

CHAPTER VIII

PERMEABLE CONCRETES: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS USING VOSVIEWER SOFTWARE

CONCRETOS PERMEÁVEIS: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA UTILIZANDO O SOFTWARE VOSVIEWER

DOI: 10.51859/ampla.sset.2124-8

Diego de Paiva Bezerra ¹

Fabíola Luana Maia Rocha ²

Aline Figueirêdo da Nóbrega ³

Leane Priscilla Bonfim Sales ⁴

Letícia Sabrina de Melo Souza ⁵

Iranilza Costa da Silva ⁶

Tayná Chaves Santana Lopes Ferreira ⁷

¹ Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFPB

² Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFPB

³ Professora Efetiva do Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

⁴ Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFPB

⁵ Mestre em Engenharia Civil e Ambiental. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFPB

⁶ Mestranda em Engenharia Civil. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – UFPE

⁷ Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFPB.

ABSTRACT

The emergence of urban centers has led to an increase in impermeable soil areas, resulting in issues such as flooding. To address this concern, research on the effectiveness and performance of permeable concretes has gained prominence. Therefore, it is crucial to understand the progress of studies related to this type of concrete. In this context, this article aims to conduct a systematic review of permeable concretes, utilizing a field that employs statistical and mathematical techniques for the analysis of scientific production. The adopted methodology involved searching for works in the Scopus database, followed by mapping, selection, and quantitative analysis of documents. Subsequently, the results were processed and interpreted using the VOSviewer program. The analysis covered key terms, journals, authors, and countries dedicated to the study of permeable concretes, as

well as the total link strength over a specific period between each analyzed point. The results indicated a significant increase in the number of published works from 2013, reaching the highest record in 2021. It was observed that the predominant form of publication is through articles, with the main keywords identified as "concrete" and "permeability." Furthermore, China leads studies in this area, followed by the United States and India. In conclusion, continuous growth in research is anticipated in the coming years, driven by the need to identify components that enhance the mechanical and drainage functions of permeable concretes, as well as to develop dosing methodologies and standards for their application.

Keywords: Bibliometric mapping. Indicators. Permeable concrete.

RESUMO

O surgimento dos centros urbanos propiciou o aumento das áreas impermeáveis do solo, resultando em problemas como inundações. Para lidar com essa questão, a pesquisa sobre a eficácia e desempenho dos concretos permeáveis tem ganhado destaque. Portanto, é fundamental compreender o progresso das pesquisas relacionadas a esse tipo de concreto. Nesse contexto, o presente artigo tem como propósito conduzir uma revisão sistemática sobre concretos permeáveis, utilizando um campo que emprega técnicas estatísticas e matemáticas para analisar a produção científica. A metodologia adotada envolveu a busca de trabalhos na base Scopus, seguida de mapeamento, seleção e análise quantitativa dos documentos. Posteriormente, os resultados foram tratados e interpretados por meio do programa VOSviewer. A análise abordou as principais palavras-chave, periódicos,

autores e países dedicados ao estudo de concretos permeáveis, além da força total de link em um determinado período entre cada ponto analisado. Os resultados indicaram um aumento significativo no número de trabalhos publicados a partir de 2013, atingindo o maior registro em 2021. Observou-se que a forma predominante de publicação é por meio de artigos, sendo as principais palavras-chave identificadas como "concreto" e "permeabilidade". Além disso, a China lidera os estudos nessa área, seguida pelos Estados Unidos e Índia. Em conclusão, prevê-se um crescimento contínuo nas pesquisas nos próximos anos, impulsionado pela necessidade de identificar componentes que potencializem as funções mecânicas e drenantes dos concretos permeáveis, bem como desenvolver metodologias de dosagens e normas para sua aplicação.

Palavras-chave: Mapeamento bibliométrico. Indicadores. Concreto permeável.

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização resultou no crescimento desordenado das cidades, na produção crescente de poluentes e na ampliação das áreas impermeáveis do solo, esse último, responsável por inundações urbanas, devido a picos de descargas pluviais nos corpos hídricos que inevitavelmente transbordam (Pereira; Barbosa, 2015). Segundo Tavares e Kazmierczak (2016), esse evento é responsável por mudanças no ciclo hidrológico da água, visto que, a impermeabilização sob o solo diminui o tempo de infiltração da água que reabastece os lençóis freáticos, que resulta em alterações nos leitos dos rios e dos canais, acarretando um desequilíbrio ambiental.

Com intuito de diminuir os problemas oriundos da impermeabilização dos solos, novas tecnologias sustentáveis estão sendo implementadas, a exemplo do concreto permeável, aplicado na camada de revestimento de pavimentos permeáveis, para controlar o acúmulo de água sobre áreas impermeáveis como calçadas de pedestres. Segundo Lamb (2014), o concreto permeável é um material com ausência ou pouca quantidade de agregado miúdo, que forma uma estrutura de vazios conectados entre si, que permite o fluxo de fluidos no seu interior.

O estudo das propriedades do concreto permeável ainda é pouco disseminado no mundo. No Brasil não existe norma de dosagem, sendo a ABNT NBR 16416 (2015) responsável por reger os requisitos e procedimentos de concretos permeáveis aplicados a pavimentos. Nesse interim, são poucos os estudos a respeito desse material, principalmente quando relacionado à utilização de resíduos na sua composição, mas podemos destacar alguns dos poucos, com incorporação do resíduo da cinza da queima da madeira (Oliveira, 2017), resíduo da construção civil (Santos, 2017), concreto reciclável (Tavares e Kazmierczak, 2016) e agregado reciclável (Ribeiro, 2014).

Além das pesquisas que introduzem componentes sustentáveis nas misturas de concretos permeáveis pode-se destacar os trabalhos que buscam compreender as propriedades físicas e mecânicas de concretos permeáveis com diferentes proporções de agregados convencionais (Faria *et al.*, 2019).

A medida que o concreto permeável se enquadra como uma alternativa para solucionar os problemas oriundos da impermeabilização dos solos o mesmo estabelece desafios para seu desempenho mecânico durante sua funcionalidade, pois o concreto permeável exige maiores índices de vazios, que segundo Mehta e Monteiro (2008), é inversamente proporcional à resistência mecânica, visto que uma estrutura com maior índice de vazios terá um menor empacotamento entre seus componentes e conseqüentemente formará uma estrutura mais fragilizada.

Assim, o objetivo deste estudo é averiguar por meio de uma análise bibliométrica como está enquadrada as pesquisas sobre concreto permeável no contexto atual. Segundo Parra, Coutinho e Pessano (2019) a análise bibliométrica consistiu em utilizar técnicas estatísticas e matemáticas para análise da produção científica. Essa avalia aspectos relacionados à produção de conhecimento científico e seus impactos, analisando grande quantidade de dados bibliográficos em bases de dados acadêmicas conhecidas. Os aspectos avaliados podem ser: visualizar padrões de tendência de pesquisas, mapear colaboração entre pesquisadores e instituições, impacto de trabalhos em determinadas áreas. Portanto, fornece informações importantes para a comunidade acadêmica.

2 METODOLOGIA

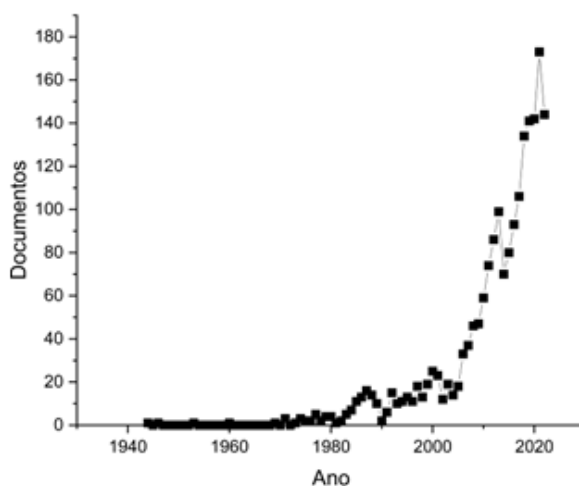
A análise cienciométrica consistiu de um mapeamento bibliométrico, que foi desenvolvido com intuito de se obter um panorama geral sobre os estudos, autores e países que pesquisam sobre concretos permeáveis, assim como os vínculos existentes entre esses. Para isso foi realizada a busca por arquivos na base Scopus, utilizando duas palavras de busca (“Concrete” e “Permeability”), em seguida foi realizado o tratamento dos dados encontrados nesses arquivos por meio do software VOSviewer.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Amostragem da literatura

Com base em pesquisa bibliográfica realizada na base de dados Scopus foi constatado o total de 1.900 estudos a partir das palavras de busca: *concrete* e *permeability* e a Figura 1 apresenta a evolução do número de documentos publicados sobre essas palavras.

Figura 1 – Publicações em período de tempo.



Fonte: Autoria própria.

Pela Figura 1 é possível constatar que a primeira publicação é datada em 1944, entretanto, com pequena quantidade de trabalhos e em determinados anos nulos. Mas, a partir de 2013 houve crescimento no número de trabalhos publicados e no ano de 2021 pode ser observado o maior registro, com 171 publicações, e a tendência é

que esses números aumentem nos próximos anos devido a necessidade de incorporar o concreto permeável como mecanismo sustentável para resolver os problemas provenientes da impermeabilização dos solos.

Na Figura 1 percebe-se que a maior densidade de estudos ocorreu nos últimos 10 anos. Dessa perspectiva procedeu a primeira filtragem de dados correspondente ao período de publicação de 2013 à 2022, no qual foram obtidas 1.187 pesquisas. A partir disso foi realizada uma análise centimétrica sobre as pesquisas existentes, com intuito de realizar mais uma síntese de estudos.

3.2 Mapeamento de Referências

O procedimento de mapeamento de referências consiste em apresentar amostragens referentes as palavras-chaves, fontes de publicações, artigos, tipologia, países e instituições que mais publicaram acerca da temática em estudo. Nessa perspectiva, é possível apresentar na Figura 2 um panorama geral da tipologia de documentos presentes nos estudos sobre as palavras de busca *concrete* e *permeability*.

Figura 2 – Tipologia de documentos publicados.



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 2 constata-se que mais de 70% das pesquisas estavam em formato de artigos, seguido de 22,95% de pesquisas apresentadas em conferências, 2,3% em revisões bibliográficas e 4,59% em outros (cartas, livros e capítulos de livros). Por meio dessa análise foi realizada uma segunda filtragem amostral, na qual buscou analisar apenas os artigos, já que esses, em sua maioria, são derivados de

publicações como trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses, resultando em uma amostra de 835 trabalhos. A partir dessa amostragem foi feita uma análise sobre as palavras chaves usadas por essas pesquisas, para que fosse possível identificar quais trabalhos estavam em consonância com o conteúdo sobre concretos permeáveis.

3.3 Palavras chaves

As palavras de busca representam a ferramenta de captura para pesquisar determinado conteúdo. Nessa revisão sistemática foram encontradas 534 palavras, após exclusão das ocorrências de repetições. As dez palavras-chave com maior frequência na base Scopus estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Palavras-chave com maior frequência.

Ordem	Palavra-chave inglês	Número de ocorrências	Acesso total de links
1	Concretes	472	3536
2	Compressive strength	203	2408
3	Permeability	178	2379
4	Durability	123	1423
5	Pavement	122	2023
6	Permeable pavements	109	1552
7	Aggregates	98	1263
8	Concrete aggregates	98	1318
9	Porosity	98	1140
10	Pervious concrete	97	5058

Fonte: Aatoria própria.

Após análise da Tabela 1 pôde-se concluir que as palavras: concretos, resistência à compressão e permeabilidade são as que mais se repetem nas buscas da base dados. A partir disso, foi possível estabelecer uma correlação entre as palavras-chave pelo programa VOSViewer (Figura 3), no qual foi estabelecido o número mínimo de ocorrência igual 50, que retornou um número de Cluster igual a dois estabelecendo duas divisões das palavras-chave: uma em relação a materiais construtivos e outra em relação a rede de drenagem.

Pela Figura 4 é possível realizar a análise temporal para encontrar em quais anos ocorreu mais intensidade de publicações e citações sobre concretos permeáveis, que nesse caso correspondeu entre os anos de 2017 e 2019.

Percebe-se que o periódico mais influente em quantidade de citações sobre o tema de concretos permeáveis foi a “*Construction and Building Materials*” com 3.769 citações e 112 documentos, seguido da “*Journal of Cleaner Production*” com 893 citações e 18 documentos e da “*Journal of Environmental Management*” com 549 citações e 15 documentos. A Tabela 2 apresenta os dez principais periódicos com maior número de citações sobre concreto permeável.

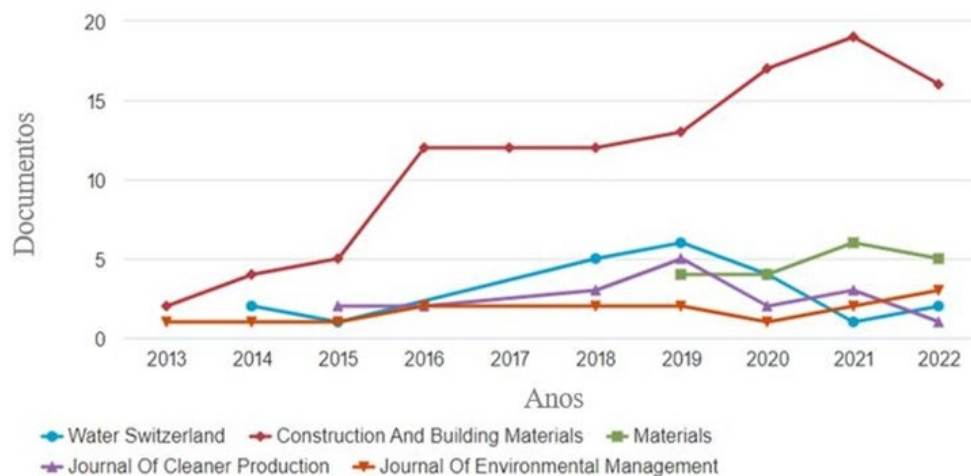
Tabela 2 – Periódicos com maior frequência de citações.

Ordem	Fonte	Documentos	Citações	Total de força de link
1	construction and building materials	112	3769	780.93
2	journal of cleaner production	18	893	197.46
3	journal of environmental management	15	549	225.12
4	journal of environmental engineering (united states)	13	346	175.14
5	materials and structures/materiaux et constructions	9	312	89.00
6	cement and concrete research	8	310	85.00
7	cement and concrete composites	10	256	139.83
8	journal of hydrology	9	253	127.95
9	water (switzerland)	21	253	317.96
10	journal of building engineering	11	208	89.00

Fonte: Autoria própria.

Ademais, pela Figura 5 é possível identificar a quantidade de publicações para os cinco principais periódicos em análise, em um período de 10 anos.

Figura 5 – Frequência de publicações nos últimos 10 anos dos cinco principais periódicos.



Fonte: Base Scopus (2023).

Dessa forma é notório que o periódico “*Construction and Building Materials*” obteve crescimento maior entre os anos de 2015 e 2016 e se manteve superior aos demais periódicos até o fim do período analisado, o “*Journal of Cleaner Production*” obteve maior crescimento no ano de 2019 e se manteve na média nos demais anos, já a “*Journal of Environmental Management*” manteve uma projeção constante em todo o período.

3.5 Autores

Foram constatados 2.264 autores que trabalham com o tema, mas após filtragem pelo número mínimo de publicações igual a 7, ficou resumido a 22 autores. A Tabela 3 apresenta, em número decrescente de citações, os principais autores que realizaram pesquisas na área de concretos permeáveis, já na Figura 6 apresenta a interação entre esses autores.

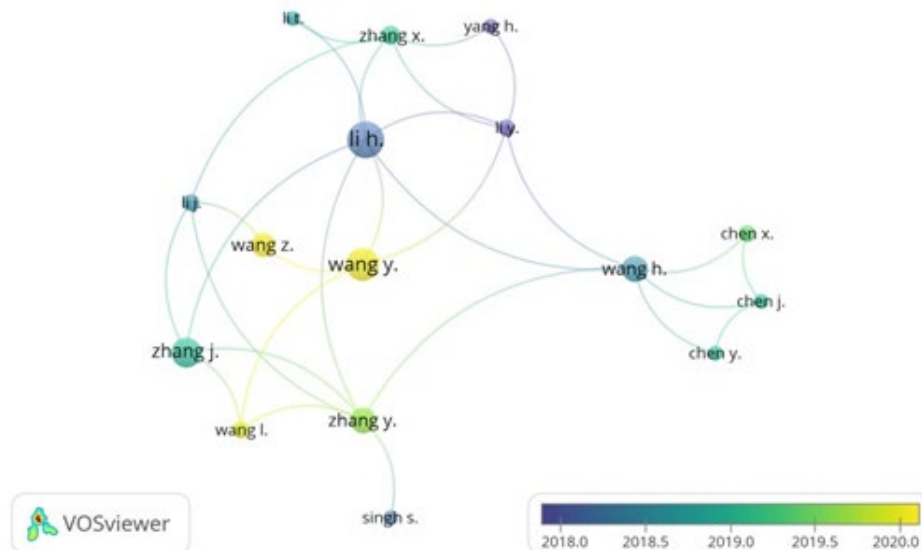
Tabela 3 – Periódicos com maior frequência de citações.

Ordem	Autor	Número de documentos	Número de citações	Acesso total de links
1	Shaikh F.U.A.	7	792	0.00
2	Li H.	17	634	9.00
3	Hunt W.F.	10	331	8.00
4	Zhang J.	14	323	7.00
5	Winston R.J.	11	297	8.00
6	Singh S.	7	271	1.00
7	Borst M.	8	262	0.00

Ordem	Autor	Número de documentos	Número de citações	Acesso total de links
8	Zhang X.	9	234	4.00
9	Li Y.	8	200	4.00
10	Zhang Y.	12	182	7.00

Fonte: Autoria própria.

Figura 6 – Força de interação entre os autores.



Fonte: VOSviewer (2023).

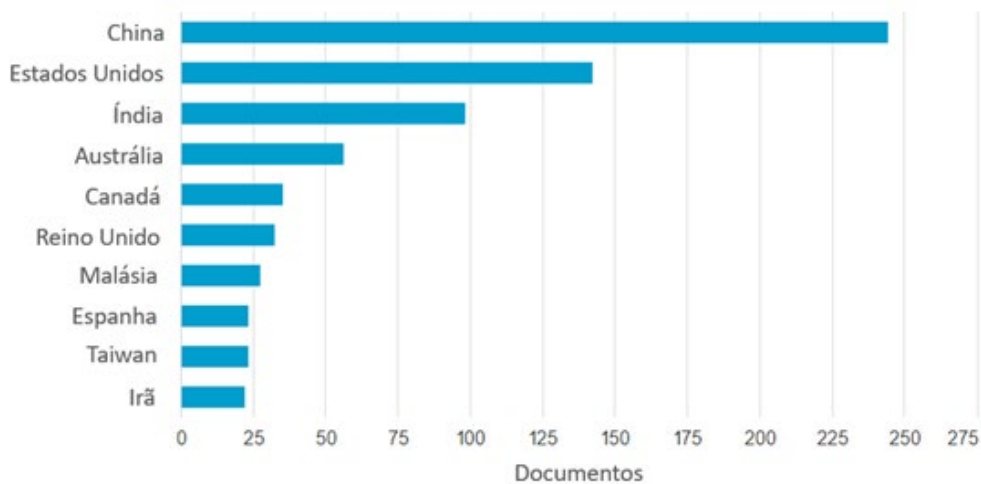
Pela Figura 6 é notado que houve maiores publicações entre os anos de 2018 e 2019, com três autores mais citados, são eles: Shaikh F.U.A. com 792 citações; Li H. com 634 e Hunt W.F. com 331.

Além dos principais autores foi possível, por meio da base Scopus, constatar quais países pesquisam mais sobre concretos permeáveis e o resultado está apresentado no próximo item.

3.6 Países

A Figura 7 destaca os países onde a maioria das pesquisas para concretos permeáveis foram executados.

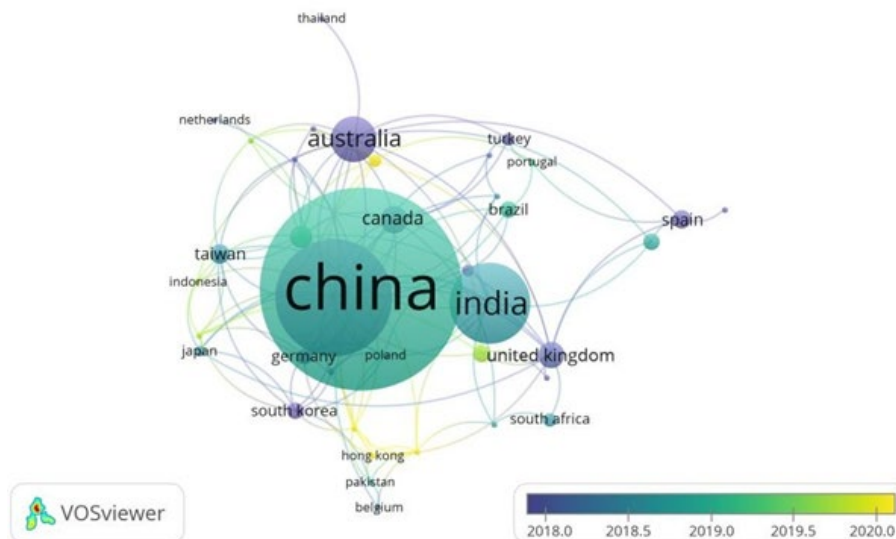
Figura 7 – Principais países que realizam pesquisa com concretos permeáveis.



Fonte: Base Scopus (2023).

Esses resultados mostram que a China é o principal país que realiza pesquisas sobre concretos permeáveis com aproximadamente 250 publicações, seguido dos Estados Unidos com mais de 125 publicações e Índia com pouco menos de 100 documentos. Já o vínculo entre os países é possível ser relacionado por meio da Figura 8 com percepção que houve mais publicações entre os anos de 2018 e 2019.

Figura 8 –Vinculação dos estudos entre os países



Fonte: Base Scopus (2023).

4 CONCLUSÕES

Pôde-se concluir que o mapeamento bibliográfico é necessário para nortear sobre a abordagem das principais fontes de pesquisas sobre concretos permeáveis. Além disso, foi possível concluir que as principais pesquisas se encontram na China, Índia e Estados Unidos, países mais populosos, e conseqüentemente vulneráveis a problemas de inundações. Além disso, outro fator influente é o desenvolvimento desses países em pesquisas que tendem a incorporar no mercado novas tecnologias da construção.

Ademais o desenvolvimento de concretos permeáveis tende a crescer nos próximos anos devido a necessidade de encontrar componentes que possam ser incorporados nas misturas para potencializar as funções mecânicas e drenantes e desenvolver metodologias de dosagens e normas para aplicação em pavimentos permeáveis.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.
- FARIA, Andréia da Conceição de. Pavimento de concreto drenante: estudo da granulometria que favorece a drenagem e que afete o mínimo da resistência. In: 33º CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 33., 2019, Balneário Camboriú. 2019. v. 33, p. 1-12.
- LAMB, Gisele Santoro. Desenvolvimento e Análise do Desempenho de Elementos de Drenagem Fabricados em Concreto Permeável. 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- Mehta, P. K. e Monteiro, P. J. M. (2008) "Concrete, Microstructure, Properties and Materials" São Paulo: Ibracon.
- OLIVEIRA, Daniela Dolovitsch de. Análise do desempenho mecânico em concretos permeáveis com substituição parcial do agregado graúdo por resíduo da construção civil. 2017. 95 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Unijui, Ijuí, 2017.
- PARRA, Maurício Rodrigues; COUTINHO, Renato Xavier; PESSANO, Edward Frederico de Castro. Um breve olhar sobre a cienciometria: origem, evolução, tendências e sua contribuição para o Ensino de Ciências. Contexto & Educação, Ijuí, v. 34, n. 107, 2019.

- PEREIRA, Katrine Krislei; BARBOSA, Monica Pinto. desenvolvimento de composição de concreto permeável com agregados oriundos de resíduos de construção civil da região de campinas. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. Campinas, 2015. p. 1-6.
- RIBEIRO, Aline. Concreto permeável com agregados reciclados de resíduos de isoladores elétricos de porcelana. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2014.
- SANTOS, Rafael Reinheimer dos. Estudo da resistência mecânica do concreto permeável com substituição de agregado natural por agregado reciclado. 2017. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Santa Rosa, 2017.
- TAVARES, L. M. e KAZMIERCZAK, C. S. Estudo da influência dos agregados de concreto reciclado em concretos permeáveis, Rev. IBRACON Estrut. Mater., São Paulo, v. 9, n.1, p. 75-89, 2016.