

ARTIGO

# PAVIMENTOS URBANOS EM CONCRETOS PERMEÁVEIS CONTENDO AGREGADOS RECICLADOS - UMA CONTRIBUIÇÃO POR MEIO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

**CASTRO, Sarah**

*(sarahbueno@discente.ufg.br)*

*Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil.*

**CAMPOS, Marcus**

*(marcus\_campos@ufg.br)*

*Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil.*

**CARASEK, Helena**

*(hcarasek@ufg.br)*

*Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil.*



## **PALAVRAS-CHAVE:**

Concreto permeável, resíduos da construção civil, sustentabilidade, pavimento permeável.

## **RESUMO**

Os concretos permeáveis são uma categoria especial de concretos sustentáveis que tem se destacado como uma tecnologia eficiente ao escoamento de águas pluviais. A necessidade de sustentabilidade no setor da construção tem impulsionado novas pesquisas visando o aproveitamento de resíduos no concreto permeável. À vista disso, o presente estudo traz uma revisão sobre o resultados de pesquisas sobre os concretos permeáveis contendo resíduos da construção civil (RCC). O procedimento metodológico considera uma abordagem de análise bibliométrica e de revisão sistemática para mapear as principais publicações sobre o tema. A busca resultou em pesquisas que apresentaram métodos de dosagem, parâmetros de desenvolvimento e a influência de RCC nas propriedades técnicas dos concretos permeáveis, revelando grande envolvimento da comunidade científica na busca pelo desenvolvimento de inovações para a gestão de manejo de águas pluviais e como solução viável ao reaproveitamento de resíduos.

**SESSÃO 2  
MATERIAIS  
E TÉCNICAS:  
AVALIAÇÃO,  
EVOLUÇÃO  
E INOVAÇÃO**

# 1. INTRODUÇÃO

Uma grande problemática evidenciada com o avanço das zonas urbanas está associada ao planejamento urbano. A principal consequência relacionada ao setor de infraestrutura é a formação de áreas com pouca permeabilidade, o que tem provocado o aumento de picos de vazão que ocasionam em pontos de alagamento, em função da ineficiência dos sistemas de drenagem.

À vista disso, para Yap *et al.* (2018), os concretos permeáveis, também conhecido como concreto drenante ou poroso, são uma categoria especial de concretos sustentáveis que tem se destacado como um sistema eficiente ao escoamento de águas pluviais, favorecendo a infiltração da água através de uma rede interconectada de poros. Aliado a estas questões, cresce o número de pesquisas considerando a incorporação de resíduos da construção civil (RCC) na composição de concretos permeáveis, o que possibilita a integração de novas tecnologias de manejo sustentável de águas pluviais para a indústria da construção (CHEN *et al.*, 2019; JANANI e KAVERI, 2021).

Todavia, as pesquisas pertinentes aos concretos permeáveis ainda se encontram em fases de aprimoramento em razão de sua estrutura complexa, composta por alto índice de vazios (ZAETANG *et al.*, 2016). À vista disso, intensos debates têm se colocado no meio técnico-científico, sob a ótica de que ainda não foram desenvolvidas metodologias normalizadas como um método de traço único e métodos para a produção de concretos permeáveis.

Desse modo, esta pesquisa objetivou-se realizar, um estudo bibliométrico e de revisão sistemática sobre os principais estudos que incorporam RCC em concretos permeáveis, apresentando-se os métodos de dosagem, produção e as principais propriedades técnicas que definem o comportamento desses concretos, direcionando perspectivas para trabalhos futuros que abordem o reaproveitamento de resíduos do setor da construção.

## 2. METODOLOGIA

O procedimento metodológico deste artigo considera uma abordagem de Análise Bibliométrica e de Revisão Sistemática da Literatura para mapear e analisar as principais publicações sobre a temática, como preconizado por Evren e Kozak (2014) para a identificação de informações quantitativas e as relações entre os estudos. A metodologia empregada está estruturada a seguir.

Desse modo, na etapa de planejamento, definiu-se primeiramente o assunto, para que as questões de pesquisa fossem respondidas:

Quais os materiais e métodos de dosagem para a produção de concretos permeáveis?

Quais as principais propriedades técnicas avaliadas nas pesquisas?

A incorporação de RCC exerce influência na composição de concretos permeáveis?

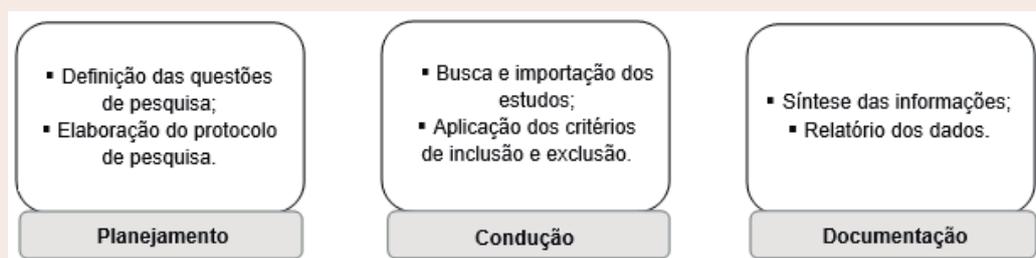


Figura 1. Processo de mapeamento.

Para a formulação da *string* de busca foram encontrados termos a partir de uma análise inicial em artigos relevantes sobre o tema, no qual estavam expostos nos títulos, resumos e palavras-chave os seguintes: *pervious concrete*, *recycled aggregate*, *construction waste* e *mechanical properties*. À vista disso, após a seleção das palavras-chave, combinadas com operadores booleanos, determinou-se a seguinte *string* de busca: “*pervious concrete*” AND (“*construction waste*” OR “*recycled aggregate*”) AND (“*mechanical properties*”). Ressalta-se que não houve restrições quanto ao ano de publicação para que fosse possível buscar o maior número de artigos relacionados ao tema.

Para a etapa de condução, utilizou-se os seguintes bancos de dados: *Science Direct*, *Scopus*, *Engineering Village* e *Web of Science*, selecionadas conforme a afinidade com a área da pesquisa. Nessa perspectiva, a pesquisa obteve um total de 216 documentos previamente selecionados e em seguida foram importados para o programa *Parsif.al*. - ferramenta que permite a realização de Revisões Sistemáticas de Literatura a partir da projeção do protocolo de pesquisa. Os documentos foram avaliados conforme a leitura de títulos, resumos e pesquisa completa.

Com o auxílio dessa plataforma, estabeleceu-se os seguintes critérios de inclusão: artigos nacionais e internacionais que contemplavam conceitos e métodos de dosagem, que apontavam as influências do uso de RCC nas propriedades técnicas, e que estivessem disponíveis para acesso. Por outro lado, os critérios de exclusão adotados foram: capítulos de livro, artigos não disponíveis, duplicados em outras bases de dados e aqueles que versavam sobre resíduos de outros segmentos industriais ou que não estivessem ligados diretamente aos concretos permeáveis.

A partir das análises, a Tabela 1 indica o quantitativo de artigos selecionados, considerando as etapas de seleção.

Artigos encontrados nas bases de dados	216
Artigos duplicados	-78
Artigos rejeitados (leitura de títulos e resumos)	-69
Artigos completos não disponíveis	-15
Leitura de artigos completos	-10
<b>Total de artigos aderentes à pesquisa</b>	<b>44</b>

Tabela 1. Número de artigos selecionados por etapas.

Finalizada a etapa de seleção dos documentos, foram importadas para o programa VOSviewer os dados das 44 pesquisas identificadas nas bases de dados relacionadas ao assunto para a Análise Bibliométrica e validação dos documentos. Na visão de Chen *et al.* (2019), este estudo bibliométrico torna-se fundamental para a verificação de contribuições e o desenvolvimento do conhecimento científico a partir das publicações e padrões de autoria.

Após o estudo bibliométrico, foi conduzida uma análise qualitativa para a abordagem das metodologias de dosagem, parâmetros de desenvolvimento e aplicação dos concretos permeáveis contendo RCC, com a finalidade de responder às questões de pesquisa e direcionar pontos para trabalhos futuros.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados bibliométricos do mapeamento da literatura, realizado em junho do ano de 2021, revelaram pesquisas com ligação direta ao tema ao longo do período de dez anos, como ilustrado na Figura 2.

As pesquisas datadas entre os anos de 2011 e 2021 revelaram ser um tema atual e que se encontra em fases de desenvolvimento e aprimoramento, apresentando tendência crescente de investigação com o maior número de pesquisas registrado no ano de 2020, com 11 documentos.

Contudo, salienta-se que, embora discreta, as primeiras publicações entre os anos de 2011 e 2015 se destacam por apresentar o maior número de citações por outros autores, indicando o quanto os estudos iniciais auxiliaram nas pesquisas subsequentes.

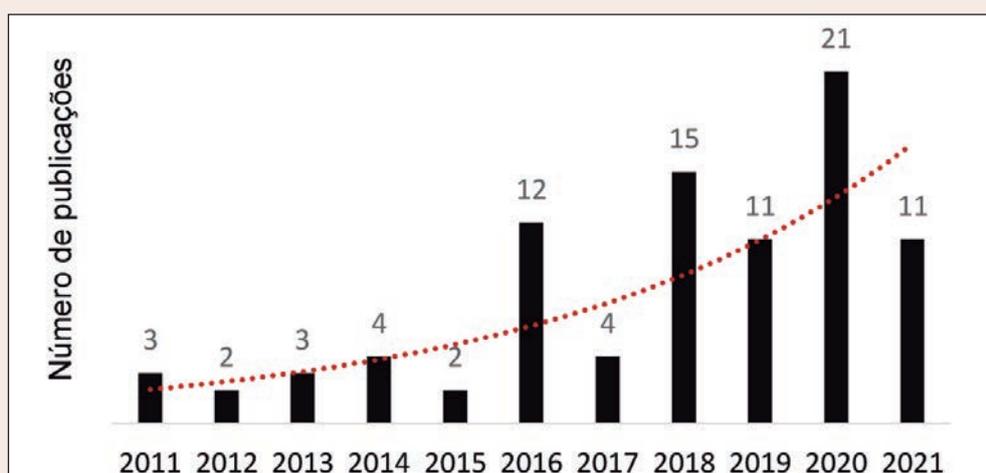


Figura 2. Número de publicações ao longo de dez anos.

No que se refere a origem das publicações, a Figura 3 ilustra a distribuição geográfica das atividades de publicação dos países ao longo dos anos, revelando que os estudos de concretos permeáveis contendo agregados reciclados se apresentaram de forma bastante dispersa.



reduzir a capacidade de percolação da água entre os vazios (Chen *et al.*, 2019); todavia, podem favorecer no aumento da resistência mecânica, uma vez que são materiais de enchimento e promovem o empacotamento dos grãos (ZHANG *et al.*, 2017).

Como verificado, as relações a/c variaram entre 0,27 e 0,40 o que leva a conclusão de que são materiais secos e o uso de materiais suplementares (aditivos químicos e adições minerais) podem potencializar as propriedades do concreto, seja no estado fresco ou endurecido. Quanto aos agregados graúdos, as dimensões variaram entre 4,75 a 22 mm entre os naturais e reciclados, e as quantidades foram entre 3 e 4 vezes a massa de cimento total na mistura, o que facilita a formação de uma estrutura porosa e condizente com os requisitos exigíveis.

A partir da leitura dos artigos, pôde-se compreender que os concretos permeáveis são estruturas fundamentais para a gestão de águas pluviais, uma vez que, segundo Lu *et al.* (2012), com eles são obtidos pavimentos com grande capacidade de infiltração que favorece o armazenamento e percolação da água oriunda do escoamento superficial, através da rede interconectada de poros.

Nesse contexto, em função do alto coeficiente de permeabilidade de concretos dessa natureza, Wang, Sriravindrarah e Ervin (2012), Zaetang *et al.* (2016), Guneyisi *et al.* (2016), Vieira *et al.* (2020) e Gaedick *et al.* (2014) destacam uma série de aplicações desses concretos que tem sido amplamente estudadas e produzidas em campo nos últimos anos, tais como: uso em revestimento de pavimentos para fluxo de pedestres, tráfego leve de veículos, além de atuarem em elementos de drenagem, isolamento térmico e barreiras acústicas.

Todavia, Guneyisi *et al.* (2016) e Vieira *et al.* (2020) ressaltam que há uma grande divergência entre materiais e métodos de produção que originam em resultados com significativa variabilidade. Para Bhutta *et al.* (2013) e Lu *et al.* (2019) essa dispersão pode estar associada à falta de metodologia normalizada para a produção de concreto permeável, a qual envolve a variabilidade dos processos de dosagem, mistura, técnicas de adensamento e cura, aos quais ainda se encontram em fases de pesquisa e adaptação, fundamentais para o controle de desempenho e durabilidade.

Para a produção de concretos permeáveis, em âmbito laboratorial, pesquisadores têm se baseado em pesquisas pré-existentes e com métodos adaptáveis para a condução do projeto de mistura e avaliação do concreto permeável. Em função da carência de maiores orientações técnicas, os pesquisadores têm estabelecido, de forma empírica, a ordem de colocação dos materiais na betoneira, número de camadas para moldagem dos compósitos e até mesmo o tempo de vibração. Todos esses parâmetros são fundamentais para manter a consonância entre as propriedades.

No que tange às técnicas de adensamento, verificou-se grande variabilidade de métodos, como apresentado na Tabela 2. A haste metálica, mesa vibratória, martelo Proctor, martelo Marshall e prensa pneumática são métodos comumente empregados para o adensamento de corpos-de-prova. Apesar dos inúmeros esforços, o método que melhor corresponde às propriedades do concreto permeável dependerá da composição de materiais (GAEDICKE *et al.* 2014). Ressalta-se que não há orientações em normas técnicas para a escolha do método adequado, o que seria de grande valia, uma vez que o adensamento excessivo pode acarretar na segregação da pasta no fundo dos corpos-de-prova, prejudicando a capacidade drenante do material (ZHANG *et al.*, 2017).

Sobre o armazenamento e período de cura, o meio técnico-científico têm adotado a idade de 28 dias em câmara úmida, com umidade de 95%, ou uso de tanques com água para a cura.

		<b>Zhang <i>et al.</i> (2017)</b>	<b>Vieira <i>et al.</i> (2020)</b>	<b>Guneyisi <i>et al.</i> (2016)</b>	<b>Zaetang <i>et al.</i> (2016)</b>	<b>Bhutta <i>et al.</i> (2013)</b>
<b>Dosagem</b>	<b>Quantidade incorporada de AR* em massa (%)</b>	0 e 100	0, 25, 50, 75 e 100	0, 25, 50, 75 e 100	0, 20, 40, 60, 80 e 100	0 e 100
	<b>Absorção do AR* (%)</b>	7,12	Não especificado	5,07	4,58	4,6
	<b>Dimensão dos agregados (mm)</b>	9,75 (N e R)	9,5 (N e R)	9,5 (R)	9,5 (N e R)	22,0 (N e R)
	<b>Relação agregado/cimento em massa</b>	4,34	4,5	3,7 ; 5,75	4,5	5,9
	<b>Relação água/cimento em massa</b>	0,34	0,25 e 0,30	0,27 e 0,32	0,24	0,3
	<b>Materiais suplementares (% em relação à massa de aglomerante)</b>	Redutor de água: 1,2%	Cinza volante: 10%	-	Superplastificante: 0,75%	Polímero SP: 3 e 5%
<b>Produção</b>	<b>Condição de uso do agregado reciclado</b>	Não informado	Saturado superfície seca	Saturado superfície seca	Saturado superfície seca	Saturado superfície seca
	<b>Método de compensação de água</b>	Não informado	Agregado pré-saturado	Agregado pré-saturado	Agregado pré-saturado	Agregado pré-saturado
	<b>Adensamento</b>	Não informado	Mesa vibratória por 10 segundos	Haste metálica 3 camadas, 15 golpes	Haste metálica 2 camadas, 25 golpes	Haste metálica 2 camadas, 25 golpes
	<b>Tipo de cura</b>	Câmara úmida	Imerso em tanque com água	Imerso em tanque com água	Câmara úmida	Imerso em tanque com água
<b>Uso</b>	<b>Aplicações</b>	Não informado	Tráfego leve veicular	Ambientes públicos para pedestres/ tráfego leve veicular	Elementos de drenagem	Não informado

\*AR - Agregado Reciclado.

**Tabela 2.** Revisão dos artigos sobre a dosagem, métodos de produção e aplicação dos concretos permeáveis contendo RCC (Parte A).

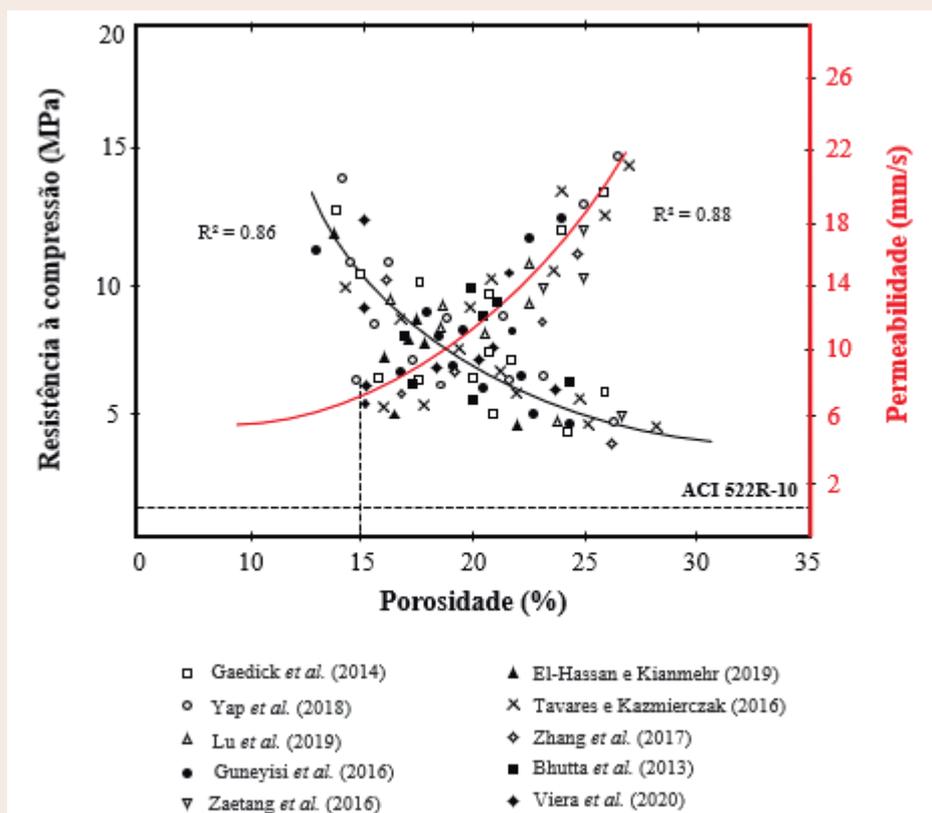
		Gaedick <i>et al.</i> (2014)	Tavares e Kazmierczak (2016)	Yap <i>et al.</i> (2018)	El-Hassan e Kianmehr (2019)	Lu <i>et al.</i> (2019)
Dosagem	Quantidade incorporada de AR* em massa (%)	0 e 100	50 e 100	0, 20, 40, 60, 80 e 100	0, 10, 20, 40, 70, 100	0, 25, 50, 75 e 100
	Absorção do AR* (%)	4,12	7,91	8,05	6,63	6,13
	Dimensão dos agregados (mm)	9,5 (N e R)	19 (N) e 25,4 (R)	4,75 (N e R)	9,5 (N e R)	5 a 10 (N e R)
	Relação agregado/cimento em massa	4,5 a 5,0	2,4 a 4,8	3,6	4,79	3,7
	Relação água/cimento em massa	0,3	0,3 e 0,4	0,35	0,3	0,3 e 0,4
	Materiais suplementares (% em relação à massa de aglomerante)	Escória: 15 e 30%	Fibra de vidro: 1,5%	-	-	Sílica ativa: 10%
Produção	Condição de uso do agregado reciclado	Saturado superfície seca	Seco	Não informado	Saturado superfície seca	Não informado
	Método de compensação de água	Agregado pré-saturado	Água adicional	Não informado	Agregado pré-saturado	Não informado
	Adensamento	Martelo Proctor 2 camadas, 10 golpes	Mesa vibratória por 5 segundos, 3 camadas	Mesa vibratória por 1 segundo, 2 camadas	Mesa vibratória por 10 segundos, 2 camadas	Martelo Proctor 2 camadas, 10 golpes
	Tipo de cura	Câmara úmida	Câmara úmida	Imerso em tanque com água	Câmara úmida	Câmara úmida
Uso	Aplicações	Estacionamentos/tráfego leve veicular	Ambientes públicos para pedestres	Não informado	Ambientes públicos para pedestres	Elementos de drenagem

**Tabela 3.** Revisão dos artigos sobre a dosagem, métodos de produção e aplicação dos concretos permeáveis contendo RCC (Parte B).

Nesse cenário, a respeito das informações técnicas para a confecção de concretos permeáveis, alguns países já possuem diretrizes firmadas e pertinentes aos concretos permeáveis. Todavia, as prescrições americanas são as mais utilizadas entre os pesquisadores estrangeiros por serem preceitos consolidados e de grande relevância no meio científico. Salienta-se que o documento técnico ACI 522R (2010), formulado pelo Instituto Americano de Concreto, é uma diretriz consistente e integralizada aos concretos permeáveis que orienta profissionais e pesquisadores para a completa compreensão sobre os materiais constituintes, faixas típicas de proporções, propriedades avaliadas e dimensionamento para projetos de pavimentos permeáveis.

Entretanto, não são especificados em qualquer documento técnico informações sobre métodos de dosagem e procedimentos para produção, no que diz respeito aos processos de mistura, adensamento e cura dos compósitos. As diretrizes apenas têm ressaltado a importância de manter o equilíbrio entre os componentes para se obter bons resultados de permeabilidade e resistência mecânica. Para isso, conforme Guneyisi *et al.* (2016) a formulação de um método de dosagem é fundamental no que tange a inter-relação entre essas propriedades. Zaetang *et al.* (2016) e Zhang *et al.* (2017) afirmaram que no tocante às propriedades do concreto permeável, a permeabilidade se configura como uma das principais características e está diretamente relacionada com a porosidade e o tamanho dos poros, que atendem percentuais entre 15 e 35%, assim, quanto maior o índice de vazios na estrutura, maior serão os valores de permeabilidade, todavia, a resistência à compressão sofrerá prejuízos (El-HASSAN e KIANMEHR, 2020).

Em relação às principais propriedades técnicas dos concretos permeáveis, a Figura 4 expressa a correlação entre os resultados entre as pesquisas da Tabela 2. Os estudos abordaram projetos de misturas distintos com teores diferentes de substituições por agregados reciclados (variando de 0 a 100%) e revelaram uma relação direta entre as propriedades de resistência à compressão, porosidade e permeabilidade.



**Figura 4.** Avaliação das propriedades dos concretos permeáveis contendo agregados reciclados.

Fica claro, portanto, a influência da porosidade no desempenho de concretos permeáveis e a necessidade do aprimoramento de técnicas de adensamento que otimizem a ligação entre os materiais. No entanto, a principal preocupação que dificulta o uso de agregados reciclados está relacionada às próprias características e propriedades que são motivadas pela quantidade de argamassa aderida, que por sua vez, apresentam menor massa específica, maior porosidade, absorção de água e perda de massa por abrasão, influenciando diretamente as propriedades de desempenho e durabilidade dos concretos permeáveis (WANG, SRIRAVINDRA-RAJAH e ERVIN, 2012). Assim, ao utilizar o agregado reciclado, o concreto tende a apresentar uma pasta de cimento mais porosa e com maiores vazios interligados na matriz cimentícia.

Para Tavares e Kazmierczak (2016), em função dessas características, os materiais reciclados tendem a se desagregar com maior facilidade, podendo provocar comportamentos distintos nas propriedades dos concretos permeáveis conforme o tipo, fonte de origem, modo de beneficiamento, composição granulométrica e grau de degradação.

Nessa perspectiva, foram contabilizados, nesta pesquisa, resíduos de fontes distintas, dentre os mais recorrentes: resíduos compostos por concreto, argamassa e blocos cerâmicos. Verificou-se que há uma tendência de melhores resultados mecânicos ao se utilizar agregados densos e resistentes como, por exemplo, os agregados de concreto reciclado (GUNEYISI *et al.*, 2016). Todavia, a condição de

uso do agregado reciclado na mistura de concreto deve ser considerada, uma vez que, os resíduos apresentam alta absorção de água.

Nesse ponto, os pesquisadores têm abordado a necessidade de maior detalhamento das características dos agregados reciclados em função das mudanças no comportamento dos concretos no que tange as propriedades de resistências mecânicas (LU *et al.*, 2019; CHEN *et al.*, 2019 e WANG, SRIRAVINDRARAJAH e ERVIN, 2012).

Para tanto, é necessário ampla caracterização a fim de se determinar a qualidade desses materiais para o adequado controle tecnológico do concreto permeável, fundamentando-se em documentos técnicos para maior confiabilidade dos resultados. Nessas circunstâncias, a partir do conhecimento das propriedades dos agregados reciclados é possível formular e projetar dosagens de traço adequados que garantam os requisitos exigíveis para manter a consonância entre as propriedades de desempenho dos concretos permeáveis, considerando a porosidade, permeabilidade e resistência à compressão.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os estudos analisados, envolvendo resíduos de construção civil na produção de concretos permeáveis, estejam em fases de desenvolvimento e aprimoramento, a comunidade científica têm se mostrado bastante envolvida na busca por novas soluções urbanísticas e sustentáveis para o manejo de águas pluviais.

As características únicas dos concretos permeáveis tornam os métodos de dosagem, amostragem e avaliação, usados em concretos convencionais, difíceis de se aplicar em misturas permeáveis, podendo não ser parâmetros consistentes e representativos.

Nessa premissa, é preciso maiores explorações e ampliações quanto aos métodos de dosagem e ensaios técnicos pertinentes aos concretos permeáveis, visto que os métodos de ensaio muitas vezes são adaptados àqueles utilizados para avaliar concretos convencionais. Ainda assim, os documentos técnicos são utilizados como meio para verificar se as propriedades avaliadas correspondem com as especificações, todavia não abordam orientações sobre a composição de materiais, projeto de mistura e demais parâmetros de desenvolvimento.

Por outro lado, a abordagem sustentável na reutilização de resíduos de construção ainda são desafios para muitas organizações em função das características técnicas e de fatores como políticas governamentais, aceitação social e condições de mercado. Todavia, pesquisas futuras poderão desenvolver métodos de dosagens que contemplem o uso de agregados reciclados, isto proporcionaria maior integração de resíduos na composição de concretos permeáveis a fim de se produzir materiais com bons desempenhos mecânicos e de qualidade ambiental, considerando o contexto da economia circular, um conceito econômico e que faz parte do desenvolvimento sustentável.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI. American Concrete Institute. "ACI 522R - Pervious Concrete". Farmington Hills, 2010.
- Bhutta, M. A. R.; Hasanah, N.; Farhayu, N.; Hussin, M. W.; Tahir, M.; Mirza, J. (2013). Properties of porous concrete from waste crushed concrete (recycled aggregate). *Construction and building materials*, v. 47, p. 1243-1248.
- Chen, W.; Ruoyo, J.; Yidong, X.; Dariusz, W.; Bo, L.; Libo, Y.; Zhihong, P.; Yang, Y (2019). Adopting Recycled Aggregates As Sustainable Construction Materials: A Review Of The Scientific Literature. *Construction And Building Materials*, V. 218, Pp. 483-496.
- El-Hassan, H.; Kianmehr, P.; Zouaoui, S (2019). Properties Of Pervious Concrete Incorporating Recycled Concrete Aggregates And Slag. *Construction And Building Materials*. V. 212, P. 164-175.
- Evren, S.; Kozak, N (2014). Bibliometric Analysis Of Tourism And Hospitality Related Articles Published In Turkey. *International Journal Of Tourism An Hospitality Research*, Pp. 61-80.
- Gaedicke, C.; Marines, A.; Miankodila, F (2014). A Method For Comparing Cores And Cast Cylinders In Virgin And Recycled Aggregate Pervious Concrete. *Construction And Building Materials*, V. 52, P. 494-503.
- Güneyisi, E.; Gesoglu, M.; Kareem, Q.; Ipek, S (2016). Effect Of Different Substitution Of Natural Aggregate By Recycled Aggregate On Performance Characteristics Of Pervious Concrete. *Materials And Structures*, V. 49, N. 1, Pp. 521-536.
- Janani, R.; Kaveri, V (2011). A Critical Literature Review On Reuse And Recycling Of Construction Waste In Construction Industry. *Materials Today: Proceedings*, V. 37, Pp. 3077-3081.
- Lu, J. X.; Yan, X.; He, P.; Poon, C. S (2019). Sustainable Design Of Pervious Concrete Using Waste Glass And Recycled Concrete Aggregate. *Journal Of Cleaner Production*. V. 234, P. 1102-1112.
- Tavares, L. M.; Kazmierczak, C. S (2016). The Influence Of Recycled Concrete Aggregates In Pervious Concrete. *Revista Ibracon De Estruturas E Materiais*, V. 9, N. 1, P. 75-89.
- Vieira, G. L.; Schiavon, J. Z.; Borges, P. M.; Silva, S. R.; Oliveira, J. J (2020). Influence Of Recycled Aggregate Replacement And Fly Ash Content In Performance Of Pervious Concrete Mixtures. *Journal Of Cleaner Production*, V. 271, Pp. 122-665.
- Wang, N. D.; Sriravindrarah, R.; Ervin, L. J (2012). Mix Design For Pervious Recycled Aggregate Concrete. *International Journal Of Concrete Structures And Materials*, V. 6, N. 4, Pp. 239-246.
- Yap, S. P.; Chen, P. Z. C.; Goh, Y.; Ibrahim, H. A.; Mo, K. H.; Yuen, C. W (2018). Characterization Of Pervious Concrete With Blended Natural Aggregate And Recycled Concrete Aggregates. *Journal Of Cleaner Production*, V. 181, Pp. 155-165.

Zaetang, Y.; Sata, V.; Wongsu, A.; Chindaprasirt, P (2016). Properties Of Pervious Concrete Containing Recycled Concrete Block Aggregate And Recycled Concrete Aggregate. Construction And Building Materials, V. 111, P. 15-21.

Zhang, Z.; Zhang, Y.; Yan, C.; Liu, Y (2017). Influence Of Crushing Index On Properties Of Recycled Aggregates Pervious Concrete. Construction And Building Materials, V. 135, Pp. 112-118.