos indiretos e o lucro. Os custos diretos foram calculados a partir da CPU, e o custo indireto e o lucro fazem parte do cálculo dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI). Na construção civil o BDI varia com o tipo de construção a ser executada, e não é um índice absoluto, pois as condições de cálculo e o preço de venda são específicos para cada caso. Os valores médios praticados pelas construtoras variam entre 20 a 50 por cento, sendo assim foi adotado o valor abaixo:

(a) BDI = 30%

## RESULTADOS

### Detalhamento Cobertura Verde

Foram definidos três modelos de cobertura verde a serem implantados nas edificações propostas. Os modelos apresentam características diferenciadas de acordo com cada tipo de projeto adotado:

(a) Modelo 1:

Caracteriza-se pela implantação de cobertura verde do tipo extensivo em toda cobertura de telha da cobertura. A estrutura do telhado existente, incluindo o sistema de calhas, foi mantida retirando somente as telhas e substituindo-as por placas OSB (*Oriented Strand Board*), sigla em inglês que significa Painel de Tiras de Madeira Orientadas. As placas devem ser fixadas alinhadas deixando o mínimo de abertura no encontro entre elas. A estrutura de OSB serve de base para a instalação da cobertura verde. A área de cobertura verde a ser utilizada neste modelo é de 100% da área de telhado existente, e a metragem varia de acordo com cada projeto.

Após a colocação das placas OSB, realiza-se a impermeabilização da superfície através da colocação de manta geotêxtil. Esta camada protege a geomembrana (camada posterior) do contato com o OSB e evitando assim, um possível dano ao material. Executada a proteção, instala-se a Geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade), evitando que ocorram infiltrações devido ao acúmulo de água da chuva na cobertura.

Finalizada a impermeabilização, coloca-se uma nova camada de manta geotêxtil, que realiza o papel de filtrar a água, impedindo que partículas de areia e terra ou raízes passem pela tubulação de queda da água de chuva.

A seguir, aplica-se uma camada de argila expandida em toda a extensão da placa de OSB já com a manta geotextil. A camada de argila servirá para drenar a água no sistema.

Sobre a argila expandida, novamente é colocada a manta geotêxtil, que impede a terra de entrar em contato com a argila e, assim, com o tempo prejudicar a drenagem e a terra ser carregada pela água.

Após a camada manta geotêxtil, espalha-se o substrato, uma camada de terra adubada a qual dará suporte à vegetação. A altura da camada depende do tipo de vegetação que irá sobre a mesma. No caso do Modelo 1 a altura definida foi de 10 cm.

Após a camada de substrato, coloca-se a vegetação. Neste caso, o tipo de vegetação utilizada é a grama esmeralda (Quadro 1).

Espécies	Nome Científico	Porte
Gramma Esmeralda	Zoysia japonica	Pequeno

Quadro 1– Espécies da Cobertura Verde Modelo 1

Fonte: Autores

Finalizada a colocação da vegetação, instalam-se as peças de rufos metálicos no encontro entre o telhado e a platibanda, por todo o perímetro da cobertura. Os rufos servem

para proteger a estrutura, diminuindo o risco de futuras infiltrações.

(b) Modelo 2:

É a instalação de cobertura verde do tipo extensiva, porém retirando toda a estrutura do telhado existente e utilizando a laje como base. A área de cobertura verde utilizada neste modelo varia de acordo com cada projeto.

O primeiro passo é a retirada da estrutura do telhado, liberando assim a laje para a próxima etapa da cobertura verde.

Após a retirada da estrutura do telhado é realizada a construção do muro de divisa que serve como separação da área destinada a cobertura verde, da área de circulação de pessoas. O muro de alvenaria de blocos de concreto é composto por blocos de concreto estrutural e argamassa de assentamento.

Primeiramente, foi realizada a marcação da alvenaria para, posteriormente, dar continuidade a paginação do muro. A altura do muro para todos os projetos é de 40 cm, este valor foi dimensionado de acordo com altura dos blocos de concreto utilizados e as juntas de argamassa.

Após a instalação do muro é realizada a marcação e furação da laje para instalação do sistema de drenagem. São necessários três drenos por cada lado da laje para os projetos 1 e 2, sendo dois na parte da cobertura verde e um para a área de circulação. Para os projetos 3 e 4 são quatro furos locados de cada lado da laje, sendo 2 locados na área da cobertura verde e 2 na área de circulação. Os projetos 5 e 6 são necessários 5 furos para cada lado da laje, sendo 4 locados de na cobertura verde e um para a área de circulação. Os furos serão locados conforme figuras 5.56 e 5.61. Toda a drenagem é direcionada para o tubo de queda já existente na estrutura.

Serão criados dois pontos de água que serão utilizados para a irrigação durante os períodos de seca. Os pontos serão instalados próximos à cobertura verde em ambos os lados da cobertura do edifício. Será realizado um desvio na prumada de água fria, no barrilete, localizado abaixo da caixa d'água. O desvio será realizado na prumada que alimenta a área comum da edificação, assim a conta de água pode ser rateada igualmente para todas as unidades do condomínio. As locações dos pontos são representadas nas figuras 5.62 a 5.67 abaixo.

Para definir a disposição dos furos, verifica-se primeiramente o projeto de armação da laje a ser implantada a cobertura verde. Com o projeto de armação em mãos, o responsável técnico realiza um estudo para verificar quais os possíveis pontos de instalação da drenagem na laje, os furos não podem causar interferências na armação existente.

Após a furação da drenagem é realizada a etapa de regularização do piso, onde se executa o nivelamento do piso com os caimentos para os ralos e arredondamento dos cantos verticais e horizontais, deixando-os em formato meia-cana. A regularização proporciona uma superfície uniforme de apoio adequado a camada subsequente.

Após a regularização é realizada a etapa de impermeabilização que é composta por: limpeza da superfície, primer, mata asfáltica e camada separadora. Primeiro a área deve ser limpa, retirando resíduos da superfície, como restos de argamassa, madeiras, etc. Em seguida aplica-se o Primer, solução asfáltica, que permite a melhor aderência da manta.

Passado o período de cura do Primer (4 a 6 horas) é colada a manta asfáltica. Aplica-se a manta asfáltica polimérica (SBS) em toda a extensão da cobertura, ou seja, na parte da cobertura verde, na área destinada a circulação, e também nas paredes laterais. Nas paredes com cobertura verde, a impermeabilização é feita em toda a parede, já na área de circulação a altura de aplicação da manta é de 30 cm. Com a área impermeabilizada executa-se o teste de estanqueidade da cobertura, enchendo os locais impermeabilizados com água e mantendo o nível por no mínimo 72 horas. O teste verifica se a impermeabilização foi bem executada garantindo que não há nenhum vazamento na estrutura. Após o teste, coloca-se uma camada de geotêxtil (camada separadora), que têm como função separar a impermeabilização da proteção mecânica.

A próxima etapa é a colocação da proteção mecânica, também chamada de contrapiso. A proteção mecânica na área da cobertura verde é armada com tela galvanizada e coberta com argamassa. Na área de circulação a proteção mecânica não é armada, é feita somente com argamassa.

Na área destinada à cobertura verde, coloca-se o substrato de terra vegetal, com altura de 20 cm.

Após o substrato é colocado à vegetação. No modelo 2 foi utilizada a grama da espécie esmeralda, que vêm em placas, o que facilita sua fixação (Quadro 2).

<b>Espécies</b>	<b>Nome Científico</b>	<b>Porte</b>
Grama Esmeralda	Zoysia japonica	Pequeno

Quadro 2– Espécies da Cobertura Verde Modelo 2

Fonte: Autores

Para a área da circulação, após a realização do contrapiso, instala-se o piso de acabamento, utilizando como insumo a argamassa pronta para contrapiso. A próxima etapa é a instalação do piso cerâmico e do mastique. O mastique, material adesivo utilizado para o fechamento das juntas, é colocado em todo perímetro do encontro entre o piso e o muro de divisa com a cobertura verde. Por fim, aplica-se o rejunte em toda área do piso.

(c) Modelo 3:

É a instalação de cobertura verde do tipo semi-extensiva, porém retirando toda a estrutura do telhado existente e utilizando a laje como base. A área de cobertura verde utilizada neste modelo varia de acordo com cada projeto.

Após a retirada da estrutura do telhado é realizada a construção do muro de divisa que serve como separação da área destinada a cobertura verde, da área de circulação de pessoas. O muro caracteriza-se por ser de alvenaria em bloco de concreto preenchido por pontos de graute e armação, os quais proporcionam a resistência necessária para suportar o peso da cobertura verde. Primeiramente realiza-se a marcação da alvenaria e a locação da armação. Posteriormente, realizam-se as aberturas na laje para fixar a armação na estrutura. A altura do muro todos os projetos é de 80 cm, valor este dimensionado de acordo com altura padrão de blocos de concreto disponíveis no mercado. A paginação para

atender a paginação de acordo com cada tipo de projeto.

Após a instalação do muro é realizada a marcação e furação da laje para instalação do sistema de drenagem. Conforme descrito no Modelo 2, são necessários três drenos por cada lado da laje para os projetos 1 e 2, sendo dois na parte da cobertura verde e um para a área de circulação. Para os projetos 3 e 4 são quatro furos locados de cada lado da laje, sendo 2 locados na área da cobertura verde e 2 na área de circulação. Os projetos 5 e 6 são necessários 5 furos para cada lado da laje, sendo 4 locados de na cobertura verde e um para a área de circulação. Os furos serão locados conforme figuras 5.86 e 5.91 mostradas abaixo. Toda a drenagem é direcionada para o tubo de queda já existente na estrutura.

Serão criados dois pontos de água que serão utilizados para a irrigação durante os períodos de seca. Os pontos serão instalados próximos à cobertura verde em ambos os lados da cobertura do edifício. Será realizado um desvio na prumada de água fria, no barrilete, localizado abaixo da caixa d'água. O desvio será realizado na prumada que alimenta a área comum da edificação, assim a conta de água pode ser rateada igualmente para todas as unidades do condomínio.

Para definir a disposição dos furos, verifica-se primeiramente o projeto de armação da laje a ser implantada a cobertura verde. Com o projeto de armação em mãos, o responsável técnico realiza um estudo para verificar quais os possíveis pontos de instalação da drenagem na laje, os quais não podem causar interferências na armação existente.

Após a furação da drenagem é realizada a etapa de regularização do piso, onde se executa o nivelamento do piso com os caimentos para os ralos e arredondamento dos cantos verticais e horizontais, deixando-os em formato meia-cana. A regularização proporciona uma superfície uniforme de apoio adequado a camada subsequente.

Após a regularização é realizada a etapa de impermeabilização que é composta por: limpeza da superfície, primer, mata asfáltica e camada separadora. Primeiro a área deve ser limpa, retirando resíduos da superfície, como restos de argamassa, madeiras, etc. Em seguida aplica-se o Primer, solução asfáltica, que permite a melhor aderência da manta. Passado o período de cura do Primer (4 a 6 horas) é colada a manta asfáltica. Aplica-se a manta asfáltica polimérica (SBS) em toda a extensão da cobertura, ou seja, na parte da cobertura verde, na área destinada a circulação, e também nas paredes laterais. Nas paredes com cobertura verde, a impermeabilização é feita em toda a parede, já na área de circulação a altura de aplicação da manta é de 30 cm. Com a área impermeabilizada executa-se o teste de estanqueidade da cobertura, enchendo os locais impermeabilizados com água e mantendo o nível por no mínimo 72 horas. O teste verifica se a impermeabilização foi bem executada garantindo que não há nenhum vazamento na estrutura. Após o teste, coloca-se uma camada de geotêxtil (camada separadora), que têm como função separar a impermeabilização da proteção mecânica.

A próxima etapa é a colocação da proteção mecânica, também chamada de contrapiso. A proteção mecânica na área da cobertura verde é armada com tela galvanizada e coberta com argamassa. Na área de circulação a proteção mecânica não é armada, é feita somente com argamassa.

Na área destinada a cobertura verde, coloca-se o substrato, terra vegetal, com

altura de 20 cm.

Após o substrato, coloca-se à vegetação em toda a área destinada a cobertura verde. No Modelo 3 foi utilizada mudas e placas das espécies: Grama esmeralda, Azulzinha e Vedélia (Quadro 3).

<b>Espécies</b>	<b>Nome Científico</b>	<b>Porte</b>
Gramma Esmeralda	Zoysia japonica	Pequeno
Azulzinha	Evolvulus glomeratus	Médio
Vedélia	Wedelia	Médio

Quadro 3 – Espécies da Cobertura Verde Modelo 3

Fonte: Autores

Para a área da circulação, após a realização do contrapiso, instala-se o piso de acabamento, utilizando como insumo, a argamassa pronta para contrapiso. A próxima etapa é a instalação do piso cerâmico e do mastique. O mastique, material adesivo utilizado para o fechamento das juntas, é colocado em todo perímetro do encontro entre o piso e o muro de divisa com a cobertura verde. Por fim, aplica-se o rejunte em toda área do piso.

### **Levantamento dos custos necessários para a implantação dos modelos de coberturas verdes adotados**

Com base nos orçamentos realizados, foi elaborada a tabela a seguir que mostra um resumo dos custos para a implantação dos modelos de coberturas verde nos projetos adotados (Tabela 4).

Considerando as faixas de áreas de cobertura de cada projeto, calcula-se a faixa do custo unitário por metro quadrado, da implantação dos três modelos de cobertura verde (ver tabela 5).

A partir dos custos de implantação dos modelos 1, 2 e 3 para os projetos de 1 a 6, foram elaboradas curvas dos custos unitários de implantação versus projetos (ver figuras 8 a 10).

<b>Projeto</b>	<b>Custo de Implantação (R\$)</b>		
	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>
1	37.999,29	98.068,63	106.353,40
2	45.695,08	120.576,76	130.824,88
3	76.725,86	142.062,56	153.883,95
4	287.835,32	535.884,62	582.589,91
5	85.423,78	230.363,87	250.292,89
6	207.079,08	573.083,99	623.675,95

Tabela 4 – Custo de Implantação dos Modelos de acordo com cada projeto.

Fonte: Autores

Projeto	Área cobertura (m <sup>2</sup> )	Custo Unitário de Implantação (R\$/m <sup>2</sup> )		
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
1	A<200	C<190,00	C<490,34	C<531,77
2	200≤A<220	207,70≤C<228,48	548,08≤C<602,88	594,66≤C<654,12
3	220≤A<370	207,37≤C<348,75	383,95≤C<645,74	415,90≤C<699,47
4	1.000≤A<1.400	205,60≤C<287,84	382,77≤C<535,88	416,14≤C<582,59
5	370≤A<750	113,90≤C<230,88	307,15≤C<622,61	333,72≤C<676,47
6	750≤A<1.000	207,08≤C<276,11	573,08≤C<764,11	623,68≤C<831,57

Tabela 5 – Custo unitário de implantação dos modelos de cobertura verde.

Fonte: Autores

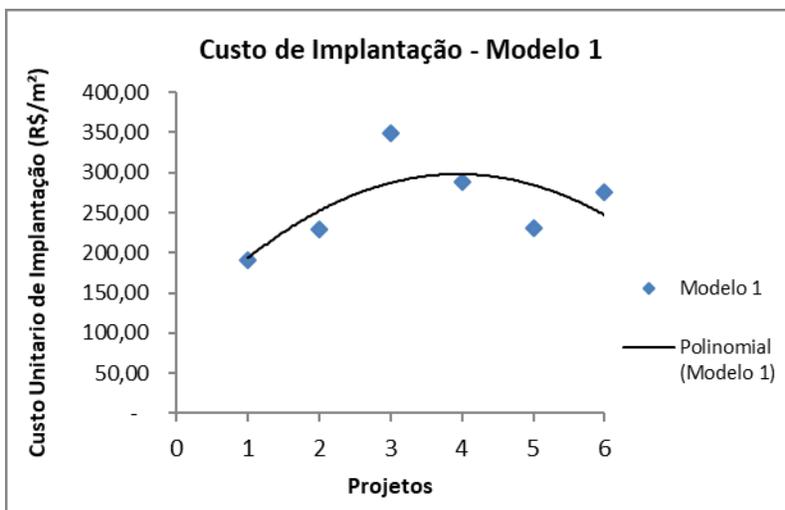


Figura 8- Custo de Implantação Modelo 1

Fonte: Autores

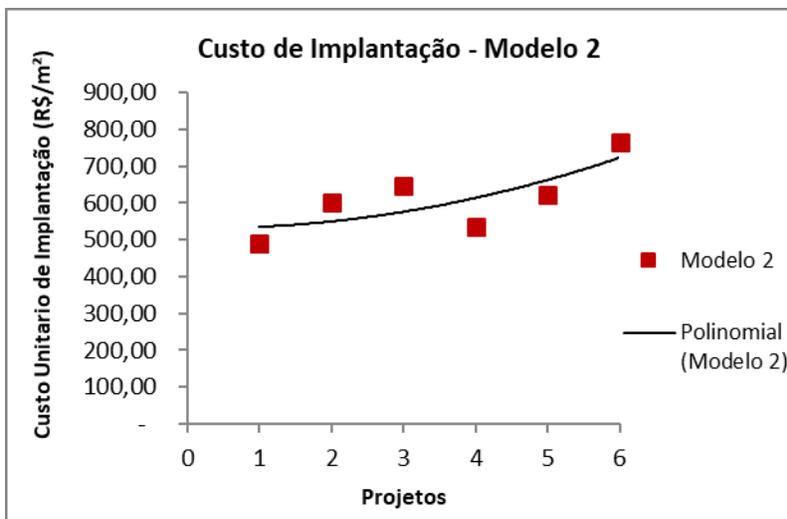


Figura 9- Custo de Implantação Modelo 2

Fonte: Autores

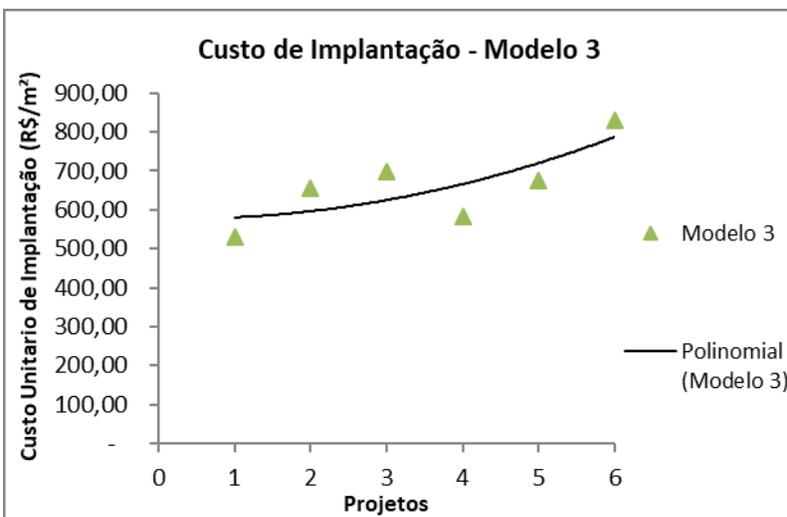


Figura 10- Custo de Implantação Modelo 3

Fonte: Autores

## CONCLUSÕES

Analisando os três modelos escolhidos, verifica-se que os modelos 2 e 3 são mais complexos, pois é necessário realizar furação da laje existente para criar a drenagem necessária para o sistema, regularização do piso e impermeabilização. Para a execução da drenagem, é necessário possuir os projetos estruturais da edificação, que incluem a

armação da laje, para não correr o risco dos furos ocorrerem em locais que passam armação. A drenagem provavelmente irá interferir na altura do pé direito das unidades localizadas abaixo da laje da cobertura, o que causará transtornos aos moradores com os serviços a serem realizados e necessitará de aprovação do dono da unidade para a realização. No modelo 1 não é necessário realizar a furação da laje e regularização do piso, o que torna o sistema mais simples de se executar.

O estudo comparativo da implantação dos modelos 1, 2 e 3 de cobertura verde nas tipologias de projetos 1 a 6 adotadas, os custos variam com o tipo de modelo e o tamanho da área a ser considerada na implantação. O valor final da cobertura verde em cada uma das tipologias variou de R\$37.999,29 à R\$ 623.675,95, uma diferença de aproximadamente dezesseis vezes.

Verifica-se que dos três modelos adotados, o Modelo 1 diferentemente dos outros modelos, não apresenta uma linha de custo unitário de implantação crescente. A linha de custo chega ao ápice no projeto 3 e cai para os demais, isto acontece pois a medida que o tamanho das áreas de cobertura aumentam o custo de implantação do m<sup>2</sup> tende a diminuir.

Percebe-se que dentre as possibilidades estudadas, o modelo 1 no projeto 1 é o que apresenta o menor custo unitário de implantação da cobertura verde, ao contrário do modelo 3 no projeto 6 que têm o maior custo. Os modelos 2 e 3, por exigirem uma maior quantidade e complexidade de serviços, tendem a ficarem restritos às edificações dos tipos de padrão normal a alto (projetos 3 a 6). Com o custo unitário mais elevado, a implantação desses modelos se torna quase inviável nas edificações de padrão baixo (projetos 1 e 2), que tem como público alvo a população de baixa renda.

Conclui-se que a implantação do modelo 1 é viável nas tipologias de projetos adotadas, já dos modelos 2 e 3 devido a falta de dados da sobrecarga sofrida pelas estruturas, necessitam ser melhores estudados.

Como perspectivas para trabalhos futuros sugerem-se o estudo da sobrecarga dos modelos de coberturas verdes estudados nas tipologias de projeto adotados, proporcionando assim uma análise da viabilidade das coberturas verdes do ponto de vista matemático.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios – Procedimento. NBR 12721. Rio de Janeiro, 2006. 91p.

BALDESSAR, S.M.N. Telhado Verde e sua Contribuição na Redução da Vazão da Água Pluvial Escoda. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil Área de Concentração em Ambiente Construído) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

CHAIB, E.B.D. Avaliação de Estratégias para a Redução do Consumo de Água de Abastecimento como Meio de Diminuição da Pressão sobre os Recursos Hídricos. Tese (Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Área de Concentração em Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

GOOGLE EARTH. [Imagem]. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 2017.

IGRA. GREEN ROOF INTERNATIONAL ASSOCIATION. Nuertingen, Germany. Disponível em: <<http://www.igra-world.com/>>. Acesso em: 04 jan. 2017.

JONOV, C.M.P. Avaliação dos danos às edificações causados por águas de inundações e estudo de alternativas de proteção para tornar as edificações mais resilientes. Tese (Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Área de Concentração em Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

KIBERT, C.J. Sustainable Construction. Green Building Design and Delivery. John Wiley e Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, v. 3, p. 215-242, 2012.

LIMA, G. C. O. Avaliação do Desempenho de Telhados Verdes: Capacidade de Retenção Hídrica e Qualidade da Água Escoada. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2013.

MAGALHÃES, F. R. Avaliação de condicionadores em solo para uso em telhados verdes com vistas à retenção hídrica. 2015. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

OLIVEIRA, E. W. N. *Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico*. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Área de Concentração em Recursos Hídricos) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

PLACITELLI, C.H. *Techos verdes en el Cono Sur*. v.1. Argentina, 2010. 83p. Disponível em: <<https://bioantu.files.wordpress.com/2012/01/techos-verdes-en-el-cono-sur.pdf>>. Acesso em: 08 jan.2017.

REDA, A.L.L., TANZILLO; A.A., COSTA, G.B. Telhados Verdes: uma proposta econômica em busca do desenvolvimento urbano sustentável. 1º Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto, ABAI. 2012, 10p. Disponível em: <[http://avaliacaodeimpacto.org.br/wp-content/uploads/2012/10/090\\_EnergiaDesenvolvimento.pdf](http://avaliacaodeimpacto.org.br/wp-content/uploads/2012/10/090_EnergiaDesenvolvimento.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2017.

TOMAZ, P. *Cobertura Verde*. In: Curso de manuseio de águas pluviais. Cap.51. 2008. 13p. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\\_livros/livro\\_poluicao\\_difusa/capitulo51.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_poluicao_difusa/capitulo51.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2017.

VACILIKIO.D.V, FLEISCHFRESSER.L. Comparação entre Telhado Verde e Convencional nas Temperaturas Internas de Ambientes. II Simpósio Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – 2011. Curitiba, 2011.

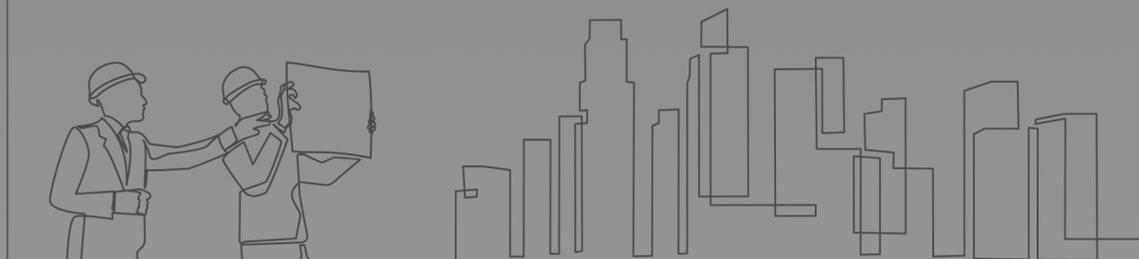
# TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

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

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

@atenaeditora 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 



# TECNOLOGIA EM MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS

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

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

@atenaeditora 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

