



PROJETO, EXECUÇÃO E REABILITAÇÃO DE  
**OBRAS DE ARTE**  
**ESPECIAIS**

*Organizadores:*

*João da Costa Pantoja*

*Márcio Augusto Roma Buzar*

*Naiara Guimarães de Oliveira Porto*

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB**

**Reitora:** Márcia Abrahão Moura  
**Vice-Reitor:** Henrique Huelva  
**Decana de Pesquisa e Inovação:** Maria Emília Machado Telles Walter  
**Decanato de Pós-graduação:** Lucio Remuzat Rennó Junior  
**Decana de Extensão:** Olgamir Amancia

**FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU**

**Diretor da FAU:** Caio Frederico e Silva  
**Vice Diretoria da FAU:** Maria Cláudia Candeia de Souza  
**Coordenadora de Pós-Graduação:** Carolina Pescatori Cândido da Silva

**Coordenação de Produção Editorial,** Valmor Cerqueira Pazos  
**Preparação, Revisão e Diagramação:** Erika Stella da Silva Menezes  
Naiara Porto

**Conselho Editorial:** Abner Luis Calixter  
Humberto Salazar Amorim Varum  
Paulo de Souza Tavares Miranda  
Rodrigo Guimarães Martins

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Projeto, execução e reabilitação de obras de arte especiais [livro eletrônico] / organizadores João da Costa Pantoja, Marcio Augusto Roma Buzar, Naiara Guimarães de Oliveira Porto. -- Brasília, DF : LaSUS FAU : Editora Universidade de Brasília, 2024.  
PDF

Vários autores.  
Bibliografia.  
ISBN 978-65-84854-41-3

1. Artigos - Coletâneas 2. Engenharia civil  
3. Engenharia civil (Estruturas) 4. Patrimônio arquitetônico - Preservação I. Pantoja, João da Costa. II. Buzar, Marcio Augusto Roma. III. Porto, Naiara Guimarães de Oliveira.

24-219342

CDD-624

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Engenharia civil 624

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

1ª Edição

ORGANIZADORES E



AUTORES

Daniel Nelson Maciel | Autor  
Eduardo Bicudo de Castro Azambuja | Autor  
Eduardo Valeriano Alves | Autor  
Fernanda Karen Melo da Costa | Autor  
Flávia Moll de Souza Judice | Autor  
Gláucyo Santos | Autor  
Iberê Pinheiro de Oliveira | Autor  
João da Costa Pantoja | Organizador e Autor  
Joel Araújo do Nascimento Neto | Autor  
José Neres da Silva Filho | Autor  
Karen Andreza Marcelino | Autor  
Luiz Carlos de Almeida | Autor  
Leandro Mouta Trautwein | Autor  
Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa | Autor  
Luís Henrique Bueno Pinehiro | Autor  
Márcio Augusto Roma Buzar | Organizador e Autor  
Marcos Henrique Ritter de Gregorio | Autor  
Mayra Soares Pereira Lima Perlingeiro | Autor  
Naiara Guimarães de Oliveira Porto | Organizador  
Olímpia Loures Vale Pujatti | Autor  
Patrícia Caroline Souza da Rocha Vieira | Autor  
Paulo Robert Santos Machado | Autor  
Ramon Saleno Yure Rubim Costa Silva | Autor  
Ricardo Valeriano Alves | Autor  
Rodrigo Barros | Autor



# SUMÁRIO

## EIXO 1 Degradação, preservação, estética p. 10

- 1 p. 11 Avaliação da curva de desempenho e degradação de obras de arte especiais: Caso da Ponte do Braghetto
- 2 p. 29 A Preservação do Patrimônio Industrial Moderno Vinculado às Pontes Metálicas
- 3 p. 52 Análise da relação entre estrutura e design de duas pontes de Robert Maillart utilizando o software ANSYS

## EIXO 2 Soluções e análises estruturais p. 75

- 4 p. 76 Solução de viga vagonada, comparada com o modelo de treliça plana, no uso de passarelas com grandes vãos
- 5 p. 89 Análise das distribuições de momentos fletores e reações de apoio devidos à carga móvel em tabuleiros de pontes esconsas
- 6 p. 112 Pontes retas alargadas em concreto armado: a influência da resistência do concreto na distribuição de momento fletor devido à carga móvel
- 7 p. 138 Avaliação das condições estruturais da Ponte Fazenda Modelo

## EIXO 3 Reforço em pontes p. 150

8 p. 151 Reforço de Pontes de Concreto Armado por Protensão Externa

9 p. 164 Aplicação de protensão no reforço da ponte metálica do Rio Pardo

10 p. 182 Restauro Estrutural e Reforço da Ponte do Desengano

## AUTORES Resumo p. 198

SOLUÇÕES E

ANÁLISES

ESTRUTURAIS



EIXO 2

## 7 Avaliação das condições estruturais da Ponte "Fazenda Modelo"

**TRAUTWEIN, Leandro Mouta**

Universidade Estadual de Campinas.

**ALMEIDA, Luiz Carlos de**

Universidade Estadual de Campinas.

**Resumo:** Este artigo descreve os estudos realizados para a Ponte "Fazenda Modelo". A ponte foi construída em 1911 e é a segunda ponte de concreto armado construída no estado de São Paulo, Brasil. A estrutura da ponte consiste em cinco arcos ao longo do vão de 15,0m, cada um com uma altura de 1,75m e espaçados entre si por 1,1m. Foi desenvolvido um estudo da patologia desta estrutura, que faz parte da história da engenharia brasileira. Ao longo dos anos, a estrutura suportou cargas superiores às que foi projetada para suportar, tornando-se um claro exemplo da longevidade e resistência do concreto. Para realizar uma melhor análise do comportamento estrutural da ponte, foi criado um modelo utilizando o *software Ansys*. Os resultados explicam a longevidade da estrutura.

**Palavras-chave:** Ponte de concreto armado; Ponte Fazenda Modelo; Patologia das Estruturas.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. HISTÓRICO DA PONTE**

A informação disponível sobre a ponte Fazenda Modelo é limitada e incerta. Ninguém sabe ao certo para qual finalidade a estrutura foi construída. O projeto foi desenvolvido pelo engenheiro de 1ª classe, A. Martins Barboza e datado entre junho e novembro de 1911, o que sugere que sua construção tenha se prolongado até o ano seguinte. Acredita-se que esta seja a segunda ponte de concreto armado no estado de São Paulo.

### **1.2. DESCRIÇÃO ESTRUTURAL**

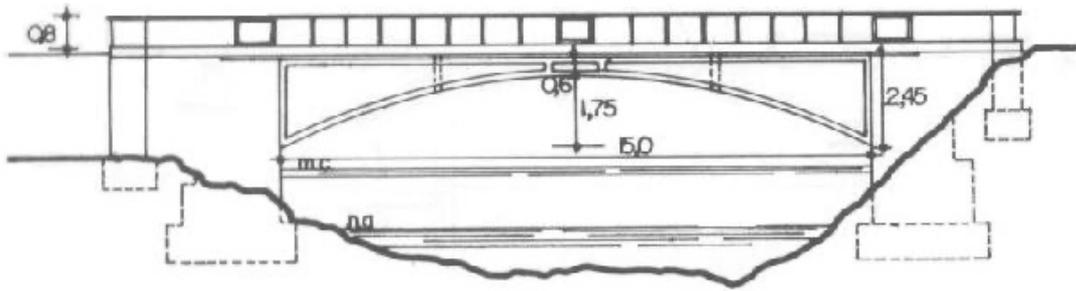
A estrutura da ponte consiste em cinco arcos com um vão de 15,00 metros, aproximadamente 1,75 metros de altura e espaçados a 1,10 metros. Três vigas transversais conectam os arcos e distribuem as cargas entre eles. O tabuleiro da ponte foi construído em concreto armado.

Alguns exemplares dos desenhos encontrados no projeto original, datados de 1911, são apresentados nas Figuras 1, 2 e 3. Esses desenhos ilustram esta descrição e outras dimensões relevantes.

Devido ao fato de os arcos trabalharem predominantemente em compressão, foi possível construí-los em concreto não armado. Nas superfícies inferiores dos arcos e vigas transversais existe um perfil de aço em forma de U, que deveria atuar como reforço à tração.

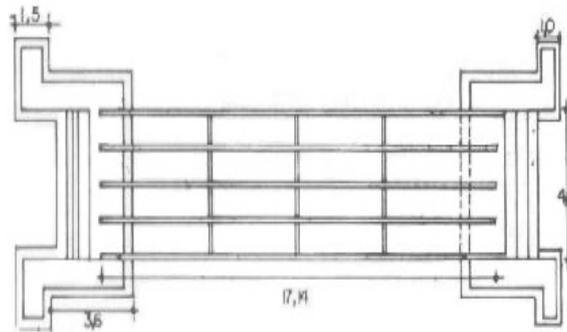
O tabuleiro e o guarda-corpo foram as únicas partes da estrutura construídas com concreto armado. A fundação consistia em blocos sólidos de concreto apoiados diretamente no solo, conforme mostrado na Figura 1.

**FIGURA 1: VISTA EM FRENTE A PONTE (DIMENSÕES EM METROS)**



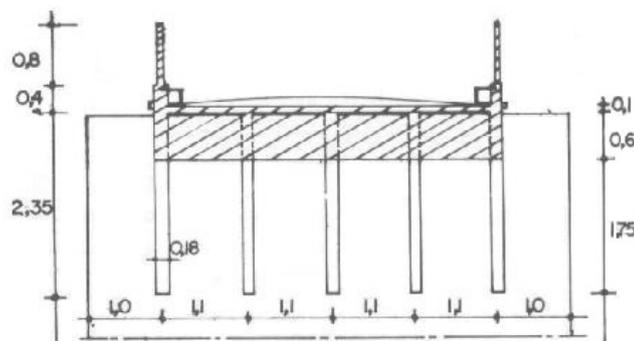
Fonte: Autores.

**FIGURA 2. PLANTA BAIXA DA PONTE (DIMENSÕES EM METROS)**



Fonte: Autores.

**FIGURA 3. CORTE DA PONTE (DIMENSÕES EM METROS)**



Fonte: Autores.

### 1.3. O PROBLEMA

A Prefeitura de Amparo/SP, solicitou à nossa universidade a elaboração de um relatório técnico para avaliar as condições estruturais da Ponte "Fazenda Modelo". O tráfego de veículos foi proibido na ponte desde setembro de 2002, devido às inúmeras fissuras na estrutura. Inspeções foram realizadas na estrutura da ponte para verificar suas condições. Também foram feitos estudos de projetos e uma análise numérica usando o *software Ansys*.

Como a ponte foi projetada e construída no início do Século XX, as cargas que ela suportava eram de baixa intensidade. No entanto, após as vistorias, foram encontrados sobrecargas maiores, causadas por uma camada de solo no tabuleiro da ponte e pelo tráfego intenso durante a vida útil da estrutura. Além disso, as vigas apresentavam fissuras horizontais e inclinadas, e um dos blocos de fundação apresentou recalque diferencia.

## 2. ANÁLISE DE PROBLEMAS

Durante as inspeções, descobriu-se que o tabuleiro da ponte havia recebido uma camada de aproximadamente 50 cm de solo e asfalto. O objetivo disso era nivelar o tabuleiro com as ruas, para facilitar o acesso para ela e cobrir dois aquedutos que abastecem os bairros próximos, conforme as figuras 4 e 5.

O volume total de solo no tabuleiro da ponte era de 34,5 m<sup>3</sup>, de acordo com a equação 1. Considerou-se um vão de 15 metros, 4,6 metros de largura e 0,5 metros de altura do solo. O peso específico assumido para o solo foi de 1600 kg/m<sup>3</sup>. Assim, a camada de solo no tabuleiro da ponte representa um aumento de carga de aproximadamente 550 kN. Veja a equação 2 abaixo.

$$V_{solo} = 15 \times 4.6 \times 0.5 = 34.5 \text{ m}^3 \quad (1)$$

$$P_{aumento} = 34.5 \times 1600 = 55200 \text{ Kg} = 552 \text{ kN} \quad (2)$$

**FIGURA 4:** ESCAVAÇÃO PARA VERIFICAR A CAMADA DE SOLO NO TABULEIRO DA PONTE

Fonte: Autores.

**FIGURA 5.** MEDIÇÃO DA CAMADA NO TABULEIRO DA PONTE

Fonte: Autores.

Esta carga poderia ser maior caso o solo ficasse encharcado, resultando em uma sobrecarga de 890 kN. O asfalto garante uma certa impermeabilidade, mas havia grande possibilidade dessa situação ocorrer. Em primeiro lugar, havia um adutor de água dentro da camada de solo e sua ruptura poderia formar uma poça no tabuleiro. Em segundo lugar, o fluxo de água da chuva das ruas próximas era direcionado para a ponte e através de passagens na mureta lateral (Figura 6). A água da chuva era drenada em direção à ponte, aumentando o risco de inundação do tabuleiro.

**FIGURA 6:** Esvaziamento de água da chuva no tabuleiro da ponte

Fonte: Autores.

Através de entrevistas com moradores locais, descobriu-se que o desenvolvimento do bairro em um dos lados da ponte causou grande fluxo de caminhões carregados. Caminhões transportando entre  $8,0 \text{ m}^3$  a  $12,0 \text{ m}^3$  de cascalho foram vistos transitando pela ponte, o que representa uma sobrecarga de 160 kN a 240 kN.

A razão para o aparecimento de fissuras pode ser devido a uma combinação de cargas excessivas e ao recalque diferencial no bloco de fundação.

Ao longo dos anos, a correnteza forte do rio causou erosão no solo onde o bloco de fundação estava apoiado. Devido à falta de suporte, o bloco sofreu um recalque diferencial de cerca de 20 cm em um de seus lados. A Figura 7 mostra o bloco com recalque diferencial e a parte submersa.

**FIGURA 7:** Recalque diferencial do bloco de fundação

Fonte: Autores.

O recalque mencionado gerou uma torção global na estrutura da ponte, causando o aparecimento de grandes fissuras e aberturas nos arcos externos e nas vigas transversais. Pequenas fissuras apareceram no arco central. As Figuras 8, 9 e 10 mostram os problemas descritos.

**FIGURA.** VISTA DA PONTE NO LADO DO RECALQUE



Fonte: Autores.

**FIGURA 8.** VISTA DA PONTE NO OUTRO LADO DO RECALQUE



Fonte: Autores.

**FIGURA 9:** VISTA INFERIOR DO ARCO PRÓXIMO AO RECALQUE DO BLOCO DE FUNDAÇÃO

**FONTE:** AUTORES.

As vigas transversais, responsáveis por conectar os arcos e garantir a rigidez estrutural, foram sobrecarregadas pela torção global e pelo aumento de carga que a ponte sofreu. O resultado dessa sobrecarga cau-sou o esmagamento da viga transversal, conforme mostrado nas Figuras 11 e 12.

**FIGURA 10:** VISTA INFERIOR DAS VIGAS TRANSVERSAIS CONECTANDO AOS ARCOS

**Fonte:** Autores.

**FIGURA 11:** COMPRESSÃO NAS VIGAS TRANSVERSAIS



Fonte: Autores.

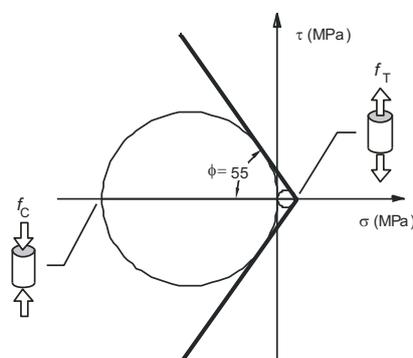
### 3. ANÁLISE NUMÉRICA

Para avaliar o comportamento estrutural da ponte, foi realizada uma análise numérica utilizando o *Ansys, software* de elementos finitos. Aproveitando a simetria da geometria, a ponte foi modelada em estado plano de tensão.

O critério de Drucker-Prager foi o modelo considerado para o concreto. O concreto é caracterizado por ser um material não tracionável. Segundo este critério, a superfície de ruptura do concreto é definida por dois parâmetros: a coesão e o ângulo de atrito interno, obtidos a partir das resistências à tração e à compressão do concreto.

No caso do concreto, que mantém a relação entre resistência à compressão e resistência à tração de cerca de 10, o ângulo de atrito interno vale cerca de 55 graus, como mostrado na figura 13.

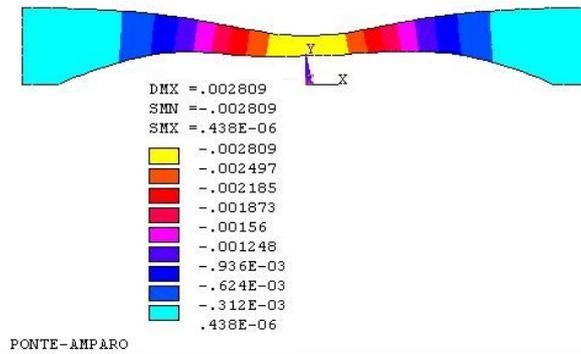
Figura 12: Critério de Drucker-Prager



Fonte: Autores.

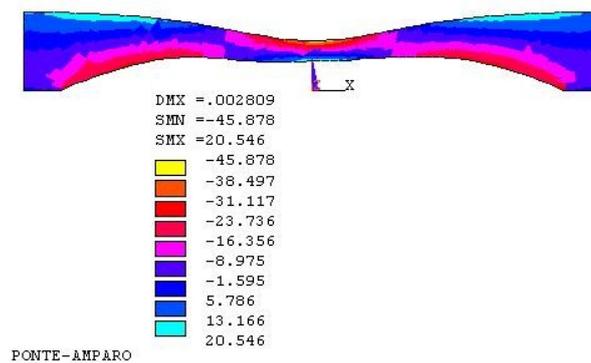
As Figuras 14, 15 e 16 mostram os resultados obtidos na análise numérica. O deslocamento vertical máximo no meio do vão foi de aproximadamente 3 mm.

**FIGURA 13: DESLOCAMENTOS VERTICAIS (UNIDADE - M)**



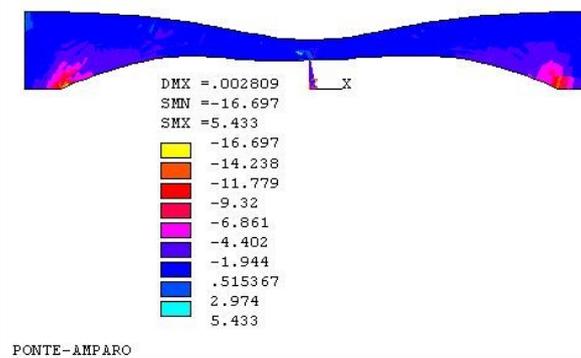
Fonte: Autores.

**FIGURA 14: TENSÃO NORMAL - X (UNIDADE - TF/M<sup>2</sup>)**



Fonte: Autores.

**FIGURA 15: TENSÃO NORMAL - Y (UNIDADE - TF/M<sup>2</sup>)**



Fonte: Autores.

A tensão normal na direção X mostra uma compressão no centro do arco. A tensão máxima de compressão é de 0,45 MPa, no topo do arco. A tensão de tração é de aproximadamente 0,20 MPa. Os resultados da tensão de tração são muito inferiores à resistência e à tração do concreto.

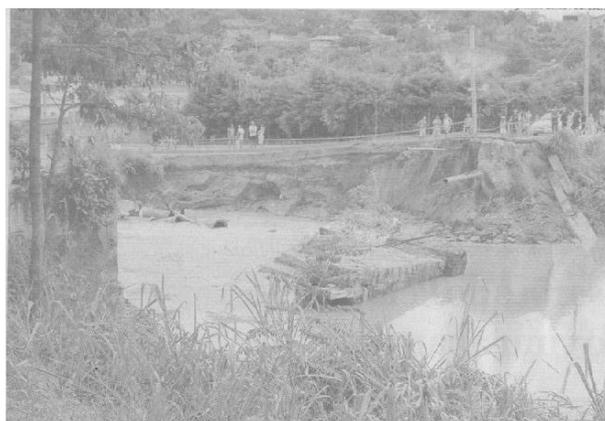
Os resultados numéricos explicam a longevidade da vida útil da ponte, mesmo com a sobrecarga descrita anteriormente. A estrutura da ponte apresenta tensões relativamente pequenas, especialmente em tração, o que confirma o bom desempenho dos arcos, como visto nos resultados apresentados.

#### 4. CONCLUSÃO

Em vista dos problemas descritos, foi ordenada a remoção de toda a camada de solo sobre o tabuleiro da ponte. Após a investigação, foi solicitado um estudo do solo que sustentava o bloco de fundação. Com os resultados das sondagens, pôde-se desenvolver um projeto para reforçar a fundação.

Infelizmente, durante a sondagem, as fortes chuvas que atingiram a região de Campinas, Brasil, sobrecarregaram o rio e a água passou por cima do tabuleiro da ponte, resultando no colapso da ponte. A Figura 17 mostra a ponte após o colapso.

**FIGURA 16:** VISTA DA PONTE APÓS O COLAPSO



**FONTE:** AUTORES.

O objetivo deste artigo foi mostrar as patologias que podem ser encontradas na ponte "Fazenda Modelo", antes da ruptura, e a investigação conduzida com o propósito de proteger o que é considerado parte da história da engenharia brasileira.

## **BIBLIOGRAFIA**

VASCONCELOS, A. C. Brazilian Bridges - **Viaducts and footbridges outstanding**. Ed. Pini, São Paulo, 1993.Brazil.

THOMAZ, E. **Cracks in buildings** - Causes, Prevention and Recovery. Ed. Pini, São Paulo, 2001.Brazil.

CUNHA, A. J. P.; Lima, N. A.; Souza, V.C.M.. **Structural accidents in construction** - Volume I and II. Ed. Pini, São Paulo, 1998.Brazil.

ANSYS Inc., 275 **Technology Drive**, Canonsburg, PA.

# RESUMO SOBRE OS



# AUTORES

**Daniel Nelson Maciel**

[dnmaciel@ect.ufrn.br](mailto:dnmaciel@ect.ufrn.br)

É graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2000), com mestrado em Engenharia Civil e ênfase em Engenharia de Estruturas, pela Universidade de São Paulo (2003). Doutorado na mesma área pela Universidade de São Paulo (2008), tendo realizado estágio doutoral na Universidade de Cambridge, no Reino Unido. Possui experiência como engenheiro de Estruturas Aeronáuticas (Stress Engineer), tendo trabalhado nas empresas Akaer Engenharia, Aernnova Engineering e Boeing Company. Atualmente, é Professor Associado na Escola de Ciências e Tecnologia da UFRN e Professor permanente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PEC) da UFRN. Suas áreas de interesse incluem formulações não lineares no Método dos Elementos Finitos, Análise Dinâmica de Estruturas, Termomecânica e Hiperelasticidade.

**Eduardo Bicudo de Castro Azambuja**

[ebcazambuja@azmb.com.br](mailto:ebcazambuja@azmb.com.br)

É graduado em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (UnB) em 1991, com especializações em Tecnologia para Uso do Aço pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Gestão Empresarial pelo UniCEUB, e Avaliações e Perícias em Engenharia pelo Instituto de Educação Tecnológica De Luca Daher. Possui também mestrado em Tecnologia pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU-UnB). Possui experiência na área de Engenharia Civil, com foco em Estruturas Metálicas e Concreto Armado, atuando em projetos, reforço e recuperação estrutural. Atualmente, é professor no Instituto de Pós-graduação (IPOG).

**Eduardo Valeriano Alves**

[eduardovalerianoalves@gmail.com](mailto:eduardovalerianoalves@gmail.com)

Graduado em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas pela UERJ (1983), possui Mestrado em Engenharia Civil com especialização em Estruturas pela COPPE/UFRJ (1994) e Doutorado em Engenharia Civil pela UFF (2009). Atualmente, é Professor Associado no Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense (UFF). Com vasta experiência na área de Estruturas, sua atuação concentra-se em projetos, construção e reabilitação de pontes e viadutos, com especial destaque para a utilização de concreto protendido.

**Fernanda Karen Melo da Costa**

[fernandakmcosta@gmail.com](mailto:fernandakmcosta@gmail.com)

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2018), mestrado em Engenharia Civil pela mesma instituição (2021), além de formação técnica em Tecnologia da Informação com ênfase em Informática para Internet (2013) e em Edificações (2013), ambos pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Instituto Federal do Rio Grande do Norte, respectivamente. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com foco em Estruturas, atuando principalmente nos seguintes temas: pontes de concreto, fator de distribuição de cargas, alargamento de pontes, e Método dos Elementos Finitos (MEF).

**Flávia Moll de Souza Judice**

[flaviamoll@poli.ufrj.br](mailto:flaviamoll@poli.ufrj.br)

É graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (1994), com mestrado (1998) e doutorado (2002) em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ. Desde 2006, atua como professora no Departamento de Estruturas (DES) da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Sua experiência é voltada para a área de Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas de Concreto, trabalhando especialmente com concreto armado e protendido, pontes e pré-fabricados. Atualmente, exerce o cargo de Chefe do Departamento de Estruturas (DES) e é Representante Titular no Conselho de Ensino de Graduação (CEG) da UFRJ.

**Gláucyo Santos**

[glaucyo.santos@gmail.com](mailto:glaucyo.santos@gmail.com)

É graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Uberlândia (1993) e possui mestrado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (2003). Possui experiência na área de Engenharia Civil, com foco em Métodos Numéricos, e trabalha principalmente com os temas de software educativo, ensino de engenharia, elementos finitos e método das forças. Também atua na elaboração de projetos e reforços em estruturas metálicas, concreto armado e protendido, voltados para obras de infraestrutura e edificações.

### **Iberê Pinheiro de Oliveira**

[iberep@gmail.com](mailto:iberep@gmail.com)

Graduado em Engenharia Civil pela UFMG (1995), com mestrado (2019) e doutorado (2023) em Arquitetura na área de Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade pela PPGFAU/UnB, com publicações focadas no ciclo de vida dos imóveis, mecanismos de degradação, desempenho, obsolescência e depreciação. Pós-graduado em Auditoria, Avaliações e Perícias pelo IPOG e em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações pelo UniCEUB. É membro efetivo e revisor da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), participando da elaboração de normas como a ABNT NBR 14653 (Avaliação de bens), ABNT NBR 6118 (Projeto de estrutura de concreto) e ABNT NBR 15200 (Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio), entre outras. Atuou como Vice-Presidente do IBAPE/DF, é filiado ao ICOMOS-DF e pesquisador do Laboratório do Ambiente Construído (LabRAC). Com experiência em diversas áreas da construção civil, já inspecionou mais de 1.000.000 metros quadrados, e trabalhou com projetos e cálculos estruturais em concreto, madeira e aço, além de execução de obras. É autor do livro 'Como Cuidar do Seu Imóvel'.

### **João da Costa Pantoja**

[joaocpantoja@gmail.com](mailto:joaocpantoja@gmail.com)

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (1991), com mestrado em Estruturas e Construção Civil pela mesma instituição (2003) e doutorado em Estruturas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC) (2012), tendo realizado estágio doutoral na University of Illinois at Urbana-Champaign, IL, Estados Unidos. Completou o pós-doutorado na Universidade do Porto - FEUP (2018). Desde agosto de 2014, é Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia na área de Estruturas da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Sua atuação acadêmica inclui especialização em modelos numéricos aplicados a estruturas, patologia das estruturas, inspeções especializadas, reabilitação estrutural para conservação patrimonial, modelos multicritérios para avaliação de imóveis urbanos e bens singulares, e modelos para certificação de empreendimentos. Na área profissional, foi responsável pela implementação do processo AGÊNCIA 93 nas agências bancárias do centro-oeste, nordeste e norte do Brasil pelo grupo ITAÚ, realizando inspeções preliminares, execução de planilhas de serviços, fiscalização e gerenciamento de obras de 1992 a 1995. Coordenou projetos para a implantação do trecho subterrâneo do METRO/DF na Asa Sul, incluindo oito estações enterradas e a execução completa do túnel em Brasília/DF, de 1996 a 2000. Acumulou aproximadamente 200 anotações de responsabilidade técnica (ARTs) relativas a consultoria técnica, execução e gerenciamento de obras, projetos civis em edificações, laudos

técnicos, pareceres e perícias entre 1992 e 2022. É coordenador do Laboratório de Reabilitação do Ambiente Construído (LabRAC) da Universidade de Brasília e tem coordenado diversos projetos de pesquisa nas áreas de Arquitetura e Engenharia focados na reabilitação de edificações.

**Joel Araújo do Nascimento Neto**

[joel.neto@ufrn.br](mailto:joel.neto@ufrn.br)

É graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (1996), com mestrado (1999) e doutorado (2003) em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas, ambos pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Atualmente, é Professor Titular do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PEC/UFRN). Possui experiência na área de Engenharia Civil com foco em Estruturas de Concreto e Alvenaria, trabalhando principalmente com modelagem de edifícios, alvenaria estrutural, painéis de contraventamento e interação parede-viga.

**José Neres da Silva Filho**

[jneres@ect.ufrn.br](mailto:jneres@ect.ufrn.br)

É graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) (1996), com mestrado (2000) e doutorado (2005) em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (UnB), tendo realizado parte do doutorado na North Carolina State University (NCSU), EUA (2002/2004). Possui também MBA Executivo em Gerência e Controle de Projetos pela Universidade Gama Filho (UGF) (2007). Atuou como consultor do DNIT em Obras de Arte Especiais, incluindo pontes, estruturas de contenção e viadutos. Foi Professor Adjunto e Diretor de Planejamento e Infraestrutura na Universidade Federal de Roraima (UFRR), onde coordenou o planejamento e a construção das obras de Reestruturação Universitária (REUNI) e presidiu várias comissões de licitações (CPL-UFRR). Também foi consultor do Conselho de Trânsito do Estado de Roraima (CETRA-RR). Foi Professor Adjunto na Escola de Ciências e Tecnologia da UFRN e, atualmente, é Professor Associado no Departamento de Engenharia Civil e na Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRN. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Planejamento e Controle de Obras, Licitação de Obras Públicas, Estruturas de Concreto Armado e Protendido, Patologia das Estruturas, Projeto de Edifícios, Estruturas de Madeira, Projeto, Recuperação e Reforço de Estruturas, Interação Solo-Estruturas, Aerogeradores Onshore, Pontes em Concreto Armado e Protendido, e Modelagem de Estruturas.

**Karen Andreza Marcelino**  
[karen.marcelino.106@ufrn.edu.br](mailto:karen.marcelino.106@ufrn.edu.br)

É doutoranda no Departamento de Engenharia Civil, de Construção e Ambiental (CCEE) da North Carolina State University (NCSU). Possui curso técnico em Geologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), onde teve bolsa de Iniciação Científica do CNPq, e mestrado em Engenharia Civil e Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFRN (PPCivAm/UFRN), com ênfase em Estruturas e bolsa de mestrado CAPES/DS. Tem interesse na área de Estruturas de Concreto e participou de projetos de pesquisa em Geotecnia.

**Luiz Carlos de Almeida**  
[luish.pinheiro@hotmail.com](mailto:luish.pinheiro@hotmail.com)

É engenheiro Civil formado em 1978, com mestrado (2001) e doutorado (2006) em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Completou dois pós-doutorados na Universidad Castilla-La Mancha, em 2008 e 2016. Desde 1978, é Professor Associado I (MS-5.1) em Regime de Dedicção Integral à Docência e à Pesquisa (RDIDP) na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FECFAU) da UNICAMP. Leciona no curso de Graduação em Engenharia Civil, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e no curso de Formação de Especialista em Estruturas de Concreto Armado. Foi Vice-Prefeito da Cidade Universitária Zeferino Vaz da UNICAMP, Chefe do Departamento de Estruturas da FEC/UNICAMP e Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Civil. Também coordenou o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil de 2018 a 2021 e atualmente é Coordenador do Curso de Formação de Especialista em Projetos de Estruturas de Concreto Armado. Sua experiência na área de Engenharia Civil é focada em Estruturas de Concreto Armado, com ênfase em análise estrutural, diagnóstico estrutural, patologias das estruturas de concreto armado, análise inversa e monitoração estrutural.

**Leandro Mouta Trautwein**  
[leandromt@unicamp.br](mailto:leandromt@unicamp.br)

Possui graduação em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (1998), mestrado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (2001) e doutorado em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2006). Obteve o título de Livre Docência em 2021 pela UNICAMP. Atualmente é professor Associado da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Análise Estrutural, atuando

principalmente nos seguintes temas: concreto armado e protendido, modelagem computacional via método dos elementos finitos, análise experimental de estruturas e monitoração de estruturas. É líder do grupo de pesquisa GMAE/Unicamp (Grupo de Monitoração e Análise Numérica de Estruturas) e do Laboratório de Modelagem Estrutural e Monitoração. Foi agraciado com o prêmio de Melhor de Tese de Doutorado em Estruturas no ano de 2008, em concurso promovido pelo Instituto Brasileiro do Concreto. Foi coordenador do Comitê Científico do Congresso Brasileiro do Concreto, por 4 anos. É membro atuante de diversas Comissões de Estudo da ABNT e do IABMAS (International Association for Bridge Maintenance and Safety) e do Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON. Autor de trabalhos e artigos técnico-científicos publicados em congressos, nacionais e internacionais e em periódicos indexados.

**Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa**

[leonardo@inojosa.com.br](mailto:leonardo@inojosa.com.br)

É graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2003), com mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília (2010) e doutorado pela Universidade de Brasília (2019) e Especialização Master em Estruturas de Edificações pela Universitat de Barcelona (2022). Atuou como chefe do Departamento de Edificações - DEDI, da NOVACAP - Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (2015-2017) e como Diretor do CEPLAN - Centro de Planejamento Oscar Niemeyer - UnB (2020-2021). Tem experiência acadêmica em Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Tecnologia da Arquitetura, Estruturas e Representação Gráfica, atuando principalmente nos seguintes temas: arquitetura, projeto, sistema estrutural, estrutura de concreto, desenho técnico e BIM - Building Information Modeling. Atualmente é professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT-UnB).

**Luís Henrique Bueno Pinheiro**

[luish.pinheiro@hotmail.com](mailto:luish.pinheiro@hotmail.com)

É engenheiro Civil pela Unesp de Ilha Solteira, Mestre em Engenharia Civil, na área de Estruturas e Geotécnica pela Unicamp, Diretor na Arcoponte Consultoria e Projetos Ltda. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia de Estruturas, atuando principalmente nos seguintes temas: Consultoria técnica de estruturas de concreto armado, protendido, metálicas e madeiras, incluindo a interação com o solo; Inspeção, investigação, testes, avaliação do quadro patológico das estruturas e Terapia de estruturas. Cálculo Estrutural: Dimensionamentos, cálculos estruturais e elaboração de projetos estruturais básicos e executivos de obras de arte especiais, estações

ferroviárias e metroviárias, obras enterradas, portos, dentre outras obras de infraestrutura e de edificações, industriais e residenciais; Análise estrutural quanto à capacidade portante de pontes e viadutos; Estudo de Viabilização de Transporte de Cargas; Reforço de pontes e outras estruturas por várias técnicas, dentre elas Protensão Externa e Fibras de Carbono; Estruturas mistas de madeira e concreto; Uso de cálculo pelo Método dos Elementos Finitos; Ensaio e Testes Estruturais: Provas de carga; Instrumentação de estruturas; Avaliação de dados aquiridos; Ensaio destrutivo e não destrutivo em estruturas metálicas, madeiras, concreto armado e protendido; Testes e provas de carga em solos, estruturas de fundação e estruturas enterradas; Demais: Desenvolvimento de projeto estrutural de edificações comerciais e residenciais multifamiliares (conjuntos residenciais); Desenho técnico 2D e 3D em softwares CAD, como AutoCAD e ArchiCAD (plataforma BIM). Projetos de estruturas e fundação.

**Márcio Augusto Roma Buzar**  
[marcio.buzar@gmail.com](mailto:marcio.buzar@gmail.com)

É graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão (1994), com mestrado (1996) e doutorado (2004) em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (UnB). É Professor Associado na UnB, onde coordenou o Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura (PPG-FAU-UnB) de 2013 a 2015. Tem ampla experiência em Engenharia Civil, com destaque para projetos de Segurança Estrutural e participação no Projeto REUNI, no qual projetou e coordenou mais de 250 mil m<sup>2</sup> nos campi da UnB. Desde 2005, leciona no Programa de Pós-Graduação da FAU-UnB nas áreas de Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade, e sistemas estruturais. É coordenador da Linha de Pesquisa Estrutura e Arquitetura e ministra a disciplina Patologia das Construções na Pós-Graduação. Colabora com a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros do DF, com foco em monitoramento de áreas de risco. Suas pesquisas incluem a reabilitação de Obras de Arte Especial (OAEs) e o estudo de novos materiais como concreto translúcido, leve e colorido, além do uso de resíduos da construção (RCD) e EPS. Investiga a integração entre projetos estruturais e arquitetônicos e estuda a estruturação das obras de Oscar Niemeyer. Recentemente, tem se dedicado à sustentabilidade na construção e à computação gráfica aplicada às estruturas. Com formação em mecânica das estruturas, atua principalmente em análise estrutural de edifícios, análise plástica limite e métodos dos elementos finitos. Foi Diretor do Departamento de Estradas e Rodagens do Distrito Federal (DER-DF) em 2018, coordenando a reabilitação do Viaduto do Eixo Rodoviário Sul (Eixão) e a construção da Saída Norte de Brasília, que inclui mais de 27 viadutos e pontes. Também propôs metodologias para a análise de OAEs, auxiliando na recuperação de patrimônio moderno. Atuou como Diretor de Edificações da NOVACAP (2015-2017), coordenando centenas de obras públicas em Brasília.

Foi agraciado com a Medalha da Defesa Civil do Distrito Federal, o Título de Comendador do Corpo de Bombeiros do DF e a Medalha Mérito Segurança Pública da Secretaria de Estado de Segurança Pública do DF. Atualmente, realiza pós-doutorado na FEUP, Universidade do Porto, Portugal, sob a orientação do Professor Catedrático Humberto Varum.

**Marcos Henrique Ritter de Gregório**

[marcos@ritter.arq.br](mailto:marcos@ritter.arq.br)

MESTRE em Tecnologia pelo Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (UnB - 2010). PROFESSOR da Faculdade de Tecnologia do Centro Universitário de Brasília - CEUB. Sócio das empresas "Construtora Ritter", "Victum Manutenção Predial" e "AlugaDF". CONSULTOR da "Projetos Consultoria Integrada" na área de edificações. Possui graduação em ARQUITETURA E URBANISMO pelo Centro Universitário de Brasília (UniCEUB - 2006). Concluiu 50% do curso de graduação em ENGENHARIA CIVIL da Universidade de Brasília (UnB - 1998-2001).

**Mayra Soares Pereira Lima Perlingeiro**

[mayraperlingeiro@id.uff.br](mailto:mayraperlingeiro@id.uff.br)

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (UFF), com mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (UFRJ) e doutorado em Engenharia Civil pela UFRJ. É professora associada DE, com atuação nos cursos de graduação e de pós-graduação em Engenharia Civil da UFF, vice-coordenadora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFF desde 2021; Editor-chefe da Revista Científica Engevista desde 2023; professora colaboradora na Escola Politécnica da UFRJ. Participou do Comitê da ABNT/CEE-231 no Projeto de Revisão ABNT NBR 7187:2021 e ABNT NBR 6118:2023. Diretora técnica do IBRACON da Regional Rio de Janeiro biênio 2021-2023 e 2023-2025. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas de Concreto, atuando principalmente nos seguintes temas: projetos de engenharia, análise estrutural, concreto armado, concreto protendido, concretos especiais, reforço estrutural e pontes. Coordenou projeto sobre Comportamento de Elementos Estruturais em Concreto Armado e Protendido na UFF. Suas publicações têm como foco temas relacionados ao comportamento de elementos estruturais em concreto armado e protendido, reforço com materiais compósitos de resina e fibras em elementos estruturais de concreto e dimensionamento de pontes. É membro do projeto de pesquisa Metodologias e Processos Inovadores com Foco na Redução de Patologias e Melhoria do Desempenho dos Materiais de Construção cadastrado na plataforma Sucupira.

**Naiara Guimarães de Oliveira Porto**

[naiara.porto@aluno.unb.br](mailto:naiara.porto@aluno.unb.br)

Doutoranda na área de Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade, pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, financiada, parcialmente, pela FAP/DF. Possui mestrado em Reabilitação Estrutural de Edifícios pela Universidade de Coimbra (2020). Especialização em Reabilitação Ambiental e Sustentável Arquitetônica e Urbanística (em andamento). Graduação em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Brasília (2016). Atua na área de engenharia civil, com ênfase em análise e reabilitação estrutural, patologias das estruturas e engenharia diagnóstica, com a realização de perícias, inspeções especializadas e elaboração de laudos e projetos. Realizou trabalhos e publicações relacionados aos estudos de concreto armado, metodologias de análise de danos em edificações e em patrimônios culturais. Atualmente faz parte como pesquisadora colaboradora do Laboratório de Reabilitação do Ambiente Construído (LabRAC) da Universidade de Brasília.

**Olímpia Loures Vale Pujatti**

[olimpia.ufop@gmail.com](mailto:olimpia.ufop@gmail.com)

Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2020), MBA em Gerenciamento de Projetos pela FGV (2015) e Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto (2010). Trabalhou durante 6 anos na área de planejamento e qualidade em obra de construção de estação metroviária. Atualmente é professora do curso de Engenharia Civil na Universidade Potiguar.

**Patrícia Caroline Souza da Rocha Vieira**

[patriciavieira88@yahoo.com.br](mailto:patriciavieira88@yahoo.com.br)

Engenheira civil formada desde 2016; pós graduada em Auditoria, Avaliações e Perícias de Engenharia em 2019; pós graduada em Construções Sustentáveis e Ecurbanismo em 2020; Pós graduada em Patologia das construções em 2021; Pós graduanda em BIM Management; Atualmente trabalhando com obras de pequeno e médio porte em concreto armado e estrutura metálica; Obras executadas e serviços executados: Galpões em estrutura metálica Prédio em estrutura mista (concreto armado e estrutura metálica) Prédio residencial em concreto armado Laudos técnicos Serviços de manutenção predial.

**Paulo Robert Santos Machado**

[robertsm@gmail.com](mailto:robertsm@gmail.com)

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Paulista (2010) e Mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela universidade de Brasília (2024). Atualmente é analista de gestão e fiscalização rodoviária - Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia Rodoviária, Projetos e Construções.

**Ramon Saleno Yure Rubim Costa Silva**

[salenojure@hotmail.com](mailto:salenojure@hotmail.com)

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão (2009), com Mestrado e Doutorado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília. Trabalhou como Gerente de Projetos na VALEC por 8 anos. Atualmente, é Professor Adjunto no curso de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB), onde leciona Mecânica dos Sólidos, Teoria das Estruturas e Projeto de Pontes. É membro do Comitê Brasileiro de Normalização Metroferroviário (CB-06) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e participou de 18 congressos e seminários científicos no Brasil e no exterior. Atua como revisor para revistas como a Revista IBRACON de Estruturas e Materiais (RIEM), Applied Mathematical Modelling e Frattura ed Integrità Strutturale. Tem experiência em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas Metálicas, Ferrovias, Dinâmica, Estruturas de Concreto, Pontes, Problemas Inversos e BIM. É membro do IABMAS (International Association for Bridge Maintenance and Safety) e do IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto). É autor de artigos e periódicos científicos apresentados em congressos nacionais e internacionais.

**Ricardo Valeriano**

[eduardovalerianoalves@gmail.com](mailto:eduardovalerianoalves@gmail.com)

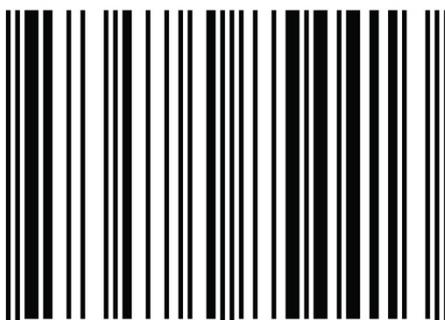
Professor associado da Escola Politécnica da UFRJ. Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (1985). Possui Mestrado (1989) e doutorado (1995) em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ no programa de Estruturas. Atuação em Mecânica das Estruturas, Pontes, Concreto Protendido e Estabilidade Elástica.

**Rodrigo Barros**  
[barrosrn@ufrn.edu.br](mailto:barrosrn@ufrn.edu.br)

Possui Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2006), Mestrado em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) pela Universidade de São Paulo (2009) e Doutorado em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) pela mesma instituição. Foi bolsista da CAPES e do CNPq durante o Mestrado e o Doutorado no Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos. Atualmente é Professor Adjunto IV da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Projetos de Estruturas e Projetos de Fundação. Foi professor do curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Araraquara, do curso de Especialização em Engenharia de Estruturas da UNILINS e do curso Especialização em Estruturas de Concreto e Fundações do INBEC - Instituto Brasileiro de Educação Continuada até o ano de 2013. Como pesquisador, atua principalmente nos seguintes temas: modelo de Bielas e Tirantes, Fundações, Bloco sobre estacas e Modelos de Cálculo para Força Cortante.

ISBN: 978-65-84854-41-3

**CR**



9 786584 854413