Concreto permeável com agregado de concreto reciclado – uma revisão sistemática de literatura (RSL) utilizando a metodologia SREE

Pervious Concrete with recycled concrete aggregate – A systematic literature review (RSL) using the SREE Methodology

Queila Lages Teixeira Souza
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) | Belo Horizonte, Minas Gerais | engcivilqueilages@gmail.com

Junia Nunes de Paula
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) | Belo Horizonte, Minas Gerais | juniapaula@cefetmg.br

Rogério Cabral de Azevedo
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) | Belo Horizonte, Minas Gerais | rogeriocabral@cefetmg.br

Resumo.

O conceito de "cidades esponja", vinculado à absorção e armazenamento de água, surge como resposta às mudanças climáticas e à urbanização acelerada. A impermeabilização do solo agrava as inundações, enquanto a geração de resíduos de construção e demolição (RCD) contribui para o descarte inadequado. A utilização de RCD em concretos permeáveis oferece uma solução promissora para a infiltração da água, redução do escoamento superficial e promoção da economia circular, em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Este estudo, por meio da revisão sistemática SREE (Systematic Review for Engineering and Experiments), investiga a influência do agregado de concreto reciclado (RCA) nas propriedades do concreto permeável e identifica lacunas nas pesquisas. Destaca-se a necessidade de otimizar a proporção de RCA para equilibrar propriedades mecânicas-hidráulicas, com ajustes no teor de substituição de agregados e no tamanho máximo dos reciclados. Mais pesquisas são necessárias para ampliar a aplicação urbana do material.

Palavras-chave: Análise bibliográfica; SREE; RCD; Concreto permeável; Agregado de concreto reciclado.

ABSTRACT

The concept of "sponge cities", linked to the absorption and storage of water, has emerged as a response to climate change and accelerated urbanization. Soil sealing aggravates flooding, while the generation of construction and demolition waste (CDW) contributes to improper disposal. The use of RCD in permeable concrete offers a promising solution for water infiltration, reducing surface runoff and promoting the circular economy, in line with the UN Sustainable Development Goals (SDGs). This study, through the SREE (Systematic Review for Engineering and Experiments) systematic review, investigates the influence of recycled concrete aggregate (RCA) on the properties of permeable concrete and identifies gaps in research. The need to optimize the proportion of RCA to balance mechanical-hydraulic properties is highlighted, with adjustments in the content of aggregate replacement and the maximum size of recycled content. More research is needed to expand the urban application of the material.

Keywords: Bibliographic analysis; SREE; CDW; Pervious concrete; Recycled concrete aggregate.

1 INTRODUÇÃO

O conceito de “cidade esponja” tem surgido como uma resposta emergente, inovadora e necessária aos desafios urbanos contemporâneos, especialmente no contexto das mudanças climáticas e da urbanização acelerada (Liu *et al.,* 2024). Esse conceito visa a promoção da absorção e armazenamento de água pelo solo. Outro grande desafio ambiental e social enfrentado nas grandes cidades é a geração crescente de resíduos da construção e demolição (RCD), sendo necessário integrar os princípios da economia circular na reciclagem de RCD para promover a sustentabilidade na Construção Civil. Incorporar esses resíduos no ciclo produtivo reduz a extração de recursos naturais, o volume destinado a aterros e os impactos ambientais (Aliabdo *et al.,* 2018).

Nesse contexto, desenvolver materiais permeáveis incorporando RCD, destaca-se como uma promissora estratégia, cuja eficácia deve ser investigada para o cumprimento simultâneo dos critérios de resistência e permeabilidade (Aliabdo *et al*., 2018; Chen *et al*.,2019). Embora o concreto permeável convencional (com agregados naturais) tem sido amplamente investigado, há poucas pesquisas voltadas para a aplicação de agregado de concreto reciclado (RCA) nesse tipo de concreto (Liu *et al.,* 2024; Strieder *et al*., 2022).

Assim, este artigo realiza uma revisão sistemática da literatura (RSL) com o objetivo de investigar as propriedades do concreto permeável com agregado de concreto reciclado (RAPC), analisando a influência do RCA nas propriedades físicas, mecânicas, hidráulicas, durabilidade e possíveis aplicações em diferentes contextos, como áreas urbanas, rodovias e parques.

2 MÉTODO

Para selecionar a bibliografia pertinente à incorporação de RCDs em concreto permeável e atingir os objetivos apresentados, foi utilizado o método SREE (Systematic Review for Engineering and Experiments) (Azevedo et al.,2022). Este método de revisão sistemática para engenharia e experimentos é fundamentado no ProKnow-C (Processo de Desenvolvimento do Conhecimento-Construtivista) (Azevedo,2014; Ensslin,2010; Reis,2023) e representa uma adaptação desse processo estruturado, bem como dos métodos tradicionais de RSL, para as áreas de Engenharia. O SREE prioriza o planejamento da pesquisa para facilitar seu uso por pesquisadores iniciantes e propõe a avaliação da qualidade metodológica dos artigos selecionados através de conceitos estatísticos (Azevedo *et al*.,2022). A Figura 1 ilustra as principais etapas do método SREE, que são utilizadas no presente estudo.

Figura 1: Principais etapas do método SREE.

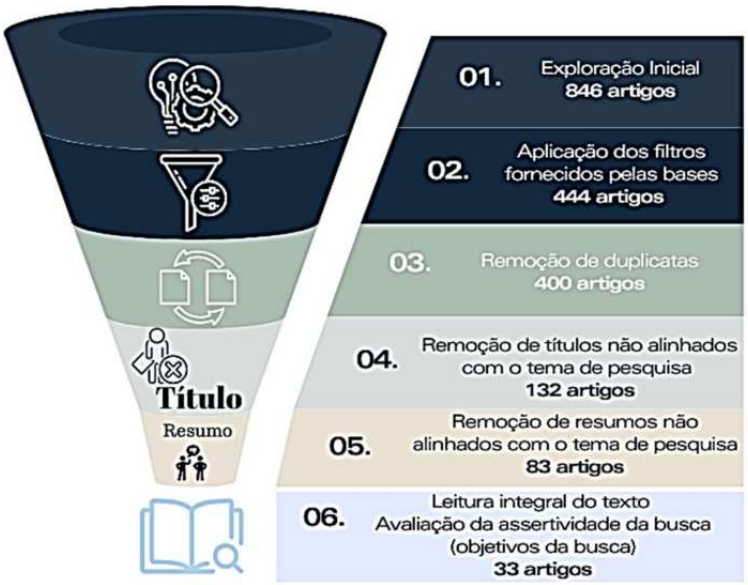


Fonte: Autores,2025.

As palavras-chave "pavements" AND ("permeability" OR “pervious concrete") AND (“CDW" OR "recycled concrete aggregate") foram aplicadas no título, resumo e palavras-chave dos artigos publicados entre 2014 e 2024, nas bases de dados Science Direct, SpringerLink, American Society of Civil Engineers – ASCE e SCOPUS, todas indexadas pela CAPES (CAPES,2024). Totalizou-se 846 artigos até a data de 20 de junho de 2024.

Após a exploração inicial e aplicando os filtros fornecidos pelas bases, 444 artigos foram extraídos e importados para o gerenciador de referências (software Mendeley). A Figura 2 apresenta todos os processos da etapa de extração e seleção dos artigos.

Figura 2: Etapa de Extração e Seleção utilizando o método SREE.



Fonte: Autores,2025.

Dos 83 artigos selecionados para leitura completa, avaliou-se a adequação do objetivo do estudo sobre as propriedades do RAPC. Assim, 33 artigos foram incluídos no portfólio bibliográfico. A Tabela 1 detalha esse portfólio, informando o periódico, quantidade de artigos no portfólio, classificação CAPES e Fator de Impacto JCR (Journal Citation Reports).

Tabela 1: Portfólio bibliográfico

Periódico	Quantidade de artigos no portfólio	Qualis CAPES	Fator de Impacto JCR
Indian Concrete Journal	1	-	-
Case Studies in Construction Materials	1	A2	6,5
Construction and Building Materials	14	A1	7,4
Developments in the Built Environment	1	-	6,2
International Journal of Concrete Structures and Materials	2	A3	3,6
IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	1	B2	-
Journal of Building Engineering	1	A1	6,7
Journal of Cleaner Production	5	A1	9,7
Magazine of Concrete Research	1	A1	1,8
Materials Today: Proceedings	2	-	-
Road Materials and Pavement Design	3	A2	3,4
Tikrit Journal of Engineering Sciences	1	-	-

Fonte: Autores,2025.

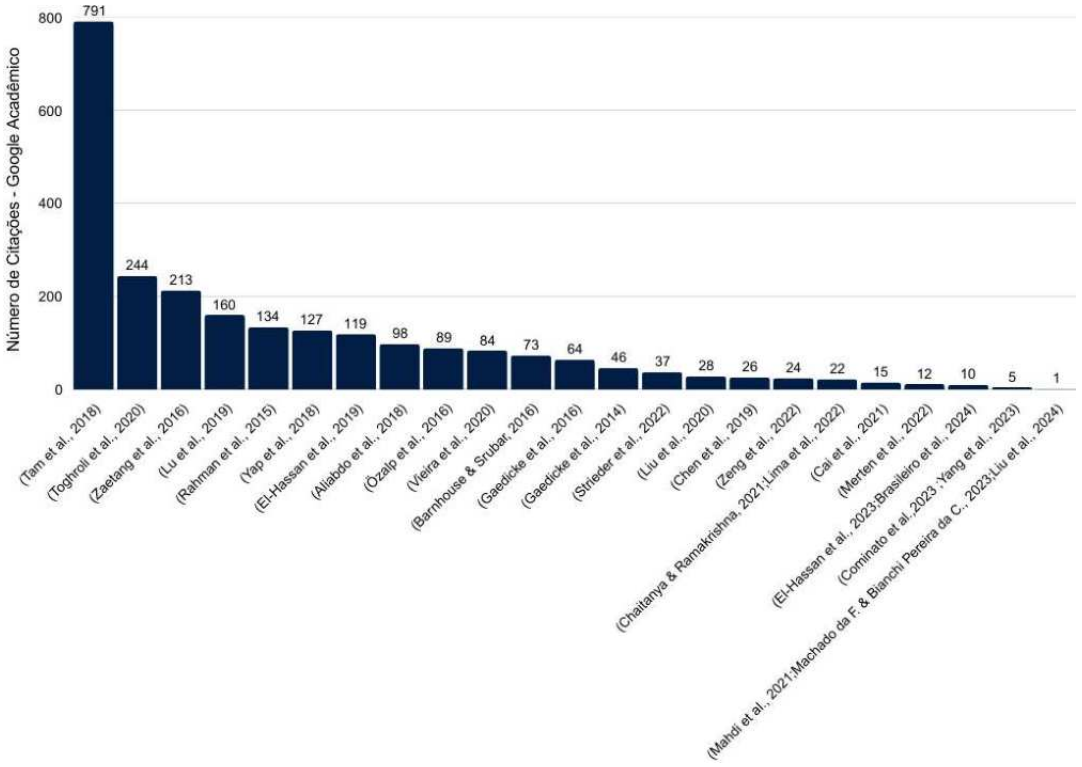
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A análise bibliométrica foi realizada considerando o reconhecimento científico dos artigos, dados pela contagem de citações fornecidas pelo Google Acadêmico, por meio da classificação do periódico no quadriênio 2017-2020, segundo a CAPES e Fator de Impacto JCR (Journal Citation Reports), conforme

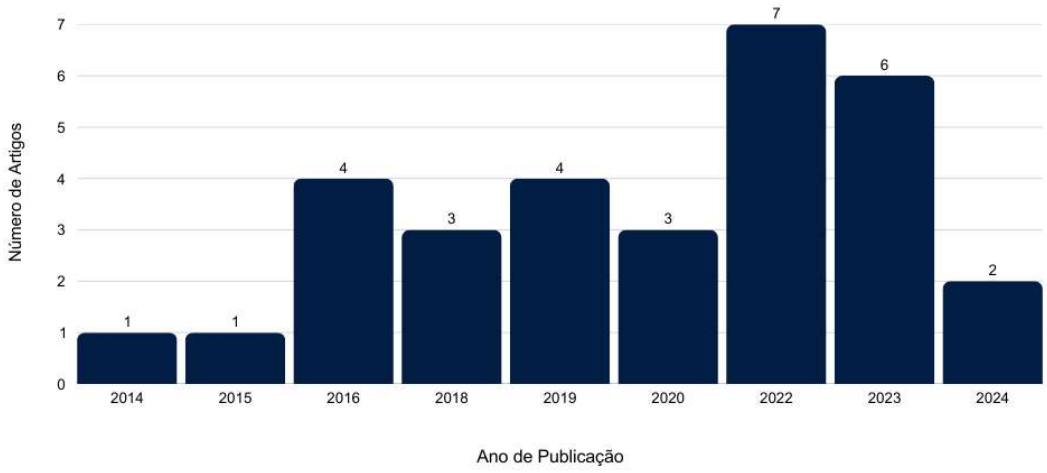
Figura 2, e pelo ano de publicação. A Figura 3 apresenta o número de citações por artigo apresentado pelo Google Acadêmico. Ressalta-se que 3 artigos do portfólio, publicados em 2023 e 2024, não obtiveram citações.

Figura 3: Relevância do artigo.



A Figura 4 apresenta o número de publicações científicas de 2014 a 2024. Em 2022 foram publicados 7 artigos sobre RAPC, com crescimento gradual e oscilações ao longo da década. A partir de 2022, o interesse aumentou expressivamente, com um pico de publicações. O ano de 2024 deve ser avaliado parcialmente, visto que existem estudos em processo de desenvolvimento e publicação na data de análise do portfólio. O aumento na produção científica destaca a relevância crescente do tema das cidades drenantes e do uso de concreto permeável com agregados reciclados, reforçando a importância de investimentos em soluções sustentáveis para enfrentar os desafios urbanos e climáticos.

Figura 4: Número de publicações científicas de 2014 a 2024.



3.2 ANÁLISE DA QUALIDADE METODOLÓGICA

Para a análise da qualidade metodológica considerou-se três critérios: (I) randomização, (II) análise e (III) comparação conforme o método SREE (Azevedo *et al.*,2022). A Figura 5 demonstra os critérios para análise da qualidade metodológica de um artigo.

Figura 5: Critérios para avaliação da qualidade metodológica de um artigo utilizando o método SREE.

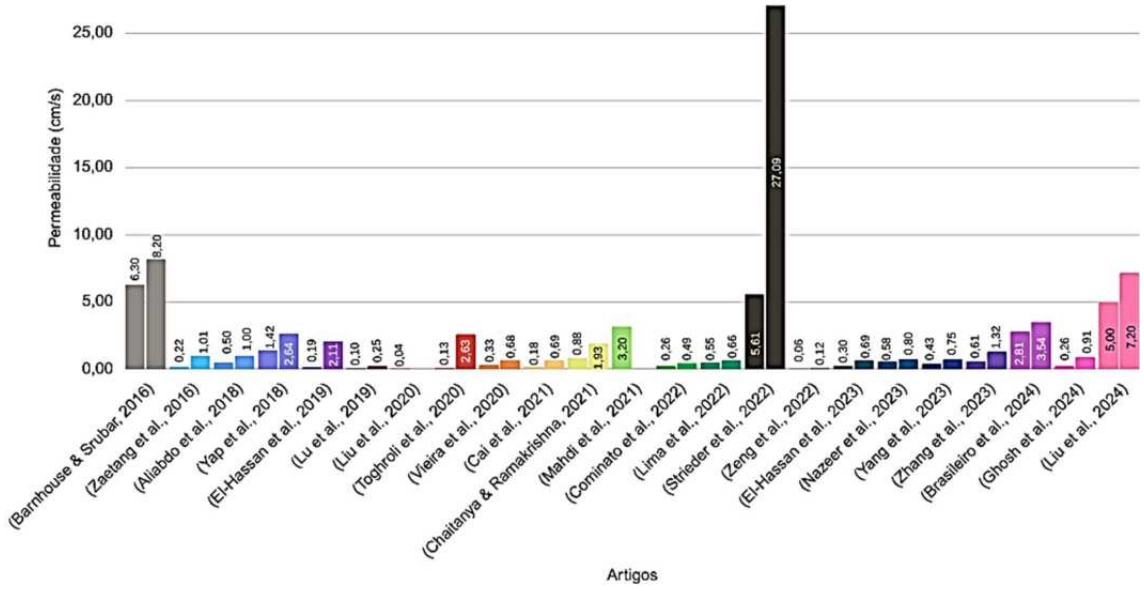


Constatou-se que dos 33 artigos considerados, 18 (54,55%) compararam seus resultados com estudos similares sem indicação de uma seleção de uma revisão sistemática. Apenas 2 estudos utilizaram RSL (6%) e 1 estudo (3%) utilizou estatística inferencial para comparações detalhadas com estudos similares oriundos de RSL, possibilitando novas descobertas e direcionamento para pesquisas futuras. Não foi verificado estudos com evidências de uso de conceitos estatísticos (aleatorização, randomização) na preparação da amostra ou nos ensaios.

3.3 ANÁLISE DE DADOS

De forma geral, o portfólio selecionado destaca que obter maior resistência à compressão do concreto permeável e garantir adequada porosidade e desempenho hidráulico ainda é um desafio, principalmente quando são incorporados resíduos como agregados de concreto reciclado (França, Costa, 2023). De forma majoritária a substituição do RCA melhora as propriedades hidráulicas e altera o comportamento mecânico (Strieder *et al.*, 2022). Conforme pode ser visualizado na Figura 6, os valores de permeabilidade do RAPC presentes no portfólio indicam coeficientes superiores ao mínimo exigido pelas normas ACI PRC-522-10 Report on Pervious Concrete (ACI,2010) e NBR 16416 (ABNT, 2015), de 0,1 cm/s. Destacam-se os estudos de Barnhouse & Srubar (2016) e Strieder *et al.* (2022), com 8,20 e 27,09 cm/s, respectivamente, valores consideravelmente superiores.

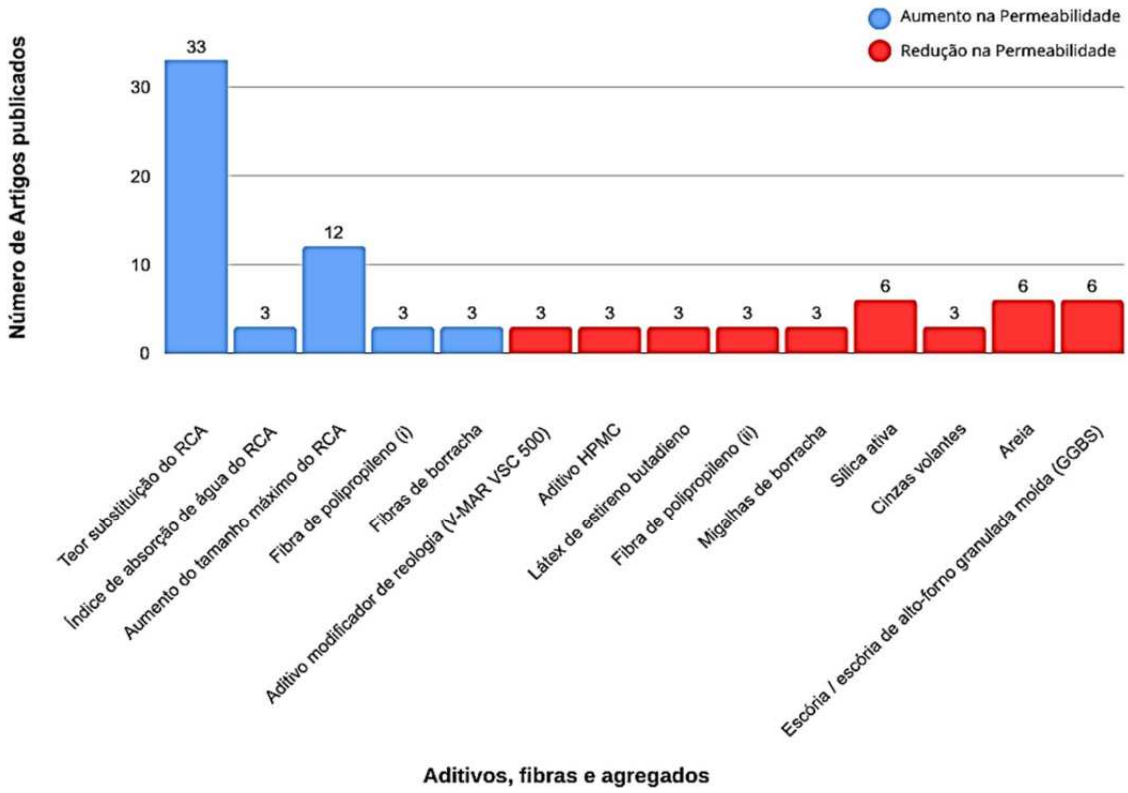
Figura 6: Permeabilidade de concreto permeável com agregado reciclado observada na literatura.



Ao analisar os artigos selecionados, observa-se que a permeabilidade do concreto permeável com agregado reciclado é avaliada pelo coeficiente de permeabilidade e pela porosidade efetiva. Além disso, o aumento do teor de substituição e do tamanho máximo dos agregados reciclados resulta em um aumento significativo da permeabilidade e da porosidade do RAPC (Aliabdo *et al.*, 2018; Barnhouse & Srubar, 2016; Liu *et al.*, 2024; Machado da França & Bianchi Pereira da Costa, 2023; Strieder *et al.*, 2022).

A Figura 7 ilustra a quantidade de estudos incluídos no portfólio que relatam variações na permeabilidade do RAPC, conforme a incorporação de aditivos, fibras e a influência dos agregados no seu comportamento.

Figura 7: Quantidade de estudos que relatam o impacto de materiais e fatores na permeabilidade do RAPC: aditivos, fibras e agregados



Já em relação às propriedades mecânicas, o portfólio de artigos evidencia que as pesquisas sobre concreto permeável com RCA ainda são limitadas às áreas de tráfego leve ou exclusivamente para pedestres, devido às restrições de desempenho do material.

A Figura 8 apresenta a resistência à tração na flexão do RAPC observada no portfólio, verificando-se que a maioria dos valores está dentro da faixa aceitável para concreto permeável, conforme definido pelas normas. A ACI PRC-522-10 (ACI,2010) estabelece valores entre 1 e 3,8 MPa, enquanto a NBR 16416 (ABNT, 2015) determina um valor mínimo de 1,00 MPa para pavimentos de pedestres e 2,00 MPa para tráfego leve. Em três estudos, os valores mínimos não foram alcançados, sendo obtidos os valores de 0,93 MPa em El-Hassan *et al.* (2019), 0,89 MPa em Toghroli *et al.* (2020) e 0,5 MPa em Nazeer *et al.* (2023). Esses valores, abaixo dos limites típicos para a resistência à flexão aos 28 dias, foram observados em misturas com 100% de RCA.

Na pesquisa de Nazeer *et al.* (2023) resistências à flexão de 0,8 MPa e 0,85 MPa também foram registradas para a mistura com 50% de RCA e 10% de cinza volante após 28 e 56 dias de cura. El-Hassan *et al.* (2019) afirma, contudo, que a substituição de até 100% de RCA podem ser usados na produção de concreto permeável. Vale ressaltar que independentemente do projeto da mistura, a substituição de NA por RCA resultou em uma diminuição na resistência à flexão de todos os estudos revisados.

De acordo com Balbo (2020), é possível estabelecer modelos simples entre resistências e módulos de elasticidade com o peso específico e porosidade dos concretos permeáveis. A Figura 9 apresenta a relação entre parâmetros hidráulicos e mecânicos de diversos estudos.

Figura 8: Resistência à tração na flexão do concreto permeável com agregado reciclado observada na literatura.

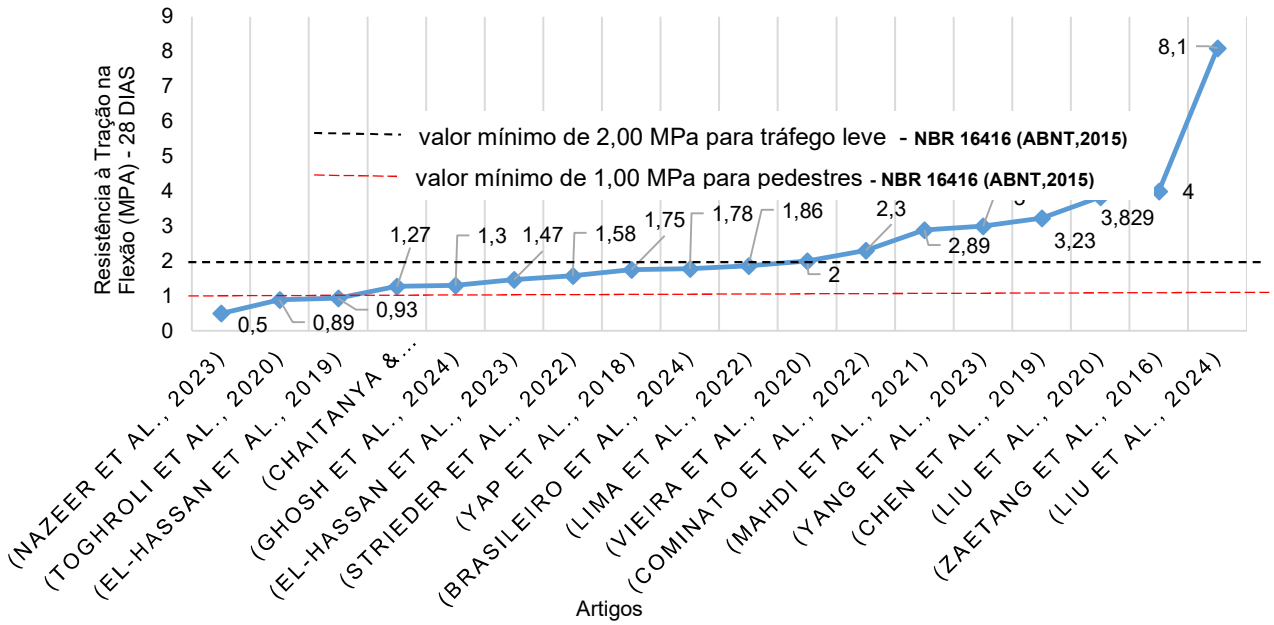
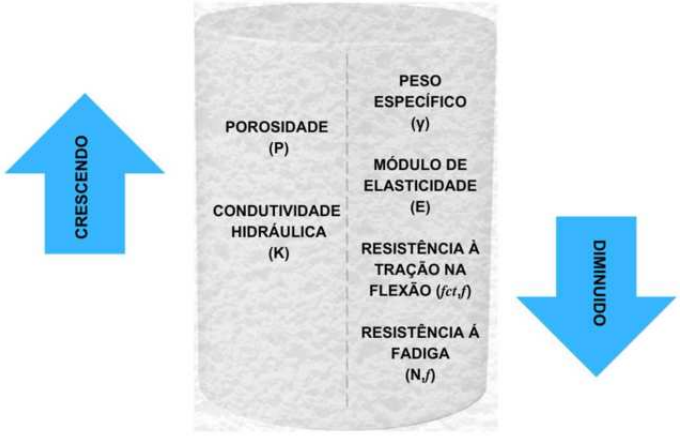


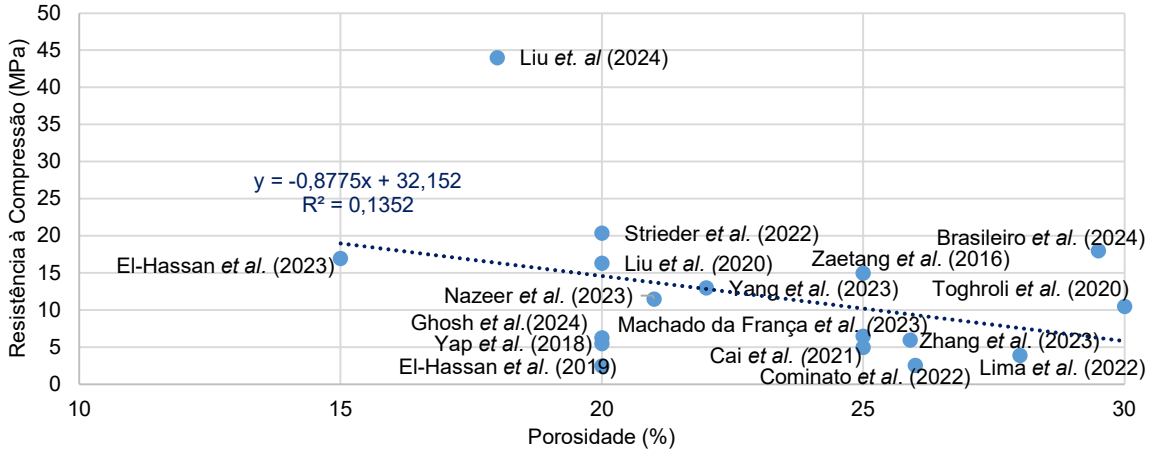
Figura 9: Relações entre parâmetros hidráulicos e mecânicos



Fonte: Adaptado Balbo (2020)

Observa-se ainda, conforme o portfólio e representado na Figura 10, que quanto maior a porosidade ou índice de vazios, menor é a resistência à compressão do concreto permeável.

Figura 10: Resistência à Compressão (MPa) x Porosidade (%) observada na literatura.



4 CONCLUSÕES

As conclusões a seguir foram obtidas a partir desta revisão sobre pavimentos permeáveis de concreto com RCA, utilizando o método SREE, que auxiliou a busca e identificação das respostas para as questões específicas da pesquisa.

- As pesquisas sobre concreto permeável com RCA ainda são limitadas a aplicações em áreas de tráfego leve ou exclusivamente para pedestres, devido às restrições de desempenho do material.
- Ampliar o uso do RAPC na infraestrutura urbana e na promoção das chamadas “cidades esponjas” exige otimização da proporção de agregados reciclados, visando maior desempenho e durabilidade.
- O principal desafio é equilibrar as propriedades mecânicas e hidráulicas conflitantes, ajustando o teor de substituição de agregados e o tamanho máximo dos reciclados.
- A variabilidade dos resíduos de construção e demolição demanda um sistema de classificação do RCA para garantir resultados consistentes nas pesquisas.
- Melhorias nos métodos de produção do RCA e controle rigoroso das propriedades em campo são essenciais para otimizar o desempenho do concreto permeável.

Enfatiza-se que essas ponderações, baseadas na bibliografia selecionada pelo método SREE, indicam a necessidade de mais pesquisas, voltadas especialmente na construção de pavimentos experimentais para avaliar o desempenho em campo e otimizar a formulação do concreto permeável com RCA.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (PPGEC) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

ALIABDO, Ali A et al. Experimental investigation on permeability indices and strength of modified pervious concrete with recycled concrete aggregate. **Construction and Building Materials**, vol 193, p.105-127, 2018. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.182.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI). **Committee 522. ACI 522R-10: Pervious Concrete**. Farmington Hills, Michigan, 40 p. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16416:** Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

AZEVEDO, R.C.; de Souza, E.A.; Dias, E.A.P.; Reis, E.D.; Gomes, H.C.; Coelho, I.D**. Systematic Review for Engineering and Experiments (SREE).** In Notes from the Research Methodology Course, Graduate Program in Civil Engineering at CEFET-MG (under review), 1st ed.; PPGEC/CEFET-MG: Belo Horizonte, Brazil, 2022.

AZEVEDO, R.C.; de Souza, L.; Ensslin; A.E.; Jungles. 2014. "A Review of Risk Management in Construction: Opportunities for Improvement " **Journal Modern Economy**, Vol.05:7. doi: 10.4236/me.2014.54036 .

BALBO, José Tadeu**. Pavimentos de concreto permeáveis: uma visão ambiental da tecnologia sustentável emergente**. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. 175 p.

BARNHOUSE, Patrick W.; Srubar, Wil V.Material characterization and hydraulic conductivity modeling of macroporous recycled-aggregate pervious concrete. **Construction and Building Materials**, vol 110, p.89-97, 2016. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.014.

BRASILEIRO, K;Nahime, B;Lima, E;Alves, M;Ferreira, W;Santos, I;Filho, C;Reis, I. Influence of recycled aggregates and silica fume on the performance of pervious concrete. **Journal of Building Engineering**,vol 82, 2024. doi: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108347.

CAI X,Wu, K;Huang ,W;Yu ,J;Yu, H. Application of recycled concrete aggregates and crushed bricks on permeable concrete road base. **Road Materials and Pavement Design**,vol 22, p.2182-2196,2021. doi: https://doi.org/10.1080/14680629.2020.1742193.

CAPES Portal de Periódicos CAPES. 2024. Disponível online: https://www-periodicos-capes-gov-br.ez107.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/lista-a-z-bases.html. Acesso em: 20 Jun. 2024.

CHAITANYA, M;Ramakrishna G. Enhancing the mechanical properties of pervious recycled aggregate concrete using silicafumes. **Materials Today: Proceedings,** p.634-637,2021. doi: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.549.

CHEN, Xudong; Shi, D.; Shen, N.; Li,S.; Liu,S. Experimental Study and Analytical Modeling on Fatigue Properties of Pervious Concrete Made with Natural and Recycled Aggregates. **International Journal of Concrete Structures and Materials**, vol 13, p. 10-to, 2019. 2024. doi: https://doi.org/10.1186/s40069-018-0305-0.

COMINATO,V;Benavente Canteras, F;Andréia Gachet, L;Cristina Cecche Lintz, R. The effect of granulometry of natural and recycled coarse aggregate on permeable concrete properties. **Materials Today: Proceedings**, p.1711-1718,2022. doi: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.717.

EL-HASSAN H, Kianmehr P, Zouaoui S. Properties of pervious concrete incorporating recycled concrete aggregates and slag.**Construction and Building Materials***,* vol 212, p.164-175, 2019. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.325.

ENSSLIN, L.; Ensslin, SR; Lacerda, RTdO; Tasca, J.E. ProKnow-C, Knowledge Development Process – Constructivist :Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. INPI. Brasil .10:2015 p.2010.

GAEDICKE, C; Torres,A;Ahuynh, K; Marines,A. A method to correlate splitting tensile strength and compressive strength of pervious concrete cylinders and cores. **Construction and Building Materials**, vol 125, p.271-278,2016doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.031.

GAEDICKE, C; Marines,A; Miankodila F. Assessing the abrasion resistance of cores in virgin and recycled aggregate pervious concrete. **Construction and Building Materials**,vol 68, p.701-708, 2014. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.001.

GHOSH, S;Bansal,S;Choudhary, L;Sahu, V. Effects of coconut fiber on mechanical properties of pervious concrete incorporating recycled concrete aggregates. **The Indian Concrete Journal**, vol 98, p. 43-52, 2024. doi: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4865283.

LIMA,G;Rocha, J;Cheriaf, M. Investigation of the properties of pervious concrete with a recycled aggregate designed with a new combination of admixture. **Construction and Building Materials**, vol 340, 2022. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127710.

LIU, W; Zhang,H;Chen,Z; Tao,J;Zhang,X; Zhao,B. Performance of pervious concrete influenced by typical properties of recycled concrete aggregate and suggestions for practical use. **Road Materials and Pavement Design**, vol 25, n. 5, p.1090-1111, 2024. doi https://doi.org/10.1080/14680629.2023.2238082.

LIU, M;Xia, J;Seong Chin, C;Liu, Z. Improving the properties of recycled aggregate pervious pavement blocks through bio-mineralization. **Construction and Building Materials**,vol 262, 2020. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120065.

LU J;Yan X;He P;Poon C. Sustainable design of pervious concrete using waste glass and recycled concrete aggregate. **Journal of Cleaner Production,**vol 234, p. 1102-1112, 2019. doi https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.260.

MACHADO DA FRANÇA, A. P.; Bianchi Pereira da Costa, F.; Evaluating the effect of recycled concrete aggregate and sand in pervious concrete paving blocks. **Road Materials and Pavement Design**, vol 24,p. 560-577,2023. doi: https://doi.org/10.1080/14680629.2021.2020680.

MAHDI,M;Irzooki, R;Abdulrahman, M. Concrete Interlocking Pavement Blocks Utilizing Recycled Concrete Aggregate for Rainfall Harvesting Use. **Tikrit Journal of Engineering Sciences**,vol 28,p.48-60,2021. doi: 10.25130/tjes.28.3.04.

MERTEN F;Dutra, V;Strieder, H;Graeff, Â. Clogging and maintenance evaluation of pervious concrete pavements with recycled concrete aggregate. **Construction and Building Materials**,vol 342, 2022. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127939.

NAZEER M; Kapoor K; Singh S. Impact of recycled concrete aggregates on the strength and durability properties of pervious concrete.**Magazine of Concrete Research***,* vol 76, p.272-291,2023.ISSN 1751763X. doi: 10.1680/jmacr.23.00089.

ÖZALP F;Yilmaz H;Kara M;Kaya Ö;Şahin A. Effects of recycled aggregates from construction and demolition wastes on mechanical and permeability properties of paving stone, kerb and concrete pipes. **Construction and Building Materials**,vol 110, p. 17-23,2016. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.01.030.

RAHMAN M;Imteaz M;Arulrajah A;Piratheepan J;Disfani M. Recycled construction and demolition materials in permeable pavement systems: Geotechnical and hydraulic characteristics. **Journal of Cleaner Production,**vol 90, p. 183-194,2015. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.042.

REIS, E. D., R. C. de Azevedo, A. L. Christoforo, F. S. J. Poggiali, and A. C. S. Bezerra. 2023. "Bonding of steel bars in concrete: A systematic review of the literature." Structures 49:508-519doi: https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.01.141.

STRIEDER, H L et al, Performance evaluation of pervious concrete pavements with recycled concrete aggregate, **Construction and Building Materials**, vol 315, 2022. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125384.

TAM V; Soomro M; Evangelista A. A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017). **Construction and Building Materials**,vol 172, p. 272-292,2018. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.240.

TOGHROLI A, Mehrabi P, Shariati M, Trung N, Jahandari S, Rasekh H. Evaluating the use of recycled concrete aggregate and pozzolanic additives in fiber-reinforced pervious concrete with industrial and recycled fibers.**Construction and Building Materials**, vol 252,2020. ISSN 09500618. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118997.

VIEIRA G;Schiavon J;Borges P;da Silva S; de Oliveira Andrade J. Influence of recycled aggregate replacement and fly ash content in performance of pervious concrete mixtures. **Journal of Cleaner Production**,vol 271, 2020. doi https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122665.

YANG, J;Guo, Y;Tam ,V;Tan, J;Shen, A;Zhang, J;Zhang ,C;Lyu, Z. Research on pore-clogging behavior and mechanism in pervious concrete prepared with recycled aggregate. **Construction and Building Materials,**vol 384,2023. doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131420.

YAP S;Chen P;Goh Y;Ibrahim H;Mo K;Yuen C. Characterization of pervious concrete with blended natural aggregate and recycled concrete aggregates. **Journal of Cleaner Production,** vol 181, p.155-165,2018. doi https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.205

ZAETANG Y;Sata V;Wongsa A;Chindaprasirt P. Properties of pervious concrete containing recycled concrete block aggregate and recycled concrete aggregate. **Construction and Building Materials**,vol 111,p.15-21,2016 doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.060.

ZENG, Q;Jike, N;Xu, C;Yang, R;Peng, Y;Wang ,J;Gong, F;Zhang, M;Zhao, Y. Total recycling of low-quality urban-fringe construction and demolition waste towards the development of sustainable cement-free pervious concrete: The proof of concept. **Journal of Cleaner Production**,vol 352, 2022. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131464.