

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo deste documento será
disponibilizado a partir de
27/08/2025.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

GUILHERME AUGUSTO DONEGÁ ROCHA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FIBRAS DE
POLIPROPILENO NO CONCRETO PERMEÁVEL**

Ilha Solteira
2024



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

GUILHERME AUGUSTO DONEGÁ ROCHA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FIBRAS DE
POLIPROPILENO NO CONCRETO PERMEÁVEL**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Especialidade: Engenharia de Construção Civil.

Profa. Dra. Maria da Consolação
Fonseca de Albuquerque
Orientadora
Prof. Dr. Mauro Mitsuuchi Tashima
Coorientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

R672a Rocha, Guilherme Augusto Donegá.
Análise da influência da adição de fibras de polipropileno no concreto permeável / Guilherme Augusto Donegá Rocha. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
93 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Estruturas, 2024

Orientador: Maria Da Consolação Fonseca de Albuquerque

Co-orientador: Mauro Mitsuchi Tashima

Inclui bibliografia

1. Concreto permeável. 2. Fibra. 3. Polipropileno. 4. Resistência mecânica.


Amanda Sertori dos Santos
Bibliotecária - CRB/SP-9061
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao
Usuário e Documentação
Distrito Técnico de Biblioteca e Documentação

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

O impacto da pesquisa sobre o concreto permeável com e sem adição de fibra de polipropileno tem um potencial significativo em várias áreas, incluindo:

Sustentabilidade ambiental: O uso de concreto permeável reduz o escoamento de águas pluviais na superfície, minimizando problemas de drenagem urbana, como enchentes e alagamentos. A permeabilidade do concreto também contribui para a melhoria da qualidade da água, filtrando-a em seus poros e recarregando o lençol freático, promovendo a conservação da água subterrânea.

Conforto térmico: O concreto permeável ajuda a minimizar o efeito de ilha de calor, pois absorve menos calor em comparação com o concreto convencional. Assim, melhora o conforto térmico em áreas urbanas e reduz o impacto do calor nas cidades.

Conforto acústico: A utilização do concreto permeável pode diminuir o ruído causado pelo tráfego de veículos, já que a sua estrutura absorve parte do som, proporcionando um ambiente urbano mais silencioso.

Segurança: O concreto permeável reduz a aquaplanagem, evitando acidentes de trânsito resultantes da perda de controle em superfícies escorregadias devido à água acumulada, aumentando a segurança nas vias.

Melhoria ambiental nos centros urbanos: O uso do concreto permeável favorece a vegetação urbana, pois permite que as raízes das plantas tenham acesso à água e nutrientes do solo, promovendo um melhor desenvolvimento da vegetação.

Resistência: A pesquisa sobre concreto permeável com e sem fibra de polipropileno pode resultar em materiais mais duráveis e resistentes, capazes de suportar condições de tráfego leve.

Em resumo, a pesquisa sobre o concreto permeável tem o potencial de promover a sustentabilidade ambiental, melhorar a qualidade de vida e criar infraestruturas mais resistentes e eficientes.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The impact of research on permeable concrete with and without the addition of polypropylene fibers has significant potential in various areas, including:

Environmental sustainability: The use of permeable concrete reduces surface stormwater runoff, minimizing urban drainage issues such as flooding and waterlogging. The permeability of the concrete also contributes to water quality improvement by filtering it through its pores and recharging the aquifer, promoting the conservation of groundwater.

Thermal comfort: Permeable concrete helps mitigate the urban heat island effect, as it absorbs less heat compared to conventional concrete. This improves thermal comfort in urban areas and reduces the impact of heat in cities.

Acoustic comfort: The use of permeable concrete can decrease noise caused by vehicle traffic, as its structure absorbs some of the sound, creating a quieter urban environment.

Safety: Permeable concrete reduces hydroplaning, preventing traffic accidents caused by loss of control on slippery surfaces due to accumulated water, thereby increasing safety on roadways.

Environmental improvement in urban centers: The use of permeable concrete supports urban vegetation, as it allows plant roots to access water and nutrients from the soil, promoting better plant growth.

Durability: Research on permeable concrete with and without polypropylene fibers can lead to the development of more durable and resilient materials capable of withstanding light traffic conditions.

In summary, research on permeable concrete has the potential to promote environmental sustainability, enhance quality of life, and create more resilient and efficient infrastructure

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO NO CONCRETO PERMEÁVEL

AUTOR: GUILHERME AUGUSTO DONEGÁ ROCHA

ORIENTADORA: MARIA DA CONSOLAÇÃO FONSECA DE ALBUQUERQUE

COORIENTADOR: MAURO MITSUUCHI TASHIMA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, área: Estruturas pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. MARIA DA CONSOLAÇÃO FONSECA DE ALBUQUERQUE (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. EMERSON ALEXANDRO BOLANDIM (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Profa. Dra. TATIANA CUREAU CERVO (Participação Virtual)
Departamento de Transportes / Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Ilha Solteira, 27 de agosto de 2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Alessandro Rocha e Rosemeire Donegá, pelo amor incondicional, apoio emocional e incentivo constante durante toda esta jornada acadêmica. Sem o suporte de vocês, esta conquista não seria possível.

À minha orientadora, Maria da Consolação Fonseca de Albuquerque, expresso minha profunda gratidão pela orientação, paciência e dedicação ao longo de todo o processo. Suas valiosas sugestões e críticas construtivas foram essenciais para o desenvolvimento e qualidade deste trabalho.

Aos professores e funcionários da Unesp, agradeço pela formação acadêmica sólida e pelos recursos oferecidos durante meu percurso na pós-graduação, que foram fundamentais para a realização deste estudo.

Aos meus colegas de curso e amigos, expresso meu sincero agradecimento pela companhia, apoio mútuo, discussões acadêmicas enriquecedoras e momentos de descontração que tornaram esta jornada mais leve e prazerosa.

Não faz mal que seja pouco O que importa é que o
avanço de hoje seja maior do que o de ontem,
que nossos passos de amanhã, sejam mais largos do
que os de hoje.

Daisaku Ikeda.

RESUMO

Este trabalho aborda os desafios decorrentes da urbanização crescente, que resulta em maior impermeabilidade do solo, provocando aumento no escoamento de água da chuva e efeito de ilha de calor nas cidades. No contexto brasileiro, os sistemas de drenagem urbana muitas vezes priorizaram eficiência hidráulica, negligenciando impactos ambientais. O concreto permeável é reconhecido por seus benefícios sustentáveis, como a redução do escoamento, melhoria da qualidade da água e alívio do efeito de ilha de calor. Contudo, sua porosidade pode comprometer a resistência mecânica. Aplicações e adoção do concreto permeável são limitadas, especialmente para tráfego veicular. Várias abordagens foram propostas para melhorar sua resistência, como materiais, misturas e aditivos. No presente trabalho, fibras poliméricas e brita de basalto, como agregado, foram usados na confecção do concreto permeável. O objetivo do uso desse material foi de avaliar a presença dessa fibra no concreto permeável. Foram analisadas as propriedades mecânicas do concreto permeável com 10% de sílica e adição de 1, 2, 3, 4Kg/m³ de fibra de Polipropileno. Foi possível verificar que a fibra de polipropileno no concreto permeável levou a redução na permeabilidade, massa específica e índice de vazios. Em relação à resistência mecânica, não foi observado variação significativa na resistência à compressão e compressão diametral, já na resistência à tração na flexão o acréscimo de 1 Kg/m³, apresentou um acréscimo de 8,9% e um significativo aumento no módulo de elasticidade (E) de 60,9%. Com 2 Kg/m³, houve leve queda de 2,9% na resistência à tração na flexão e um aumento de 44,95% no módulo de elasticidade. A adição de 3 Kg/m³ reduziu a resistência à tração na flexão em 8,9% e aumentou o E em 6,1%. Já com 4 Kg/m³, houve redução de 15,2% na resistência à tração na flexão, mas o E permaneceu semelhante ao da mistura de referência. Também foi possível observar maior capacidade de deformação pós pico com o aumento de acréscimo de fibra.

Palavras-chave: concreto permeável; fibra; polipropileno; resistência mecânica.

ABSTRACT

This work addresses the challenges arising from increasing urbanization, which results in greater soil impermeability, leading to increased stormwater runoff and urban heat island effects in cities. In the Brazilian context, urban drainage systems have often prioritized hydraulic efficiency, neglecting environmental impacts. Permeable concrete is recognized for its sustainable benefits, such as reducing runoff, improving water quality, and alleviating heat island effects. However, its porosity can compromise mechanical strength. The applications and adoption of permeable concrete are limited, especially for vehicular traffic. Various approaches have been proposed to improve its strength, including different materials, mixtures, and additives. In the present work, polymer fibers and basalt aggregate were used in the production of permeable concrete. The objective was to evaluate the effect of these fibers in permeable concrete. The mechanical properties of permeable concrete with 10% silica and the addition of 1, 2, 3, and 4 kg/m³ of polypropylene fiber were analyzed. It was found that the addition of polypropylene fiber to permeable concrete led to a reduction in permeability, specific mass, and void index. Regarding mechanical strength, there was no significant variation in compressive and diametral tensile strength. However, in terms of flexural tensile strength, the addition of 1 kg/m³ resulted in an 8.9% increase and a significant 60.9% increase in the modulus of elasticity (E). With 2 kg/m³, there was a slight decrease of 2.9% in flexural tensile strength and a 44.95% increase in the modulus of elasticity. The addition of 3 kg/m³ reduced flexural tensile strength by 8.9% and increased E by 6.1%. With 4 kg/m³, there was a 15.2% reduction in flexural tensile strength, but E remained similar to the reference mix. Additionally, a greater post-peak deformation capacity was observed with increased fiber content.

Keywords: permeable concrete; fiber; polypropylene; mechanical strength.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alteração do Hidrograma com o Aumento da Urbanização	24
Figura 2 - Ilha de Calor.....	26
Figura 3 - Concreto Permeável	27
Figura 4 - Seção transversal típica de pavimento de concreto permeável	28
Figura 5 - Razão Tensão/Deformação	32
Figura 6 - Comportamento carga-deformação de concreto convencional e FRC35	
Figura 7 - Mecanismo de aumento de tenacidade à fratura do concreto com fibra	36
Figura 8 - Macro fibras de polipropileno disponíveis no mercado brasileiro	37
Figura 9 - Ensaio de Flexão	45
Figura 10 – Ensaio de tração na flexão.....	46
Figura 11 - Ensaio de Permeabilidade ⁵⁰	
Figura 12 - Diagrama de Dosagem ⁵¹	
Figura 13 - Determinação do Traço.....	52
Figura 14 - Capeamento	55
Figura 15 - Densidade.....	56
Figura 16 - índice de Vazios.....	58
Figura 17 - Resistência a Compressão Axial – Referência	61
Figura 18 - Resistência a Compressão Axial – 1Kg/m ³ Fibra.....	62
Figura 19 - Resistência a Compressão Axial – 2Kg/m ³ Fibra.....	62
Figura 20 - Resistência a Compressão Axial – 3Kg/m ³ Fibra	63
Figura 21 - Resistência a Compressão Axial – 4Kg/m ³ Fibra	63
Figura 22 - Resistência a Compressão Axial.....	64
Figura 23 - Resultados experimentais de amostras com diferentes teores de fibra de Polipropileno.....	66
Figura 24 - Resistência a Compressão Axial - Fibra de vidro (AR) x Polipropileno	67
Figura 25 - Tração por Compressão Diametral – Referência	68
Figura 26 - Tração por Compressão Diametral – 1Kg/m ³	69
Figura 27 - Tração por Compressão Diametral – 2Kg/m ³	69
Figura 28 - Tração por Compressão Diametral – 2Kg/m ³	70
Figura 29 - Tração por Compressão Diametral – 2Kg/m ³	70
Figura 30 - Tração por Compressão Diametral	71
Figura 31 - Diametral (AR x Polipropileno)	72
Figura 32 - Tração na Flexão - Referência.....	74
Figura 33 - Tração na Flexão – 1Kg/m ³	75
Figura 34 - Tração na Flexão – 2Kg/m ³	75
Figura 35 - Tração na Flexão – 3Kg/m ³	76
Figura 36 - Tração na Flexão – 4Kg/m ³	76
Figura 37 - Tração na Flexão	77
Figura 38 - Módulo de Elasticidade (E)	80

Figura 39 - Curva Tensão/Deformação	81
Figura 40 - Resistência à Tração na Flexão e Módulo de Elasticidade (Batezine 2013)	82
Figura 41 - Módulo de Elasticidade - Equação de Goede	83
Figura 42 - E - Experimental x Equação de Goede (2009).....	83
Figura 44 - Análise Visual Após Carga Máxima	85
Figura 45 - Tensão máxima x Flecha máxima.....	86
Figura 46 - Atuação de fibras no concreto	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de Permeabilidade.....	30
Tabela 2 - Características físicas e químicas do cimento	40
Tabela 3 - Massa específica, NBR e absorção de Água/Brita.....	41
Tabela 4 - Características físicas Macro fibra Duristeel FF54	42
Tabela 5 - Características da Sílica Ativa.....	43
Tabela 6 - Misturas Elaboradas em Massa	53
Tabela 7 - Densidade	57
Tabela 8 - índice de Vazios.	58
Tabela 9 - Coeficiente de Permeabilidade	60
Tabela 10 - ANOVA - Compressão Axial	65
Tabela 11 - Compressão Diametral (Trabalho x Gaedicke (2016))	72
Tabela 12 - ANOVA - Diametral	73
Tabela 13 - Tração na Flexão (Trabalho x Gaedicke (2016)).....	78
Tabela 14 - Comparação dos resultados de resistência à tração na flexão com a literatura.	78
Tabela 15 - ANOVA - Tração na Flexão.....	79
Tabela 16 - Resistência à Tração na Flexão, Flecha e Módulo de Elasticidade	82
Tabela 17 - Comparação E (Tração na flexão – Equação de Goede).....	84
Tabela 18 - Resistência à Tração na Flexão e Flecha	85
Tabela 19 – Comparativo: Tensão - E - Flecha.....	86

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
BMPs	Best Management Practices
CP	Cimento Portland
EPA	Environmental Protection Agency
EUA	Estados Unidos da América
FEIS	Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	International Organization for Standardization
LVDT	Linear Variable Differential Transformer
NBR	Norma Brasileira
NEPAE	Núcleo de Ensino e Pesquisa em Alvenaria Estrutural
NM	Norma Mercosul
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
SP	São Paulo
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>AR</i>	Álcali- Resistente
%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
μ	Massa Específica
<i>a/c</i>	Relação água/cimento em Massa
<i>b</i>	Largura do Corpo de Prova Prismático
<i>b</i>	Quantidade de Brita em Massa
<i>c</i>	Comprimento
<i>Cc</i>	Consumo de Cimento
<i>D</i>	Massa específica aparente
<i>E</i>	Módulo de Elasticidade
<i>f</i>	Flecha no Meio do Vão do Corpo de Prova Prismático
<i>fc</i>	Resistência à Compressão Axial
<i>fcr,f</i>	Resistência à Flexão
<i>fct</i>	Resistência à Compressão Diametral
<i>FS</i>	“Flexural Stiffness” ou Módulo de Flexão
<i>h</i>	Altura do Corpo de Prova Prismático
<i>I</i>	Índice de Vazios
<i>k</i>	Coefficiente de Permeabilidade
<i>l</i>	Dimensão do Vão entre Apoios
<i>P</i>	Carga de Ruptura
<i>R²</i>	Coefficiente de Determinação
γ_b	Peso Específico Brita
γ_{H2O}	Peso Específico Água
ϵ	Deformação
ρ_s	Massa Especifica Seca
<i>Mr</i>	Massa do recipiente
<i>Mt</i>	Massa total
<i>Vr</i>	Volume do recipiente
Φ	Índice de vazios do concreto

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Equação de Gaedicke.....	38
Equação 2 – Resistência a tração por compressão diametral.....	39
Equação 3 – Resistência a tração na Flexão.....	40
Equação 4 – Módulo de Elasticidade.....	48
Equação 5 – Módulo de Elasticidade Equação de Goede.....	49
Equação 6 – Massa Específica Aparente.....	49
Equação 7 – Porcentagem de Vazios.....	50
Equação 8 – Densidade Teórica	50
Equação 9 – Coeficiente de Permeabilidade.....	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Relevância e justificativa	21
1.2	Objetivos específicos	22
1.3	Estrutura do Trabalho	22
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1	Superfícies Permeáveis e Ilha de Calor	23
2.2	Concreto Permeável	26
2.3	Resistência Mecânica.....	30
2.4	Fibra de Polipropileno	34
2.4.1	<i>Impacto das Fibras na Trabalhabilidade do Concreto</i>	<i>37</i>
2.4.2	<i>Efeitos das Fibras de Polipropileno na Resistência à compressão do Concreto</i>	<i>37</i>
2.4.3	<i>Efeitos das Fibras de Polipropileno na Resistência à Tração do Concreto.....</i>	<i>39</i>
3	MATERIAIS E METODOS	40
3.1	Materiais	40
3.1.1	<i>Aglomerante.....</i>	<i>40</i>
3.1.2	<i>Agregado.....</i>	<i>40</i>
3.1.3	<i>Aditivo</i>	<i>41</i>
3.1.4	<i>Água.....</i>	<i>42</i>
3.1.5	<i>Fibra.....</i>	<i>42</i>
3.1.6	<i>Sílica</i>	<i>42</i>
3.2	Diretrizes para o Concreto Permeável	43
3.2.1	<i>Ensaio Mecânicos.....</i>	<i>44</i>
3.2.2	<i>Massa Específica Aparente</i>	<i>47</i>
3.2.3	<i>Percentual de Vazios.....</i>	<i>48</i>
3.2.4	<i>Ensaio de Permeabilidade: Procedimentos e Cálculo do Coeficiente</i>	<i>49</i>
3.3	Traço.....	51
3.4	Modo de Preparo	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
4.1	Densidade e Índice de Vazios.....	56
4.2	Permeabilidade	59
4.3	Compressão Axial	60
4.4	Tração por Compressão Diametral	67

4.5	Tração na Flexão	74
4.6	Módulo de Elasticidade na Flexão (Módulo de Young)	79
5	CONCLUSÃO.....	88
	REFERÊNCIAS.....	91

1 INTRODUÇÃO

Com o progresso contínuo da urbanização, cada vez mais as cidades são cobertas com superfície impermeável. Conseqüentemente, a água e o ar não penetram no solo, resultando em dois grandes problemas, o rápido aumento de escoamento causado pela água da chuva, aumentando a pressão no sistema de drenagem, e o efeito da ilha de calor devido à incapacidade do solo de trocar calor e umidade com o ar (Ibrahim *et al.*, 2014).

No contexto brasileiro, devido à carência de planejamento e sensibilização, os sistemas de drenagem urbana têm historicamente enfatizado a busca por sistemas hidráulicos de máxima eficiência na drenagem, sem considerar adequadamente os efeitos resultantes a montante. Em outras palavras, o enfoque tem sido na condução das águas pluviais para fora das áreas urbanas, sem contemplar devidamente as implicações ambientais que ocorrem em sua descarga subsequente (Teixeira *et al.*, 2020). Portanto, torna-se essencial buscar técnicas construtivas que contribuam para a redução das áreas impermeáveis.

A utilização de pavimentos permeáveis desempenha um papel fundamental nesse contexto, podendo significativamente mitigar os problemas relacionados à impermeabilização superficial. Segundo (Chandrappa, 2016), o concreto permeável é amplamente reconhecido como material sustentável oferecendo vários benefícios, como a redução de escoamento de águas pluviais, melhoria da qualidade das águas pluviais, recarga do aquífero subterrâneo, redução do ruído em estradas, melhoria de resistência à derrapagem e alívio do efeito de ilha de calor.

Apesar dos benefícios ambientais mencionados, a estrutura porosa que permite o fluxo de água através do material também reduz sua resistência mecânica (Ibrahim *et al.*, 2014). O alto teor de porosidade do concreto permeável contribui para a infiltração de água, mas resulta na queda significativa de sua resistência mecânica (Sun; Lin; Vollpracht, 2018).

Geralmente, a resistência à compressão e de tração aos 28 dias do concreto permeável varia em média de 3,4 a 27,5 MP e 1,0 a 3,4 MPa respectivamente (Chandrappa, 2016). Relatório publicado pelo ACI (*American Concrete Institute*, 2010), indicou que a resistência à compressão do concreto permeável variou geralmente de 2,8 a 28 MPa enquanto a resistência à compressão do concreto

convencional varia de 17 a 40 MPa. Isso dificulta a implementação do concreto permeável, especialmente para o tráfego de veículos leves a médios.

Normalmente, suas aplicações são restritas a calçadas, estacionamentos, quadras esportivas e sub-bases para pavimentos convencionais. Além disso, a adoção de pavimentos de concreto permeável em vários países (principalmente emergentes) continua limitada devido à falta de normas e procedimentos técnicos relacionados à preparação do material, testes e práticas construtivas (Chandrappa, 2016).

Os parâmetros de dosagem e o método de compactação, seja *in loco* ou em laboratório, variam consideravelmente entre as pesquisas publicadas, cujo foco é avaliar as propriedades do concreto permeável, sejam elas hidráulicas ou mecânicas. Isso ocorre precisamente devido à ausência de normas e procedimentos técnicos que padronizem tais métodos (Yang; Jiang 2003).

Pesquisas demonstram que os principais fatores que afetam a resistência do concreto permeável são a porosidade, a relação água/cimento, as características da pasta e o tamanho e a quantidade dos agregados graúdos Chindaprasirt, *et al.*, (2008).

As propriedades mecânicas do concreto permeável podem ser aprimoradas utilizando materiais e proporções adequadas na mistura (Sumanasooriya; Neithalath, 2011). Yang e Jiang (2003), demonstraram que o uso de sílica ativa e superplastificante pode aumentar substancialmente a resistência do concreto permeável.

Saboo *et al.*, (2019), destacam que uma das maneiras de melhorar o comportamento estrutural dos pavimentos de concreto permeável é adicionar materiais finos com características pozolânicas, como cinza volante, metacaulim e sílica ativa. No entanto, os autores também afirmam que esse tipo de adição aumenta a homogeneidade do concreto e auxilia na ligação entre pasta e agregado, mas é limitado, pois a ausência de materiais finos é justamente o que garante a permeabilidade do concreto.

Para que um concreto seja considerado permeável, é necessário avaliar características como seu coeficiente de permeabilidade e seu índice de vazios. Geralmente, essas são as principais características estudadas e avaliadas na literatura para verificar a permeabilidade do concreto.

Ibrahim *et al.*, (2014), estimam que, para um concreto permeável ter um bom desempenho na drenagem de água, ele deve ter um índice de vazios entre 15% e 35%. Os autores indicam que, com esse percentual de vazios em seu volume, é possível garantir que os poros permaneçam conectados, permitindo a passagem da água.

Kistan *et al.*, (2023), analisaram a inclusão de 0,4% de fibras de polipropileno no concreto, aliada à substituição de 30% do teor de cimento por cinza volante, o que resultou em um aumento tanto na resistência à compressão quanto na resistência à tração na flexão desde os estágios iniciais, em comparação com o concreto convencional.

Segundo Li e Liu (2019), as fibras de polipropileno são fibras sintéticas de polímero comumente utilizadas como material de reforço em vários compósitos cimentícios e misturas de concreto.

Essas fibras são fabricadas a partir de polipropileno, um polímero termoplástico, e se caracterizam por sua leveza, resistência à corrosão e resistência à tração relativamente alta em comparação com seu peso.

Nesse contexto, é essencial promover o avanço da tecnologia dos pavimentos de concreto permeável visando mitigar os problemas decorrentes das áreas urbanas impermeáveis, enquanto se assegura uma adequada resistência mecânica. Neste sentido, a análise do concreto permeável com adição de fibras de polipropileno representa uma abordagem significativa para avaliar novos materiais que contribuam para a utilização de pavimentos permeáveis.

1.1 Relevância e justificativa

O emprego de fibras de polipropileno em concreto permeável apresenta múltiplas justificativas associadas às propriedades específicas dessas fibras e às características inerentes ao concreto permeável. Entre elas, destacam-se a melhoria da tenacidade e resistência à fissuração, a redução de fissuras e deformações por retração, o incremento da durabilidade e a compatibilidade com a permeabilidade (Li e Liu 2019).

Com isso, a justificativa de utilização de fibras de polipropileno se baseia no objetivo de analisar as características mecânicas do concreto com fibra, a fim de contribuir com dados sobre o material e seu uso no pavimento.

1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho foram:

- Elaborar corpos de prova de concreto para pavimentos permeáveis com adição de sílica e adição de fibras de polipropileno visando comparar adequadamente aos requisitos, tanto de propriedades de drenagem quanto mecânicas.
- Analisar os corpos de prova desenvolvidos em relação a sua permeabilidade, porosidade, massa específica e resistências a compressão axial e diametral e a tração na flexão.

1.3 Estrutura do Trabalho

O primeiro capítulo deste trabalho de dissertação apresenta a introdução ao tema a ser investigado, delineando seus objetivos gerais e específicos, além de destacar a estrutura formativa adotada.

O segundo capítulo delinea, por meio de uma revisão bibliográfica, as principais características dos pavimentos de concreto permeável, assim como a influência das adições utilizadas em trabalhos de outros pesquisadores.

O terceiro capítulo aborda a metodologia experimental, abrangendo os materiais empregados e os métodos adotados no estudo.

O quarto capítulo engloba os resultados obtidos pelo autor, proporcionando uma análise e discussão aprofundada desses resultados, acompanhados de comparações com a literatura estudada.

O quinto capítulo oferece uma síntese das conclusões gerais e dos aspectos mais relevantes do trabalho. Por fim, o sexto capítulo consiste na apresentação das referências bibliográficas consultadas e utilizadas na elaboração da dissertação.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar as propriedades mecânicas do concreto permeável, incluindo resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral, resistência à tração na flexão, módulo de elasticidade. Também foi avaliado a permeabilidade, índice de vazios e a massa específica. Foram preparados cinco lotes de misturas, sendo a mistura de referência e misturas com adições de 1Kg/m³, 2Kg/m³, 3Kg/m³ e 4Kg/m³ de fibra de polipropileno.

Os resultados obtidos permitem inferir as seguintes conclusões:

- a) **Massa Específica:** Os ensaios de massa específica indicaram que todas as misturas das amostras de concreto permeável endurecido atingiram valores de massa específica aparente seca, dentro do recomendado pela literatura. Porém, notou-se que as massas específicas aparentes das amostras de concreto permeável com adição da fibra de Polipropileno diminuem em relação a mistura de referência e essa queda aumenta com o aumento de fibra. A perda da massa específica aparente ocorre devido a incorporação do ar durante a mistura do concreto permeável com as fibras Polipropileno.
- b) **Índice de Vazios e Coeficiente de Permeabilidade:** ficou evidente que a fibra influencia no aumento do índice de vazios do concreto permeável e por consequência aumentando a permeabilidade do concreto. Este fenômeno se dá pelo acúmulo de ar na matriz do concreto, especialmente nas interfaces entre a mistura cimentícia e as fibras de polipropileno.
- c) **Resistência à Compressão Axial:** As adições de fibra de polipropileno influenciaram a resistência à compressão axial do concreto permeável. Observou-se que houve uma queda da resistência à compressão com o acréscimo de fibra que aumentou com o aumento da mesma. A queda da resistência à compressão pode estar diretamente relacionada ao aumento do índice de vazios no concreto permeável com adição da fibra de Polipropileno.
- d) **Resistência à Tração por Compressão Diametral:** Houve uma redução na resistência à tração por compressão diametral nas misturas com adição de fibra de polipropileno, especialmente com teores mais elevados de

fibra. Este efeito também pode ser atribuído ao aumento do índice de vazios no concreto.

- e) Resistência à Tração na Flexão: A resistência à tração na flexão foi variadamente afetada pela adição de fibra de polipropileno. Verificou-se que a mistura com adição de 1 Kg/m^3 obteve valor do que a mistura de referência. Já a adição de 2 Kg/m^3 apresentou valor muito similar à mistura de referência e as adições de 3 Kg/m^3 e 4 Kg/m^3 mostraram uma redução da resistência à tração na flexão de respectivamente.
- f) Módulo de Elasticidade à Flexão: A inclusão da fibra de Polipropileno no concreto permeável conferiu um aumento do módulo de elasticidade do material. A única mistura que não apresentou aumento no módulo de elasticidade foi a que teve acréscimo de 4 Kg/m^3 de fibra, nessa mistura o valor se manteve igual ao valor da mistura de referência. A fibra influenciou diretamente à deformação do concreto permeável, onde houve redução da flecha máxima na ruptura, principalmente nas misturas de 1 Kg/m^3 e 2 Kg/m^3 , o que influenciou diretamente no aumento do módulo de elasticidade. A redução da flecha com acréscimo de fibra ocorre porque as fibras restringem a abertura da trinca, dificultando sua propagação, o que reduz o valor da flecha no centro do corpo de prova. No entanto, após uma certa quantidade de fibra, a resistência começa a diminuir o suficiente para que a fibra não consiga mais conter a propagação da trinca e, conseqüentemente, a deformação da flecha.
- g) Deformação Pós-Pico: Observou-se na mistura de referência ruptura abrupta caracterizada por uma rápida falha após atingir a carga máxima. O mesmo foi observado quando se elevou a massa de fibra para 2 Kg/m^3 . Com adição de 1, 3 e 4 kg/m^3 de fibra a deformação continuou após atingir a carga máxima.

Considerações Finais:

Em resumo, a pesquisa mostrou que a adição de fibra de polipropileno exerce um impacto nas propriedades mecânicas, hidráulicas e na composição do concreto permeável. Recomenda-se estudos de fadiga e fratura do concreto permeável com

adição da fibra de Polipropileno para obter resultados mais abrangentes sobre o comportamento da fibra no concreto.

Estas conclusões refletem uma síntese dos resultados alcançados através dos ensaios realizados, fornecendo uma visão abrangente das mudanças nas propriedades mecânicas do concreto permeável em resposta à adição de fibras de polipropileno.

REFERÊNCIAS

ABAEIAN, R.; BEHBAHANI, H. P.; MOSLEM, J. S. Effects of high temperatures on mechanical behavior of high strength concrete reinforced with high performance synthetic macro polypropylene (HPP) fibres. **Construction and Building Materials**, Amsterdam, v. 165, p. 631-638, mar. 2018. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.01.064.

ADAMU, M.; AYENI, K. O.; HARUNA, S. I.; MANSOUR, Y. E. I.; HARUNA, S. Durability performance of pervious concrete containing rice husk ash and calcium carbide: A response surface methodology approach. **Case Studies in Construction Materials**, Amsterdam, v. 14, e00547, 2021.

ALAM, A.; HASELBACH, L.; COFER, W. Validation of the Performance of Pervious Concrete in a Field Application with Finite Element Analysis (FEA). **Journal of ASTM International**, West Conshohocken, Vol. 9, n. 4, 2012, DOI: 10.1520/JAI104553.

ARANDEI, M.; DARWISH, I. F.; GHAVAMI, K. Experimental study on variation of mechanical properties of a cantilever beam of bamboo. **Construction and Building Materials**, Amsterdam, v. 101, p. 784-790, 2015.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 522R-10**: Report on Pervious Concrete. Farmington Hills: ACI, 2010. 40 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1116/C1116M - 10A**: Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete. West Conshohocken: ASTM, 2017. 7 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C127-15/C127-15**: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. West Conshohocken: ASTM, 2016. 5 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C293/C293-16**: Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading). West Conshohocken: ASTM, 2016. 4p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1666/C1666M - 08**: Standard Specification for Alkali Resistant (AR) Glass Fiber for GFRC and Fiber-Reinforced Concrete and Cement. West Conshohocken: ASTM, 2015. 4 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1701/1701M - 17a**: Standard Test Method for Infiltration Rate of In-Place Pervious Concrete. West Conshohocken: ASTM, 2020. 3p.

AMORIM, M. C. C. T. **Impactos ambientais das transformações urbanas**: estudo de caso em cidades brasileiras. Rio de Janeiro: Editora Ambiental, 2017.

AMORIM, M. C. C. T. **Transformações urbanas e impactos ambientais em cidades brasileiras**: uma análise integrativa. São Paulo: Editora Acadêmica, 2019.

ARUNACHALAM, A.; JAYAKUMAR, K. Review on the performance of fibre and industrial slag in concrete. **International Journal of Concrete Technology**, Amsterdam, v. 1, n. 1, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7222**: Argamassa e Concreto: Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR NM 53**: Agregado graúdo: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16697**: Cimento Portland: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5738**: Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5739**: Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7680**: Concreto: Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 1: Resistência a compressão axial. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 24p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9833**: Concreto fresco: Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 12142**: Concreto: Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland: Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 22p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13956**: Sílica ativa para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16416**: Pavimentos permeáveis de concreto: Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 25p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605**: Paredes de concreto moldadas no local para a construção de edificações: Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BATEZINI, R. **Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves**. 2012. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.3.2012.tde-19072013-155819>. Acesso em: 10 nov. 2022.

BENTUR, A.; MINDESS, S. **Fibre reinforced cementitious composites**. 2. ed. New York: Taylor e Francis, 2007. Modern Concrete Technology Series.

BIGOTTO, S. A. M. **Estudo de traços de concreto permeável com adição de areia e sílica**. 2021. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Unesp, Ilha Solteira, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/a229acbc-151f-420a-ad08-7d777b48e144/content>. Acesso em: 27 abr. 2023.

BRASILEIRO, K. P. T. V.; NAHIME, B. De O.; LIMA, E. C.; ALVES, M. M.; CHANDRAPPA, W. P.; SANTOS, I. S. Dos; BEZERRA FILHO, C. P.; REIS, I. C. Dos. Influence of recycled aggregates and silica fume on the performance of permeable concrete. **Journal of Building Engineering**, v. 82, abr. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710223025305>. Acesso em: 5 jul. 2024.

BILAL, M.; RASHEED, T.; MEHMOOD, S.; TANG, H.; FERREIRA, L. F. R.; BHARAGAVA, R. N.; IQBAL, H. M. N. Mitigation of environmentally-related hazardous pollutants from water matrices using nanostructured materials – A review. **Chemosphere**, Oxford, v. 253. n. 1-2, ago. 2018.

CHANDRAPPA, A. K. *et al.* Pervious concrete as a sustainable pavement material – Research findings and prospects: A state-of-the-art review. **Construction and Building Materials**, Amsterdam, v. 111, p. 262-274, 15 mai. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061816301131>. Acesso em: 09 jul. 2023

CHINDAPRASIRT, P.; HATANAKA, S.; CHAREERAT, T.; MISHIMA, N.; YUASA, Y. Cement paste characteristics and porous concrete properties. **Construction And Building Materials**, Amsterdam, v. 22, p. 894-901, 05 mai. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061806003618>. Acesso em: 07 jul. 2023.

CHHORN, C.; HONG, S. J.; LEE, S. W. Relationship between compressive and tensile strengths of roller-compacted concrete. **Journal of Traffic and Transportation Engineering**, Beijing, v. 5, n. 3, p. 215-223, jun. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtte.2017.09.002>. Acesso em: 01 jul. 2023.

ELANGO, K. S.; GOPI, R.; SARAVANAKUMAR, R.; RAJESHKUMAR, V.; VIVEK, D.; RAMAN, S. Venkat. Properties of pervious concrete: A state of the art review. **Materials Today: Proceedings**, Amsterdam, v. 45, p. 2422-2425, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.839>. Acesso em: 11 out. 2023.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **National Menu of Best Management Practices (BMPs) for Stormwater**. Washington, DC: EPA, 2024. Disponível em: <https://www.epa.gov/>. Acesso em: 5 jul. 2024.

FEI, M.; LUO, C.; ZHENG, X.; FU, T.; LING, K.; CHEN, H.; LIU, W.; QIU R. High-performance permeable concrete using low-cost modified vinyl ester as a binder. **Construction and Building Materials**, Amsterdam, v. 414, 2 fev. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061824000497>. Acesso em: 5 jul. 2024.

FIGUEIREDO, A. D. de. **Concreto reforçado com fibras**. 2011. Tese (Livre Docência em Materiais e Componentes de Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.3.2012.tde-18052012-112833>. Acesso em: 28 jul. 2023.

GAEDICKE, C.; TORRES, A.; HUYNH, K. C. T.; MARINES, A. A method to correlate splitting tensile strength and compressive strength of pervious concrete cylinders and cores. **Construction And Building Materials**, Amsterdam, v. 125, p. 271-278, out. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.031>. Acesso em: 02 jul. 2023.

GANASINI, D. **Concretos de alto desempenho reforçados com microfibras de polipropileno e submetidos a elevadas temperaturas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Joinville, 2019.

GOEDE, W. G. **Pervious concrete: investigation into structural performance and evaluation of the applicability of existing thickness design methods**. 2009. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Washington State University, Department of Civil and Environmental Engineering, Washington, DC, 2009.

HOSSEINZADEH, S. R. The effects of urbanization on the natural drainage patterns and the increase of urban floods: Case study Metropolis of Mashhad-Iran. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, Southampton, v. 84, p. 423-432, 2005. Disponível em: <https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the-environment/84/15543>. Acesso em: 14 jan. 2022.

IBRAHIM, A.; MAHMOUD, E.; YAMIN, M.; PATIBANDLA, V. C. Experimental study on Portland cement pervious concrete mechanical and hydrological properties. **Construction and Building Materials**, Amsterdam, v. 50, 2014, p. 524-529.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Impactos das mudanças climáticas no Brasil**: contribuições à formulação de uma estratégia de adaptação. Brasília: IPEA, 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

JUMARI, A.; SILVA, B.; OLIVEIRA, C. Urban heat island effects: impacts and solutions. **Journal of Urban Climate Studies**, [s. l], v. 15, n. 2, p. 123-136, 2023.

KOIKE, G. P. C.; CUSTÓDIO, I. P.; RÜTHER, R. Desafios e soluções de projeto e construção de uma edificação solar no Brasil. *In*: ANAIS CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR – CBENS, 10., 2024, Natal. **Anais [...]**. São Paulo: ABENS, 2024. <https://doi.org/10.59627/cbens.2024.2529>.

KISTAN, Y.; *et al.* Effect of polypropylene fibers and fly ash replacement on the mechanical properties of concrete. **Construction and Building Materials**, Amsterdam, v. 342, p. 127-134, 2023.

LI, H.; KAYHANIAN, M.; HARVEY, J. T. T. Comparative field permeability measurement of permeable pavements using ASTM C1701 and NCAT permeameter methods. **Journal of Environmental Management**, Amsterdam, v. 118, p. 144-152, mar. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.01.016>. Acesso em: 20 mai. 2023.

LIN, C.; YU, J. Research on improving polymer pervious concrete mechanical strength by adding EVA to UP resin binder material. **Construction and Building Materials**, Amsterdam, v. 359, p. 129416, 12 dez. 2022.

LI, J.; ZHANG, Y.; LIU, G.; PENG, X. Preparation and performance evaluation of an innovative pervious concrete pavement. **Construction And Building Materials**, Amsterdam, v. 138, p. 479-485, Maio 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.137>. Acesso em: 25 jun. 2023.

LOPES, W. G. R.; LIMA JÚNIOR, J. M.; MATOS, K. C. Impactos do crescimento de áreas impermeáveis e o uso de medidas alternativas para a drenagem urbana. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 9, n. 9, p. 1-19, 16 ago. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7102>. Acesso em: 10 jun. 2022.

LUCENA, J. C. T. de. **Concreto reforçado com fibras de polipropileno**: estudo de caso para aplicação em painel alveolar de parede fina. 2017. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.18.2017.tde-30032017-104705>. Acesso em: 05 jun. 2023.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 2008. 674 p.

PHILIP, P. M.; JOSEPH, A.; KOSHY, R. Z.; JOSSY, A. Mechanical and permeability properties of basalt fiber Reinforced concrete. **Materials Today: Proceedings**, Amsterdam, mai. 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.133>. Acesso em: 26 ago. 2023.

PLIZZARI, G.; MINDESS, S. Fiber-reinforced concrete. *In*: **Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete**. 2. ed. Woodhead: Birmingham,

2019, p. 257-287. Publishing Series in Civil and Structural Engineering. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102616-8.00011-3>. Acesso em: 10 jun. 2023.

PUTMAN, B. J.; NEPTUNE, A. I. Comparison of test specimen preparation techniques for previous concrete pavements. **Construction And Building Materials**, Amsterdam, v. 25, n. 8, p. 3480-3485, ago. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.03.039>. Acesso em: 27 jun. 2023.

QIN, Y.; LI, M.; LI, Y.; MA, W.; XU, Z.; CHAI, J.; ZHOU, H. Effects of nylon fiber and nylon fiber fabric on the permeability of cracked concrete. **Construction And Building Materials**, Amsterdam, v. 274, p. 121786, mar. 2021. r BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121786>.

SABOO, S.; MUGHEIRBI, N. A.; ZEMLYANOV, D. Y.; KESTUR, U. S.; TAYLOR, L. S. Congruent release of drug and polymer: A “sweet spot” in the dissolution of amorphous solid dispersions. **Journal of Controlled Release**, Amsterdam, v. 298, p. 68-82, 28 mar. 2019.

SANTANA, A. M. C. **Estudo da influência das adições de fibra de vidro álcali-resistentes nas propriedades do concreto permeável**. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2024.

SHI, T.; ZHANG, X.; HAO, H.; CHEN, C. Experimental and numerical investigation on the compressive properties of interlocking blocks. **Engineering Structures**, Oxford, v. 228, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111561>. Acesso em: 05/04/2023.

SCHUËLLER, G. I.; STIX, R. A critical appraisal of methods to determine failure probabilities. **Structural Safety**, Amsterdam, v. 4, n. 4, p. 293-309, 1987.

SCHNEIDER, V. E.; SCHMITZ, D.; CEMIN, G.; SILVA, M. D'A.; PANIZZON, T.; BORTOLIN, T. A.; FINOTTI, A. R. Usos da água na bacia do Arroio Marrecas – RS. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRH, 2009.

SUMANASOORIYA, M. S.; NEITHALATH, N. Pore structure features of pervious concretes proportioned for desired porosities and their performance prediction. **Cement and Concrete Composites**, Oxford, v. 33, n. 8, p. 778-787, set. 2011.

SUN, Z.; LIN, X.; VOLLPRACHT, A. Pervious concrete made of alkali activated slag and geopolymers. **Construction and Building Materials**, Amsterdam, v. 189, p. 797-803, 20 novembro 2018.

TAN, K.; QIN, Y.; DU, T.; LI, L.; ZHANG, L.; WANG, J. Biochar from waste biomass as hygroscopic filler for pervious concrete to improve evaporative cooling performance. **Construction and Building Materials**, Amsterdam, v. 287, 123078, 2021.

TECNOSIL SOLUÇÕES ESPECIAIS. **Vantagens de utilizar:** Tecnosil Sílica Ativa Características Físicas e Químicas. Tecnosil: Itupeva, [2022?]. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/silica-ativa/>. Acesso em 20 jun.2023.

TEIXEIRA, G. da S.; RODRIGUES, R. S. S.; CRISPIM, D. L.; FERNANDES, L. L.; BITTENCOURT, G. M. Metodologias para Caracterização e Avaliação de Sistemas de Drenagem urbana: uma revisão. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 9, n. 4, p. 1-32, 20 mar. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i4.3063>. Acesso em: 15 jun. 2022.

TENNIS, P. D.; LEMING, M. L.; AKERS, D. J. Pervious Concrete Pavements. **Portland Cement Association**, Maryland, Silver Spring, p. 36, Jan. 2004.

TOGHROLI, A.; MEHRABI, P.; SHARIATI, M.; TRUNG, N. T.; 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**, Amsterdam, v. 252, p. 118997, ago. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118997>. Acesso em: 14 jul. 2023.

VOTORANTIM. **Cimento todas as obras:** mapa da obra. Votorantim: Votorantim Cimentos, [2020]. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/produtos/cimentos-votoran/todas-as-obras/>. Acesso em: 06 abr. 2024.

WANG, J. The effects of urban heat islands on the environment. **Journal of Climate Studies**, [s. l], v. 12, n. 3, p. 45-60, 2019.

YANG, J.; JIANG, G. Experimental study on properties of pervious concrete pavement materials. **Cement and Concrete Research**, Oxford, v. 33, n. 3, p. 381-386, mar. 2003.

ZHANG, R.; HAN, B.; LI, L.; ZHAO, Z.; ZHANG, Q.; ZHANG, Q.; NI, C.; LU, T. J. Influence of prestress on ballistic performance of bi-layer ceramic composite armors: Experiments and simulations. **Composite Structures**, London, v. 227, 2019, p. 111252.

ZHONG, R.; WILLE, K. Material design and characterization of high performance pervious concrete. **Construction And Building Materials**, Amsterdam, v. 98, p.51-60, nov. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.027>.