



Obras de Arte Especiais em concreto e a população em situação de rua: danos pelo incêndio

Pedro G. Muniz¹

Paulo R. Helene¹

¹ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo / pedro.muniz@ensino.ipt.br

¹ PhD Engenharia / paulo.helene@concretophd.com.br

Resumo

É usual haver preocupação com a durabilidade de pontes, viadutos e passarelas dentro de qualquer gestão de Obras de Artes especiais – OAE's, seja em nível nacional ou internacional. Consequentemente, tem-se mobilizado diversos pesquisadores da área do conhecimento quanto ao estudo para obtenção da sua maior durabilidade e segurança. Dessa forma, o presente trabalho tem como intuito apresentar de maneira sucinta os dados coletados de incêndio em pontes de concreto proveniente do uso imprevisto da infraestrutura como habitação por parte da população em situação de rua durante verificações de OAE's no estado de São Paulo. Com isso, o presente trabalho torna crítico e possível de direcionar novas perspectivas nas fases de concepção de projeto e técnicas de avaliação e manutenção que envolvem essas infraestruturas dentro da gestão de OAE's em um país como o Brasil, em desenvolvimento.

Palavras-chave: Durabilidade; Segurança; Pontes e Viadutos; Incêndio.

Abstract

It is usual to be afraid with the durability of bridges, viaducts and walkways within any management, whether at the national or international level. Consequently, some researchers in the field of knowledge have been mobilized about the study to obtain their greater durability and safety. Thus, the present work aims to present in a brief way the data collected from fire on concrete bridges resulting from the unexpected use of the infrastructure as housing by the homeless population during OAE's checks in the state of São Paulo. With this, the present work makes it critical and possible to direct new perspectives in the phases of project design, valuation and maintenance techniques that involve these infrastructures within the management of OAE's in Brazil, a country in development.

Keywords: Durability; Safety; Bridges and Viaducts; Fire.

Introdução

É possível afirmar no meio prático e científico que as estruturas não são eternas. Paralelamente ao tempo e utilização, torna-se quase que inevitável o surgimento de deteriorações usuais e até mesmo causadas por ações excepcionais, como é o do caso do incêndio. As Obras de Artes Especiais Urbanas – OAEU’s habitadas por parte da população em situação de rua, estão sujeitas a dois tipos de eventos que envolvem a ação do fogo, no qual este autor chamaria de ação do fogo pontual e generalizada. A pontual ocorre de maneira imperceptível aos olhos da população, mas que afetam os elementos estruturais que compõem a estrutura, precisando assim de uma manutenção corretiva para que evite o desenvolvimento de outras anomalias. As generalizadas correspondem aos eventos nos cenários de conflagrações, geralmente noticiado em jornais locais.

Segundo a ABNT NBR 13860 (1997) o incêndio corresponde ao fogo fora de controle que pode afetar os seres humanos e as estruturas. Com base nas ações generalizadas, qual tomam proporções dos meios de comunicação, também conhecido como as conflagrações, como o que aconteceu em 2019 na Ponte do Jaguaré, Zona Oeste do município de São Paulo.



Figura 1 - Ação generalizada do fogo na Ponte Jaguaré em 2019.

No caso das conflagrações, as chamas atingem grandes proporções devido à grande disponibilidade de carga de incêndio ali instalada por parte das habitações provisórias, usualmente denominadas de “barracos”. Segundo Silva (2012), a carga de incêndio é a soma dos potenciais caloríficos dos materiais ali disponíveis dados em megajoules (MJ), e a temperatura do incêndio está diretamente relacionada à carga de incêndio e grau de ventilação. Nesse nível de manifestação do fogo, a interdição e avaliação estrutura, após o resfriamento e controle das chamas, torna-se quase que obrigatória para que haja uma assertiva e segura liberação do tráfego sobre a Ponte.

Tabela I - Potencial calorífico específico adaptado do Eurocode1, 2002.

Tipo de Material	Potencial calorífico específico (MJ/kg)
Madeira	17,5
Papel	20
Plástico (ABS)	40
Palha	20
Roupas	20

A ação pontual do fogo, por maioria, são acionamentos do fogo de forma rotineira por parte dos que ali habitam permanentemente ou ocasionalmente, tais como para o cozimento de alimentos, aquecimento de água e inclusive o controle térmico do ambiente, nesse último dado majoritariamente nas épocas mais frias do ano. Suas consequências, quando não perdem o controle e se tornem uma conflagração, são de atingir os elementos estruturais das OAE's, que Segundo Bolina, Tutikian e Helene (2019) as principais manifestações desenvolvidas pelo concreto exposto a altas temperaturas são a deterioração mecânica, deformação térmica e o deslocamento (“spalling”).



Figura 2 - Deterioração do Concreto em Laje em Balanço por parte da ação pontual do fogo em uma OAE Urbana.

O significativo aumento da população urbana e do desemprego tem tornado ainda maior a situação de pessoas que precisam de um local para morar, mas não encontram. Segundo projeções e estudos Organização das Nações Unidas (2019), 85% da população mundial será urbana até 2027. Vale ressaltar ainda que a população em situação de rua cresceu 140% a partir de 2012, beirando 222 mil brasileiros em março deste ano. Sobretudo devido o advento da pandemia de Covid-19 no Brasil, esse número tende a aumentar, são dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Aplicada (2020). Portanto, é preciso pensar e debater a melhor maneira de se gerenciar, manter e operar as OAE's inseridas no cenário urbano. No presente artigo, limita-se brevemente às estruturas compostas por concreto.

Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio

Britez e Helene (2018) afirmam que é conhecido no meio técnico que o concreto possui boa resistência ao fogo devido a suas características térmicas de incombustibilidade e baixa condutividade térmica. Em contrapartida, a medida em que a temperatura do fogo aumenta, sua resistência à compressão decresce, dada pela expressão:

$$f_{ck,\theta} = k_{c,\theta} f_{ck} \quad (1)$$

$$f_{cd,\theta} = f_{ck,\theta} \quad (2)$$

Sendo:

f_{ck} = resistência característica à compressão do concreto em situação normal;

$f_{ck,\theta}$ = resistência característica do concreto à compressão à temperatura elevada θ (Mpa);

$k_{c,\theta}$ = coeficiente de redução da resistência à compressão do concreto em função da temperatura θ (adimensional) específica de 2.000 a 2.800kg/m³ na temperatura θ ;

$f_{cd,\theta}$ = resistência de cálculo do concreto à compressão à temperatura elevada θ (Mpa).

Os valores do coeficiente $k_{c,\theta}$ estão presentes na figura a seguir:

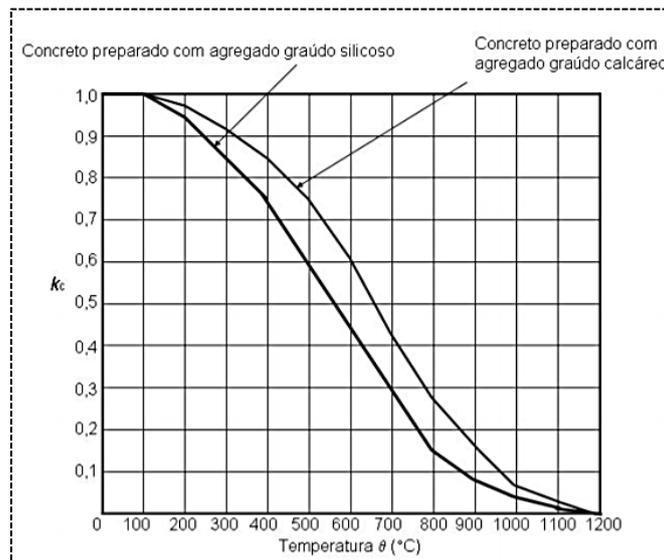


Figura 3 - Fator de redução da resistência do concreto.

Na figura acima, observa-se o fator de redução aplicado ao concreto de acordo com seu tipo de agregado, percebendo-se um pior comportamento ao fogo dos concretos constituídos majoritariamente por agregados silicosos. Segundo Britez, Silva, Carvalho e Helene (2019), de maneira geral, além do concreto reduzir gradativamente sua resistência mecânica, também podem-se observar outras manifestações inerentes ao seu comportamento, apresentados na figura em seguida:

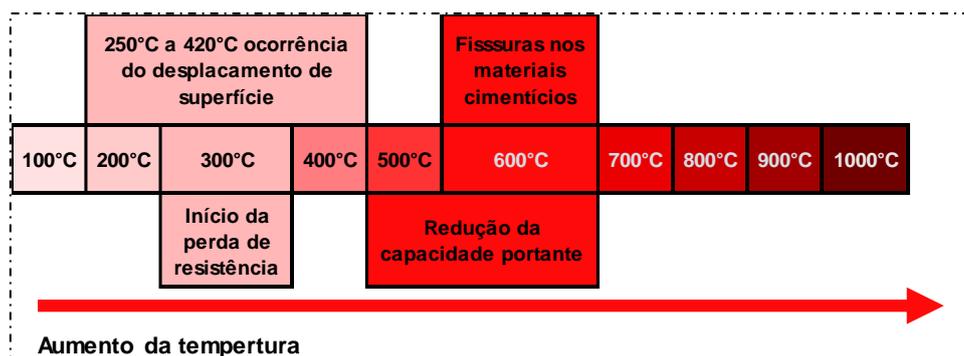


Figura 4 - Comportamento do concreto em altas temperaturas

As transformações químicas existentes não serão discutidas nesse artigo. Sobretudo, pode-se afirmar que o concreto exposto a elevadas temperaturas também sofre transformações e alterações nos seus compostos hidratados.

Obras de Artes Especiais Urbanas acometidas pelo fogo

Segundo Marchetti (2018) os principais materiais que compõem as OAE's são madeira, alvenaria (pedra ou tijolos), concreto armado, concreto protendido e o aço. Neste trabalho foram feitos apontamentos sobre as pontes de concreto, constituídas por armadura ativa e passiva dentro do cenário urbano.

De acordo com a Prefeitura de São Paulo em 2019, ao todo existiam 39 OAE's com ocupações das 185 cadastradas no Sistema de Gerenciamento de Infraestrutura Urbana do Município. Esses dados indicam uma taxa de ocupação de 17%, número que corresponde ao risco permanente de deteriorações pelo fogo em OAE's Urbanas.

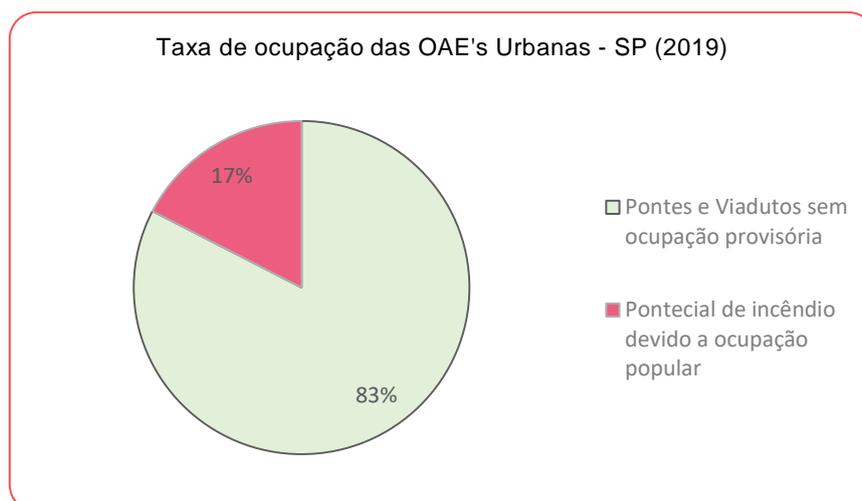


Figura 5 - Taxa de Ocupação ou Risco de Incêndio em OAE's Urbanas

A taxa de ocupação de pontes e viadutos existente na cidade de São Paulo está diretamente ligada não só ao risco de conflagração, mas aos riscos de deterioração devido à utilização do fogo na rotina de quem ali vive.

No cenário das conflagrações, pode-se afirmar que nos últimos 10 anos o município de São Paulo teve pelo menos 4 grandes conflagrações provenientes das ocupações por moradores em situação de rua, conforme dados apresentados na tabela a seguir.

Tabela II - Incêndios em OAE's urbanas devido a ação do fogo por ocupação da população em situação de rua.

Ano da Ocorrência	Denominação da OAE	Material	Tempo aproximado de Interdição (h)	Fonte
2019	Ponte do Jaguaré (Av. Jaguaré)	Concreto	96	G1/ Prefeitura de SP
2012	Viaduto Pompéia (Av. Pompeia)	Concreto	480	G1/ Prefeitura de SP
2019	Viaduto Bresser (Av. Alcântara Machado)	Concreto	144*	G1/ Prefeitura de SP
2012	Viaduto Engenheiro Orlando Murgel (Av. Rudge)	Concreto	48*	Prefeitura de SP

Os problemas gerados pelas grandes conflagrações são vários. Sobretudo os custos imediatos e ocultos devidos a interdição, são os que mais afetam, principalmente quando se tratam de grandes centros urbanos como é o caso do Município de São Paulo. Em contrapartida, os problemas pontuais estão ligados à permanente e oculta deterioração dos elementos construtivos que compõem a estrutura. Por maior, nota-se também que a manutenção periódica ou corretiva tem tratado essas estruturas com a concepção de uso apenas para o tráfego, ignorando-se de que ali vivem pessoas que vão operar o fogo em seu interior e antecipar, ou até mesmo agravar a necessidade de correção de anomalias que ali se instauram devido a ação do fogo.

Em passagem pelas avenidas de São Paulo, em pontes escolhidas aleatoriamente em concreto, é possível rapidamente identificar as moradias, bem como as consequências da ação pontual do fogo, conforme figuras em seguida.



Figura 6 - Laje Inferior de Ponte Acometida pelo fogo em ação pontual na Av. Bandeirantes

Percebe-se na foto da esquerda a ocupação por moradores em situação de rua bem como no detalhe da foto à direita a deterioração da face inferior da laje inferior nas proximidades da moradia. As particularidades de deslocamento nesse caso, indicam ser provenientes da ação do fogo, provavelmente provocado por quem ali habita.



Figura 7 – Diferentes pilares acometidos pelo Fogo em ação Pontual em (A) Viaduto sobre a Av. do Estado e na (B) Av. Interlagos

Percebe-se na foto a distinção das cores preto e rosa na superfície em um dos pilares de concreto. As particularidades de coloração nesse caso, indicam ser provenientes da ação do fogo, deterioração provavelmente provocada pela operação dos que ali habitam.

Considerações Finais

Constantes são os esforços do meio acadêmico movendo-se para uma melhor compreensão das deteriorações usuais no concreto, bem como também as causadas por ações excepcionais, como é o caso do incêndio. Aliado a essa necessidade, sugere-se que a gestão de infraestruturas deva enxergar novas estratégias de intervenção e proteção voltadas para as OAE's Urbana ocupadas por população em situação de rua.

Trata-se de uma nova perspectiva que visa a longevidade com base em estratégias permanentes conforme o fluxograma apresentado em seguida.

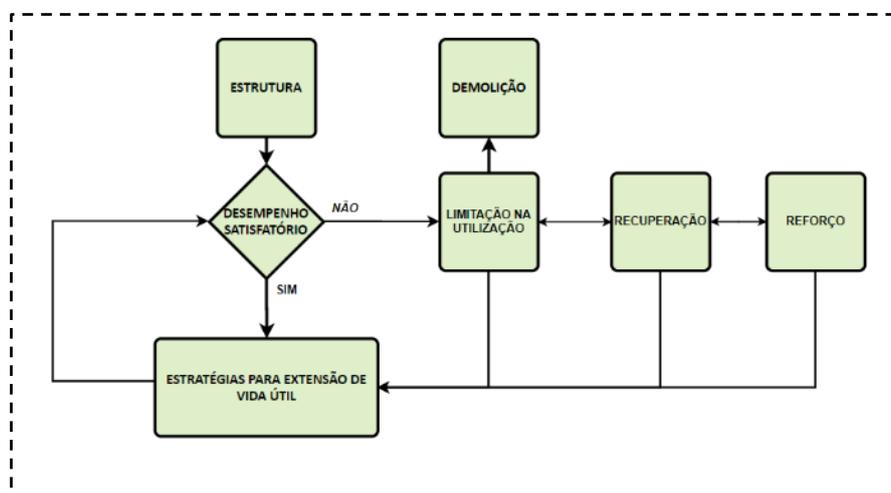


Figura 8- Alternativa para terapia das estruturas



XII CONGRESSO BRASILEIRO
de PONTES e ESTRUTURAS
7 a 11 de junho de 2021 - Congresso Virtual

Com isso sugere-se a o debate sobre, como e aonde, tratar essas estruturas sujeitas permanentemente às ações das elevadas temperaturas. Ressalta-se a existência de pesquisa sobre materiais que ao aderirem ao substrato do concreto, conseguem suportar os efeitos deletérios do fogo, evitando assim os danos a estruturas, bem como sua evolução para uma ação ainda mais deletéria.



Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas., ABNT NBR 14432: exigência de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro., 2001.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas., ABNT NBR 13860: Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio. Rio de Janeiro., 1997.
- BRASÍLIA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Ministério da Economia (ed.). População em situação de rua cresce e fica mais exposta à Covid-19. 2020.
- BRITEZ, Carlos Amado; SILVA, V. P.; CARVALHO, M.; HELENE, Paulo. Desempenho de revestimentos contrafogo em elementos de concreto armado submetidos a temperaturas elevadas. Revista Alconpat., 2019.
- BRITEZ, Carlos; HELENE, Paulo Roberto do Lago. Avaliação experimental do concreto armado de alta resistência submetido a elevadas temperaturas (parte complementar)., Revista Concreto & Construções., 2018.
- BOLINA, Fabrício Longhi; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; HELENE, Paulo Roberto do Lago. Patologia de Estruturas., 2019.
- European Committee for Standardization., Eurocode 2: design of concrete structures: part 1-2: general rules: structural fire design., 2003.
- LETICIA MACEDO (São Paulo) (ed.). Kassab aguarda laudo para apurar responsabilidade de fogo em viaduto. 2012.
- MARCHETTI, Osvaldemar. Pontes de Concreto Armado. 2. Ed., 2018.
- MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 2. ed., 2008.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ed.). ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050: população mundial. População Mundial., 2019.
- SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Prefeitura Municipal de São Paulo (ed.). Ponte do Jaguaré foi interditada na tarde de domingo para teste de carga: ponte passou por obras emergenciais de recuperação estrutural, após ser atingida por um incêndio., 2019.
- SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomas. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto., 1998.
- THOMAZ, Ercio. Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção., 2001
- SILVA, V. P. Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio: conforme ABNT NBR 15200:2012., 2012.