

Aplicação da pavimentação permeável na redução dos impactos hidrológicos urbanos em Juiz de Fora–MG

Application of permeable paving to reduce urban hydrological impacts in Juiz de Fora, Minas Gerais

Eduarda Furiatti Sinhoroto, Graduada em Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora.

eduarda.sinhoroto@estudante.ufjf.br

Luísa Muglia Souza Porphyrio, MSc, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

luisa.muglia@pet.coppe.ufrj.br

José Alberto Barroso Castañon, DSc, Universidade Federal de Juiz de Fora.

jose.castanon@ufjf.br

Número da sessão temática da submissão – [08]

Resumo

O presente artigo analisa a pavimentação permeável como alternativa sustentável para mitigação dos impactos hidrológicos urbanos no município de Juiz de Fora–MG, caracterizado por elevados índices pluviométricos, eventos extremos de precipitação e histórico de crescimento urbano pouco planejado. O estudo teve como objetivo avaliar os benefícios, limitações e potencial de aplicação dessa tecnologia no contexto local, considerando aspectos climáticos, ambientais e econômicos. A metodologia baseou-se em uma revisão bibliográfica sistemática de artigos científicos, dissertações e documentos técnicos publicados entre 2010 e 2025, selecionados nos portais CAPES e SciELO. Os resultados indicam que a pavimentação permeável contribui significativamente para a redução do escoamento superficial, mitigação de alagamentos, melhoria do conforto térmico urbano e filtragem de poluentes, embora apresente maior custo inicial e necessidade de manutenção periódica. Conclui-se que, quando adequadamente planejada, essa tecnologia constitui uma solução complementar eficaz para a drenagem urbana e para o aumento da resiliência das cidades frente às mudanças climáticas.

Palavras-chave: Pavimentação permeável; Drenagem urbana; Sustentabilidade.

Abstract

This article analyzes permeable paving as a sustainable alternative for mitigating urban hydrological impacts in the municipality of Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil, which is characterized by high rainfall rates, extreme precipitation events, and a history of poorly planned urban growth. The study aimed to evaluate the benefits, limitations, and potential application of this technology in the local context, considering climatic, environmental, and economic aspects. The methodology was based on a systematic literature review of scientific articles, dissertations, and technical documents published between 2010 and 2025, selected from the CAPES and SciELO

portals. The results indicate that permeable paving contributes significantly to reducing surface runoff, mitigating flooding, improving urban thermal comfort, and filtering pollutants, although it has a higher initial cost and requires periodic maintenance. It is concluded that, when properly planned, this technology is an effective complementary solution for urban drainage and for increasing the resilience of cities to climate change.

Keywords: Permeable paving; Urban drainage; Sustainability.

1. Introdução

Juiz de Fora é um município de porte médio localizado na Zona da Mata Mineira, inserido em uma região caracterizada por elevada variabilidade climática e recorrência de eventos extremos de precipitação. A atuação de diferentes massas de ar sobre o território contribui para contrastes climáticos frequentes, especialmente no regime hídrico, o que tem resultado em impactos urbanos significativos associados às chuvas intensas, como alagamentos, inundações e deslizamentos (Ferreira et al., 2023). Esse cenário é agravado por um processo histórico de crescimento urbano pouco planejado, que intensificou a impermeabilização do solo e ampliou a vulnerabilidade do município a eventos hidrológicos extremos.

Com o objetivo de padronizar a identificação de eventos climáticos extremos, o *Expert Team on Climate Change Detection Indices* adotou o percentil 99 da precipitação diária como parâmetro de referência. No caso de Juiz de Fora, esse limiar corresponde a 71,9 mm/dia. Segundo Ferreira et al. (2023), observou-se que, em um período de 19 anos (1991 a 2010), houve uma significativa recorrência nos eventos extremos, de modo que, posteriormente, não foram feitas observações superiores ao percentil 99. No entanto, mesmo nos anos em que os valores máximos diários de precipitação registrados anualmente não atingiram o valor estabelecido, os dados encontrados se mostram relevantes, já que foram elevados – superando 40mm por dia. Assim, mesmo que os eventos sejam inferiores aos indicadores, eles deflagram danos substanciais à Juiz de Fora.

Como impactos principais podemos citar alagamentos e inundações; deslizamentos e desabamentos; danos à infraestrutura, como em pontes, estradas e redes elétricas; além de danos sociais como mortes, desalojamento de pessoas e crises sanitárias. Diante desse conjunto de impactos, torna-se evidente a necessidade de adoção de estratégias capazes de mitigar os efeitos das chuvas intensas sobre o meio urbano, especialmente aquelas associadas ao excesso de escoamento superficial gerado pela impermeabilização do solo. Nesse contexto, soluções que promovam a retenção, infiltração e retardamento do escoamento das águas pluviais têm sido amplamente discutidas na literatura como alternativas complementares aos sistemas convencionais de drenagem urbana. Entre essas estratégias, destacam-se as técnicas de pavimentação permeável, que integram a infraestrutura viária às funções hidrológicas do solo.

O primeiro registro de concreto poroso se deu no Reino Unido, em 1852, na construção de duas casas. Posteriormente, só houve registro em 1923. Mesmo não sendo uma tecnologia nova, ela ainda vem ganhando destaque na pavimentação. O processo de pavimentação se dá por meio de estruturas construídas sobre terraplanagem, tendo como seu objetivo melhorar a circulação de pessoas e automóveis. Nesse sentido, o revestimento permeável apresenta um diferencial – porosidade e permeabilidade alta. Assim, são essas superfícies de drenagem que realizam a penetração, armazenamento e infiltração de parte ou de toda a água do escoamento em superfície. Esse processo ocorre em uma camada de depósito temporário no solo, que é gradualmente absorvida por ele. (ABREU; MIRANDA, 2020).

Como na maioria das cidades brasileiras, Juiz de Fora apresentou um processo de crescimento urbano pouco planejado, o que resultou em problemas de infraestrutura associados à intensa urbanização e à ampla pavimentação das vias. Esse processo levou à impermeabilização de grande parte do solo urbano, favorecendo a ocorrência de alagamentos, especialmente durante episódios de precipitação acima da média histórica. Nesse contexto, a pavimentação permeável é indicada como uma alternativa para mitigar esses impactos.

Este artigo tem como objetivo analisar o potencial da pavimentação permeável como estratégia de mitigação dos impactos hidrológicos urbanos no município de Juiz de Fora, a partir de uma revisão de literatura, considerando seus benefícios, limitações e condições de aplicação no contexto local, especialmente sob os aspectos hidrológicos, ambientais e econômicos. O artigo contribui ao consolidar evidências da literatura sobre pavimentação permeável e discutir sua aplicabilidade no contexto de cidades brasileiras de porte médio, oferecendo suporte técnico para políticas e estratégias de drenagem urbana sustentável.

2. Metodologia

Para desenvolver tal artigo, foi realizada uma revisão bibliográfica de trabalhos científicos nesse tema. A busca foi realizada nos portais CAPES e Scielo através das seguintes palavras-chave de pesquisa: precipitação, sustentabilidade, pavimentação.

Como critério de inclusão, cita-se o ano de publicação, idioma e tipo de artigo. Nesse contexto, os artigos selecionados como referência abrangem o período de 2010 a 2025. No entanto, a prioridade foi dada para trabalhos mais recentes, dentro de um intervalo de seis anos. Outro fator foi o idioma, já que a busca foi realizada para artigos em todas as línguas, mas os selecionados encontravam-se no português ou inglês. Além disso, foram excluídos os artigos que não se relacionavam diretamente com o objetivo da pesquisa.

Para o processo de seleção, leu-se o título dos artigos e, aqueles que não apresentavam as palavras-chaves ou não estavam diretamente relacionados com o tema foram excluídos. Após, dentre os selecionados, foi feita uma leitura do resumo de cada texto e, caso se enquadrarem na proposta do artigo desenvolvido e estivessem dentro da linha temporal, ele foi selecionado para leitura completa. Dessa forma, através desses procedimentos, foram selecionados 12 trabalhos.

Quadro 1: Lista de trabalhos selecionados

Trabalho	Enfoque
ABREU; MIRANDA (2020)	Analisa o pavimento permeável como solução auxiliar de drenagem urbana, destacando sua eficiência na redução do escoamento superficial e de alagamentos em áreas urbanizadas.
LIMA; MACHADO; SOUSA JÚNIOR (2024)	Avalia como a variação da espessura de placas de concreto permeável afeta o coeficiente de permeabilidade, mostrando que espessuras maiores tendem a reduzir a capacidade de infiltração.
FERREIRA et al. (2023)	Compila 50 anos de dados meteorológicos de Juiz de Fora, fornecendo subsídios técnicos para estudos climáticos, planejamento urbano e adaptação às mudanças climáticas.
FURTADO (2023)	Investiga o processo de colmatção em pavimentos de concreto permeável moldados in loco, evidenciando a redução gradual da permeabilidade ao longo do tempo.
MARCHIONI et al. (2022)	Discute o uso de Soluções Baseadas na Natureza para melhoria da arborização urbana, destacando benefícios para drenagem, conforto térmico e resiliência climática.
MELLO; RIGO (2023)	Compara os custos de implantação de pavimentos convencionais e permeáveis, mostrando que, apesar do maior custo inicial, o pavimento permeável oferece benefícios ambientais significativos.
MENDES; SELLIN (2024)	Avalia a produção de pavimento de concreto permeável com resíduos de construção e demolição, demonstrando viabilidade técnica e ganhos ambientais.
GARCIA; RODGHER; FLORIAN (2024)	Analisa o papel da pavimentação permeável na mitigação de impactos ambientais urbanos, ressaltando melhorias na drenagem e na qualidade de vida.
MOTTA (2020)	Apresenta o pavimento permeável como alternativa sustentável para vias urbanas, enfatizando benefícios hidrológicos e ambientais.
PEDROSA; FERNANDES (2024)	Estuda o conceito de cidades esponja aplicado ao Rio de Janeiro, demonstrando como soluções urbanas permeáveis contribuem para o controle de cheias.
SILVA et al. (2019)	Caracteriza o concreto permeável quanto às suas propriedades físicas e mecânicas, indicando aplicações adequadas em pavimentação urbana.
SIMÕES; TRIGO (2021)	Analisa o uso de resíduos de construção e demolição no concreto permeável, confirmando seu potencial para pavimentação sustentável.

Fonte: Os autores (2026)

3. Resultados

A partir da análise dos trabalhos selecionados, entende-se que a pavimentação permeável traz muitos benefícios. Um deles engloba a diminuição do escoamento superficial, fazendo com que haja uma diminuição do carregamento de poluentes e resíduos para corpos hídricos. Ademais, a própria pavimentação passa a agir como um filtro para as impurezas. Além disso, ao se utilizar tal tecnologia em ambientes urbanos, devido à sua coloração mais clara que a do asfalto, é possível perceber uma diminuição dos fenômenos de “ilha de calor”, contribuindo para maior conforto térmico. Ademais, devido à sua coloração, a pavimentação permeável apresenta a vantagem de melhorar a visibilidade para motoristas durante o período noturno (SILVA et al. 2019).

Em contrapartida, observa-se o alto custo de implantação, que varia conforme a espessura da camada de sub-base e base, e se utilizam equipamentos auxiliares como manta e dreno. Ademais, pode-se citar também o problema da colmatção – ou seja, entupimento dos poros de drenagem – que ao longo do tempo pode reduzir a eficiência de drenagem do pavimento. De acordo com Leonardo Furtado, em 10 anos ocorre uma redução de 90% no escoamento, condição que pode variar dependendo do local em que foi executada a pavimentação. No entanto, caso seja realizada uma manutenção anual, a capacidade de drenagem não é afetada. Contudo, caso haja presença de fonte de sedimentos ou grande volume de tráfego – como em jardins – este pavimento pode alcançar a estimativa em menor tempo (GARCIA; RODGHER; FLORIAN, 2024).

Outra desvantagem da pavimentação permeável é o fato de apresentar limitações no desempenho, ou seja, não está apropriada a ser implementada em locais onde se encontra um tráfego intenso (SILVA et al., 2019)

Ao se fazer um comparativo de custos na implantação do concreto permeável ao convencional, os custos de implantação do pavimento permeável com bloco de concreto poroso (PPBCP) são maiores, chegando a uma diferença de 21,91%. Tal dissonância pode ser atribuída aos custos do bloco de concreto poroso e da camada de sub-base e base – de maneira análoga ao caso do PPBCP do tipo infiltração total –, além do custo do dreno envolto com a manta geotêxtil (Mello, 2023). No entanto, a pavimentação permeável à longo prazo gera uma redução nos gastos com infraestrutura de drenagem e uma menor necessidade de reparos, devido a durabilidade do material.

Uma forma de reduzir os custos é utilizar resíduos de construção e demolição (RCD), isso porque os agregados utilizados no concreto permeável possuem um custo mais elevado, demandando extração, britagem e transporte. Ao utilizar os RCD consegue-se substituir parcial ou totalmente esses agregados, mantendo ou melhorando as propriedades hidráulicas, ou seja, reduz o custo sem comprometer sua função drenante.

4. Discussão

Conforme as análises apresentadas anteriormente, Juiz de Fora é uma candidata propensa a implementar a pavimentação permeável. Em questão de precipitações a cidade, no ano de 2025, de acordo com o ClimaTempo, teve uma média de 164,5 mm mensal. Em dezembro de 2025, o município registrou em único dia precipitação de 100mm, o que se configura como um dado alarmante. Sendo assim, por se tratar de uma cidade que apresenta elevados riscos de alagamento, ela torna-se uma forte candidata a aderir a tecnologia apresentada.

Quadro 2: Precipitação do ano de 2025 na cidade de Juiz de Fora

Precipitação do ano de 2025 na cidade de Juiz de Fora	
MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm)
Janeiro	343,0
Fevereiro	257,0
Março	250,0
Abril	107,0
Maio	59,0
Junho	28,0
Julho	26,0
Agosto	34,0
Setembro	82,0
Outubro	157,0
Novembro	284,0
Dezembro	347,0
Média	164,5

Fonte: Os autores (2026)

Além do aspecto hidrológico, observa-se benefícios associados ao conforto térmico urbano e à melhoria da qualidade do meio ambiente, alinhando-se aos princípios das Soluções Baseadas na Natureza e ao conceito de cidades sensíveis à água. Em Juiz de Fora, onde o crescimento urbano ocorreu majoritariamente de forma pouco planejada, a aplicação dessa tecnologia em estacionamentos, calçadas, vias de médio e baixo tráfego e espaços públicos pode contribuir significativamente para a resiliência urbana frente às mudanças climáticas.

Todavia, a análise também evidencia limitações que devem ser consideradas no processo de tomada de decisão, como o custo inicial mais elevado, o risco de colmatação e as restrições de uso em áreas com tráfego intenso. Assim, a viabilidade da pavimentação permeável depende de um adequado planejamento, escolha criteriosa dos locais de implantação, definição correta das camadas estruturais e adoção de um plano de manutenção periódica. Dessa forma, a discussão reforça que, embora não substitua integralmente os sistemas convencionais, a pavimentação permeável configura-se como uma estratégia eficaz e sustentável para o enfrentamento dos desafios urbanos e climáticos do município.

Ainda se destaca o fato da cidade de Juiz de Fora apresentar um setor de construção civil muito ativo, favorecendo o desenvolvimento da pavimentação permeável utilizando os resíduos da construção civil e da demolição, como apresentado anteriormente.

5. Conclusão

Diante de todos os fatos apresentados acima, podemos concluir que a pavimentação permeável, quando bem planejada e aplicada, melhora a qualidade de vida da população e da cidade, reduzindo os custos com sistemas de drenagem, diminuindo o escoamento superficial e promovendo a filtragem da água que alcança os lençóis freáticos e aquíferos, sem transportar poluentes diretamente para os corpos hídricos. Essa tecnologia mostra-se especialmente relevante para municípios como Juiz de Fora, que apresentam elevados índices pluviométricos, histórico de eventos extremos e um processo de urbanização marcado pela intensa impermeabilização do solo.

Mesmo apresentando limitações, como o maior custo inicial de implantação e a necessidade de manutenção periódica mais criteriosa quando comparada à pavimentação convencional, a adoção da pavimentação permeável tende a compensar esses gastos ao longo do tempo, sobretudo pela redução de investimentos em obras corretivas de drenagem, pela maior durabilidade do material e pelos benefícios ambientais associados. Ademais, a possibilidade de utilização de resíduos da construção civil na produção do concreto permeável reforça seu caráter sustentável, contribuindo para a redução de custos, o reaproveitamento de materiais e a promoção da economia circular. Dessa forma, a pavimentação permeável consolida-se como uma solução complementar eficaz para o enfrentamento dos desafios urbanos e climáticos, alinhando-se aos princípios do desenvolvimento urbano sustentável e da resiliência das cidades.

Referências

ABREU, Rafael Silva Andrade de; MIRANDA, Thiago Variz. O uso do pavimento permeável como medida auxiliar na drenagem das cidades. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do*

Conhecimento, ano 5, ed. 4, v. 3, p. 52–74, abr. 2020. ISSN 2448-0959. DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimento-permeavel. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimento-permeavel>. Acesso em: 17 jan. 2026.

A INFLUÊNCIA DA ESPESSURA NO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE PLACAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETOS PERMEÁVEIS. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, [S. l.], v. 5, n. 1, 2024. DOI: 10.61164/rmnm.v5i1.2472. Disponível em: <https://remunom.ojsbr.com/multidisciplinar/article/view/2472>. Acesso em: 17 jan. 2026.

CLIMATEMPO. Climatologia de Juiz de Fora – MG. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/152/juizdefora-mg>. Acesso em: 17 jan. 2026.

FERREIRA, Cássia de Castro Martins et al. *Clima de Juiz de Fora: 50 anos de dados meteorológicos*. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2023. E-book (81 p.). ISBN 978-65-89512-84-4. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/editora/wp-content/uploads/sites/113/2023/10/Clima-de-Juiz-de-Fora-Editora-UFJF.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2026.

FURTADO, Leonardo. *Estudo da colmatção em um pavimento de concreto permeável moldado in loco*. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/30997>. Acesso em: 17 jan. 2026.

MARCHIONI, Mariana; RAIMONDI, Anita; SILVA, Juliana Caroline de Alencar da; YAZAKI, Luiz Fernando Orsini de Lima; VELASCO, Giuliana Del Nero; BRAZOLIN, Sérgio; SILVA FILHO, Carlos Alberto da; BECCIU, Gianfranco. Soluções Baseadas na Natureza como instrumento de melhoria da arborização urbana, auxiliando na construção de cidades sensíveis à água e resilientes às mudanças climáticas. *Revista LABVERDE*, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 12–44, 2022. DOI: 10.11606/issn.2179-2275.labverde.2022.189209. Disponível em: <https://revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/189209>. Acesso em: 17 jan. 2026.

MELLO, Fernanda Barbosa Gomes; RIGO, Daniel. Comparativo de custos de implantação de pavimento convencional e pavimento permeável. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, ano 8, ed. 4, v. 4, p. 5–25, abr. 2023. ISSN 2448-0959. DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimento-convencional. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimento-convencional>. Acesso em: 17 jan. 2026.

MENDES, F.; SELLIN, N. Produção de pavimento de concreto permeável a partir de resíduos de construção e demolição. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, [S. l.], v. 17, n. 12, p. e12365, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.12-028. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/12365>. Acesso em: 17 jan. 2026.

PAVIMENTAÇÃO PERMEÁVEL: MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E MELHORIAS NA QUALIDADE DE VIDA URBANA. *RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar*, [S. l.], v. 5, n. 1, p. e516063, 2024. ISSN 2675-6218. DOI: 10.47820/recima21.v5i1.6063. Disponível em: <https://recima21.com.br/recima21/article/view/6063>. Acesso em: 17 jan. 2026.

PAVIMENTO PERMEÁVEL: UMA SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL PARA A PAVIMENTAÇÃO DE VIAS URBANAS. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 911–933, 2020. DOI: 10.19177/rgsa.v9e32020911-933. Disponível em:

https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8435. Acesso em: 17 jan. 2026.

PEDROSA, Ana Clara Vieira; FERNANDES, Andréa Sousa da Cunha. Cidades esponja: estudo de caso aplicado no município do Rio de Janeiro. *Revista Convênio*, v. 17, n. 7, p. 387–___, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.7-387. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.7-387>. Acesso em: 17 jan. 2026.

SILVA, Rodrigo Garozi da; BORTOLETTO, Marcelo; SPÓSITO, Felipe de Almeida; BIGOTTO, Sherington Augusto Milani; ASSUNÇÃO, Camila Cassola; ALBUQUERQUE, Maria da Consolação Fonseca de. Concreto permeável: principais características e aplicação em pavimentação. *Revista Científica ANAP Brasil*, São Paulo, v. 12, n. 26, 2019. DOI: 10.17271/19843240122620192225. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap_brasil/article/view/2225. Acesso em: 17 jan. 2026.

SIMÕES, M. N.; TRIGO, A. P. M. Caracterização de concreto permeável com RCC para uso em pavimentação. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 7, n. 12, p. 120386–120394, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n12-688. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/41993>. Acesso em: 17 jan. 2026.