



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

ORGANIZZADORES 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

DEGRADAÇÃO

PRESERVAÇÃO

ESTÉTICA



EIXO 1

1 Avaliação da curva de desempenho e degradação de obras de arte especiais: caso da Ponte do Braghetto

MACHADO, Paulo Robert Santos

Universidade de Brasília.

OLIVEIRA, Iberê Pinheiro de

Universidade de Brasília.

SANTOS, Gláucyo

Universidade de Brasília.

PANTOJA, João Costa

Universidade de Brasília.

BUZAR, Márcio Augusto Roma

Universidade de Brasília.

Resumo: O acompanhamento contínuo do estado de conservação de obras de arte especiais é uma etapa de suma importância para os processos de gestão e planejamento em manutenção de pontes e viadutos. Em geral, três fatores são a base para análise do desempenho de qualquer empreendimento da construção civil: segurança, funcionalidade e aparência. Com esta base teórica, torna-se perceptível que inúmeros agentes diretos e indiretos podem ocasionar a perda de desempenho durante ciclo de vida, principalmente de obras especiais, como as supracitadas. Apresenta-se neste artigo, a síntese dos estudos já desenvolvidos pelo grupo de pesquisadores do LabRAC/FAU/UNB, com dados coletados do sistema de gerenciamento de obras de arte do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes, cadastrados entre os anos de 2009 e 2021. Como amostra do conhecimento adquirido, será proposta a curva de degradação e desempenho e um dos marcos arquitetônicos de Brasília: a Ponte do Braghetto. A análise deste artigo restringe-se a inspeção visual e conceitos normativos, como ABNT NBR 9452:2019, DNIT 010:2004 – PRO e ISO 15686-2: 2012. Ao final, apresenta-se a correlação com polinômio adaptado para as curvas teóricas de desempenho e degradação gerada a partir das 10408 OAE's, presentes no banco de dados em estudo. Os resultados geram boas expectativas, apresentando diretamente a correlação do indicador de degradação no valor de 60,0%, o que corresponde 38,0% de desempenho para a estrutura de concreto, parcialmente com 62 anos de uso e um dos principais ramais ao sistema viário de Brasília.

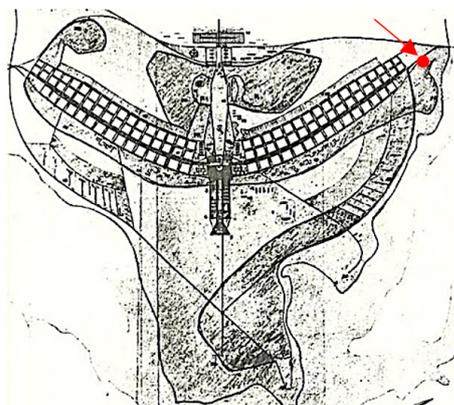
Palavras-chave: Desempenho; Degradação; Patologia; Pontes; Inspeção.

1. INTRODUÇÃO

A criação de Brasília foi caracterizada pela arquitetura modernista internacional e se tornou um marco de forma e expressão artística. O planejamento urbano e paisagístico fundamentou a compreensão das qualidades espaciais, utilizando inovações construtivas tecnológicas e estruturais. Época de muitas contribuições na construção civil, levando principalmente a arquitetura e a engenharia de estruturas a soluções originais e inovadoras para a época da execução. Neste recorte, a Ponte do Braghetto, nome da construtora que ganhou a licitação da obra, era na época: “Grande Viaduto sobre o lago em Brasília” como pode ser visto na Figura 1.

Uma das treze obras de arte especiais (OAE) que compõem o trevo de triagem norte, esta transposição sempre foi peça importante no planejamento viário atendendo a necessidade de futuras operações e manutenção do patrimônio da capital brasileira. Considerada uma das principais artérias viárias de Brasília, tanto em termos de importância no que tange à estrutura urbana, quanto em termos de volume veicular. Sua representação já podia ser vista nos croquis iniciais de Lúcio Costa e Oscar Niemayer.

Figura 1: Croqui do Plano Piloto indicação da Ponte do Braghetto em 1956 e vista aérea atual



FONTE: [HTTPS://REVISTAMDC.FILES.WORDPRESS.COM/2011/02](https://revistamdc.files.wordpress.com/2011/02).

Com 180 metros de passagem aérea e 32 metros de largura, não só a ponte, mas toda a região ao entorno foi alterada em virtude do aumento do fluxo do trânsito. As duas imagens de satélite comparativas apresentadas na Figura 2, registram as intervenções entre os anos de 2008 e 2020 e toda a requalificação da infraestrutura urbana para adaptação do tráfego.

Figura 2: Imagens de satélite comparativa entre os anos de 2008 e 2020

FONTE: GOOGLE EARTH, 2023.

Construída em 1961 e estruturada em concreto armado com laje de tabuleiro em protensão parcial, faz parte do acervo de projetos do engenheiro calculista Aderson Moreira da Rocha, referência técnica a toda comunidade científica brasileira.

Sob administração do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER), tanto o trevo, como principalmente a ponte, foram estrangulados pelo crescimento da capital. Mesmo com manutenções programadas para manter o desempenho, o desgaste natural dos materiais, ação de intempéries e o ambiente externo da região, fez com que o nível de degradação fosse cada vez maior, com pode ser visto na Figura 3.

Figura 3: Vista da face inferior do tabuleiro central – danos ocasionados pela humidade

Fonte: Autores.

Não só a recuperação do estado de conservação, mas o aumento necessário da sobrecarga de uso foi a base do planejamento da obra de intervenção. É inegável que o acesso norte da cidade de Brasília depende em grande parte do desempenho, da ponte do Braghetto, motivo

pelo qual há manutenção permanente, evitando ao máximo a degradação de suas partes. Estes tipos de OAE's podem causar grandes transtornos financeiros e operacionais, caso sejam paralisados, portanto, seu desempenho deve ser especial quanto aos critérios de aparência, funcionalidade de segurança.

2. AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO, VIDA ÚTIL E DESEMPENHO

O processo de coleta de dados sobre degradação de qualquer empreendimento começa no planejamento com estudo da documentação histórica, análise dos projetos originais e processos construtivos, além das normas aplicadas durante a construção. Outro ponto fundamental é a percepção do ciclo de vida da OAE e como os materiais e elementos componentes se comportaram diante do ambiente externo, as condições de uso e manutenção do local onde está inserida. Esta anamnese deve fornecer ao inspetor técnico, informações sobre a relação causa e efeito, customizando dados específicos sobre a degradação e perda de desempenho do conjunto edificado.

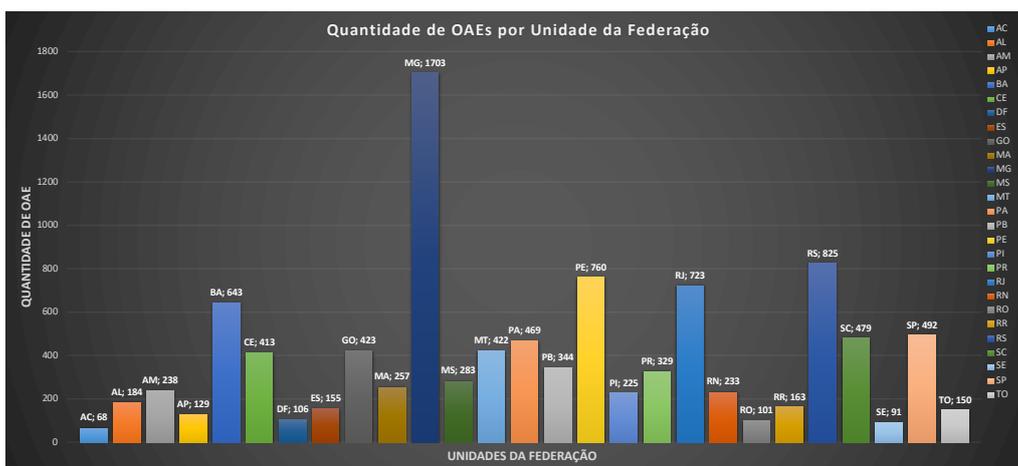
Deve-se compreender que os materiais e elementos construtivos trabalham em conjunto agregando esforços e estabilizando sistemas, conforme estabelecido na BS ISO 15686-5:2017, como também na ABNT NBR 15575-1:2021. A degradação de um material, não significa o colapso total de um empreendimento, mas pode representar a perda de seu desempenho e risco para sua operação. Esta é a curva natural de aprendizado adotada pelos pesquisadores e base fundamental para coleta de informações coesas.

2.1. DEGRADAÇÃO

Perceber a degradação é uma forma eficaz de avaliar a variação do desempenho. Inspeções visuais rotineiras dos agentes que podem alterar a perda desempenho, representam investimentos de baixo custo com retorno significativo na gestão de empreendimentos. As obras de arte especiais (OAE) compõem uma área da construção civil na qual agrupa-se estruturas peculiares dimensionadas para transpor obstáculos. Possuem métodos específicos tanto no processo de projeto como na especificação de materiais e execução de obra. Durante muitos anos, Pfeil e colab. (1980) prevaleceram com o texto de referência orientando processos e diretrizes para análise do estado de conservação de OAE's, dando base a maioria do banco de dados sobre o assunto, como o trabalho desenvolvido pela Coordenação-Geral

de Planejamento e Programa de Investimento (CGPLAN) do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT). A contribuição foi consolidar as bases de dados do DNIT, agrupando os registros do Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO), Vídeo Registro (2009 a 2010; 2012 a 2015), BR-Legal (CGPERT/DIR), Coordenação-Geral de Manutenção e Restauração Rodoviária (CGMRR/DIR), Universidade Federal do Paraná (UFPR), VGeo e da Coordenação de Planejamento (CGPLAN/DPP) conforme Figura 4.

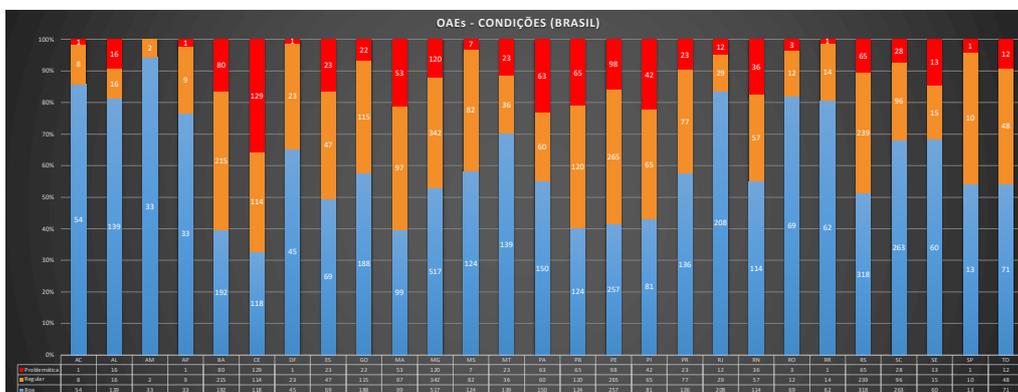
Figura 4: Distribuição de OAE por Unidade Federativa do Brasil



FONTE: DNIT.

Além das regiões onde estão instaladas as OAE's, os dados registram informações como a tipologia, permitindo aprofundar o conhecimento sobre as ações ambientais, efeitos de degradação ou mesmo estado de conservação de cada elemento amostral conforme gráfico da Figura 5.

Figura 5. Segregação das AOE's segundo nota final obtida na inspeção



FONTE: DNIT.

Além da nomenclatura específica para OAE, a análise da degradação, gestão, manutenção e operação, atualmente há normativas mais atuais como ABNT NBR 9452:2019, DNIT 010:2004 – PRO, bem como experiências aprendidas com outras pesquisas como Simões e colab (2021) e Macêdo (2016) e mesmo cursos de treinamento especializados, como os oferecidos pelo Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON).

Durante o cadastro da degradação, as anomalias registradas devem representar a descaracterização do elemento ou sistema, tendo em mente a referência do estado de conservação novo. O diagnóstico da degradação deve deixar evidente a natureza da anomalia, bem como os dados para rastrear o elemento componente da estrutura, sua posição diante do projeto e as alterações que manifestação patológica está ocasionando. A própria ABNT NBR 9452:2019 sugere a Tabela 1 com referências qualitativas e quantitativas utilizadas para mitigar possíveis interpretações ambíguas durante a inspeção.

TABELA 1: CLASSIFICAÇÃO DA CONDIÇÃO DE OAE SEGUNDO OS PARÂMETROS ESTRUTURAL, FUNCIONAL E DE DURABILIDADE

Nota	Cond	Estrutura	Funcionalidade	Durabilidade
5	Excelente	Apresenta-se em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados.	Há segurança e conforto aos usuários.	Perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção de rotina.
4	Boa	Apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural.	Há pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário.	Há pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
3	Regular	Há danos que poder vir a gerar alguma deficiência estrutural, sem riscos a estabilidade da obra. Intervenções podem ser necessárias a médio prazo.	Há desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo.	Há pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de moderada a alta agressividade ambiental.
2	Ruim	Há danos que comprometem a segurança estrutural, sem risco iminente. A evolução pode levar ao colapso estrutural a curto prazo.	Funcionalidade comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.	A OAE apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometam sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental.
1	Crítica	Há danos que geram graves, elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural. Necessária intervenção imediata.	A OAE não apresenta condições funcionais de utilização.	A OAE encontra-se em elevado grau de deterioração, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional.

Fonte: Adaptado da ABNT NBR9452:2019.

A classificação da condição deve ser registrada entre Crítica e Excelente, pontuando de 1 a 5 pontos de acordo com a caracterização da estrutura, funcionalidade e durabilidade observada no local. Percebe-se que a análise tem o foco em dois critérios: segurança e funcionalidade. Ao propor o termo durabilidade, a ABNT NBR 9452:2019 espera que o inspetor avalie diretamente os efeitos associados à sua vida útil, ou seja, o tempo estimado em que a estrutura ainda pode cumprir suas funções em serviço. Um indicador extremamente complexo como será visto adiante neste artigo.

2.2. VIDA ÚTIL

O estudo da Vida Útil de elementos e sistemas construtivos partem de modelos de deterioração estocásticos, atribuindo-se probabilidades da ocorrência de danos em determinado universo amostral. A sequência de variáveis que afetam os edifícios em uso, e o comportamento dos sistemas trabalhado em conjunto, foi apresentado por pesquisadores como Gomide e colab. (2011) e Pereira (2013). Ainda com a análise do empreendimento de forma global, a BS ISO 15686-5 (2017) indica que a Vida Útil Total Prevista (VUE) do sistema edificado é o agrupamento de todas as variáveis que atual durante o ciclo de vida proposto a equação_(1):

$$VUE = VUR * A * B * C * D * E * F * G \quad (1)$$

Onde: VUE = vida útil total prevista; VUR = vida útil de referência; A = fator relativo à qualidade dos materiais; B = fator relativo ao nível de qualidade do projeto; C = fator relativo ao nível de qualidade de execução; D = fator relativo ao nível de qualidade do ambiente interior; E = fator relativo ao nível de qualidade do ambiente exterior; F = fator relativo às características de uso; G = fator relativo ao nível de manutenção.

Do repositório da biblioteca digital Elsevier, somente nos últimos vinte anos foram publicados 3682 documentos; entre eles, teses, dissertações e artigos em diversos jornais e revistas. Destes documentos, aproximadamente 29,3% (1080) relatam a análise da vida útil na coleta de informações para valores de referência de degradação, desempenho, durabilidade, estabilidade de materiais e ciclo de vida de sistemas estruturais. As tabelas divulgadas por laboratórios, fabricantes, ensaios controlados e amostras postas a prova não conseguem justificar edificações com duzentos anos ou mais como encontradas na Itália, França ou outros

países do velho continente. Esta ainda será uma longa caminhada e tema de muitos estudiosos.

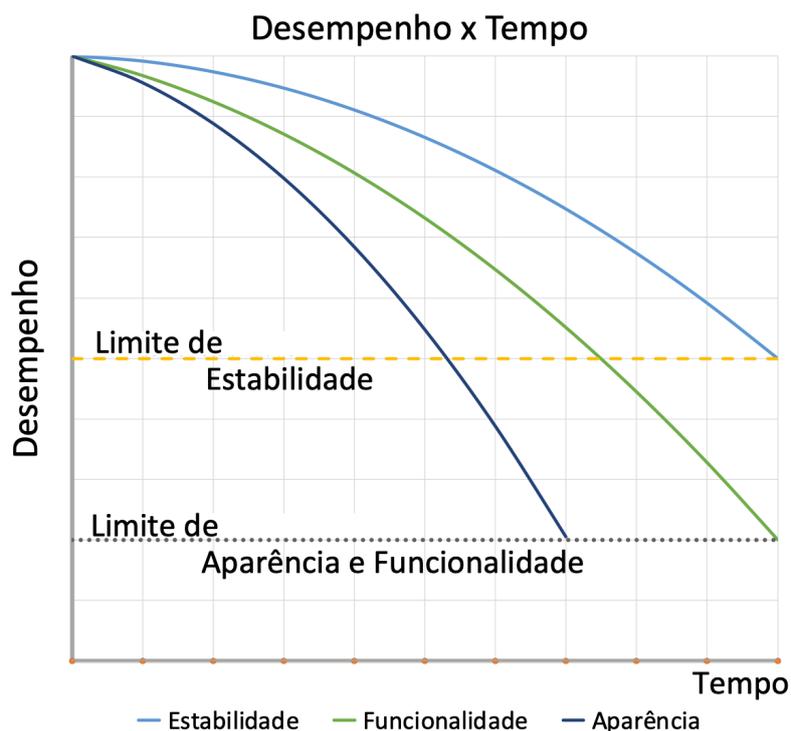
Voltando a equação (1), o comportamento de sistemas ortótopos como as estruturas de concreto armado, deve-se analisar os múltiplos fatores e os nexos de causa e efeito em análise global, tornando o processo de quantificar a vida útil quase inviável. O valor calculado de acordo com a BS ISO 15686-5:2017, pode ser a linha de referência para novas construções, com planejamento, apoio computacional, controle de processos e recursos atuais e ainda com poucos sucessos quando aplicado ao ambiente construído.

2.3. INSPEÇÃO VISUAL

Por apresentar baixo investimento, as inspeções visuais atendem como base de coleta primária, por modelos hedônicos nos quais a qualificação de um item pode gerar parâmetros comparativos. Estudos apresentados por Oliveira (2018), demonstram que variáveis subjetivas como estabelecidas por métodos como *Ross-Heidecke* podem ser confiáveis, desde que a equipe de vistoriadores passe por treinamento específico e possuam formulários coesos, direcionados a coleta específica da informação com as opções de respostas já pré-definidas.

O cadastro de observações para análise do comportamento de amostras sempre foi o utilizado em áreas técnicas como medicina, biologia, química, física e arquitetura. A exemplo de Aldahdouh (2018), o pesquisador deve manter-se em um planejamento de rotina, anotando as alterações da amostra formando uma linha histórica capaz de descrever coerentemente todos os efeitos observados. Segundo Gomide e colab. (2011) a qualidade total da inspeção é: saber o que está procurando e qual a relação de causa e efeito, cadastrando com critério e de forma clara o banco de dados da inspeção. Não existe formulário padrão, mas uma anamnese profunda e estudo do histórico do empreendimento a ser vistoriado.

É normal que o desempenho seja afetado ao longo do tempo, dado a quantidade de variáveis que envolvem o ciclo de vida de um empreendimento. Neste sentido, Moser (1999) fornece a base gráfica (Figura 6) para referência visual da perda de desempenho a partir da degradação da aparência, funcionalidade e segurança.

Figura 6: Critério aplicado a inspeções visuais para percepção do desempenho ao longo do tempo

FONTE: ADAPTADO EM LAYOUT DE MOSER, 1999.

O estudo de Moser (1999) deixa claro o sentido natural da manifestação patológica. Em casos de pontes por exemplo, a perda de aparência como abrasão da camada asfaltada, abaulamento do asfalto, presença de trincas visuais, desgaste irregular da faixa de rolagem, entupimento vias drenantes, fissuras em juntas de dilatação já indicam ao inspetor uma sequência de ações e danos que irão ocorrer quanto a funcionalidade e segurança do empreendimento em estudo. A aparência na maioria das vezes é o primeiro indicador para análises mais profundas ou a decisão de contratação de equipes de controle com equipamentos.

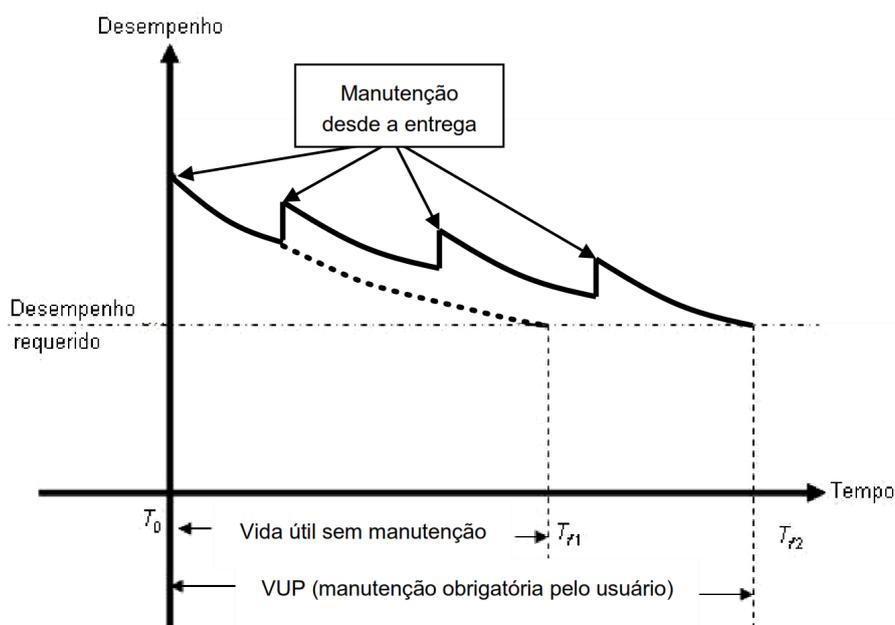
Informações obtidas por inspeções coesas e orientadas embasam decisões sobre o desempenho de empreendimentos e auxiliando a gestão urbana, inclusive para ações de reuso ou requalificação como demonstrado em Galimi (2021).

2.4. DESEMPENHO

Desde 2015 os estudos a respeito do desempenho de empreendimentos no Brasil têm avançado, exigindo ajustes conforme estabelecido na ABNT NBR 15575-1:2021, com ciclo de

vida do imóvel semelhante ao apresentado na Figura 7. Tais curvas e entendimentos estão sendo reformulados e novos modelos surgem como o caso da visão sistemática do desempenho, onde a vida útil não indica o fim do elemento estrutural como ora proposto em ensaios e curvas dose resposta de laboratório.

Figura 7: Desempenho ao longo do tempo

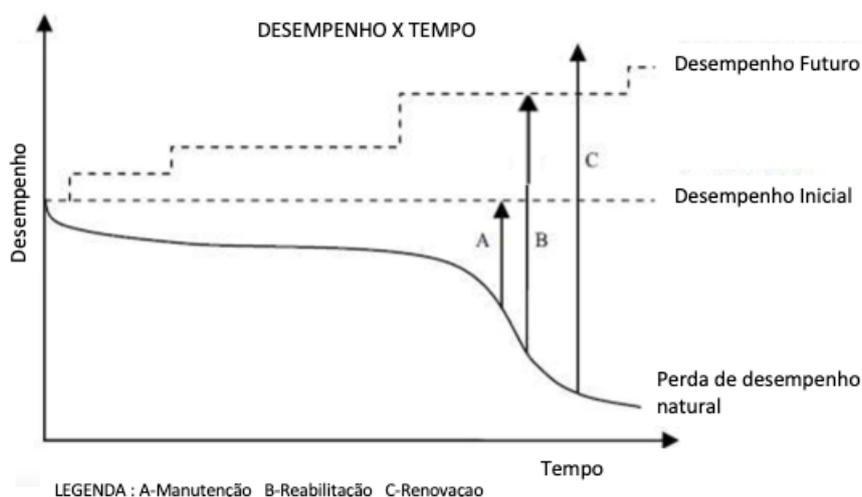


FONTE: ABNT NBR 15575-1:2021.

Miranda e Calejo (2020) demonstram que, em teoria, o desempenho tem uma perda em estágios diferentes do tempo, formando uma curva composta. Em seus estudos mais recentes o desempenho terá sempre a característica crescente, levando o investidor a aplicar recursos com manutenção, reabilitação e renovação como demonstrado na Figura 8.

Uma associação de resistências e até mesmo química que podem ou não afetar a aparência, a funcionalidade e a segurança do empreendimento quando analisado de forma global. Isto abre o caminho para a análise dos critérios de desempenho, separando os efeitos que vistoriamos dos dados de fornecedores e laboratórios, passando a interpretar as ações de projeto, processo construtivo, manutenção, ações ambientais e condição de uso sem depender da vida útil. Todos os componentes e elementos se agrupam e formam um só, com suas características únicas e específicas, a maneira mais natural encontrada em diversos modelos científicos, inclusive estruturas de concreto como o caso da OAE.

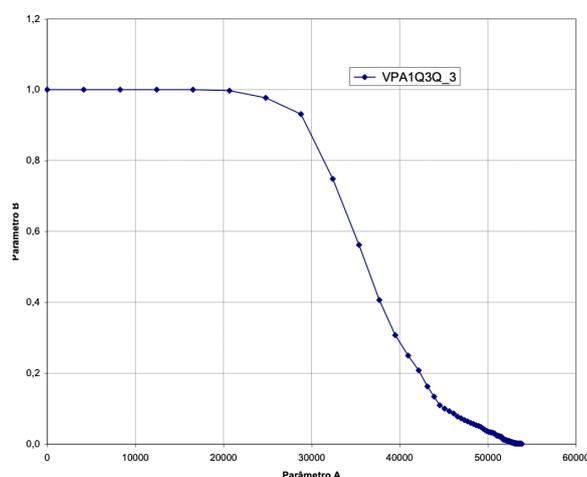
Figura 8: Desempenho x Tempo processos de recuperação



FONTE: MIRANDA E CALEJO, 2020.

O restringir o desempenho somente ao modelo de cálculo estrutural, a variação de rigidez e deformação, possui íntima correlação com desempenho e degradação. Estudos sobre esta correlação de causa e efeito é convergência de múltiplos parâmetros quando solicitados a trabalharem conjuntamente como demonstrado em P.G. Bergan e T.H. Soreide (1977) e Pantoja (2003). Ambos os estudos também deixam o paradigma do material de forma isolada e passam a analisar o conjunto de variáveis aplicadas em sistemas estruturais. Esta é a análise mais próxima da real condição de uso da estrutura e seus componentes durante o ciclo de vida de um empreendimento (Figura 9).

Figura 9: Degradação dos parâmetros da matriz de rigidez da estrutura



FONTE: PANTOJA, 2003.

Na pesquisa há demonstrações de que após um período de solicitações e degradação da estrutura em sua fase inicial, há uma acentuada perda desempenho do sistema analisado. Após este ponto crítico, a tendência é que degradação e desempenho seja uma curva menos acentuada, tendência parabólica até o declínio total do edifício como já demonstrado em Oliveira e Pantoja (2022). Em seus estudos foram apresentadas quatro segmentações para a qualificação do desempenho sendo: Mínimo (DM), Intermediário (DI), Superior (DS) já qualificados na ABNT NBR 15575-1 (2021) e a necessidade inclusão do desempenho Especial (DE) utilizado para obras de engenharia que exigem especial atenção quanto a ciclo de vida, evitando ao máximo sua degradação. Neste seletor grupo estão os patrimônios culturais, empreendimentos de altíssima importância como algumas OAE's, Hospitais, Bases aéreas e similares nas quais a interrupção geraria transtornos financeiros e operacionais significativos ao gestor privado ou público.

3. ESTUDO DE CASO

Com campo amostral de 10408 obras de arte especiais e registros de inspeções coletados entre os anos de 2009 e 2021, foi possível ajustar variação da degradação ao longo do tempo. A coleta de dados está aderente às normas ABNT NBR 9452:2019, DNIT 010:2004 – PRO as manifestações patológicas e os componentes das pontes e viadutos que foram danificados ou alterados. Para a amostra da Ponte do Braghetto e sua importância ao sistema viário da cidade de Brasília, foi adotado o Desempenho especial. Para empreendimentos com sistemas compostos e apoio de análises não lineares, a melhor adaptação ao polinômio obtido está apresentada na Equação (2):

$$De = - 2,6868 * (ID)^3 + 4,3466 * (ID)^2 - 2,6683 * (ID) + 1,0000 \quad (2)$$

Onde: De= Desempenho do sistema; ID = Indicador de Degradação.

Outras curvas, com materiais compostos e mais sistemas da edificação ainda estão sendo compostos, alimentando pesquisas futuras. De forma gráfica o comportamento dos polinômios da Equação (2) com o comportamento do desempenho em obras especiais (De) ao longo da degradação no ciclo de vida de um imóvel pode ser visto na Figura 10.

Grande parte dos danos ocorreram por abalroamento de veículos na passagem por baixo da ponte (Figura 12) danificando pontos da laje inferior, expondo e rompendo parte destes nichos.

Figura 12: Danos na laje inferior do caixão perdido



FONTE: [HTTPS://AGENDACAPITAL.COM.BR.](https://agendacapital.com.br)

Há ainda danos ocasionados por intempéries e desgaste natural do material face a acresção do ambiente externo no local. Sinais de agentes de carbonatação, umidade excessiva, fissuras decorrentes da variação de temperatura entre outros como pode ser perceptível na Figura 13.

Figura 13: Danos na laje inferior do caixão perdido



FONTE: AGENDACAPITAL.

Apesar do grande número de indicadores de degradação cadastrados na parte externa do viaduto, como demonstrado na Figura 14, a parte interna da laje caixão não se demonstrou danificada, principalmente nos trechos de maior resistência estrutural.

Figura 14: Vista interna da laje caixão



FONTE: AUTORES.

Com os dados de campo, o cálculo do indicador de degradação (ID) foi obtido calculando a média das notas de classificação parametrizadas conforme demonstrado na Tabela 2.

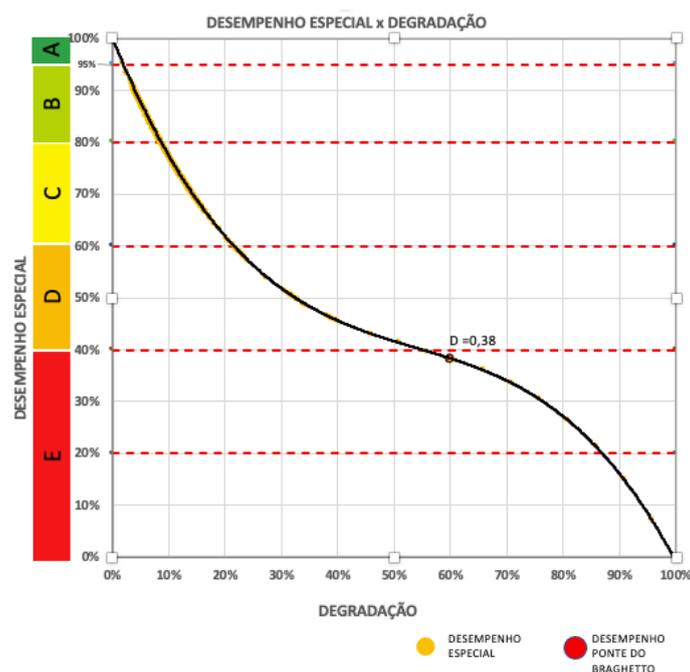
TABELA 2: INDICADOR DE DEGRADAÇÃO - PONTE DO BRAGHETTO

Estrutura	Elemento	Nota durabilidade	Nota estrutural	Nota funcionalidade	Máx.	Nota	Parametrizado
Superestrutura	Alas	4 - Boa	4 - Boa		15	8	0,47
Superestrutura	Juntas	0 - A classificar	4 - Boa	4 - Boa	15	8	0,47
Superestrutura	Lajes	3 - Regular	4 - Boa		15	7	0,53
Mesoestrutura	Aparelhos de Apoio	0 - A classificar	4 - Boa		15	4	0,73
Mesoestrutura	Pilares	2 - Ruim	2 - Ruim		15	4	0,73
Infraestrutura	Infraestrutura	4 - Boa	4 - Boa		15	8	0,47
Encontros	Laje de Transição	3 - Regular	0 - A classificar	3 - Regular	15	6	0,60
Encontros	Taludes	3 - Regular	4 - Boa		15	7	0,53
Elementos e Acessórios de Segurança	Defensa	0 - A classificar	0 - A classificar	2 - Ruim	15	2	0,87
Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-corpo	4 - Boa	0 - A classificar	4 - Boa	15	8	0,47
Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-rodas	4 - Boa	0 - A classificar	2 - Ruim	15	6	0,60
Elementos e Acessórios de Segurança	Passeio	3 - Regular	0 - A classificar	3 - Regular	15	6	0,60
Elementos e Acessórios de Segurança	Pavimento	3 - Regular	0 - A classificar	1 - Crítica	15	4	0,73
Drenagem	Buzinote	3 - Regular	0 - A classificar	3 - Regular	15	6	0,60
Drenagem	Descida d'água	4 - Boa	0 - A classificar	3 - Regular	15	7	0,53
Indicador de Degradação (ID)							0,60

Fonte: Autores.

Com o indicador de degradação já parametrizado na escala de $ID = 60,0\%$, o desempenho pode ser calculado na curva do desempenho especial, com apoio da Equação (2) obtendo o valor $de = 38\%$. Graficamente o sistema Figura 15 apresenta o desempenho da ponte do Braghetto.

Figura 15: Desempenho especial da Ponte do Braghetto



FONTE: AUTORES.

O valor obtido do desempenho (De) para a AOE em análise indica que seria necessária e bem aderente ao que foi vistoriado. A certificação "E" propõem que fatores correspondentes a aparência, funcionalidade e segurança do empreendimento devem ser objeto de intervenções severas principalmente nos sistemas de externos que alteram a aparência. Há falhas reticamente em sistemas de maior uso e funcionalidade com o caso de sistemas pluviais, drenagem e elétrico. Danos recorrentes e de fácil percepção a olho nu, isolando ou impedindo funcionalidade e segurança. A escala de certificação total ainda está em ajustes face a grande número de dados que ainda estão sendo tratados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos apresentados deixam o paradigma de análise do desempenho através dada vida útil dos materiais e passam para análises não lineares, assim como em muitos sistemas

complexos e com grande número de variáveis envolvidas. Os dados estão convergindo para a visão mais próxima da real condição de uso dos empreendimentos. Materiais agrupam-se em sistemas e estes em uma nova edificação com degradação e desempenho específicos onde seus componentes devem ser analisados ao longo do ciclo de vida.

Modelos que possibilitem a coleta de amostras de forma qualitativa, como inspeções, e possam propor o valor quantitativo, como o desempenho, auxiliam decisões administrativas dos gestores quanto a operação e manutenção do ambiente construído.

O polinômio adotado para descrever empreendimentos que necessitam de desempenho especial se demonstrou aderente, com os valores condizentes aos dados observados. Quanto a certificação dos empreendimentos, os estudos estão bem avançados e serão objetos de novas publicações.

A base de dados coletadas de forma periódica e sistêmica foi essencial para as análises apresentadas.

BIBLIOGRAFIA

ABNT NBR 9452. **Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto- Procedimento.** 2019.

ABNT NBR 15575-1. **Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1:** Requisitos gerais. 2021.

ALDAHDOUH, A. A. **Visual Inspection of Sequential Data:** A Research Instrument for Qualitative Data Analysis. 2018.

BS ISO 15686-2. **Builtings and constructed assets - Service life planning Part 2: Service life prediction procedures.**, 2012. Reino Unido, UK.

BS ISO 15686-5. **Buildings and constructed assets - Service life planning - Life cycle costing.**, 2017. Reino Unido, UK.

DNIT 010/2004 - PRO. **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido- Procedimento.**, 2014. Rio de Janeiro: 1.

GALIMI, S. **Índice de requalificação urbana:** uma proposta para avaliação das intervenções de retrofit no patrimônio das obras de arte especiais, 2021. Brasília: UnB.

GOMIDE, T. L. F.; Neto, J. C. P. F.; Gullo, M. A. **Inspeção Predial Total - diretrizes e laudos no enfoque da qualidade total e da engenharia diagnóstica.** São Paulo-SP, 2011.

RESUMO SOBRE OS AUTORES



Daniel Nelson Maciel

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

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

Graduado em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas pela UERJ (1983), possui Mestrado em Engenharia Civil com especialização em Estruturas pela COPPE/UF RJ (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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 adquiridos; 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

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 m² 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

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

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

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

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

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

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

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

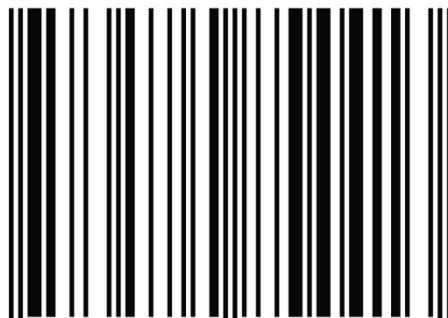
Professor associado da Escola Politécnica da UFRJ. Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (1985). Possui Mestrado (1989) e doutorado (1995) em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ no programa de Estruturas. Atuação em Mecânica das Estruturas, Pontes, Concreto Protendido e Estabilidade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

Rodrigo Barros
barrosrn@ufrn.edu.br

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