

**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO  
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO  
(ORGANIZADORES)**



**RESULTADOS DAS PESQUISAS  
E INOVAÇÕES NA ÁREA  
DAS ENGENHARIAS**

**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO  
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO  
(ORGANIZADORES)**



**RESULTADOS DAS PESQUISAS  
E INOVAÇÕES NA ÁREA  
DAS ENGENHARIAS**

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Geraldo Alves

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



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

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. 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

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
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. 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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
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  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

R436 Resultados das pesquisas e inovações na área das engenharias [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-86002-21-8  
DOI 10.22533/at.ed.218200303

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.  
3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422**

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias” contempla dezoito capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas e inovações aplicadas nas mais diversas áreas da engenharia.

A constante transformação que a sociedade vem sofrendo é produto de um trabalho de desenvolvimento de pesquisas e tecnologia que aplicadas se tornam inovação.

O estudo sobre materiais e seu comportamento auxiliam na compreensão sobre seu uso em estruturas e eventualmente podem determinar o aparecimento ou não de patologias.

As pesquisas sobre a utilização de ferramentas computacionais permitem o aprimoramento da gestão de diversas atividades e processos de produção.

São abordadas também nessa obra as pesquisas sobre a forma de ensinar, utilizando as tecnologias em favor do processo de ensino e aprendizagem.

Diante disso, esperamos que esta obra instigue o leitor a desenvolver ainda mais pesquisas, auxiliando na constante transformação tecnológica que o mundo vem sofrendo, visando a melhoria da qualidade de vida na sociedade. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE JUNTAS SOLDADAS DISSIMILARES NA PROPAGAÇÃO DE TRINCAS	
Daniel Nicolau Lima Alves Marcelo Cavalcanti Rodrigues José Gonçalves de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ANÁLISE DE ÍONS DE CLORETO E SUA INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ENVELHECIMENTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	
Ana Paula dos Santos Pereira Danielle Cristina dos Santos Lisboa Lucas Nadler Rocha Alberto Nunes Rangel Claudemir Gomes de Santana Renata Medeiros Lobo Müller	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
ANÁLISE DO SISTEMA CONSTRUTIVO E SEUS MATERIAIS CONSTITUINTES COM ENFÂSE NO AÇO COMO SOLUÇÃO PARA REFORÇOS ESTRUTURAIS	
Marcos Bressan Guimarães Vinícius Marcelo de Oliveira Maicá Diorges Carlos Lopes Rafael Aésio de Oliveira Zaltron Arthur Baggio Pietczak Bianca Milena Girardi Bruna Carolina Jachinski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>38</b>
UTILIZAÇÃO DE SIG NA GESTÃO DOS IMPACTOS DA ÁGUA RESIDUAL DA ETE NO MUNICÍPIO DE CANDEIAS – BAHIA	
Gisa Maria Gomes de Barros Almeida. Helder Guimarães Aragão. Rodrigo Alves Santos.	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>47</b>
AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE INSTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS EM CONCRETO ARMADO COM INCLUSÃO DE NÚCLEOS RÍGIDOS	
Thadeu Ribas Lugarini Ana Carolina Virmond Portela Giovannetti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003035</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>58</b>
APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS BIM NO ORÇAMENTO DE OBRA - ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO DASOS	
Susan Pessini Sato	
Leonardo Padoan dos Santos	
Bruno Pscheidt Cenovicz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003036</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>69</b>
LOW-COST SUNLIGHT CONCENTRATORS TO IMPROVE HEAT TRANSFER DURING WATER SOLAR DISINFECTION	
Bruno Ramos Brum	
Rossean Golin	
Zoraidy Marques de Lima	
Danila Soares Caixeta	
Eduardo Beraldo de Moraes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003037</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>81</b>
ESTUDOCOMPARATIVOUSANDODIFERENTESRESINASPARADETERMINAÇÃO DE ISÓTOPOS DE TÓRIO	
Mychelle Munyck Linhares Rosa	
Maria Helena Tirollo Taddei	
Luan Teixeira Vieira Cheberle	
Paulo Sergio Cardoso da Silva	
Vera Akiko Maihara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003038</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>88</b>
DESENVOLVIMENTO EM LABORATÓRIO DE UM TUBO DE VENTURI ACOPLADO A UM RESERVATÓRIO PARA MEDIÇÃO DE PRESSÃO, VELOCIDADE E VAZÃO DE FLUIDOS	
Joilson Bentes da Silva filho	
Adalberto Gomes de Miranda	
José Costa de Macêdo Neto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003039</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>96</b>
PROPOSTADEDESIGNDOCOMPONENTETANQUEMODULARDECOMBUSTÍVEL PARA AERONAVE AS 350 ESQUILO	
Abilio Augusto Corrêa	
Daniel Brogini de Assis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030310</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>107</b>
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA MICROEMPRESA DE DOCES ARTESANAIS DA AMAZÔNIA UTILIZANDO O PDCA	
Karla Josiane de Lima Baia	
Rita de Cássia Ferreira Xavier	
Maria Beatriz Costa de Souza	
David Barbosa de Alencar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030311</b>	

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>118</b>
AUDITORIA INTERNA COMO PROVIMENTO À GESTÃO DA QUALIDADE: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Phelippe Moura da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030312</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>125</b>
APLICAÇÕES DE REDES DE SENSORES SEM FIO	
Arthur M. Barbosa	
Paulo Fernandes da Silva Júnior	
Ewaldo Eder Carvalho Santana	
Marcos Erike Silva Santos	
Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira	
Pedro Carlos de Assis Júnior	
Marcelo da Silva Vieira	
Rodrigo César Fonseca da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030313</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>145</b>
A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FÉRREO “CAXIAS DO SUL – PORTO DO RIO GRANDE”: UM ESTUDO DE PERSPECTIVA ECONÔMICO-LOGÍSTICO NO ESCOAMENTO DE CARGAS	
Giovanni Luigi Ferreira Schiavon	
Helenton Carlos da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030314</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>155</b>
CONTROLE DE SISTEMAS LINEARES BASEADOS EM LMIS	
Ana Flávia de Sousa Freitas	
Amanda Viera da Silva	
Wallysonn Alves de Souza	
Rafael Pimenta Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030315</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>162</b>
APOIO À DECISÃO ASSOCIANDO A COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS AO MONTE CARLO AHP (CPP-MCAHP)	
Luiz Octávio Gavião	
Annibal Parracho Sant’Anna	
Gilson Brito Alves Lima	
Pauli Adriano de Almada Garcia	
Sergio Kostin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030316</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>178</b>
EVOLUÇÃO DAS PESQUISAS CIENTÍFICAS ACERCA DA APLICABILIDADE DAS METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: UMA ANÁLISE NOS PERIÓDICOS INDEXADOS PELA SCOPUS	
Lucas Capita Quarto	
Sônia Maria da Fonseca Souza	
Cristina de Fátima de Oliveira Brum Augusto de Souza	

Fabio Luiz Fully Teixeira  
Fernanda Castro Manhães

**DOI 10.22533/at.ed.21820030317**

**CAPÍTULO 18 ..... 192**

PROJETO DE DESIGN DE MASCOTE PARA JOGO MOBILE

Cristina Trentini  
Airam Teresa Zago Romcy Sausen  
Paulo Sérgio Sausen  
Maurício De Campos  
Fabiane Volkmer Grossmann

**DOI 10.22533/at.ed.21820030318**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 198**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 199**

## ANÁLISE DO SISTEMA CONSTRUTIVO E SEUS MATERIAIS CONSTITUINTES COM ENFÂSE NO AÇO COMO SOLUÇÃO PARA REFORÇOS ESTRUTURAIS

Data de aceite: 27/02/2020

Data de submissão: 03/12/2019

### **Marcos Bressan Guimarães**

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Unijuí  
Ijuí – RS.

<http://lattes.cnpq.br/0432168330871846>

### **Vinícius Marcelo de Oliveira Maicá**

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Unijuí  
Ijuí – RS.

<http://lattes.cnpq.br/7459825170754239>

### **Diorges Carlos Lopes**

Unijuí – Prof. MSc. Departamento de Ciências Exatas e Engenharias  
Ijuí – RS.

<http://lattes.cnpq.br/4627368121032157>

### **Rafael Aésio de Oliveira Zaltron**

Unijuí – Prof. MSc. Departamento de Ciências Exatas e Engenharias  
Ijuí – RS

<http://lattes.cnpq.br/8215813200197588>

### **Arthur Baggio Pietczak**

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Unijuí  
Ijuí – RS.

<http://lattes.cnpq.br/3339421939843146>

### **Bianca Milena Girardi**

Universidade Regional do Noroeste do Estado do

Rio Grande do Sul – Unijuí  
Ijuí – RS.

<http://lattes.cnpq.br/4250897457003736>

### **Bruna Carolina Jachinski**

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Unijuí  
Ijuí – RS.

<http://lattes.cnpq.br/6221025721628992>

**RESUMO:** O presente artigo retrata a problemática de uma residência térrea construída com alvenaria de bloco cerâmico maciço com características de sistema autoportante, ao longo do tempo optou-se por fazer uma ampliação e não foram realizadas as devidas modificações no sistema construtivo, por conseguinte, a obra passou a apresentar patologias e insegurança estrutural devido aos carregamentos excessivos dispostos diretamente sobre as paredes. Portanto, a pesquisa tem um cunho de aplicação motivada pelo interesse em desenvolver um estudo de caso do sistema construtivo e materiais constituintes desta residência, caracterizando a edificação existente e buscando estudar a aplicabilidade do aço em relação ao reforço convencional em concreto armado, com o intuito de avaliar e compreender as vantagens do aço para solução como reforço estrutural da edificação. O estudo demonstra que o reforço em concreto armado não seria viável, devido

ao seu alto custo e dificuldade de execução, em contraponto a isso a utilização de elementos metálicos como solução para o reforço estrutural mostrou-se extremamente vantajosa, visto que, o mesmo propôs uma visível ampliação da área útil do térreo, possibilitando a eliminação de inúmeras paredes que suportavam a carga excessiva. Segundo Campos (2006), através da análise de diferentes tipos de intervenção estrutural, observa-se que a preferência pelo aço se dá pelo seu elevado desempenho mecânico e pela flexibilidade do sistema construtivo. Por fim a partir da análise dos resultados, pode-se observar que, os elementos metálicos permitiram alcançar um elevado nível de desempenho estrutural, absorvendo a demanda das cargas e sanando a instabilidade estrutural.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise. Reforço Estrutural. Estruturas Metálicas.

## ANALYSIS OF THE CONSTRUCTION SYSTEM AND ITS MATERIALS CONSTITUENTS WITH EMPHASIS IN THE STEEL AS A STRUCTURAL REINFORCEMENT SOLUTION

**ABSTRACT:** The present article carry the situation of a single storey house built with solid ceramic block masonry and self-supporting characteristics. With the time, an ampliation happened and did not go make the correct modifications in the building system, consequently, the work came to have pathologies and insecurity structural, because there is excess load directly in the walls. Therefore, the research have the objective to develop a case study of the building system and constituent materials, featuring the edification and looking for to study steel applications in conventional reinforcement by reinforced concrete, in order to evaluate and understand the advantages of solution steel as structural reinforcement of the building. The study demonstrate that reinforced concrete reinforcement would not be feasible, because this system has a high cost and difficult execution. On the other hand, the use of steel elements for structural reinforcement proved to be advantageous, whereas the steel reinforcement proposed a visible expansion of the ground floor area, allowing the elimination of numerous walls that could withstand the excessive load. According Campos (2006), through the analysis of different types of structural intervention, the preference for steel is due to its high mechanical performance and the flexibility of the construction system. Finally, from the analysis of the results, it can be observed that the metallic elements allowed to reach a high level of structural performance, absorbing the load demand and remedying the structural instability.

**KEYWORDS:** Analyze. Structural reinforcement. Metallic structures.

### 1 | INTRODUÇÃO

Um dos setores mais relevantes para o crescimento econômico de um país é o industrial, principalmente o seguimento da engenharia civil. No âmbito da construção civil, faz-se necessário aliar conhecimentos técnicos aos avanços tecnológicos

aplicados à inúmeras formas construtivas para execução de obras. É inegável a evolução da tecnologia na construção, vinculados ao progresso constante do saber científico aplicado. O perfil de cada obra, destina-se a uma porção do mercado e será estabelecido pelo conteúdo de engenharia que se encontra no projeto e, por conseguinte, no seguimento da sua realização (YAZIGI, 2009).

O presente artigo retrata a problemática de uma residência térrea construída com alvenaria de tijolos cerâmicos maciços com características de sistema autoportante, ao longo do tempo optou-se por fazer uma ampliação para um segundo pavimento sobre o térreo, durante a tentativa de retirada das paredes internas para aumentar a área útil, observou-se que não haviam vigas de amarração entre as paredes, que levou a necessidade de incorporar um reforço estrutural, evitando possíveis sobrecargas.

Portanto, a pesquisa tem um cunho de aplicação motivada pelo interesse em desenvolver uma análise do sistema construtivo e materiais constituintes desta residência, caracterizando a edificação existente e como objetivo principal buscando estudar a aplicabilidade do aço em relação ao reforço convencional em concreto armado, com o intuito de avaliar e compreender as vantagens do aço para solução como reforço estrutural da edificação.

## 2 | METODOLOGIA

A edificação original construída no município de Ijuí foi realizada com alvenaria de vedação, utilizaram-se tijolos cerâmicos maciços, permitindo construir insígnies paredes portantes de cargas, tendo como assentamento o ajuste corrente que, de acordo com Baud (1976), consiste na colocação longitudinal dos tijolos em modo de perpianhos. Conforme a Figura 01 abaixo, percebe-se como estavam dispostas as áreas internas da parte posterior da residência, a qual, irá receber o segundo pavimento.

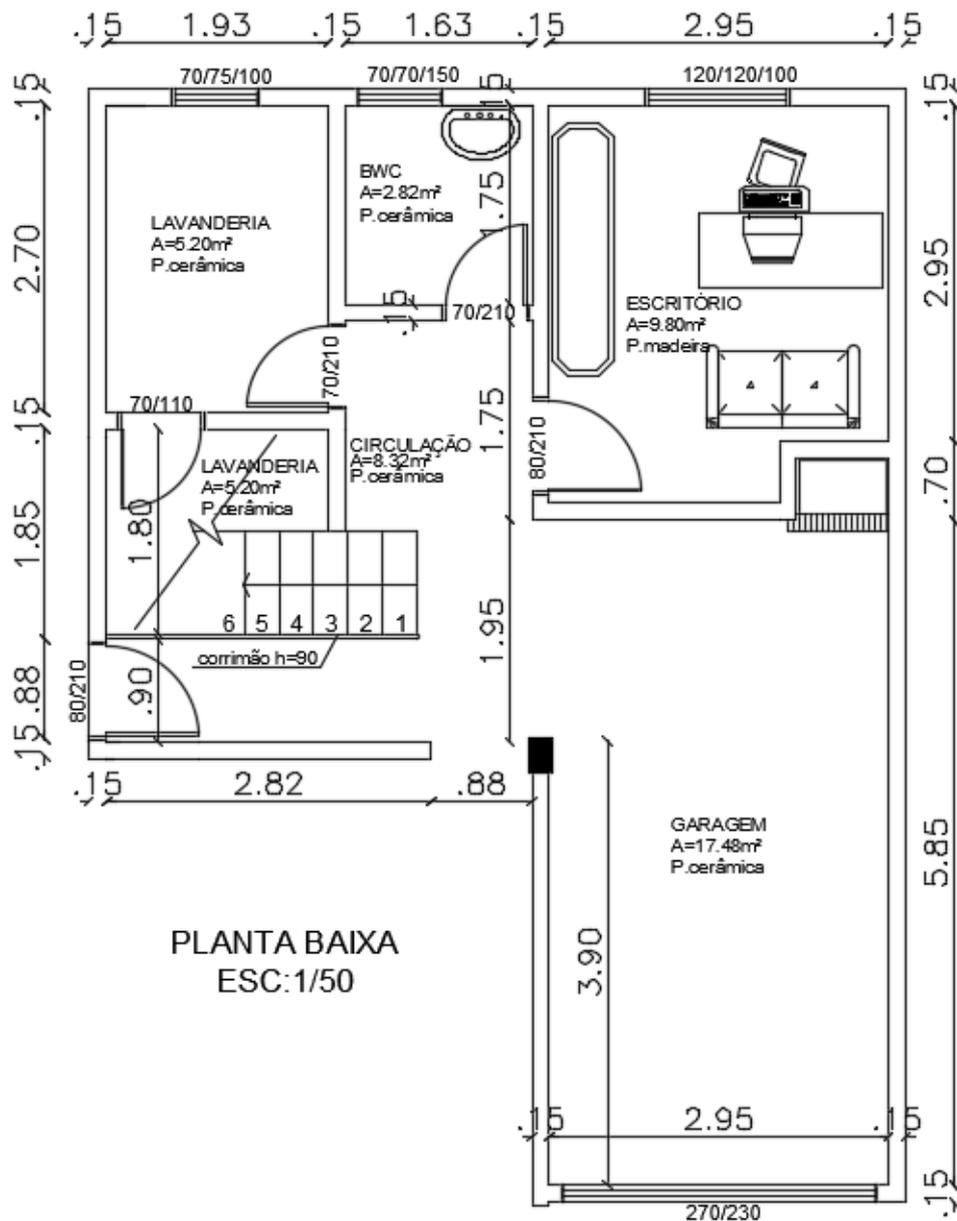


Figura 01: Planta Baixa Atual

Fonte: Material Prof. MSc. Diorges

Algum tempo após a conclusão da obra, optou-se por realizar uma ampliação para um segundo pavimento e dar seguimento à retirada das paredes internas do térreo, no entanto, observou-se que os carregamentos dispostos sobre as paredes restantes no térreo poderiam ser excedentes, portanto, considerando que as paredes atuavam como alvenaria estrutural, ao removê-las, removeu-se também os condutores de tensões para as vigas baldrame que até então garantiam a sustentação da residência. A partir disso, analisaram-se dois métodos de reforço para que a condução dos esforços e a segurança do local fossem reestabilizadas, o reforço com concreto armado e o reforço metálico.

O reforço em concreto armado, também conhecido como encamisamento, consiste na adição de armadura e concreto novo, envolvendo o pilar ou a viga existente,

para ampliar a seção e, conseqüentemente, aumentar a resistência ao esforço que lhe é solicitado. A principal desvantagem se dá pela interferência arquitetônica ao elemento reforçado devido ao aumento da seção, além de que a estrutura poderá necessitar de um tempo abundante até ser liberada para serviço novamente (REIS, 2001). Para que o objetivo do reforço por esse método seja alcançado, é de extrema importância que o concreto novo tenha uma boa aderência ao concreto já existente.

O aço é utilizado em larga escala na construção civil como solução para reforços estruturais, conforme Miguel e Carqueja (2012), pode ser definido como uma liga metálica composta de ferro e pequenas quantidades de carbono (0,008% a 2,11%), possuindo propriedades mecânicas como resistência e ductilidade, que são de suma importância para seu emprego como material estrutural na engenharia civil. Conforme Yazigi (2009, p. 279) para o reforço metálico, pode-se utilizar chapas ou perfis metálicos, que se apresentam em diversos formatos, sendo esses, arredondados, retangulares e perfis em “I”, “L”, “T”, “H”, “U” e outros, de acordo com Zucchi (2015) os perfis podem ser colados com adesivo epóxi ou com a utilização de chumbadores parabolts, além disso, as ligações podem ser realizadas com solda.

### 3 | RESULTADOS

Após explanar de maneira ampla a aplicação do sistema construtivo da edificação existente, pode-se observar que inicialmente a estrutura autoportante de tijolos maciços funcionou, porém, ao término da ampliação ao fazer-se a retirada das paredes internas do térreo observou-se que não existiam vigas de amarração, sendo necessário realizar um reforço estrutural, visando suportar os esforços solicitantes da edificação.

O estudo desenvolvido se baseou na análise dos materiais constituintes da estrutura e demonstrou que o reforço em concreto armado não seria viável, tendo em vista seu alto custo e dificuldade na execução, visto que, na obra em questão não haviam vigas, portanto, seria necessário mais tempo de execução, produzindo mais custos e maior desgaste da estrutura.

Por outro lado, utilização de elementos metálicos como solução para o reforço estrutural mostrou-se extremamente vantajosa, propondo uma visível ampliação da área útil do térreo e possibilitando a eliminação de inúmeras paredes que suportavam a carga excessiva. Ainda assim, Teobaldo (2004) ressalta que, como os perfis metálicos são obtidos pelo corte, composição e soldagem das chapas planas de aço, é permitida uma grande variedade de formas e dimensões de seções, sempre padronizados, visando a redução do custo de aplicação e acomodação da estrutura. Somado a isso, Campos (2006) reforça que, através da análise de diferentes tipos de intervenção estrutural, observa-se que a preferência pelo aço se dá pelo seu

elevado desempenho mecânico e pela flexibilidade do sistema construtivo.

Como solução para a edificação, a propostas de intervenção adotada foi fundamentada na utilização de vigas e pilares de aço em perfil I, com onze vigas e sete pilares Gerdau A572 Gr50, lembrando que, segundo Yazigi (2009, p. 279), “perfis leves são os com altura (h) menor que 80 mm; perfis médios são aqueles com altura entre 80 mm e 200 mm; perfis pesados são os com altura maior que 200 mm”. Conforme apresentado na Tabela 01, utilizou-se 2 vigas com perfis médios e 9 vigas com perfis pesados, sendo que os perfis médios são das vigas V3 e V4 e os perfis pesados são as demais vigas. De acordo com a Tabela 02, aplicou-se 7 pilares, todos com seção transversal W150x37.1 de perfil pesado.

Viga	Altura (h)	Largura	Comprimento	Seção Transversal	Perfil
1	25 cm	10 cm	370 cm	W250x17.9	Pesado
2	25 cm	10 cm	285 cm	W250x17.9	Pesado
3	16 cm	10 cm	191 cm	W150x24	Médio
4	16 cm	10 cm	177 cm	W150x24	Médio
5	26 cm	10 cm	370 cm	W250x28.4	Pesado
6	25 cm	10 cm	197 cm	W250x17.9	Pesado
7	25 cm	10 cm	143 cm	W250x17.9	Pesado
8	27 cm	15 cm	267 cm	W250x44.8	Pesado
9	21 cm	13 cm	282 cm	W200x26.6	Pesado
10	21 cm	13 cm	290 cm	W200x26.6	Pesado
11	27 cm	15 cm	598 cm	W250x44.8	Pesado

Tabela 01 - Dimensões das vigas.

Fonte: Material Prof. MSc. Rafael Zaltron

Pilar	Altura (h)	Largura	Comprimento	Seção Transversal	Perfil
1	23 cm	19 cm	257 cm	W150x37.1	Pesado
2	23 cm	19 cm	230 cm	W150x37.1	Pesado
3	23 cm	19 cm	257 cm	W150x37.1	Pesado
4	23 cm	19 cm	257 cm	W150x37.1	Pesado
5	23 cm	19 cm	257 cm	W150x37.1	Pesado
6	23 cm	19 cm	257 cm	W150x37.1	Pesado
7	23 cm	19 cm	230 cm	W150x37.1	Pesado

Tabela 02 - Dimensões dos pilares.

Fonte: Material Prof. MSc. Rafael Zaltron



Figura 02: Execução das Vigas  
Fonte: Autoria Própria



Figura 03: Execução do Pilar  
Fonte: Autoria Própria

A seguir através da Figura 04, nota-se a proposta inicial de intervenção, direcionada para os fundos da residência.

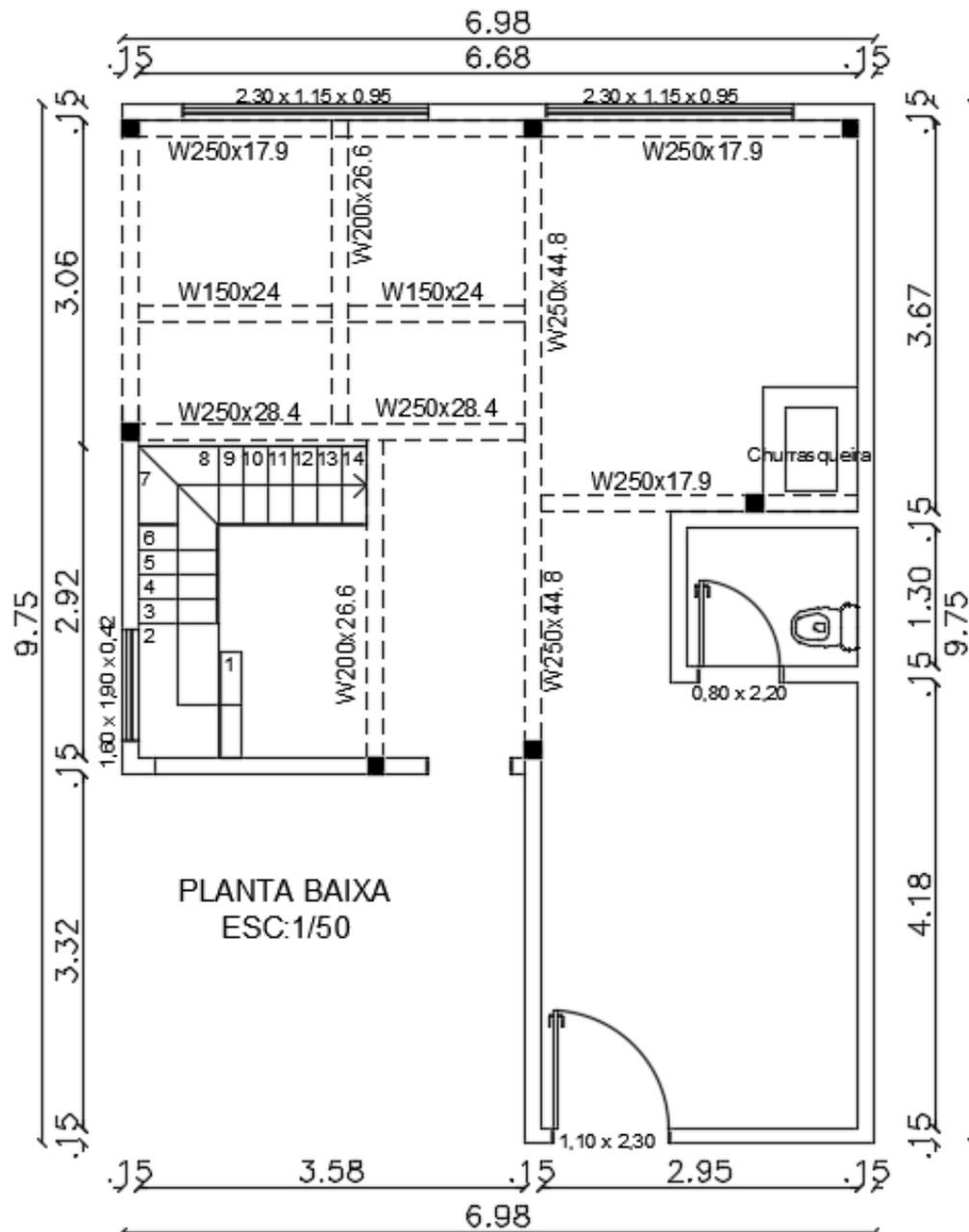


Figura 04: Proposta de Intervenção Estrutural

Com base nos perfis dos elementos estruturais demonstrados anteriormente, precedeu-se a execução do reforço estrutural, as vigas foram incorporadas ao sistema construtivo de modo a apoiar laje maciça, que contava com um peso excessivo devido a sua espessura exorbitante, as ligações desses elementos podem ser realizadas através de pinos, parafusos, barras redondas rosqueadas ou através de uma variedade de soldas, segundo Miguel e Carqueja (2012), os três tipos básicos são a solda de entalhe, de filete e tampão, sendo que, a solda de filete representa aproximadamente 80% das soldas utilizadas em estruturas metálicas. Na edificação em estudo optou-se por utilizar a solda de filete tanto para as ligações de viga com viga quanto para as ligações de viga com pilar, conforme Miguel e Carqueja (2012, p. 116) “este tipo de soldagem exige normalmente menor precisão, em função

da sobreposição das peças a serem ligadas, por isso são de mais fácil execução, econômicas e adaptáveis, fazendo com que sejam utilizadas em larga escala em estruturas metálicas.”

Em busca de uma ligação resistente, o projetista escolheu utilizar solda em todo o contorno para as ligações de viga com viga, já nas ligações de viga com pilar somente o topo da ligação foi soldado. Conforme Machado (2011) é de suma importância dimensionar corretamente as juntas soldadas, assim evitando falhas e eventuais catástrofes nas estruturas metálicas, além de reduzir significativamente os custos e distorções.

Durante a colocação das vigas metálicas percebeu-se que a laje não apresentava uma superfície uniforme, impossibilitando o contato perfeito com a viga, então para que essa laje não viesse a trabalhar, com o intuito de evitar sobrecargas em pontos concentrados da laje, foram inseridas pequenas chapas metálicas, garantindo um perfeito apoio entre a laje e as vigas. Os perfis de aço foram pintados e sobrepostos por madeira compensada, possibilitando manter a moderna arquitetura do ambiente.

Vale ressaltar que ao analisar a situação da estrutura pelos esforços solicitantes após a retirada das paredes internas, o uso do aço se mostrou interessantíssimo, contando com vantagens estruturais e arquitetônicas, possibilitando verificar várias exigências construtivas, bem como, a pré-fabricação, elevada resistência, reversibilidade, pesos reduzidos, simplicidade de transporte, facilidade de montagem em obra, a utilização em espaços reduzidos, e principalmente o tempo de execução reduzido, produzindo uma ótima relação custo benefício (CAMPOS, 2006).

Através da Figura 05 em planta baixa nota-se o resultado final obtido, todas as paredes internas foram retiradas e agora a residência conta com uma ampliação de área útil, contando com uma área social de 47,38 m<sup>2</sup>.

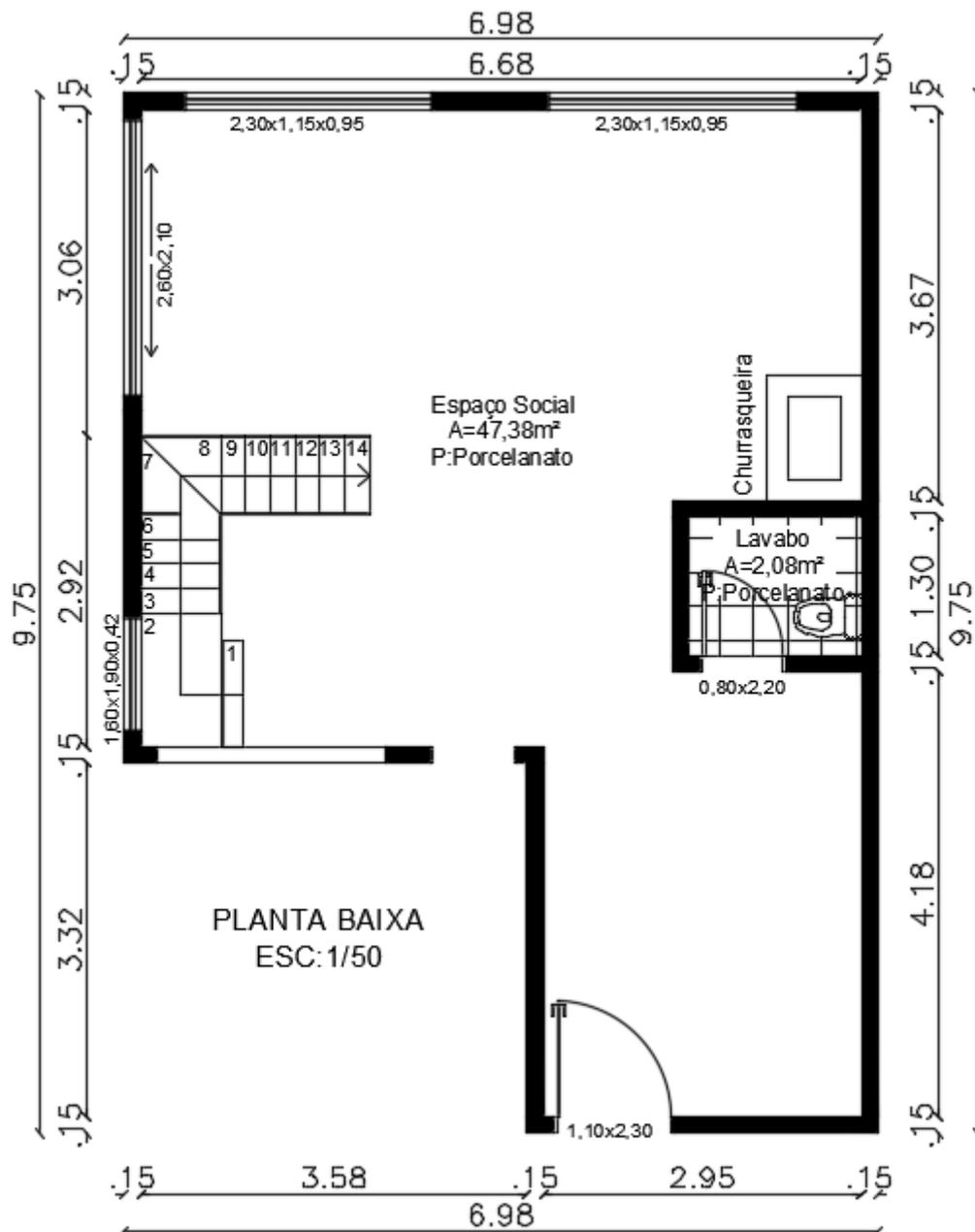


Figura 05: Planta Baixa após a Reforma

Fonte: Material Prof. MSc. Rafael Zaltron

Por fim, algumas representações em 3D do ambiente do térreo após a reforma, através das Figuras 06, 07, 08 e 09.



Figura 06: Vista Superior em 3D  
Fonte: Material Prof. MSc. Diorges Lopes



Figura 07: Vista da Escada e Estar social  
Fonte: Material Prof. MSc. Diorges Lopes



Figura 08: Cozinha com bancada

Fonte: Prof. MSc. Diorges Lopes



Figura 09: Circulação

Fonte: Prof. MSc. Diorges Lopes

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

É inegável a importância da pesquisa e estudos de caso a respeito da utilização dos materiais constituintes e métodos construtivos no âmbito da construção civil, pois, uma boa parte das obras do país apresentam problemas relacionados a estrutura e esforços excessivos, logo, faz-se necessária uma busca por soluções na área de reforços estruturais, visando agregar conhecimento em relação aos materiais

comumente utilizados, reforçando a sua viabilidade econômica e construtiva.

Considerando os resultados obtidos para escolha da solução de reforço, fica claro que o reforço da estrutura em aço se mostrou mais vantajoso que o reforço em concreto armado, visto que, esse último iria demandar serviços extras, bem como, escoramentos, fabricação de vigas e, por conseguinte, gastos com fôrmas e concretagem, inviabilizando economicamente o uso da solução construtiva, pois o requerimento de mais custos e tempo hábil para solucionar o problema não seriam vantajosos.

Por fim a partir da análise dos resultados voltados ao aço, podemos observar que, o material permitiu alcançar um elevado nível de desempenho estrutural, absorvendo a demanda das cargas, sanando a possível instabilidade estrutural e adequando a estrutura aos esforços solicitantes, somado a isso, a solução em aço possibilitou ampliar consideravelmente a área útil da residência, possibilitando a existência de grandes vãos se comparado ao modelo autoportante original e integrando as áreas do térreo.

## REFERÊNCIAS

BAUD, G. **Manual de Construção tecnologia da construção, materiais e cálculos**. 2ª edição. Editora hemus. São Paulo, 1976.

CAMPOS, Luiz E. T. **Técnicas de recuperação e reforço estrutural com estruturas de aço**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia PGECIV – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. 2006.

MACHADO, Ivan Guerra. **Dimensionamento de juntas soldas de filete: Uma revisão crítica**. Vol. 16. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PPGEM, LS&TC, Porto Alegre, RS. 2011.

MIGUEL, Leandro F. Fadel; CARQUEJA, Moacir H. Andrade. **Apostila de Estruturas Metálicas I**. 2ª edição. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2012.

REIS, A. P. A. **Reforço de Vigas de Concreto Armado por meio de Barras de Aço Adicionais ou Chapas de Aço e Argamassa de Alto Desempenho**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos. 1998.

TEOBALDO, Izabela Naves Coelho. **Estudo do aço como objeto de reforço estrutural em edificações antigas**. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 2004.

YAZIGI, W. **A Técnica de Edificar**. 10ª edição. Editora Pini. 2009.

ZUCCHI, F. L. **Técnicas para o reforço de elementos estruturais**. Dissertação de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2015.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

AHP estocástico 162

Aluminized tetra pak package 69

Análise 1, 2, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 20, 24, 25, 26, 27, 29, 37, 42, 43, 44, 45, 48, 49, 56, 57, 64, 81, 102, 109, 110, 113, 118, 122, 123, 134, 155, 156, 160, 162, 163, 173, 177, 178, 181, 182, 183, 185, 189, 190, 191, 193

Auditoria 118, 119, 121, 122, 123, 124

Auditoria interna da qualidade 118, 119, 121

### B

Bim 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68

Bipartição do tanque 96

### C

Campo de deformação 1, 8, 9, 10

Campo de tensão 1, 10

Carro de competição 126, 134, 141

Colunas manométricas 88, 93, 94

Comparação 49, 55, 58, 61, 64, 65, 105, 132, 148, 149, 164, 171, 174, 193

Concreto 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 37, 47, 48, 49, 52, 56, 57, 62

Contaminação de combustível 96, 97

Controle de sistemas lineares 155, 160

Corrosão 3, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 23, 24, 101

Cpp-mcahp 162, 163, 165, 166, 168, 174

### D

Dados geoespaciais 38, 40

Desigualdades matriciais lineares 155, 156

Desvios de trinca 1

Drinking water 69, 70, 78, 79, 80, 86

Durabilidade 13, 14, 15, 18, 19, 22, 23

### E

Edifícios de concreto armado 47, 57

Efluente 38, 39, 43, 44

Eletrodeposição 81

Envelhecimento 13, 14, 19, 22, 24

Equação de bernoulli 88, 90, 93, 95

Escherichia coli 69, 70, 71, 72, 79

Estruturas metálicas 5, 26, 32, 33, 37

Ete 38, 39, 40, 43, 44, 45

## **F**

Fabricação artesanal 107

Foil from beverage can 69

## **G**

Gerenciamento da produção 107

## **I**

Instabilidade global 47, 56

Isótopos de tório 81

## **J**

Juntas soldadas dissimilares 1, 2

## **L**

Lmis 155

## **M**

Microprecipitação 81

Mirror 69, 71, 72, 74, 77, 78

Monte carlo 162, 163, 164, 168, 175, 176, 177

## **N**

Núcleos rígidos 47, 49, 51, 55, 56

## **O**

Orçamento 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 198

Otimização de processos 107

## **P**

Pseudomonas aeruginosa 69, 70, 71, 72, 79, 101

## **Q**

Qgis 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45

Qualidade 16, 23, 39, 40, 41, 45, 67, 108, 111, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 146, 181, 182, 186

Qualidade ambiental urbana 125, 126

Quantitativos 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 184

## **R**

Redes de sensores sem fio 125, 126, 127, 143

Reforço estrutural 25, 26, 27, 29, 32, 37, 99

## S

Sig 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 197

Sistema bola-viga 155, 156, 158, 160

Sodis 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80

Subabastecimento 96, 97

## T

Tubo de venturi 88, 92, 93, 95

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**