ESG - ENVIRONMENTAL,SOCIAL AND GOVERNANCE
SINGEURB
IV Simpósio Nacional de Engenharia Urbana

Rio de Janeiro, 22 a 24 de novembro de 2023

UM ESTUDO SOBRE CALÇADAS, INUNDAÇÕES E RESILIÊNCIA DA MOBILIDADE URBANA

A STUDY ON SIDEWALKS, FLOODS AND RESILIENCE OF URBAN MOBILITY

BARROS, Romildo José Barbosa do Rêgo[1]; PINA FILHO, Armando Carlos de[2]

[1] Universidade Federal do Rio de Janeiro, romildorbarros@poli.ufrj.br
[2] Universidade Federal do Rio de Janeiro, armando@poli.ufrj.br

RESUMO

As calçadas fazem parte da infraestrutura do transporte peatonal, como elemento urbano fundamental de conectividade, desempenhado importante função no sistema de mobilidade urbana, uma vez que podem assumir demandas compartilhadas com outros modais de transporte e permitem que a vida urbana aconteça. O Brasil assumiu compromisso de direcionar suas políticas públicas no sentido dos indicadores e metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 (ODS 2030), cujo propósito para as cidades é de torná-las inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. Supostamente a qualificação das calçadas com atributos resilientes pode incorrer em determinante colaboração. Este artigo teve por finalidade apresentar uma revisão da literatura sobre o tema de resiliência na mobilidade urbana sob ameaça de eventos de inundações, e correlacionar os atributos pretendidos para as calçadas. Ao final, as características das superfícies urbanas, incluindo as das calçadas, tem caráter determinante para a qualidade de vida nas cidades, uma vez que a capacidade de resiliência a estes desastres naturais proporciona melhorias sociais, econômicas e ambientais.

Palavras-chave: resiliência, mobilidade urbana, inundações.

ABSTRACT

*Sidewalks are part of the pedestrian transport infrastructure, as a fundamental urban element of connectivity, playing an important role in the urban mobility system, since they can assume demands shared with other modes of transport and allow urban life to happen. Brazil is committed to directing its public policies towards the indicators and targets of the Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda, whose purpose for cities is to make them inclusive, safe, resilient and sustainable. Supposedly the qualification of sidewalks with resilient attributes may incur a determinant collaboration.*This article aimed to present a review of the literature on the topic of resilience in urban mobility under threat of flood events, and to correlate the intended attributes for sidewalks. In the end, the characteristics of urban surfaces, including those of sidewalks, have a determining character for the quality

of life in cities, since the capacity of resilience to these natural disasters provides social, economic and environmental improvements.

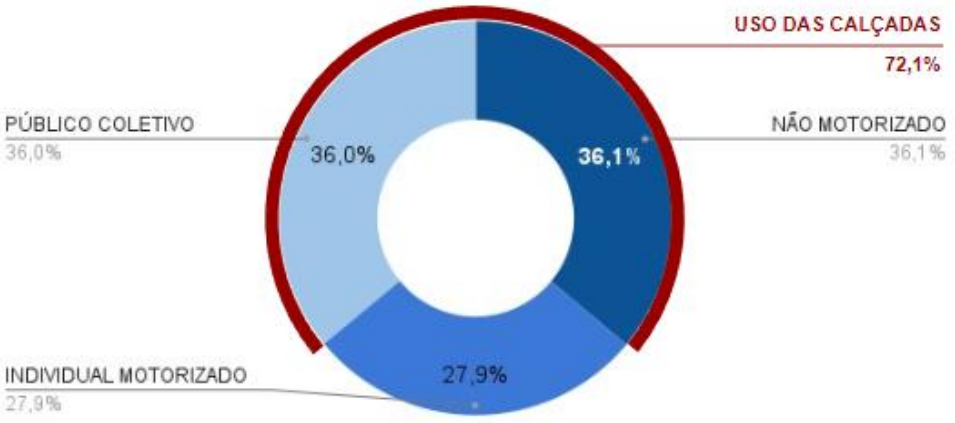
***Keywords**: Resilience, Urban Mobility, Flood events.*

1 INTRODUÇÃO

De maneira geral, pode-se inferir que a infraestrutura de mobilidade urbana está composta pelos equipamentos urbanos que permitem a ocorrência dos diversos padrões de deslocamento entre origem e destino nas cidades (BRASIL, 2012) e, consequentemente, as calçadas são partes constituintes dessa infraestrutura. Alguns autores levam adiante o conceito e caracterizam especificamente a infraestrutura de mobilidade urbana não motorizada (MONTAGNA; VIEIRA, 2019), sendo formada pelas ciclovias, calçadas e demais equipamentos urbanos que possibilitam a aplicação de técnicas sustentáveis não automotivas de deslocamento urbano.

Segundo o último relatório publicado do Sistema de Informações da Mobilidade – SIMOB em 2018, considerando municípios com mais de 1 milhão de habitantes, tal qual a cidade do Rio de Janeiro, 36,1% das viagens são feitas por transporte não motorizado (a pé ou bicicleta) até os seus destinos, 27,9% em transporte individual motorizado e 36,0% em transporte público coletivo (ANTP, 2020). Desses números, pode-se inferir que os usuários de transporte coletivo serão pedestres para acesso ao sistema e, dessa maneira, o número de viagens a pé ou de bicicleta estará envolvido em 72,1% de viagens, conforme a Figura 1, se mostrando evidente a importância do transporte ativo e das calçadas dentro do conjunto do sistema de transportes urbanos, pois estaria suportando a maioria desta demanda.

Figura 1 – Gráfico de distribuição de modais de transporte



Fonte: Adaptado de SIMOB (2018)

No ano de 2015 o Brasil assumiu um compromisso diante da Organização das Nações Unidas (ONU) de direcionar suas políticas públicas para que até o ano de 2030 o país alcance as metas firmadas na ODS 2030 para o desenvolvimento sustentável (SILVA; PELIANO; CHAVES, 2019). Para as cidades, tal agenda de desenvolvimento estabelece o Objetivo 11, cujo motivo é "tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis", por meio de metas e indicadores específicos.

Este artigo do tipo revisão bibliográfica tem por objetivos investigar as possíveis contribuições da infraestrutura das calçadas para a resiliência urbana ante eventos de inundações.

2 RELAÇÃO ENTRE AS ÁGUAS E AS CIDADES

As fontes naturais de água, sobretudo os rios, tiveram papel fundamental para o surgimento dos assentamentos humanos, ao passo que historicamente a cidade foi originada "entre rios" (Mesopotâmia). A condição de estar próximo aos rios foi determinante para a irrigação de lavouras e abastecimento com fontes de alimentos, aproveitamento do seu potencial para transportes e defesa do território (BERNARDES; REZENDE; ARAÚJO, 2016). Por questões de aproveitamento do lugar geográfico oportuno, os subsequentes assentamentos humanos tiveram tendência de surgirem motivadas pelos rios, seja no encontro de cursos de rios, pontos elevados com vista para o curso d'água, ilhas fluviais ou mesmo a sua foz (BENEVOLO; MAZZA, 2003).

Há uma relação intrínseca entre a origem e o desenvolvimento das cidades e fatores geomorfológicos relacionados aos rios tais quais o tipo de relevo e do solo de suas margens, potencial abastecimento de água para consumo e irrigação, possibilidade de transporte aquático para mobilidade e atividades comerciais (MOZZI; PIOVAN; CORRÒ, 2020), e a distância dos assentamentos para as margens dos rios (FANG; JAWITZ, 2019). Dessa maneira, pode-se inferir que geralmente as cidades estão inseridas em bacias hidrográficas e, involuntariamente, as cidades e os rios partilham dos fenômenos hidrológicos e escoamento superficial durante eventos meteorológicos.

2.1 Rios urbanos

Os rios que estão inseridos no espaço urbano têm um impacto significativo na forma física das cidades e em como suas áreas se interconectam (ABSHIRINI; KOCH, 2016). Para SILVA et al. (2006), o papel integrador dos rios extrapola os limites de cada cidade e adquire função de unir vários centros urbanos ao longo de seu curso. Para os autores, a rede de rios localizados nas cidades confere identidade aos sistemas urbanos e qualificação espacial.

Contudo, com a expansão e desenvolvimento dos centros urbanos, muitos dos rios inseridos neste meio não obtiveram proteção e conservação ambiental adequada, ao invés disso, sofreram intervenções urbanísticas depreciativas e ocupação desordenada nas suas margens, além da falta de implemento de projetos e programas de saneamento básico e proteção das suas áreas lindeiras (BERNARDES; REZENDE; ARAÚJO, 2016). Para LORENS (2019), os planos urbanísticos em territórios estabelecidos deverão justamente olhar para as margens dos rios como ponto focal de desenvolvimento, por conta do seu potencial atendimento às funções sociais das cidades tais quais o lazer e a mobilidade, de certa forma oportunamente gerar proteção ambiental nesta importante área do ecossistema urbano e, além do mais, contribuir para a rede de infraestrutura urbana de drenagem.

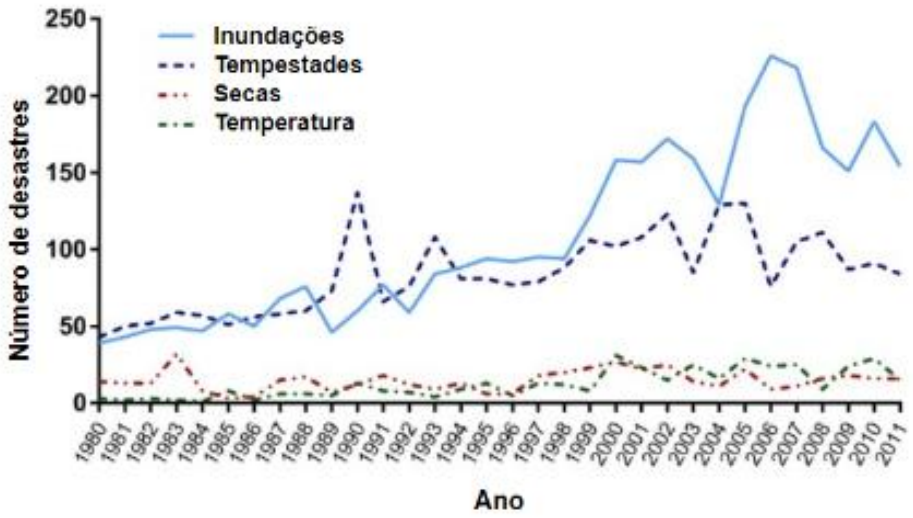
3 AMEAÇA DAS CIDADES ÀS ÁGUAS

As margens dos rios, também conhecidas como planícies de inundação, são áreas de suporte natural das águas para quando eventualmente seu volume aumentar, de acordo com o ciclo hidrológico.

Na literatura, é comum que sejam considerados tempos de recorrência históricos de inundações ordinárias de 5, 10 e 25 anos. Enquanto eventos de inundações de maior porte ocorrem com recorrência de 50, 100 e 200. Contudo, para Haghighatafhar *et al* (2020),estes ciclos predefinidos do intervalo de recorrência de

eventos de maior porte estão cada vez mais curtos, conforme Figura 2.

Figura 2 – Número de desastres relacionados ao clima no mundo (1980 a 2011)



Fonte:Adaptado de Haghighatafshar *et al* (2020).

Para os autores, as inundações induzidas por chuvas intensas (inundação pluvial) ocorrem em áreas urbanas que estão associadas à sobrecarga hidráulica dos sistemas de drenagem urbana, causando inundações não intencionais

O processo de urbanização tende a promover o aumento de cobertura impermeável sobre o solo, o que dificulta a infiltração das águas durante o ciclo hidrológico e aumenta o escoamento superficial, intensificando as ameaças de inundações nas cidades. No entanto, considerando a interdependência sistêmica entre as infraestruturas urbanas, se por exemplo for utilizada a infraestrutura das calçadas para aplicação de técnicas sustentáveis de drenagem urbana (MONTAGNA; VIEIRA, 2019), poderá haver diminuição do risco de ocorrência de inundações no ambiente urbano.

3.1 Superfícies urbanas sensíveis à água

O crescimento das cidades e o planejamento urbano no último século não levavam em consideração o ciclo da água, o que causou um impacto ambiental muito grave. Isso cria a necessidade de realizar projetos urbanos baseados em tecnologias sustentáveis e sensíveis à água para restaurar o fluxo natural hidrológico.

No intuito de promover a equidade de acesso a cidades sustentáveis e aumentar a capacidade de resiliência destas às mudanças climáticas, autores definiram uma série de práticas de planejamento urbano e governança a fim de estruturar cidades sensíveis à água (*water-sensitive cities*) (WONG; BROWN, 2009).

Estas práticas se baseiam em tomadas de decisões de projetos e exercício de governança tais quais a segurança no suprimento de água potável, a proteção da saúde pública por meio do sistema de esgoto, proteção contra inundações a partir do sistema de drenagem, benefícios sociais a partir da proteção dos caminhos naturais das águas no meio urbano, política de racionamento dos recursos naturais e compreensão do ciclo hidrológico no meio ambiente construído (WONG; ROGERS; BROWN, 2020).

Compactuando dos mesmos objetivos referentes ao planejamento urbano diante do problema de inundações urbanas e que considere o ciclo hidrológico no ambiente urbano, outros autores estabeleceram as diretrizes para alcançar o que chamaram de cidades esponjas (*sponge cities*) (GUAN; WANG; XIAO, 2021). Esta maneira de planejamento urbano consiste em utilizar de tecnologias construtivas para absorver, infiltrar, reter e purificar a água enquanto houver um evento de chuvas no ambiente urbano e posteriormente liberar estas águas quando o exterior estiver seco, para reduzir a ocorrência de problemas de inundação, usando de tecnologias e recursos compostos por áreas verdes, arborização urbana, lagos, telhado verde, bacias de retenção, pavimentos permeáveis, entre outras técnicas. Podemos deduzir que a superfície das calçadas também contribui para o sucesso deste tipo planejamento urbano, por exemplo, com o uso de pavimentos permeáveis.

Essa técnica construtiva sustentável pode minimizar os efeitos da impermeabilização criada pela urbanização, fortalecendo a criação de infraestrutura verde nas cidades, que protegerão contra inundações em eventos excepcionais. Da mesma maneira, tais atributos poderão corroborar com a capacidade de resiliência das infraestruturas de mobilidade urbana.

4 RESILIÊNCIA DA MOBILIDADE URBANA A PARTIR DAS CALÇADAS

Originalmente referente à resistência dos materiais nos estudos da física e interpretadopara sistemas ecológicos, o conceito de resiliência foi definido como a capacidade de um sistema retornar ao seu estado inicial quando sujeito a um distúrbio (HOLLING, 1973). Para sistemas de infraestruturas urbanas, tal conceito adquiriu propriedades de governança, além do zelo à sua integridade (FERNANDES *et al.*, 2017). Dessa maneira, resiliência da mobilidade urbana poderia ser entendido como a capacidade do sistema de se preparar, resistir, responder e retornar ao estágio inicial de serviço, diante de um evento adverso, para atender aos padrões de deslocamento na cidade.

Em estudo publicado em 2013 pelas empresas Arup e Siemens, com o intuito de avaliar potenciais soluções de tecnologias em relação à resiliência dos sistemas de mobilidade urbana, para aplicação em casos reais e possíveis tomadas de decisões, o documento define resiliência como sendo "uma resposta construtiva a um futuro incerto e em constante mudança (ARUP; SIEMENS, 2013). Foram identificadas cinco características que colaboram para a resiliência no sistema de mobilidade urbana de modo geral: a robustez, redundância, flexibilidade, capacidade de resposta e coordenação, conforme apresentado na Figura 3.

Após um evento de risco potencial, desde consequências da mudança climática, a agitação civil, pandemia de doenças, declínio econômico, alta dos preços de combustíveis, ou qualquer evento quando ocorra a interrupção ou falha da utilização da infraestrutura de transportes e de mobilidade urbana, por não necessitarem de nenhum meio intermediário para sua utilização, a calçada é a primeira porção desta infraestrutura possível de ser utilizada e sobretudo essa deverá apresentar as características citadas. É primeiramente a partir das calçadas que os habitantes das cidades serão capazes de recomeçar suas atividades urbanas.

Figura 3 – Diagrama de atributos para a resiliência na mobilidade urbana



Fonte: Adaptado de Arup e Siemens (2013)

As características das calçadas têm papel fundamental frente a questões de ameaças naturais a partir de mudanças climáticas, tal qual o seu papel em relação a eventos de inundações e ondas de calor (CROCE; VETTORATO, 2021), e também em relação à adaptabilidade da infraestrutura de transportes urbanos (MATA MARTINS; SILVA; PINTO, 2019) diante de outros eventos de risco potencial.

O bom estado de conservação e a qualificação da superfície das calçadas confere segurança e conforto para os pedestres, a partir da estabilidade e regularidade da superfície (DOS SANTOS *et al*., 2017).Eventualmente se a calçada for submetida a eventos de chuva de qualquer intensidade, esta deverá apresentar escoamento eficiente, contribuindo para manter a funcionalidade da calçada. Sobretudo esse atributo tem ligação direta com a resiliência das calçadas diante de inundações e contribuem para tal a declividade das superfícies, a diferença de nível entre a calçada e a pista, a presença de canteiros ajardinados ao longo das vias e a porosidade da superfície e do material de acabamento das calçadas, tal qual a utilização de concreto permeável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A infraestrutura das calçadas deverá suportar quaisquer eventos que causem risco à sua integridade, da mesma maneira que deverão utilizar de tecnologias construtivas sustentáveis para dirimir o impacto da ocupação urbana no meio ambiente. Estas medidas contribuirão inclusive para diminuir a chance de ocorrência de eventos adversos tais quais inundações.

As infraestruturas urbanas apresentam interdependências sistêmicas que exigem análise quanto às suas conexões e efeitos em cascata (ARRIGHI; PREGNOLATO; CASTELLI, 2021). Além disso, os elementos componentes de cada infraestrutura isoladamente trazem em si características que denotam sua ligação recíproca dentro de cada sistema de infraestrutura urbana. Ou seja, durante eventos adversos à infraestrutura de mobilidade urbana, a continuidade da integridade das calçadas dará suporte ao próprio sistema de transportes urbanos, assim como sua capacidade de permeabilidade incorrerá em colaboração à infraestrutura de drenagem.

É possível correlacionar o desenvolvimento urbano, as mudanças climáticas e o aumento do risco à eventos de desastres naturais tais quais inundações e ondas de

calor em áreas urbanas (CROCE; VETTORATO, 2021). Dessa maneira, as características das superfícies urbanas, incluindo as das calçadas, tem caráter determinante para a qualidade de vida nas cidades, uma vez que a capacidade de resiliência a estes desastres naturais proporciona melhorias sociais, econômicas e ambientais.

Neste artigo, foi explorada a pesquisa de apenas alguns aspectos das calçadas que contribuem para a resiliência da mobilidade urbana. Para pesquisas futuras e estudos adicionais poderão ser considerados outrascontribuiçõescomorotas de fuga e coordenação durante eventos de inundações, apoio para infraestrutura de drenagem urbana, além de ser explorada investigação quanto à resiliência urbana diante de ondas de calor e seca.

REFERÊNCIAS

ABSHIRINI, E.; KOCH, D. Rivers as integration devices in cities. **City, Territory andArchitecture**, v.3, 12 2016.

ANTP, Associacao Nacional de Transportes Públicos.**Sistema de Informacoes da Mobilidade Urbana da AssociacaoNacional de Transportes Públicos – Simob** - Relatorio geral 2018. ANTP,2020.

ARRIGHI, C.; PREGNOLATO, M.; CASTELLI, F. Indirect flood impacts and cascaderisk across interdependent linear infrastructures. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v.21, p.1955–1969, 2021.

ARUP; SIEMENS. **Resilient Urban Mobility**. 2013.

BENEVOLO, L.; MAZZA, S. **História da cidade**. : Perspectiva, 2003.

BERNARDES, G.; REZENDE, M.; ARAÚJO, S. M. S. D. AS CIDADES E AS ÁGUAS:ocupações urbanas nas margens de rios. **Revista de Geografia** (Recife), v.33, p.119–135, 2016.

BRASIL. **Lei nº 12.587**, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nºs 3.326,de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação dasLeis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de1943, e das Leis nºs 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. Brasília, DF, 2012.

CROCE, S.; VETTORATO, D. Urban surface uses for climate resilient and sustainable cities: a catalogue of solutions.**Sustainable Cities and Society**, v.75,p.103313, 12 2021.

DOS SANTOS, P. M. et al. **8 PRINCÍPIOS DA CALÇADA**: Construindo cidades mais ativas. WRI BRASIL, 2017.

FANG, Y.; JAWITZ, J. W. The evolution of human population distance to water in theUSA from 1790 to 2010. **Nature Communications**, v.10, 12 2019.

FERNANDES, V. A.; ROTHFUSS, R.; HOCHSCHILD, V.; DA SILVA, W. R.; SANTOS, M. P. de S. Resiliência da mobilidade urbana: uma proposta conceitual e de sistematização. **TRANSPORTES**, v. 25, n. 4, p. 147–160, 2017. DOI: 10.14295/transportes.v25i4.1079. Disponível em: https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1079. Acesso em: 15 fev. 2023.

GUAN, X.; WANG, J.; XIAO, F. Sponge city strategy and application of pavement materials in sponge city. **Journal of Cleaner Production**, v.303, 6 2021.

HAGHIGHATAFSHAR, S. et al. Paradigm shift in engineering of pluvial floods: from historical recurrence intervals to risk-based design for an uncertain future. **SustainableCities and Society**, v.61, 10 2020.

HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems. In: **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4. 1973. Disponível

em:<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.es.04.110173.000245> Acesso em: 27 mar. 2023.

LORENS, P. Planning for the North-European Waterfront Cities. In: ELSEVIER B.V.**Anais. . .** Institute of Physics Publishing, 2019. v.603.

MATA MARTINS, M. C. da; SILVA, A. N. R. da; PINTO, N. An indicator-based methodology for assessing resilience in urban mobility. **Transportation Research Part D:Transport and Environment**, v.77, p.352–363, 12 2019.

MONTAGNA, T.; VIEIRA, R. Infraestrutura de mobilidade urbana e sua articulação coma drenagem sustentável. **http://journals.openedition.org/confins**, 12 2019.

MOZZI, P.; PIOVAN, S.; CORRÒ, E. Long-term drivers and impacts of abrupt riverchanges in managed lowlands of the Adige River and northern Po delta (NorthernvItaly). **Quaternary International**, v.538, p.80–93, 2 2020.

RODRÍGUEZ-ROJAS, M. I. et al. A study of the application of permeable pavements asa sustainable technique for the mitigation of soil sealing in cities: a case study in thesouth of spain. **Journal of Environmental Management,** v.205, p.151–162. 2018

SILVA, E. R. A. da; PELIANO, A. M.; CHAVES, J. V. **Caderno ODS. ODS 11:** tornar ascidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis- o que mostra o retrato do brasil? : Ipea, 2019.

SILVA, J. B. et al. **Urban Rivers as Factors of Urban (Dis)integration**. 2006.

WONG, T. H.; BROWN, R. R. The water sensitive city: principles for practice. **WaterScience and Technology**, v.60, p.673–682, 2009.

WONG, T. H.; ROGERS, B. C.; BROWN, R. R. Transforming Cities through Water-Sensitive Principles and Practices. **One Earth**, v.3, p.436–447, 10 2020.