

## PAVIMENTOS PERMEÁVEIS E INFRAESTRUTURA SUSTENTAVÉL: UM LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO DA LITERATURA NOS ULTIMOS 10 ANOS

Carlos Alberto Benedito Junior, P.U.C. - Campinas, e-mail: carlosbene00@hotmail.com  
Regina Marcia Longo, PUC de Campinas, regina.longo@puc-campinas.edu.br

### Resumo

Atualmente se discute o desenvolvimento sustentável, no qual devem ser integradas medidas econômicas, sociais e ambientais, incluindo planejamento urbano e medidas de drenagem. Um aumento excessivo nas taxas de escoamento leva inundações, que por sua vez tem muitos efeitos negativos para a sociedade como um todo. A drenagem urbana é um conjunto de medidas que visa reduzir os riscos para a sociedade e minimizar os danos causados por enchentes e inundações. Mas o método antigo, além de caro ainda não pode resolver todos os problemas uma vez que apenas transfere o efeito a jusante. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo realizar um mapeamento sistemático da literatura a fim de identificar, no campo acadêmico, quais universidades e países que estão desenvolvendo pesquisas sobre a aplicação de pavimentos permeáveis como uma solução dos problemas relacionados a drenagem urbana. A análise foi realizada utilizando a base de dados *Scopus*, limitando o período 2012-2022, onde foi possível observar um crescimento de interesse sobre o assunto até o ano de 2019, sendo que em 2020 teve uma queda no número de pesquisa, mas muito se deve, provavelmente, aos efeitos da pandemia. Conclui-se que o emprego de pavimentos permeáveis é uma medida de desenvolvimento sustentável e tem ganhando ênfase nas pesquisas acadêmicas durante os últimos 10 anos, fazendo com que a técnica de pavimentação permeável ajude a otimizar os problemas causados pela drenagem urbana.

**Palavras-chave:** Drenagem urbana sustentável, pavimentação permeável, escoamento superficial, técnicas construtivas de drenagem, impermeabilização.

### Abstract

Currently, sustainable development is being discussed, in which economic, social and environmental measures must be integrated, including urban planning and drainage measures. An excessive increase in runoff rates leads to flooding, which in turn has many negative effects on the society. Urban drainage is a set of measures aimed at reducing risks to society and minimizing damage caused by floods. But the old method, in addition to being expensive, still cannot solve all the problems as it just transfers the effect downstream. In this context, this work aimed to carry out a systematic mapping of the literature in order to identify, in the academic field, which universities and countries are developing research on the application of permeable pavements as a solution to problems related to urban drainage. The poll was carried out using the *Scopus* database, limiting the period from 2012 to 2022, where it is possible to observe a growth of interest on the subject until the year 2019, where 2020 had a drop in the number of research, but largely due to the effects of the pandemic. It is concluded that the use of permeable pavements is a measure of sustainable development and has gained emphasis in academic research



over the last 10 years, making the permeable paving technique help to optimize the problems caused by urban drainage.

**Keywords:** Sustainable urban drainage, permeable paving, surface runoff, drainage construction techniques, waterproofing.

## 1. Introdução

O processo de urbanização tem socorrido cada vez mais rápido e em contrapartida com cada vez mais problemas oriundos da falta de um planejamento urbano adequado. A maioria das cidades brasileiras não possuem um sistema de escoamento superficial da água de chuva que atenda todas as suas necessidades, acarretando assim em enchentes urbanas e no aumento da contaminação de corpos de água, eventos que estão se intensificando, principalmente nos grandes centros urbanos.

Diante desta contribuição interessante e ainda pouco analisada do pavimento permeável na qualidade da água de escoamento superficial, buscou-se trazer e discutir estudos que quantificam as concentrações de determinados poluentes presentes no escoamento superficial, as concentrações desses poluentes após a percolação do escoamento superficial através de um pavimento permeável, discutindo-se também as fontes de geração dos poluentes.

A maioria das cidades brasileiras estão estruturadas em sistemas de drenagem que foram desenvolvidos no século XIX. Estes sistemas tradicionais capturam a água da chuva e a conduzem a corpos d'água ou a sistemas coletores. Muitos desses sistemas são ineficientes e também caros. Fatores como os efeitos das mudanças climáticas e o aumento das áreas impermeabilizadas colaboram para aumentar a ineficiência dos sistemas tradicionais de drenagem. Assim, aplicar técnicas que utilizem fundamentos mais sustentáveis e que se apoiem na discussão dos serviços ambientais que os sistemas terrestres possam oferecer para a melhoria da qualidade de vidas das cidades passa ser interessante e recomendado. Exemplos de serviços ambientais providos ao meio urbano se referem, por exemplo, à promoção da infiltração, a retenção, filtragem das águas das chuvas no próprio local. Assim melhorando a qualidade e diminuir a quantidade dos escoamentos superficiais.

A justificativa da realização dessa pesquisa é reunir informações de tipos de técnicas construtivas sustentáveis com a pavimentação permeável. Algumas tipologias de infraestrutura sustentável em espaços viários, são: pavimentos permeáveis, biovaletas, jardins de chuva, curb extension, etc (MARUYAMA, 2016).

O presente artigo tem como principal objetivo apresentar um levantamento bibliométrico a respeito do tema “pavimentos permeáveis e infraestrutura sustentável” a partir de artigos científicos publicados, nos últimos 10 anos, com o intuito de identificar, no âmbito acadêmico, os principais desenvolvimentos pertinentes ao tema.



## 2. Fundamentação teórica

As evoluções urbanísticas veem em decorrência do crescimento populacional das cidades, trazendo junto impactos no meio ambiente. Esses fatores estão ligados a alteração que o homem gera em sua ocupação, com construções de edificações, pavimentações de vias asfálticas e calçadas, retirando a vegetação presente naquele local e alterando a capacidade escoamento e permeabilidade das águas pluviais, fazendo assim que ocorra um desequilíbrio hidrológico, podendo acarretar em um aumento do fluxo de escoamento superficial, onde diretamente está ligado aos casos de enchentes nas zonas urbanas (TUCCI, 2006).

A utilização de asfalto e betão em projetos de pavimentação é sem dúvida um dos métodos mais tradicionais, sendo que estas áreas impermeabilizadas podem causar um aumento significativo nos efeitos de ilhas de calor e inundações indesejadas quando a capacidade dos sistemas de drenagem não está apta a atender os volumes precipitados (ZHU, et al., 2018).

Os pavimentos permeáveis possuem projetos e características que têm como um dos objetivos a infiltração da água da chuva e o amortecimento de pico de cheia na jusante da bacia em que o pavimento está inserido. Junto ao pavimento permeável, podem ser utilizadas técnicas como por exemplo: Biovaletas que são jardins lineares em cotas mais baixas ao longo de vias e estacionamentos. Recebem as águas contaminadas por resíduos, como óleo, partículas de poluição e outros, visando a promoção da filtragem inicial; Jardins de chuva que são jardins em cotas mais baixas que recebem as águas da chuva de superfícies impermeáveis adjacentes; Curb extension que é um jardim de chuva de pequenas dimensões em cotas mais baixas, que podem ser projetados junto às vias para receber as águas do escoamento superficial de áreas impermeáveis (ABCP, 2022).

A pavimentação permeável tanto em asfalto ou em concreto, colabora para a mitigação dos problemas causado pela drenagem urbana, pois através de sua utilização é possível promover a infiltração das águas de chuva no solo. Tal tecnologia construtiva vem ganhando espaço na indústria civil global, além de ser uma das práticas recomendadas pela Environmental Protection Agency (DA SILVA, 2019).

## 3. Metodologia

O presente trabalho foi realizado através de uma pesquisa de levantamento bibliométrico, que consiste em mapeamento sistemático da literatura acerca do tema “pavimentos permeáveis e infraestrutura sustentável”. A proposta metodológica deste trabalho de forma sucinta, foi a utilização de base de dados da plataforma *Scopus*, onde houve a definição de cinco palavras chaves de busca, que foram: drenagem urbana sustentável, pavimentação permeável, escoamento superficial, técnicas construtivas de drenagem e impermeabilização. Após o levantamento de dados obtidos pela busca foi realizada uma triagem dos artigos com base no título e resumo e análise na íntegra dos artigos selecionados.



No dia 20 de setembro de 2022 foi realizada uma pesquisa na base de dados *Scopus* utilizando as palavras chaves anteriores. Diante da pesquisa foram encontrados dos dados expostos na Tabela 1.

Tabela 1 : Quantidade de documentos encontrados na base de dados Scopus

DOCUMENT TYPE	UNITS
Article	443
Conference Paper	94
Book Chapter	41
Review	35
Conference Review	5
Book	3
Editorial	3
<b>TOTAL</b>	<b>624</b>

Fonte: Scopus, Elsevier B.V. - ADAPTADO

Estes dados foram coletados e analisados com o auxílio do software Microsoft Excel, onde foi possível separar os tipos de trabalhos realizados, totalizando 624 trabalhos diferentes realizados em um período de 10 anos. Além da análise de separação por categoria, foram realizadas busca por principais autores, países com maior quantidade de publicação por ano, estes dados ajudam a refletir a necessidade de um estudo maior do assunto, os resultados foram expostos com auxílio de recursos gráficos para melhor representação dos dados obtidos.

Para a obtenção dos resultados, foram analisados 5 indicadores auxiliado pela Scopus, que são:

- Quantidade de documentos por países;
- Quantidade de documentos por afiliação;
- Quantidade de documentos por autores;
- Quantidade de documentos por patrocinador de financiamento;
- Quantidade de documentos por ano.

#### 4. Resultados

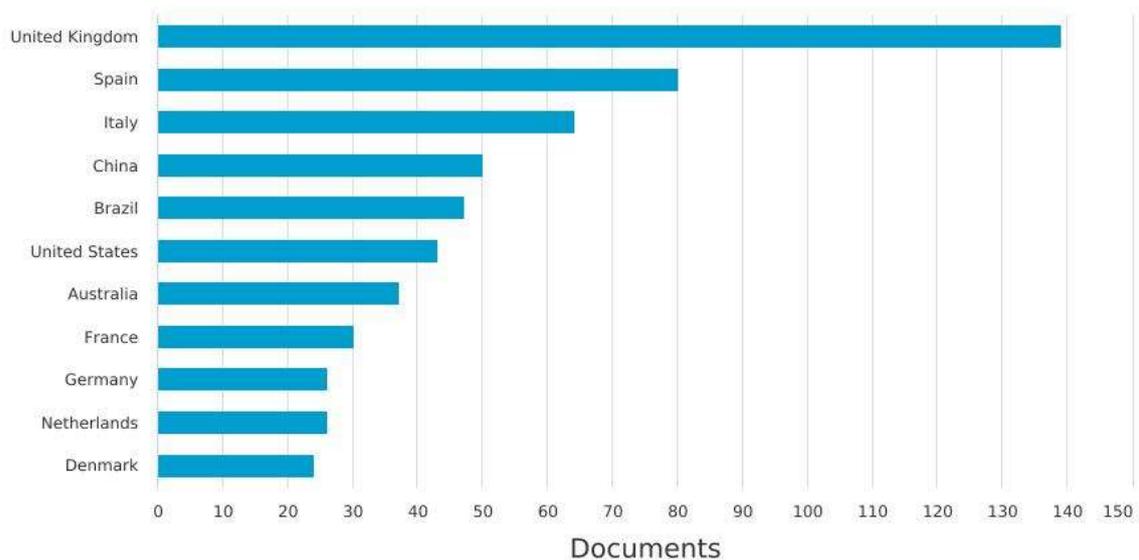
Foram relacionados um total de 624 trabalhos com as palavras chaves definidas. De acordo com os resultados obtidos na figura 01 onde mostra os 15 países com mais trabalhos a respeito da pavimentação permeável e com a ênfase na sustentabilidade, para maior visibilidade gráfica a figura delimita apenas os 15 países com mais publicações, mas ao todo foram encontrados em 70 países o tema abordado. Dentre os países que mais publicaram, se destaca o Reino

Unido com um número expressivo de 139 trabalhos realizados e em segundo a Espanha com 82, já o Brasil aparece em quinto lugar no ranking, com 47 publicações.

### Documents by country or territory

Scopus

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



Copyright © 2022 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

**Figura 1: Quantidade de documentos por países**

Fonte: Scopus, Elsevier B.V. (20/09/2022)

Dentre as afiliações que mais desenvolveram pesquisas sobre o tema, a figura 02 delimita as 10 melhores e se destaca a Universidade de Coventry na Inglaterra com 20 documentos publicados. Duas universidades brasileiras parecem dentre as 10 primeiras a Universidade Federal do Rio de Janeiro é a instituição nacional com maior destaque, com um total de 12 publicações e logo abaixo a Universidade de São Paulo com 10 publicações.

# IV SUSTENTARE & VII WIPIS

## WORKSHOP INTERNACIONAL

### Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos

de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

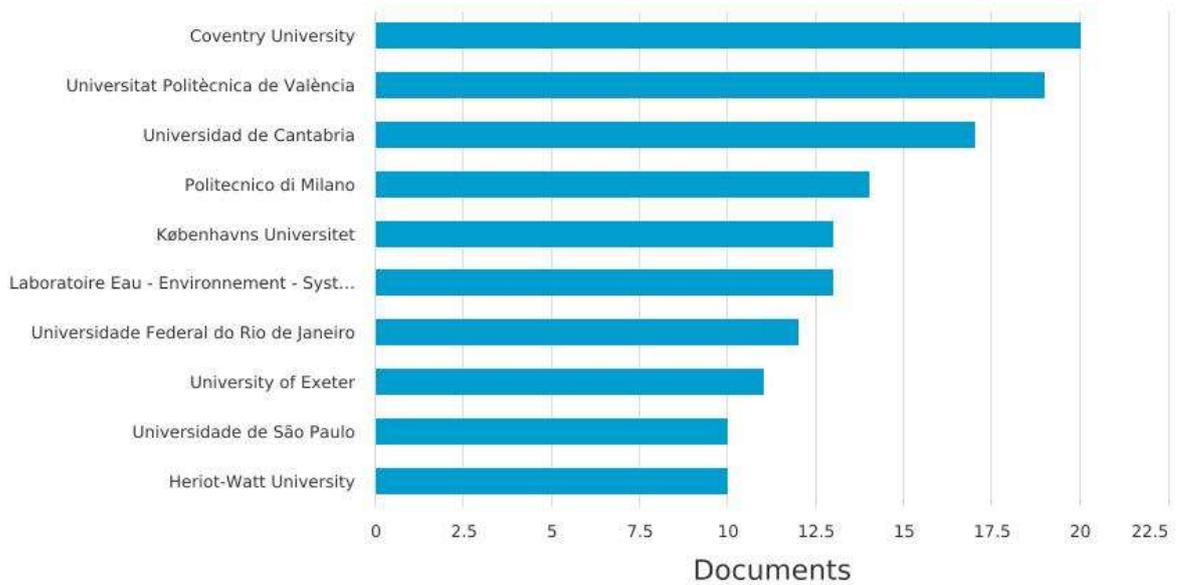
Realização:

Apoio:

## Documents by affiliation

Scopus

Compare the document counts for up to 15 affiliations.



Copyright © 2022 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

**Figura 02: Quantidade de documentos por afiliação**

Fonte: Scopus, Elsevier B.V. (20/09/2022)

Na figura 03 mostra que dos 624 trabalhos obtidos nos últimos 10 anos, foram produzidos por 159 autores, na figura aparecem apenas os 15 primeiros com mais publicações. Este número de 159 autores, mostra que diferentes pesquisadores estão desenvolvendo seus trabalhos com uma abordagem na sustentabilidade e pensando em técnicas construtivas que agridam menos o meio ambiente com o desenvolvimento natural da sociedade.

**IV SUSTENTARE & VII WIPIS**  
**WORKSHOP INTERNACIONAL**  
**Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos**  
 de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização: SUSTENTARE FUD CAMPINAS

WIPIS 2022

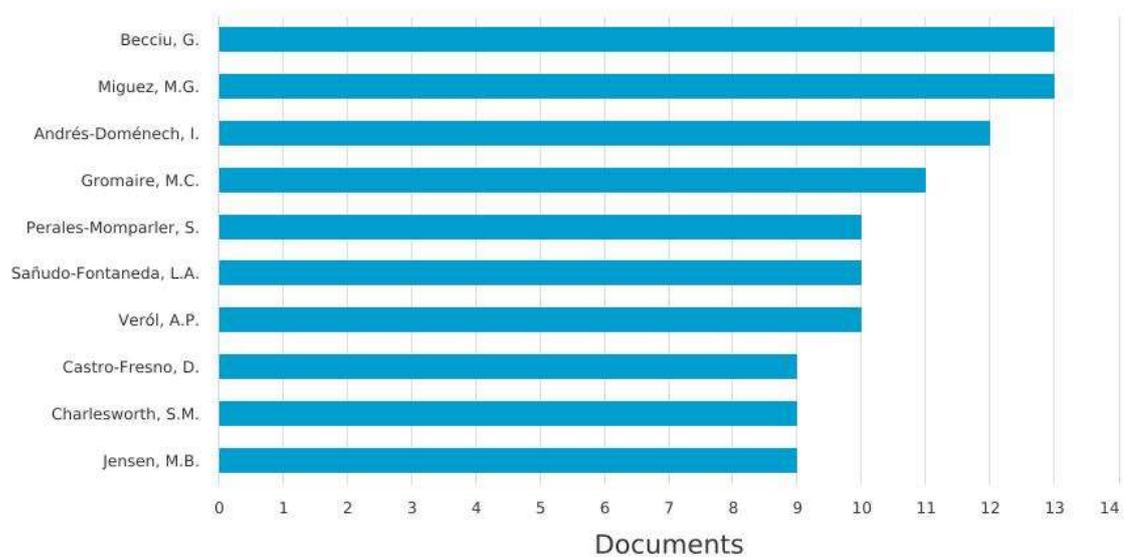
Apoio: Agência das Bacias PCJ

COMITÊS PCJ

## Documents by author

Scopus

Compare the document counts for up to 15 authors.



Copyright © 2022 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

**Figura 03: Quantidade de documentos por autores**

**Fonte: Scopus, Elsevier B.V. (20/09/2022)**

Existem vários programas de incentivo de pesquisas, onde estes projetos patrocinam financeiramente para o desenvolvimento das pesquisas científicas onde a maioria são desenvolvidas em universidades, este auxílio é de extrema importância para o pesquisador. Na figura 04 pode-se observar os 15 programas com mais publicações de acordo com este levantamento.

# IV SUSTENTARE & VII WIPIS

## WORKSHOP INTERNACIONAL

### Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos

de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

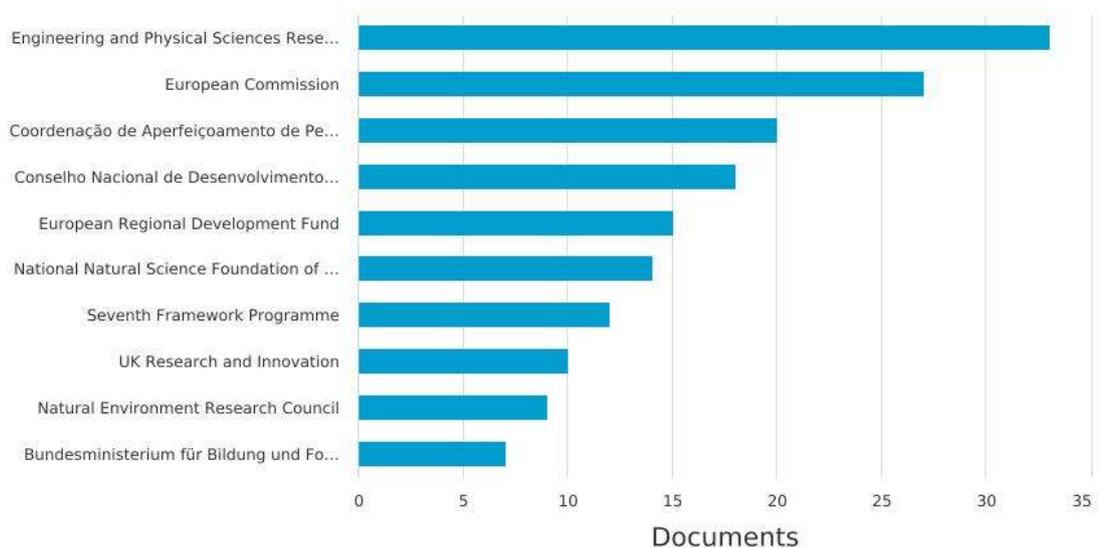
Realização:

Apoio:

## Documents by funding sponsor

Scopus

Compare the document counts for up to 15 funding sponsors.



Copyright © 2022 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

**Figura 04: Quantidade de documentos por patrocinador de financiamento**

Fonte: Scopus, Elsevier B.V. (20/09/2022)

A figura 05 representa a quantidade de trabalhos elaborado por ano, o gráfico obteve um crescimento na linha de pesquisa constante e um salto ano de 2019 com um total de 97 publicações. Um fator que pode ser analisado que após o ano de 2019 houve uma queda, onde 2020 obteve 65 publicações, 2021 o número de 75 publicações e 2022 até o momento da pesquisa 68 publicações, esta queda pode estar ligada diretamente aos efeitos da pandemia, que muitos dos recursos utilizados para as pesquisas foram cortados.

# IV SUSTENTARE & VII WIPIS

## WORKSHOP INTERNACIONAL

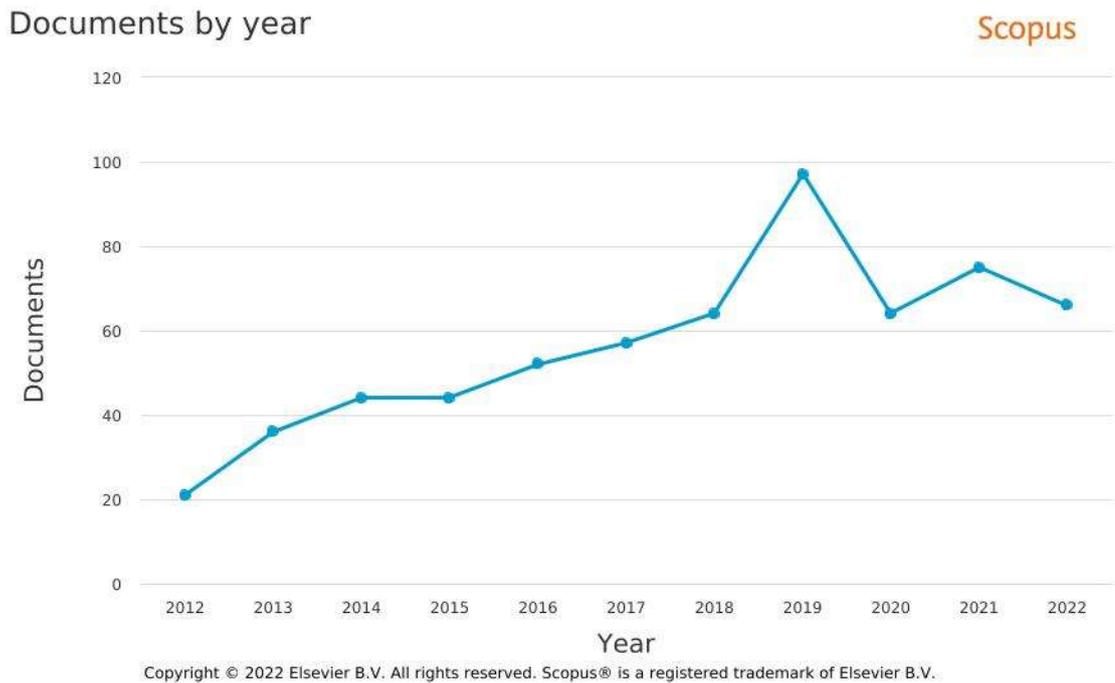
### Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos

de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização:

Apoio:



**Figura 05: Quantidade de documentos por ano**

Fonte: Scopus, Elsevier B.V. (20/09/2022)

Dado o exposto do trabalho realizado, que tem o objetivo de quantificar estudos já realizados sobre o tema de pavimentos permeáveis sustentáveis utilizando uma base de dados (Scopus) para atingir os resultados. Como relatado anteriormente, foram encontrados 624 trabalhos, um número pouco expressivo se levar em consideração que esta pesquisa abordou um período de 10 anos e em escala global.

Em relação aos países que mais desenvolveram pesquisas sobre o tema abordado, fica o Reino Unido em primeiro lugar e a Espanha, países pertencentes ao continente Europeu, o Brasil é o país que mais produziu do continente americano, mostrando a preocupação das universidades nacionais. Os países que mais produzem apresentam vários programas de incentivo financeiro, que contribuem para o crescimento dos pesquisadores.

O período retratado foi de 2012 a 2022 (intervalo de 10 anos), pode-se observar que houve um crescimento do número de pesquisas, de 2018 para 2019 obteve um crescimento de 33% e de 2019 para 2020 uma queda dos mesmos 33%, reflexo do início da pandemia, onde universidades tiveram de fechar devido ao isolamento e muitos programas de incentivo financeiro foram cortados. No ano de 2021 volta a ter um crescimento de 18% nas publicações, onde determina a volta das universidades, utilizando o modo EAD e se adequando a um “NOVO NORMAL”

## 5. Conclusão

Conclui-se que as aplicações de pavimentos permeáveis contribuem com a sustentabilidade urbana e ameniza as chamadas ilhas de calor de uma cidade, se tornando assim uma técnica construtiva a ser analisada na implantação de novas infraestruturas para um desenvolvimento sustentável. Entretanto, para que possa ser empregada tais técnicas, é imprescindível observar o cenário que serão empregadas e analisar o custo benefício, utilizando o Brasil como parâmetro, com uma grande área territorial, onde existem solos com características morfológicas diferentes.

Devido uma quantidade de publicações notórias no Reino Unido e Espanha, recomenda-se que para trabalhos futuros, seja realizada uma análise dos temas semelhantes, para assim buscar incentivos financeiros e políticas públicas para a aplicação da melhor técnica construtiva de pavimentos permeáveis.

## 6. Agradecimentos (quando houver)

Os autores agradecem ao apoio financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Condido de Financiamento 001.

## 7. Referências bibliográficas

ABCP. Controle de Inundações - programa ruas verdes de Portland – EUA. São Paulo: Fábrica de Ideias Brasileiras. Disponível em: <<http://solucoesparacidades.com.br/saneamento/revitalizacao-de-ruas-em-portland-eua/>>. Acesso em: 03/10/2022.

DA SILVA, Rodrigo Garozi et al. Concreto permeável: principais características e aplicação em pavimentação. Revista Científica ANAP Brasil, v. 12, n. 26, 2019.

MARUYAMA, Cintia Miua; FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. Pavimentos permeáveis e infraestrutura verde. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, v. 4, n. 9, 2016.

Tucci, C. E. M. (2006). Gestão de águas pluviais urbanas. Brasília: Ministério das Cidades.

Zhu, H., Yu, M., Zhu, J., Lu, H., & Cao, R. (2018). Simulation study on effect of permeable pavement on reducing flood risk of urban runoff. International Journal of Transportation Science and Technology. v. 8, p. 373-382