

Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana: o viaduto central em Brasília

Urban Infrastructure Requalification Index:
the central viaduct in Brasília

Stefano Galimi [I]
Márcio Augusto Roma Buzar [II]
João da Costa Pantoja [III]

Resumo

Memórias e o orgulho do passado relacionados a locais culturais, muitas vezes proporcionados pela própria infraestrutura urbana, são recursos para o desenvolvimento urbano e de identidade regional, que podem ser recriados, interpretados e re-funcionalizados para atender às gerações atuais e futuras. Para tanto, este trabalho utiliza um modelo de intervenção de retrofit urbano na área central de Brasília, representado pelo viaduto da Galeria dos Estados, principal artéria viária da capital. A metodologia adotada para a classificação da infraestrutura urbana segundo o Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana (IRU) considera um modelo multicritério baseado em três parâmetros: estrutural, ambiental e espacial. Os dados obtidos apontam para a viabilidade de implementação desses parâmetros na avaliação das infraestruturas existentes, conectores das cidades contemporâneas.

Palavras-chave: índice de requalificação da infraestrutura urbana; retrofit urbano; infraestrutura viária; obras de arte especiais; conservação do patrimônio moderno.

Abstract

Memories and pride of the past related to cultural places, often provided by the urban infrastructure itself, are resources for urban development and regional identity, which can be recreated, interpreted and re-functionalized to suit current and future generations. This work uses an urban retrofit intervention model in the central area of Brasília, represented by the Galeria dos Estados viaduct, the capital's main arterial road. The methodology adopted for the classification of urban infrastructure according to the Urban Infrastructure Requalification Index (IRU) considers a multi-criteria model based on three parameters: structural, environmental and spatial. The data point to the feasibility of implementing these parameters in the assessment of existing infrastructure, connectors of contemporary cities.

Keywords: urban infrastructure requalification index, urban retrofit, road infrastructure, bridges, conservation of modern heritage.



Introdução

A transformação do ambiente construído ao longo dos séculos e seu comportamento simbiótico com o ser humano são temas intrinsecamente relacionados à arquitetura que envolve mudanças de ordem social, econômica e cultural.

Com a observação do cenário das intervenções urbanas nas infraestruturas rodoviárias, nos últimos anos, percebe-se que a necessidade de efetuar a requalificação de uma obra de arte especial, seja ponte ou viaduto, tem sido, em grande parte, induzida por fatores de escassez de manutenção que, por sua vez, geram uma situação de precariedade dos espaços urbanos limítrofes. Esse fator de urgência foi acompanhado pela necessidade, cada vez mais importante, de reconstrução ou re-funcionalização do patrimônio existente que sofreu ou passou por alguma situação de deterioração, mais ou menos grave.

Diante desse contexto, o retrofit urbano, utilizado como instrumento de revitalização das cidades, é capaz de trazer melhorias consideráveis à sociedade, que usufrui das áreas urbanas não apenas para se deslocar, mas também por motivos de lazer e de diversão. Esse tipo de intervenção fundamenta as prerrogativas para reutilização de estruturas históricas, como centros de renovação cultural, incubadoras de capital social e áreas experimentais para novos desenvolvimentos urbanos.

Este trabalho salienta e desenvolve argumentos acerca da necessidade de traçar diretrizes de ação no patrimônio construído em áreas tombadas, a partir de uma abordagem integrada que abranja fenômenos sociais, culturais, ambientais e econômicos. Portanto,

torna-se necessário refinar as técnicas de análise para intervenção nas obras tombadas em relação ao seu impacto na sociedade atual.

As obras modernistas estão envelhecendo, em particular aquelas que empregam a própria estrutura para cumprir a destinação final de uso à qual foram destinadas. As pontes e viadutos, também conhecidos como Obras de Arte Especiais (OAEs), constituem os elementos indispensáveis para a conexão dos bairros de uma cidade e das relações entre as pessoas, acesso a saúde, cultura e transporte, entre outros. A precariedade estrutural e física de uma infraestrutura urbana determina uma grave criticidade para as cidades contemporâneas, em termos tanto de insegurança social, levando à degradação das áreas urbanas, quanto de ingentes danos econômicos para a sociedade.

Na configuração espacial e morfológica das suas principais vias, os antigos romanos designaram dois eixos perpendiculares: o *cardo*, indo de norte a sul, e o *decumanus*, indo de leste a oeste (Mumford, 1961 apud Freire, 2017).

De forma análoga, a implantação de toda a infraestrutura urbana do Plano Piloto da cidade de Brasília articula-se em dois eixos principais que se cruzam em ângulo reto. O eixo monumental desce para o lago Paranoá, enquanto o eixo rodoviário cruza a cidade inteira de norte a sul. A partir desses dois traçados principais, a cidade de Brasília expandiu-se e desenvolveu o seu traçado urbanístico (Galimi et al., 2020, p. 142).

Devido às circunstâncias vividas na capital federal do Brasil e no panorama internacional, nos últimos tempos, as questões sobre retrofit, manutenção e preservação do

patrimônio arquitetônico devem começar por uma contextualização teórica, para que se possa vislumbrar a tomada de decisões práticas. O modelo apresentado, que parte da premissa do desabamento estrutural parcial do viaduto sobre a Galeria dos Estados, representa um firme ponto de partida para as operações de manutenção do patrimônio infraestrutural da capital brasileira, sendo a via principal do Plano Piloto. Juntamente às considerações sobre o valor de autenticidade e integridade da obra concebida pelo arquiteto Lúcio Costa, foi realizada uma análise sobre o desempenho estrutural do viaduto antes e depois do retrofit, suas mudanças morfológicas, processo de intervenção e tomada de decisão após ruína. Embora a prioridade de proteger o patrimônio cultural seja amplamente reconhecida pela sociedade, a disponibilidade de recursos financeiros, muitas vezes, é insuficiente ou limitada. Portanto, é fundamental usar os recursos disponíveis da forma mais eficiente possível, avaliando maneiras de reduzir a carga financeira das obras de retrofit urbano para os cofres públicos e de aumentar a durabilidade do patrimônio infraestrutural moderno.

O retrofit urbano

O retrofit urbano é uma prática de intervenção na escala da cidade, apta a requalificar e re-funcionalizar uma determinada área e seus equipamentos urbanos, a fim de melhorar a qualidade de vida das pessoas que usufruem dos espaços públicos. Portanto, esse conceito não se qualifica apenas como uma reforma, mas como uma substituição de elementos que se tornaram obsoletos ao longo do tempo

(Negreiros, 2018). No caso da infraestrutura urbana, analisada como propulsor da virtuosidade das conexões viárias das cidades, precisamos buscar alguns parâmetros que sejam eficazes para entendermos como buscar a conservação do patrimônio moderno e sua consequente durabilidade.

A requalificação urbana das cidades, premissa fundamental para o crescimento econômico e social de um país, deve partir do conhecimento da infraestrutura urbana existente para embasar as intervenções necessárias a serem implementadas. De acordo com Newton (2013 apud Negreiros, 2017, p. 7), entre os temas mais críticos em âmbito urbano, o envelhecimento dos subsistemas da infraestrutura das cidades representa um problema complexo, ainda mais quando se trata de cidades tombadas.

Observando o cenário dos últimos anos, acerca das intervenções urbanas nas infraestruturas rodoviárias, a necessidade de efetuar a requalificação estrutural de uma obra de arte especial, seja ela uma ponte ou viaduto, tem sido em grande parte induzida por fatores de escassez de manutenção que, por sua vez, geraram uma situação de precariedade dos espaços urbanos limítrofes. Essa urgência foi acompanhada pela necessidade, cada vez mais expressiva, de reconstruir ou re-funcionalizar o patrimônio existente que sofreu ou passou por uma situação de deterioração mais ou menos grave.

No Brasil, há um déficit em estratégias voltadas para a conservação de obras públicas, deixando grande parte das obras de arte especiais em situações estruturais e funcionais precárias, gerando riscos aos usuários e prejuízo ao setor econômico nacional (Vitório, 2005). De acordo com D'Ayala et al. (1997 apud

Ferreira et al., 2013), a estimativa das perdas econômicas e financeiras desempenha um papel fundamental na implementação do planejamento urbano e das estratégias de retrofit, permitindo que os custos sejam reduzidos, almejando a segurança dos usuários.

No caso da cidade de Brasília, as intervenções sobre o patrimônio infraestrutural material, a capacidade de manter a proporção das escalas urbanas, preconizadas pelo arquiteto Lúcio Costa, e proporcionar uma utilização do espaço urbano de forma mais segura são consideradas parâmetros imprescindíveis para a premissa de um projeto de retrofit urbano. Além disso, perante o aumento da preocupação em se proteger as áreas urbanas tombadas, há uma ampliação da demanda pela solução do retrofit devido à redução dos custos referentes a novas construções. As práticas de retrofit em edificações existentes são complexas e difíceis, envolvendo inúmeros fatores em nível político e em níveis de tomada de decisão, econômico, científico e técnico, entre outros (Varum, 2003).

A infraestrutura urbana de pontes e viadutos, que representa o subsistema infraestrutural mais complexo de todos, devido às questões que envolvem não apenas a possibilidade de se deslocar dentro da cidade de maneira dinâmica, mas também de forma segura, precisa ser monitorada para detectar a eventual necessidade de uma intervenção de retrofit urbano, com foco na reabilitação das estruturas. É, portanto, imprescindível prever recursos para o monitoramento constante e a modernização das OAEs por serem elementos cruciais na rede da infraestrutura rodoviária.

Repensar as edificações e as obras existentes representa o primeiro passo para uma mudança de paradigma sobre a evolução da

cidade moderna na Europa e no mundo, com base na segurança, na energia, nas comunicações e nas infraestruturas sustentáveis. O que pode ser definido e conceituado como retrofit urbano deve incorporar dentro do espaço urbano existente, entre outros, um sistema de transporte viário seguro do ponto de vista estrutural, integrado e sustentável, uma cidade policêntrica com um sistema de transporte público eficiente, uma cidade densa capaz de suportar o esperado aumento da população, além de ser flexível às mudanças que, inevitavelmente, ocorrerão ao longo dos anos (Veronesi, Rinaldi e Rebecchi, 2014).

O Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana (IRU) – metodologia

O presente trabalho, na própria metodologia, propõe a implementação de um Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana – IRU – que considera um modelo multicritério para avaliar o patrimônio infraestrutural moderno, composto pelas obras de arte especiais. Para tanto, este estudo apresenta aplicação de análise integrada do ambiente urbano por meio de três conjuntos, ou macro dimensões, sendo o *Estrutural*, de *Instalações* e de *Implantação*. Foram adotados os oito indicadores urbanos, sendo eles ambiental, artístico, de durabilidade, econômico, de segurança estrutural, simbólico, social e de uso, possuindo o mesmo valor unitário. As três dimensões, definidas com diferentes pesos para formar a composição do IRU, foram utilizadas para orientar a avaliação das intervenções de retrofit urbano e, conseqüentemente, para

classificar a infraestrutura urbana de pontes e viadutos a partir dessa premissa. Essas escalas englobam um conjunto de elementos relevantes que permitem estabelecer uma interação dos elementos arquitetônicos e urbanos com a sociedade e o patrimônio tombado das cidades contemporâneas. Além de melhorar a compreensão do desempenho das infraestruturas no espaço urbano, a metodologia utilizada visa a determinar um parâmetro simples e de fácil compreensão para qualificar adequadamente as intervenções de retrofit. Sendo uma prática ainda pouco explorada no Brasil, por falta de legislação específica sobre o assunto (Negreiros, 2018), a requalificação urbana pode se tornar um aliado para promover a preservação das nossas cidades.

Em primeira instância, a abordagem metodológica de investigação sobre os diversos objetos arquitetônicos relacionados à infraestrutura urbana, como pontes e viadutos, deve seguir um *iter* de ação, que começa pelo levantamento dos dados relativos à concepção arquitetônica e estrutural do objeto. Quando tratamos desse tipo de obras, devemos entender a grandeza dimensional do objeto em questão, inserção na escala urbana da cidade, seu papel funcional de conexão viária e a segurança que proporciona aos usuários que por lá trafegam por meio de transporte particular ou público, entre outros. De acordo com Kohlsdorf e Kohlsdorf (2017, p. 56), a avaliação do ambiente construído urbano baseia-se

em valores referentes a expectativas sociais e dimensões morfológicas dos lugares, classificando-as em dimensão bioclimática, copresencial, econômico-financeira, expressivo-simbólica, funcional e topoceptiva, entre outras. Para alcançar o objetivo geral deste estudo, a metodologia proposta visa a avaliar as obras de arte especiais de pontes e viadutos, a fim de garantir a preservação do patrimônio Construído.

A metodologia utilizada para a obtenção do Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana – IRU prevê o emprego de um modelo multicritério, baseado na média ponderada de três macrodimensões utilizadas para a infraestrutura urbana, assim sendo:

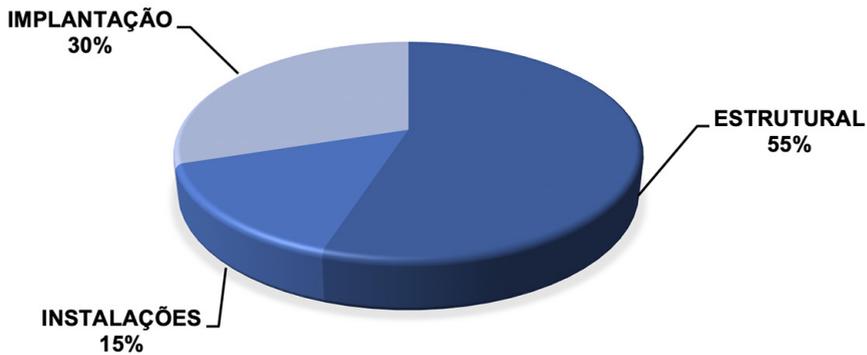
1) Estrutural (peso 55%): conjunto de 7 subelementos estruturais típicos dos sistemas de infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura que compõem uma obra de arte especial (Quadro 1).

2) Instalações (peso 15%): conjunto formado por 5 subelementos referentes aos sistemas básicos, sustentáveis e tecnológicos aplicáveis à infraestrutura de pontes e viadutos (Quadro 2).

3) Implantação (peso 30%): conjunto formado por 6 subelementos referentes à acessibilidade, paisagismo e elementos das áreas externas (Quadro 3).

Tratando-se de obras de arte especiais da infraestrutura urbana, a dimensão Estrutural foi normalizada para adquirir o maior peso, calibrado em 55% do total, representando uma série de subelementos, apresentados a seguir.

Figura 1 – Gráfico da composição do IRU para OAEs



Fonte: autoral.

Quadro 1 – Elementos constituintes da dimensão estrutural de uma OAE

Estrutural - Obra de Arte Especial	
1 – Blocos de fundação	Elementos estruturais de fundação em concreto armado, que transmitem as cargas das superestruturas para o solo.
2 – Cortinas de contenção	Elementos estruturais de contenção do solo (em concreto armado).
3 – Lajes do tabuleiro	Elementos planos de sustentação do trânsito rodoviário, se apoiam em elementos de vigamento horizontal, como longarinas e transversinas.
4 – Pilares	Elemento estrutural vertical, cuja função consiste na absorção das tensões oriundas pela superestrutura e, conseqüentemente, as descarrega para a infraestrutura solo+fundações.
5 – Sistema de apoio	Sistema de conexão e vinculação estática entre o sistema do tabuleiro e de sustentação vertical (pilar).
6 – Vigamento principal	Elementos horizontais principais representados por vigas longarinas (maior vão).
7 – Vigamento secundário	Elementos horizontais secundários representados por vigas transversinas (menor vão).

Fonte: autoral.

Todos os subelementos estruturais adotados no Quadro 1 compõem o conjunto do sistema resistente de uma OAE, não sendo consideradas, nos estudos de caso apresentados

neste trabalho, todas aquelas componentes estruturais típicas das pontes estaiadas, como estais e mastros, entre outros.

$$\text{ESTRUTURA} = \frac{\Sigma (\text{BLOCOS} + \text{CORTINAS} + \text{LAJES} + \text{PILARES} + \text{APOIOS} + \text{LONGARINAS} + \text{TRANSVERSINAS})}{7}$$

Os conjuntos das Instalações e Implantação, apresentados e discriminados nos quadros a seguir, foram ajustados de maneira tal que representassem, respectivamente, 15% e 30% do peso total do Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana. As Instalações foram construídas a partir de cinco itens, os principais em âmbito tecnológico relacionado à infraes-

trutura de pontes e viadutos. Assim sendo, foi atribuído um peso de 15% para a computação do cálculo final do Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana, deixando-o como parâmetro menos significativo, em relação ao de Implantação (30%) e ao Estrutural (55%). A formulação para sua obtenção resulta na seguinte expressão:

$$\text{INSTALAÇÕES} = \frac{\Sigma (\text{CLIMATIZAÇÃO} + \text{DRENAGEM} + \text{ILUMINAÇÃO} + \text{ENERGIA} + \text{MONITORAMENTO})}{5}$$

Quadro 2 – Elementos constituintes do sistema de Instalações de uma OAE

Instalações - Obra de Arte Especial (OAE)
<p>8 – Sistema de climatização interno O sistema de climatização tem como objetivo controlar a temperatura, umidade, movimentação, renovação e qualidade do ar de um determinado ambiente.</p>
<p>9 – Sistema de drenagem Conjunto de estruturas que são instaladas em um determinado local com o intuito de reter e transpor as águas pluviais.</p>
<p>10 – Sistema de iluminação O sistema de iluminação tem seus projetos e especificações de materiais voltados para eficiência energética, redução de custos e atendimento aos requisitos fotométricos mínimos estipulados em normas (NBR 5101:1992)</p>
<p>11 – Sistema de geração de energia sustentável O sistema de energia solar fotovoltaica que capta a luz e gera, pelo efeito fotovoltaico, correntes elétricas contínuas, que são convertidas para correntes alternadas. Dessa forma, a eletricidade é distribuída ou armazenada no local.</p>
<p>12 – Sistema de monitoramento estrutural Sistema de detecção precoce de danos na estrutura, prevendo situações críticas e falhas estruturais, reduzindo os tempos de intervenção e custos com reparos.</p>

Fonte: autoral.

Finalmente, a terceira dimensão, representada pelo conjunto dos cinco subelementos da Implantação, constitui o 30% do IRU e deve ser contemplada dessa maneira:

$$\text{IMPLANTAÇÃO} = \frac{\Sigma (\text{ACESSIBILIDADE} + \text{CALÇADAS} + \text{PAISAGISMO} + \text{VEGETAÇÃO} + \text{MOBILIÁRIO})}{6}$$

Quadro 3 – Subelementos constituintes do sistema de Implantação de uma OAE

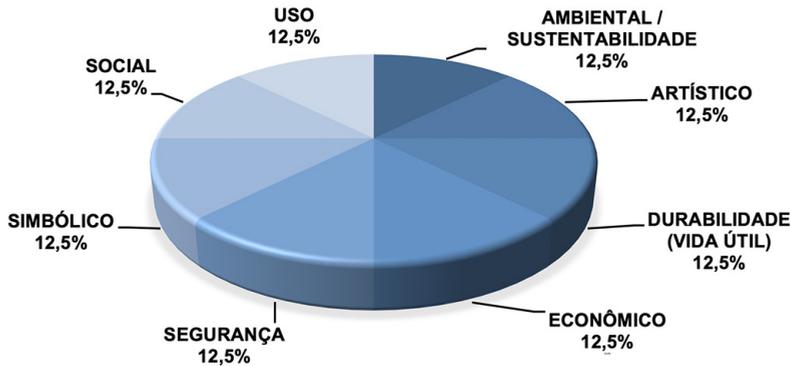
Implantação - Obra de Arte Especial (OAE)
<p>13 – Acessibilidade Possibilidade de acessar um lugar, serviço, produto ou informação de maneira segura e autônoma, sem nenhum tipo de barreira arquitetônica, beneficiando a todas as pessoas, com ou sem deficiência e em todas as fases da vida.</p>
<p>14 – Calçadas A calçada é o espaço público reservado ao pedestre para os deslocamentos diários realizados na cidade.</p>
<p>15 – Ciclovia Pista destinada exclusivamente à circulação de bicicletas.</p>
<p>16 – Paisagismo Técnica de projetar, planejar e preservar os espaços urbanos, de forma a criar micro paisagens, de acordo com critérios estéticos e sustentáveis de cada lugar.</p>
<p>17 – Vegetação A arborização urbana, caracterizada pela vegetação que compõe o cenário ou a paisagem das cidades, tem uma função fundamental na melhoria da qualidade de vida da população, proporcionando aos municípios benefícios ecológicos, estéticos, econômicos e sociais.</p>
<p>18 – Mobiliário urbano Termo coletivo para objetos e equipamentos urbanos instalados em ruas e estradas para diversos propósitos.</p>

Fonte: autoral.

A partir da bibliografia utilizada para elaborar a lista dos indicadores, que fossem capazes de definir de forma qualitativa a infraestrutura urbana representada por OAEs, foram individuados oito parâmetros avaliativos para cada subelemento contido nas três macrodimensões

(*Estrutural, Instalações e Implantação*) para obtenção do IRU. Os indicadores selecionados para avaliação da infraestrutura urbana de pontes e viadutos são ambiental, artístico, de durabilidade, econômico, de segurança estrutural, simbólico, social e, finalmente, de uso.

Figura 2 – Gráfico da composição dos indicadores utilizados para avaliação das OAEs



Fonte: autoral.

Após ter inserido todos os oito indicadores escolhidos para obter o Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana – IRU, deve ser atribuída uma avaliação simplificada para cada subelemento das dimensões, que consta nas opções SIM ou NÃO, por meio do levantamento documental, da análise visual *in loco* e, naqueles casos nos quais não foi possível averiguar o elemento de forma presencial, do rico acervo fotográfico disponível. Preenchendo a ficha avaliativa, deve ser valorada uma nota para cada indicador específico em cada subelemento, resultando na célula do *Total Parametrizado*, referenciado numa escala que varia de 0 a 8, pela qual cada SIM representa o valor unitário de 1. Assim sendo, o mínimo é representado pelo valor de 0/8 e, o máximo, pelo valor de 8/8. Esse range da escala foi

parametrizado de 0 a 1, para que o processo de obtenção de valores ficasse mais claro, simples e direto para qualquer escopo. Portanto, para obter essa proporcionalidade, basta simplesmente utilizar a seguinte equação:

$$X : 8 = TP : 1$$

Onde

X = Incógnita que representa o número gerado pela quantidade de SIM.

TP = Incógnita que representa o valor do *Total Parametrizado*.

Atribuído um ponto para cada um dos valores SIM e estando toda a ficha preenchida de acordo com os critérios metodológicos adotados, devemos utilizar a expressão abaixo para obtenção do Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana – IRU, assim sendo:

$$IRU = ((ESTRUTURA \times 0,55) + (INSTALAÇÕES \times 0,15) + (IMPLANTAÇÃO \times 0,30))$$

Finalmente, uma vez obtido o índice a partir das três dimensões (*Estrutural, Instalações e Implantação*), podemos proceder com a classificação das intervenções de retrofit urbano, a partir de seis níveis ou graus, sendo que ao $IRU \geq 0,9$ corresponde o *Grau Máximo – Estado de Requalificação Global*; enquanto ao valor 0, corresponde o *Grau Mínimo – Estado de Obsolescência*.

Para cada uma das seis classificações elaboradas, foi atribuída uma cor diferente, remetendo à escala cromática, que visasse a sinalizar de forma gráfica e intuitiva o Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana.

O modelo, representado pelo viaduto sobre a Galeria dos Estados em Brasília – DF, foi escolhido por diversos fatores, enfatizando

aqueles que realçam sua importância estruturadora na malha urbana da capital tombada e a natureza do colapso estrutural que sofreu, nesse caso parcial e sem vítimas humanas. Ainda mais, por estar inserida no perímetro tombado de uma cidade reconhecida como patrimônio mundial pela Unesco e por ter sido concebida pelo traço do arquiteto Lúcio Costa e pelo engenho do calculista Bruno Contarini, essa infraestrutura possui todas as características necessárias para embasar a metodologia anteriormente proposta. Além disso, a intervenção de retrofit urbano na área do viaduto, mostrou a qualidade do projeto arquitetônico, urbanístico e estrutural, proporcionando um espaço ameno para os seus usuários.

Quadro 4 – Níveis de classificação do IRU

IRU	Classificação	Condições	Cor
0,9 – 1	Grau máximo Estado de requalificação global	Atende a todos os parâmetros dos indicadores propostos	Dark Blue
0,7 – 0,8	Grau superior Estado de requalificação parcial	Atende parcialmente a todos os parâmetros dos indicadores propostos	Green
0,5 – 0,6	Grau médio Estado de integridade estrutural e de implantação	Atende aos parâmetros dos indicadores propostos para o sistema estrutural e de implantação	Light Green
0,3 – 0,4	Grau médio inferior Estado de integridade estrutural	Atende aos parâmetros dos indicadores propostos para o sistema estrutural	Yellow
0,1 – 0,2	Grau inferior Estado de criticidade estrutural	Atende parcialmente aos parâmetros dos indicadores propostos para o sistema estrutural	Red-Orange
0	Grau mínimo Estado de obsolescência	Não atende a nenhum parâmetro dos indicadores propostos	Red

Fonte: autoral.

O complexo arquitetônico e o sistema estrutural

O objeto de estudo em análise faz parte da infraestrutura viária da área central de Brasília, proporcionando o acesso direto à Rodoviária

do Plano piloto para todos os usuários que transitam pelas Asas Norte e Sul e por setores bancários, comerciais, hospitalares e de autarquias. Localizado na parte sul do Eixo Rodoviário de Brasília (DF-002), o viaduto está centralizado no coração comercial do plano piloto.

Figura 3 – Localização da infraestrutura urbana, Plano Piloto, Eixo Rodoviário, Brasília-DF – 12/6/2021



Fonte: adaptado de Google Earth.

O viaduto sobre a Galeria dos Estados é uma via concebida sob a visão rodoviarista (Costa, 1991) destinada à realização de grande parte dos deslocamentos Sul-Norte e vice-versa, considerada, portanto, uma das principais artérias viárias de Brasília tanto em termos de

importância, no que tange à estrutura urbana (Holanda, 2018), quanto em termos de volume veicular (Barros, 2006).

A infraestrutura urbana, composta por seis faixas de trânsito e uma faixa presidencial central, totalizando 28 metros de largura

Figura 4 – Vista do viaduto Central de Brasília – 28/6/2021



Fonte: autoral.

e aproximadamente 200 metros de extensão, foi concebida e construída entre dezembro de 1959 e fevereiro de 1960, pelo arquiteto Lúcio Costa e o pelo engenheiro Bruno Contarini, calculista do Oscar Niemeyer.

O retrofit do viaduto sobre a Galeria dos Estados e o IRU

Em respeito às normas brasileiras de acessibilidade (NBR 9050, 2015) e de projeto de estruturas de concreto (NBR6118, 2014), o projeto de retrofit urbano e estrutural do viaduto foi realizado pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER/DF) e pela Novacap. O arquiteto responsável pela requalificação urbanística, acessibilidade e paisagismo ao redor do viaduto, Francisco Afonso de Castro Júnior, mostrou que é possível proporcionar um espaço ameno, de agregação e valorização de uma das áreas centrais de Brasília.

De acordo com o memorial de projeto, visando a resgatar o caráter original do projeto do Lúcio Costa, a concepção arquitetônica da nova Praça dos Estados foi desenvolvida com o intuito de devolver, à cidade, o espaço remanescente, até então obsoleto após desabamento estrutural da infraestrutura. A partir dessa premissa, os arquitetos buscaram qualificar alguns aspectos que garantissem a acessibilidade universal para todos, por meio de percursos com rampas e escadarias, a durabilidade dos materiais empregados e a segurança da área, tanto de dia quanto à noite. Além disso, a Praça dos Estados mostra uma interação mais direta com os comércios e os serviços da galeria por meio de uma ampla área totalmente livre.

A ocupação se dará pelas próprias pessoas, no dia a dia pelos trabalhadores, nos finais de semana, pelas famílias, pelos idosos, pelos jovens, pelas crianças, pela sociedade. A ideia é que, ao longo do tempo, a população defina se deseja ou não novas funções e/ou equipamentos na praça. Não cabe aqui aos projetistas a pretensão de solucionar de maneira total as exigências e variáveis do projeto. E mais, diante da velocidade da vida presente, certa abertura ao caso se faz necessário. O desejo maior reside em tornar-se um ponto de encontro entre as asas da cidade, visto que, no mesmo trecho simétrico na asa norte, o eixo é que passa por debaixo dos viadutos. Lá não é possível um ponto de encontro. Vislumbra-se uma área repleta de atividades. Crianças brincando sob o viaduto, bandas de rock locais tocando sob as árvores, famílias reunidas à sombra, lanchonetes moveis, artistas manguendo para comercializar seu trabalho. (Castro, 2018)

Executado pelos órgãos da DER/DF e a Novacap, o projeto de retrofit aplicado à obra do viaduto sobre a Galeria dos Estados visa a garantir mais segurança para os usuários, uma durabilidade maior da vida útil, sem alterar a harmonia das proporções dos pilares em formato “asa delta” que foram projetados e previstos pelo arquiteto Lúcio Costa. A fim de propor soluções relativas à reconstrução/funcionalização do viaduto, optou-se pela demolição parcial da estrutura e pela recuperação da infraestrutura existente.

O calculista do projeto original e do reforço do viaduto sobre a Galeria dos Estados foi o Bruno Contarini, noto por ter acompanhado muitas obras do arquiteto carioca Oscar Niemeyer. Algumas das principais obras modernistas de Brasília, como o Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília,

o Teatro Nacional, a Plataforma da Rodoviária de Brasília, o Tribunal Superior de Justiça (STJ), o Supremo Tribunal Eleitoral (STE) e o Tribunal Regional Federal (TRF), foram calculadas pelo engenheiro. Portanto, a importância de ter um projeto de retrofit estrutural assinado por um dos principais autores da cidade idealizada pelo arquiteto Lúcio Costa, expressa uma ênfase artística que deve ser atribuída ao valor do conjunto infraestrutural do viaduto da Galeria dos Estados.

A intervenção de retrofit urbano, enriquecida pela presença do engenheiro Bruno Contarini, mostra nas suas premissas uma

atenção especial para a preservação do patrimônio moderno de Brasília, a partir dos seus atores principais e das escalas urbanas, valor fundamental da concepção de Brasília.

Bruno Contarini participou dessa obra concebida pelo arquiteto Costa, na qual sobressaem, na forma arquitetônica, a técnica construtiva e o sistema estrutural. Como salienta Inojosa (2019, p. 121), nessa fase histórica da arquitetura modernista brasileira, podemos destacar a preocupação com a exploração da estrutura como elemento plástico e a busca da aplicação do conhecimento na construção. Os desenhos originais do detalhamento

Figura 6 – Engenheiro Contarini no local do desabamento do viaduto da Galeria sobre os Estados – 7/2/2021



Fonte: Larissa Batista.

estrutural do reforço do viaduto são atribuídos ao escritório Bruno Contarini – Engenharia e mostram todas as diretrizes tecnológicas de projeto adotadas para o retrofit estrutural da Galeria dos Estados.

A partir das informações coletadas ao longo do capítulo, foi elaborada uma ficha avaliativa para cada momento da vida útil das estruturas existentes, sendo elas:

Fase de pré-retrofit.

Fase de pós-retrofit.

Após ter inserido todos os indicadores escolhidos para obter o Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana – IRU, foi atribuída, para cada subelemento das dimensões (estrutural, instalações e implantação), uma avaliação simplificada que consta na opção SIM ou NÃO, por meio do levantamento documental, da análise visual *in loco* e, nos casos nos quais não foi possível averiguar o elemento de forma presencial, do rico acervo fotográfico disponível. Nesses termos, vamos mostrar essa aplicação através do primeiro exemplo prático. Na ficha avaliativa IRU a seguir (Figura 7), empregada para o viaduto sobre a Galeria dos Estados antes das operações de retrofit

(situação temporal de *pré-retrofit*), aparece que nenhum indicador, na dimensão do *sistema estrutural* e subelemento *bloco de fundação*, está marcado pelo SIM, totalizando 0 no *score* Total parametrizado. A mesma situação encontra-se também para os subelementos estruturais de *cortina de contenção*, *lajes do tabuleiro*, *sistema de apoio e vigamento principal* e *secundário*. Apenas nos elementos *pilares*, aparece que os únicos indicadores que foram avaliados com SIM, são o artístico e o simbólico. Esses parâmetros mostram que, mesmo em estado de colapso parcial, a beleza arquitetônica dos elementos de sustentação, com o simbolismo que representam para a comunidade brasiliense, possui valoração dentro do modelo proposto para o cálculo do IRU. O valor total realizado, na célula do *total parametrizado*, referente a 0,25 de 1, será somado a todos os outros resultados obtidos pela mesma avaliação na dimensão do *sistema estrutural*, e esse parâmetro numérico será dividido pelo número dos subelementos presentes, no caso 7 (*blocos de fundação*, *cortinas de contenção*, *lajes do tabuleiro*, *pilares*, *sistema de apoio, vigamento principal, vigamento secundário*).

$$\text{ESTRUTURA GLOBAL} = \frac{\sum (\text{BLOCOS} + \text{CORTINAS} + \text{LAJES} + \text{PILARES} + \text{APOIOS} + \text{LONGARINAS} + \text{TRANSVERSINAS})}{7}$$

7

Nessa condição avaliativa, a *estrutura global* do viaduto sobre a Galeria dos Estados (pré-retrofit) resultou em 0,04, representando um valor típico para uma estrutura obsoleta. Em geral, a situação não muda para as dimensões das instalações e implantação, a exceção do item *sistema de drenagem*, que totalizou o resultado

de 0,38, por meio da marcação dos indicadores ambiental, de segurança e de uso. Mesmo com parte da estrutura comprometida no momento do desabamento parcial, o sistema de drenagem continuou funcionando regularmente, garantido o escoamento das águas pluviais e não acarretando operações de retrofit.

Figura 7 – Ficha avaliativa IRU – viaduto sobre a Galeria dos Estados – pré-retrofit

O.A.E.: Viaduto sobre a Galeria dos Estados Ano: 1961 Projetista: Lúcio Costa / Bruno Contarini Local: Brasília – Distrito Federal – Brasil Status: Pré Retrofit									
Indicador	Ambiental	Artístico	Durabilidade (vida útil)	Econômico	Segurança	Simbólico	Social	Uso	Total parametrizado
Sistema estrutural									
Blocos de fundação	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Cortinas de contenção	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Lajes do tabuleiro	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Pilares	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	0,25
Sistema de apoio	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Vigamento principal	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Vigamento secundário	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Estrutural global									0,04
Instalações									
Sistema de climatização interno	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Sistema de drenagem	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim	0,38
Sistema de iluminação	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Sistema de geração de energia sustentável	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Sistema de monitoramento estrutural	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Instalações global									0,08
Implantação									
Acessibilidade	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Calçadas	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Ciclovía	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Paisagismo	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Vegetação	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Mobiliário urbano	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Implantação global									0,00
I.R.U.									0,03

Fonte: autoral.

Figura 8 – Ficha avaliativa IRU – viaduto sobre a Galeria dos Estados – pós-retrofit

O.A.E.: Viaduto sobre a Galeria dos Estados Ano: 2019 Projetista: Bruno Contarini Local: Brasília – Distrito Federal – Brasil Status: Pós Retrofit									
Indicador	Ambiental	Artístico	Durabilidade (vida útil)	Econômico	Segurança	Simbólico	Social	Uso	Total parametrizado
Sistema estrutural									
Blocos de fundação	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	0,63
Cortinas de contenção	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	0,63
Lajes do tabuleiro	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	0,75
Pilares	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	1,00
Sistema de apoio	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	0,63
Vigamento principal	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	0,75
Vigamento secundário	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	0,75
Estrutural global									0,73
Instalações									
Sistema de climatização interno	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Sistema de drenagem	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	0,63
Sistema de iluminação	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	0,63
Sistema de geração de energia sustentável	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Sistema de monitoramento estrutural	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Instalações global									0,25
Implantação									
Acessibilidade	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	0,75
Calçadas	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	0,75
Ciclovía	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0,00
Paisagismo	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	0,75
Vegetação	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	0,88
Mobiliário urbano	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	0,75
Implantação global									0,65
I.R.U.									0,63

Fonte: autoral.

Pela ficha avaliativa proposta, percebe-se que o Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana na situação de *pré-retrofit* resulta extremamente insatisfatório, alcançando a pontuação de 0,03, o que reflete sua condição de perda de desempenho em serviço e segurança para os usuários. A situação do Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana do viaduto (*pós-retrofit*) surpreende pelo aumento expressivo dos subíndices representados pela dimensão estrutural, instalações e implantação. O IRU, após intervenção do retrofit urbano, atingiu o valor de 0,63, aumentando exponencialmente seu grau de requalificação. É possível observar que, no âmbito do sistema estrutural, todos os indicadores relativos ao de durabilidade (vida útil), econômico, de segurança, social e de uso foram marcados para todos os subelementos que compõem a dimensão estrutural global da OAE.

Os indicadores artístico e simbólico continuam sendo marcados apenas pelos pilares, que, realmente, representam a essência arquitetônica do tangível e intangível. Aumentando a segurança estrutural e a durabilidade ao longo do tempo, respeitando o formato original em “asa delta”, os pilares totalizaram um *score* de 1, representando a nota máxima dentro da dimensão estrutural.

Foi detectada a presença do indicador ambiental para os subelementos estruturais das *lajes do tabuleiro, pilares, vigamento principal e secundário*, enquanto o retrofit estrutural desses elementos reaproveitou a estrutura existente, reforçando os elementos que versavam em bom estado e gerando uma economia considerável para a sociedade, de todos os pontos supracitados.

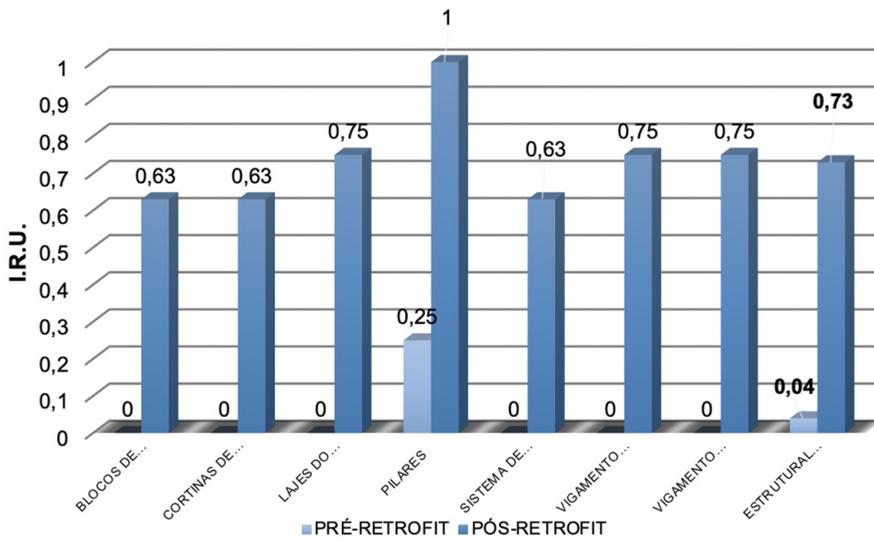
O resultado alcançado pela dimensão estrutural foi valorado em 0,73, enquanto

aquele obtido pelas instalações (0,25) não demonstrou uma boa expressividade, comprometendo a pontuação do IRU. Os subelementos representados pelo *sistema de drenagem* e de *iluminação* possuem valor *ambiental* (pavimento de concreto permeável e iluminação tipo *led*), de *durabilidade, econômico, de segurança* e de *uso*. A dimensão da implantação (0,65) resulta bastante encorajante, tendo em vista a requalificação da praça da Galeria dos Estados que, atualmente, propicia espaços amplos e seguros, para todos os tipos de acessibilidade. Na computação do indicador simbólico, para os elementos que compõem a implantação, preferiu-se não o determinar enquanto lugar muito recente para poder ser assimilado como símbolo pela população brasileira, ainda mais se somamos a época histórica que estamos vivenciando.

Observando todos os diagramas comparativos, tanto nas dimensões estrutural, das instalações e de implantação, quanto nos índices finais, a diferença entre os momentos de pré-retrofit e pós-retrofit da infraestrutura do viaduto sobre a Galeria dos Estados resulta bastante significativa. Esse modelo multicritério de avaliação das intervenções de retrofit urbano em Obras de Arte Especiais adaptou-se adequadamente ao caso de estudo do viaduto sobre a Galeria dos Estados, mostrando as principais limitações na dimensão das instalações que não foram idealizadas para um trecho de infraestrutura relativamente curto.

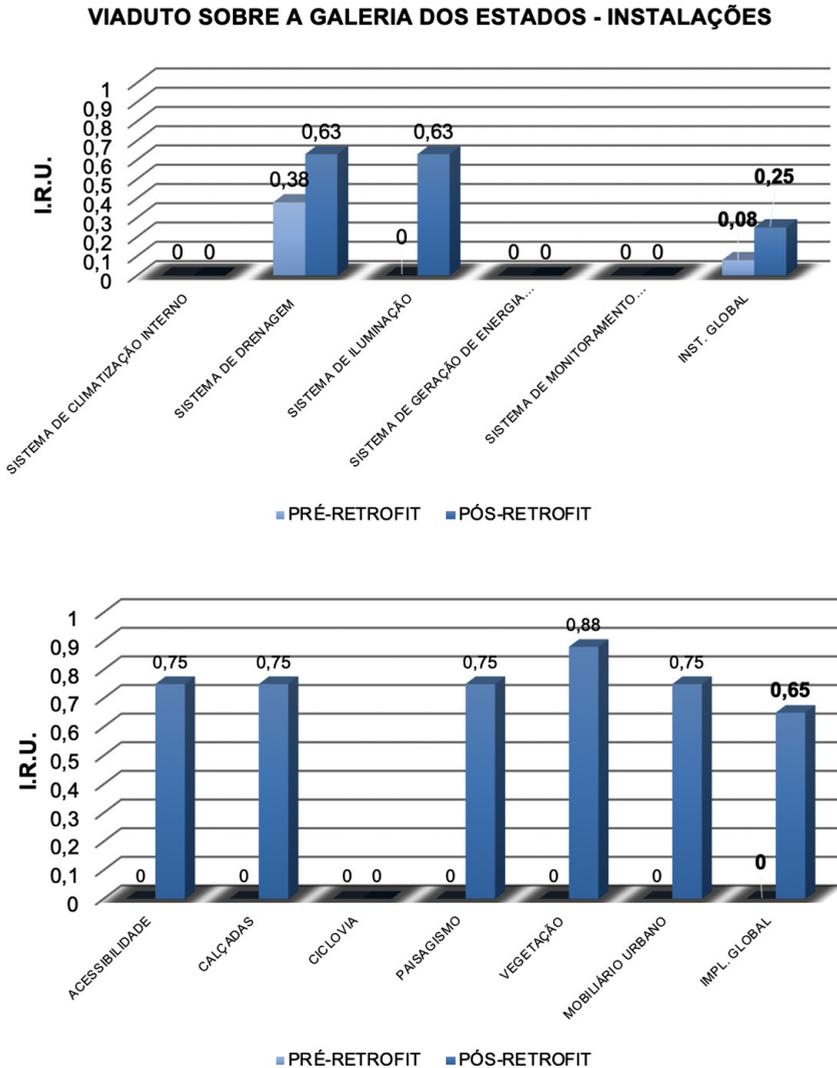
O índice IRU que foi alcançado pela OAE no momento de pós-retrofit é de 0,63, resultando no grau médio, marcado pela cor verde claro, enquanto na fase de pré-retrofit o IRU obteve o grau mínimo (cor vermelha), devido à sua situação de obsolescência estrutural.

Figura 9 – Diagramas comparativos da dimensão estrutural do viaduto sobre a Galeria dos Estados – pré- retrofit versus pós-retrofit



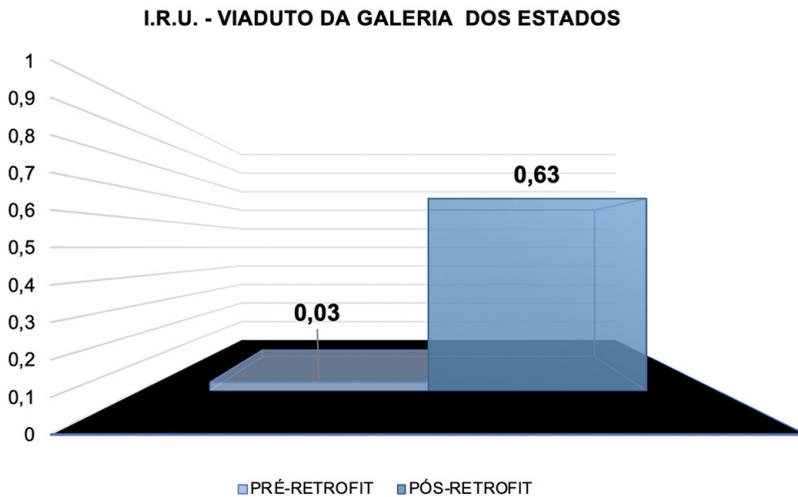
Fonte: autoral.

Figura 10 – Diagramas comparativos das dimensões instalações e implantação – viaduto sobre a Galeria dos Estados – pré-retrofit *versus* pós-retrofit



Fonte: autoral.

Figura 11 – Diagrama comparativo IRU – viaduto sobre a Galeria dos Estados – pré-retrofit versus pós-retrofit



IRU	Classificação	Condições	Cor
0,9 – 1	Grau máximo Estado de requalificação global	Atende a todos os parâmetros dos indicadores propostos	■
0,7 – 0,8	Grau superior Estado de requalificação parcial	Atende parcialmente a todos os parâmetros dos indicadores propostos	■
0,5 – 0,6	Grau médio Estado de integridade estrutural e de implantação	Atende aos parâmetros dos indicadores propostos para o sistema estrutural e de implantação	■
0,3 – 0,4	Grau médio inferior Estado de integridade estrutural	Atende aos parâmetros dos indicadores propostos para o sistema estrutural	■
0,1 – 0,2	Grau inferior Estado de criticidade estrutural	Atende parcialmente aos parâmetros dos indicadores propostos para o sistema estrutural	■
0	Grau mínimo Estado de obsolescência	Não atende a nenhum parâmetro dos indicadores propostos	■

Fonte: autoral.

Conclusões

O retrofit urbano é considerado uma intervenção no ambiente construído que serve para requalificar e dar uma nova função para determinadas áreas históricas ou tombadas que necessitam de uma resposta eficiente para o problema que envolve a cidade. Contudo, as cartas patrimoniais elaboradas ao longo dos séculos XX–XXI e os instrumentos de preservação do patrimônio, como o tombamento ou a prescrição da cartilha de intervenção nas cidades históricas elaborado pelo Iphan, não parecem ser suficientes para gerenciar as diretrizes de conservação ou manutenção de uma determinada obra de arte e seu imediato entorno. O retrofit urbano, por sua vez, abrange múltiplos aspectos que oscilam de questões estruturais até de paisagismo e vivência dos usuários da área.

O caso do viaduto sobre a Galeria dos Estados demonstra que a preservação da escala gregária e do formato geométrico do principal elemento estrutural em “asa delta”, o pilar, idealizado pelo arquiteto Lúcio Costa, junto à rápida resposta à sociedade e ao aumento da durabilidade e da segurança da infraestrutura, respeitando as normativas vigentes, participaram para que as intervenções de retrofit em Brasília propiciassem uma resposta menos onerosa, do ponto de vista orçamentário, para a sociedade brasileira.

A arquitetura contemporânea muitas vezes atinge a capacidade de se encaixar em um contexto histórico sem aguçar as dissonâncias linguísticas, ao contrário do que aconteceu nas últimas décadas, quando um certo grau de contestação do passado foi uma comprovação necessária da modernidade.

[I] <https://orcid.org/0000-0002-3694-9133>

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF/Brasil
stefanogalimi.arch@gmail.com

[II] <https://orcid.org/0000-0002-1164-2784>

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF/Brasil
marcio.buzar@gmail.com

[III] <https://orcid.org/0000-0002-0763-0107>

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF/Brasil.
joacpantoja@gmail.com

Referências

- ABCHICHE, L. (2017). *A relação do marketing territorial e plano diretor urbano; a questão do legado urbano do projeto Porto Maravilha no Rio de Janeiro*. Dissertação de mestrado. Brasília, Universidade de Brasília.
- BARROS, A. P. (2006). *Estudo exploratório da Sintaxe Espacial como ferramenta de alocação de tráfego*. Dissertação de mestrado. Brasília, Universidade de Brasília.
- CASTRO, A. (2018). *Notas sobre as inovações da portaria n. 166/2016-Iphan para a Preservação do Conjunto Urbanístico de Brasília*. Brasília, Iphan.
- CAVALCANTE, G. H. F. (2019). *Pontes em concreto armado: análise e dimensionamento*. São Paulo, Blücher.
- COSTA, L. (2014). "Relatório do Plano Piloto de Brasília, 1991". In: COSTA, L. *Brasília, Cidade que inventei*. Brasília, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.
- FERREIRA, O. L. (2011). *Patrimônio cultural e acessibilidade: as intervenções do Programa Monumenta, de 2000 a 2005*. Tese de doutorado. Brasília, Universidade de Brasília.
- FERREIRA, T. M.; VICENTE, R.; MENDES, J. A. R. da S.; VARUM, H.; COSTA, A. (2013). Seismic vulnerability assessment of historical urban centres: case study of the old city centre in Seixal, Portugal. *Bulletin Earthquake Engineering*. v. 11, n. 5, pp. 1753-1773.
- FREIRE, R. A. (2017). *Infraestrutura urbana*. Londrina, Editora e Distribuidora educacional.
- GALIMI, S.; PANTOJA, J.; BUZAR, M.; SANTOS MACHADO, P. R. (2020). Retrofit em obras tombadas de infraestrutura urbana: o caso do Viaduto sobre a Galeria dos Estados. *Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo*. Brasília, v. 26, n. 1, pp. 140-156.
- HOLANDA, F. (2018). *O espaço de exceção*. Brasília, FRBH.
- INOJOSA, L. da S. P. (2019). *O protagonismo da estrutura na concepção da arquitetura moderna brasileira*. Tese de doutorado. Brasília, Universidade de Brasília.
- KOHLSDORF, G.; KOHLSDORF, M. E. (2017). *Ensaio sobre o desempenho morfológico dos lugares*. Brasília, FRBH.
- MUMFORD, L. (1961). *The city in history: its origins, its transformations, and its prospects*. Boston, Houghton Mifflin Harcourt.
- NEGREIROS, I. (2018). *Retrofit Urbano: uma abordagem para apoio de tomada de decisão*. Tese de doutorado. São Paulo, Escola Politécnica de São Paulo.
- NEWTON, P. W. (2013). Regenerating cities: technological and design innovation for australian suburbs. *Building Research & Information*. Londres, v. 41, n. 5, pp. 575-588.
- ROLNIK, R. (1988). *O que é cidade?* São Paulo, Brasiliense.
- ROMERO, M. A. (2007). Frentes do urbano para a construção de indicadores de sustentabilidade intraurbana. *Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo*. Brasília, v. 6, n. 4, pp. 47-72.

- RUSKIN, J. (1921). *The seven lamps of architecture*. Londres, J.M Dent & Sons.
- VARUM, H. S. A. (2003). *Avaliação, reparação e reforço sísmico de edifícios existentes*. Tese de doutorado. Aveiro, Universidade de Aveiro.
- VERONES, S.; RINALDI, A.; REBECCHI, S. (2014). *Retrofit e rigenerazione urbana – Il progetto EPOurban*. Monfalcone, Edicom.
- VITÓRIO, J. A. P. (2005). A importância da manutenção para a sustentabilidade do espaço construído – Manutenção e gestão de obras de arte especiais. In: VII ENCONTRO NACIONAL DAS EMPRESAS DE ARQUITETURA E ENGENHARIA CONSULTIVA DO BRASIL. *Anais*. Recife.

Texto recebido em 30/nov/2021

Texto aprovado em 18/fev/2022

