

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UNIEVANGÉLICA
CAMPUS CERES
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RAFAELLA DE OLIVEIRA BORGES

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO PERMEÁVEL REFORÇADO
COM FIBRAS DE POLIPROPILENO E VIDRO

PUBLICAÇÃO Nº:

CERES / GO
2020

RAFAELLA DE OLIVEIRA BORGES

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO PERMEÁVEL REFORÇADO
COM FIBRAS DE POLIPROPILENO E VIDRO**

PUBLICAÇÃO Nº:

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

ORIENTADOR: VILSON DALLA LIBERA JUNIOR

CERES / GO: 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

BORGES, RAFAELLA DE OLIVEIRA.

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO PERMEÁVEL REFORÇADO
COM FIBRAS DE POLIPROPILENO E VIDRO 2020.

24 P, 297 mm (ENC/ UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| 1. Concreto Permeável | 2. Fibras |
| 3. Polipropileno | 4. Vidro |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORGES, R. O. Avaliação das Propriedades do Concreto Permeável reforçado com fibras de Polipropileno e Vidro, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Ceres, GO, 24 P. 2020.

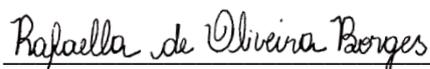
CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Rafaella de Oliveira Borges

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Avaliação das Propriedades do Concreto Permeável reforçado com fibras de Polipropileno e Vidro.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2020

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Rafaella de Oliveira Borges

76.360-000 Itapaci – GO

E-mail: rafaellaoliveira58@gmail.com

RAFAELLA DE OLIVEIRA BORGES

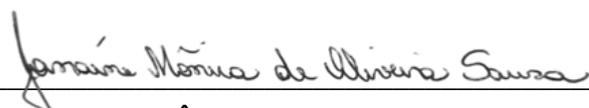
**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO PERMEÁVEL REFORÇADO
COM FIBRAS DE POLIPROPILENO E VIDRO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

APROVADO POR:



**VILSON DALLA LIBERA JUNIOR, Mestre (Centro Universitário de Anápolis –
UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)
(ORIENTADOR)**



**JANAINE MÔNICA DE OLIVEIRA SOUSA, Mestre (Centro Universitário de Anápolis
– UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**LUIZ TOMAZ DE AQUINO NETO, Especialista (Centro Universitário de Anápolis –
UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: CERES/GO, 08 de DEZEMBRO de 2020.

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO PERMEÁVEL REFORÇADO COM FIBRAS DE POLIPROPILENO E VIDRO

Rafaella de Oliveira Borges ¹

Vilson Dalla Libera Junior ²

RESUMO

O crescimento urbano sem um planejamento ocasiona a falta de escoamento inadequado isso ocorre devido a uma camada de revestimento impermeabilizante que impede com que a água infiltre promovendo inundações e enchentes. Uma das alternativas para solucionar esse impacto foi o desenvolvimento do concreto permeável ou concreto drenante, visto que o concreto comum não é eficiente para absorção instantânea de águas pluviais. Deste modo o presente trabalho visa o estudo das propriedades do concreto permeável reforçado com fibras de polipropileno e vidro, avaliando suas propriedades mecânicas e os coeficientes de permeabilidade. A produção do concreto permeável reforço foi realizada utilizando fibras de polipropileno e vidro com comprimento de 12 e 100 mm respectivamente. A dosagem do concreto permeável foi realizada utilizando um traço de concreto pré-estabelecido com resistência de 25 MPa aos 28 dias. A adição de cada tipo de fibra foi estudada variando sua composição em dois níveis, 0,5 e 0,1%, em relação a massa total do concreto. Corpos de provas nas dimensões 10 x 20 cm foram moldados e ensaiados quanto a resistência à compressão, tração e permeabilidade. Os resultados mecânicos indicaram que o concreto permeável sem adição de nenhuma fibra conseguiu ser mais resistente tanto na tração como na compressão. Entre os traços estudados, o concreto reforçado com fibras de vidro foi o que obteve melhor desempenho mecânico. Os ensaios de permeabilidades indicaram que o concreto que possuía 0,1% de fibra de polipropileno apresentou uma melhor capacidade hidráulica devido ao maior número de vazios, tendo um percentual de infiltração de 95,74% sendo maior entre os traços de concreto com fibras. Pode-se observar que a adição de fibras em grande quantidade no concreto permeável não melhora as propriedades mecânicas e de permeabilidade. Apesar disso, as fibras com comprimento maior apresentam resultados satisfatório e são mais eficientes que fibras curtas.

Palavras-chave: Concreto permeável. Fibras. Polipropileno. Vidro.

¹ Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: rafaellaoliveira58@gmail.com

² Mestre em Integridade de Materiais da Engenharia (UnB), Professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: vilson.dalla@gmail.com

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Drenagem urbana	6
2.2 Concreto Permeável	7
2.2.1 <i>Definição e características.....</i>	7
2.2.2 <i>Aplicação e benefícios ambientais</i>	8
2.2.3 <i>Permeabilidade e propriedades mecânicas.....</i>	10
2.3 Adições de fibras em concretos	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Materiais.....	12
3.1.1 <i>Cimento e água.....</i>	12
3.1.2 <i>Agregados.....</i>	12
3.1.3 <i>Fibras</i>	13
3.1.4 <i>Aditivos</i>	13
3.2 Dosagem e produção do concreto.....	14
3.3 Moldagem e cura dos Corpos-de-Prova	14
3.4 Propriedades Mecânicas	15
3.5 Permeabilidade	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1 Consistência do concreto.....	16
4.2 Resistência mecânica	17
4.3 Permeabilidade do concreto	19
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

As enchentes são fenômenos naturais que ocorrem periodicamente devido as chuvas intensas durante longos períodos provocados por mudanças no ciclo hidrológico em várias regiões e áreas urbanas. O crescimento urbano sem um planejamento adequado também pode ocasionar esse fator, pois a falta de escoamento ocorre devido a uma camada de revestimento impermeabilizante que impede com que a água infiltre promovendo inundações e enchentes (NASCIMENTO *et al.*, 2018). O concreto é considerado um dos materiais da construção civil mais utilizado em todo o mundo, e sua utilização em vias e pavimentos é um dos principais fatores da impermeabilidade espaços urbanos. Composto basicamente de cimento, água, agregado graúdo e miúdo, tem especialidade de ser moldado em qualquer formato desejável, apesar disso, o concreto comum possui resistência à tração baixa, ductilidade limitada e um baixo índice de permeabilidade (GUPTA, 2014).

Devido à deficiência de permeabilidade desse concreto comum, a drenagem urbana tem sido um grande problema em muitas cidades devido ao crescimento desordenado, inesperado e o mau planejamento urbano. As consequências desses impactos se manifestam sob a forma de inundações, através de frequentes alagamentos e enxurradas causados pela água da chuva (LAMB, 2014). Uma das alternativas para solucionar esse impacto foi o desenvolvimento do concreto permeável ou concreto drenante, visto que o concreto comum não é eficiente para absorção instantânea de águas pluviais. O concreto permeável permite a infiltração natural das águas e acaba contribuindo para o uso eficiente do solo, visto que possui um índice de vazios de 15 a 25%, fazendo com que a água passe pelas suas camadas, permitindo o escoamento superficial e evitando assim obras de drenagem extensas e dispendiosas (SCHWETZ, 2015).

A utilização desse concreto soluciona diversos problemas de drenagem, reduz custos com obras e ainda minimiza os efeitos ao aquecimento global. O concreto permeável é diferente do tradicional na sua composição, pois ele possui basicamente água, cimento e agregado graúdo. Em virtude de o agregado miúdo na composição ser praticamente ser nula, em função da sua alta porosidade, por essa razão ele apresenta uma baixa resistência a compressão quando comparado ao concreto comum. Por essa razão ele se limita a áreas de tráfego leve ou pouco intenso, tais como estacionamentos, entrada de garagens e calçadas (TENNIS *et al.*, 2015).

Apesar da sua eficiência em relação a permeabilidade o concreto permeável apresenta uma deficiência em resistir a grandes cargas, deste modo, houve então uma necessidade de reforçar esse material para suportar tais tipos de esforços. Neste contexto, concretos especiais têm sido desenvolvidos para minimizar essas falhas, para isso contam com a utilização de aditivos e agregados o melhoramento da sua composição. Entre eles, destaca-se o concreto com a adição de fibras (PINHEIRO, 2013). A adição de fibras minimiza o comportamento frágil característico dos concretos e argamassas, fazendo com que estes materiais apresentem resistência residual a esforços ainda após sua fissuração (BATEZINI, 2013).

Segundo Maral Júnior *et al.* (2017), o estudo e o desempenho do concreto drenante com a utilização de fibras tem como principal objetivo reduzir o surgimento de fissuras, melhorando significativamente as propriedades mecânicas e aumentando a resistência de tração e flexão. Existem vários tipos de fibras produzidas de diferentes materiais como as de aço, de vidro, polipropileno e de nylon. O concreto reforçado com microfibras poliméricas é uma nova

alternativa tecnológica mais eficiente e pode influenciar significativamente nas propriedades mecânicas do concreto.

O grande crescimento dos centros urbanos tem ocasionado sérios problemas de infraestrutura e drenagem das águas pluviais. A camada de revestimento impermeabilizante das vias não permite a infiltração instantânea nos momentos de chuvas, onde essa água escoar em vazões superficiais elevadas causando enchentes, assoreamento e grandes enxurradas (VIRGILIIS, 2009). Uma das soluções para minimizar esses acúmulos de água é a utilização do concreto permeável que permite que a água passe entre as camadas do pavimento de forma limpa onde ela pode ser absorvida gradualmente pelo solo ou pode ser reservada para usos posteriores. O concreto drenante pode ser implantado em áreas externas em geral com fluxos leves como praças, calçadas, parques e estacionamentos (ACI, 2010).

Em função desse problema diversos estudos têm sido realizados observando a necessidade de obtenção de um concreto mais resistente e permeável. Dessa forma, a dosagem do concreto permeável visa o aprimoramento das suas propriedades mecânicas e físicas. Uma das alternativas é a adição de fibras de polipropileno ao concreto com o objetivo de reduzir os surgimentos de fissuras (PEREIRA & BARBOSA, 2015). As fibras de polipropileno apresentam uma malha de finos filamentos que agem como reforço no concreto. De acordo com a dosagem no concreto drenante, a adição de fibras pode melhorar suas propriedades mecânicas, tornando-o resistente a tração, compressão, tenacidade e a abrasão (SALVADOR, 2013).

Nesse contexto, a adição de fibras de polipropileno no concreto permeável apresenta-se como uma alternativa inovadora para solucionar os problemas ligados à sua resistência. Além disso, o aumento em suas propriedades físicas amplia sua aplicação no processo de permeabilização das áreas urbanas, reduzindo as vazões superficiais em momentos de precipitações elevadas e contribuindo para a infiltração de água no solo. Deste modo o presente trabalho visa o estudo das propriedades do concreto permeável reforçado com fibras de polipropileno (PP) e vidro, avaliando suas propriedades mecânicas e os coeficientes de permeabilidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Drenagem urbana

O planejamento urbano e as infraestruturas básicas, como abastecimento e distribuição de água, energia, pavimentação, saneamento, são de suma importância para o desenvolvimento socioeconômico de uma cidade. Apesar disso, o crescimento de algumas cidades tem aumentado de forma exponencial e desproporcional, gerando conseqüentemente limitações em sistemas de drenagem em algumas regiões. A ocupação irregular do terreno é um dos principais fatores relacionados ao excesso de enchentes, erosões e escorregamento de encostas, interdição de vias com prejuízos ao trânsito de veículos e muitos problemas na infraestrutura urbana (HAACH *et al.*, 2018).

A drenagem fornece alternativas para a canalização direta de águas superficiais, visando reduzir as inundações, melhorar a qualidade de água e aumentar a comodidade e a biodiversidade do meio ambiente. A drenagem urbana é o conjunto de medidas que tem como objetivo minimizar os riscos que a população está sujeita causado pelas inundações. Através da

drenagem é possível diminuir a velocidade de escoamento da água, aumentando a capacidade de armazenamento e reduzindo o transporte de poluição ao meio aquático. O desafio de armazenar água no solo e fazer com que ela escoe de forma natural tem sido muito difícil visto que, o concreto possui um déficit de absorção e cria uma camada impermeabilizante. O grande volume de precipitações em algumas regiões do Brasil faz com que a água não escoe instantaneamente, então essa absorção se torna quase nula, podendo assim notar que o concreto tradicional não é a melhor opção para ser utilizado neste contexto (MEHTA & MONTEIRO, 2018).

Com o surgimento de várias técnicas de aprimoramento observa-se que o concreto não é muito eficiente no quesito permeabilidade, devido a isso o Ministério do Meio Ambiente propôs a construção de áreas verdes em alguns centros metropolitanos. Elas seriam espaços públicos que desenvolveriam funções ecológicas, paisagísticas e recreativas, que proporcionam melhor qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres. Mas havia também a necessidade da implementação de vias ciclísticas e calças, portanto seria feio o uso de pavimento, pensando nisto, surgiu a ideia de um pavimento permeável que teria a capacidade de absorver a água por possuir o grande índice de vazios (ALMEIDA, 2017).

Pavimentos permeáveis se tornaram então uma das inovações para evitar o acúmulo de água em cidades brasileiras onde ela não escoar com facilidade. Este material, pode reduzir também os custos com obras e diversos problemas com drenagens, garantindo a permeabilidade natural da água que pode ser armazenada para usos posteriores. O concreto permeável pode ser aplicado em áreas externas de fluxo leves como praças, calçadas e estacionamentos (ARAÚJO & PRISZKULNIK, 2017).

2.2 Concreto Permeável

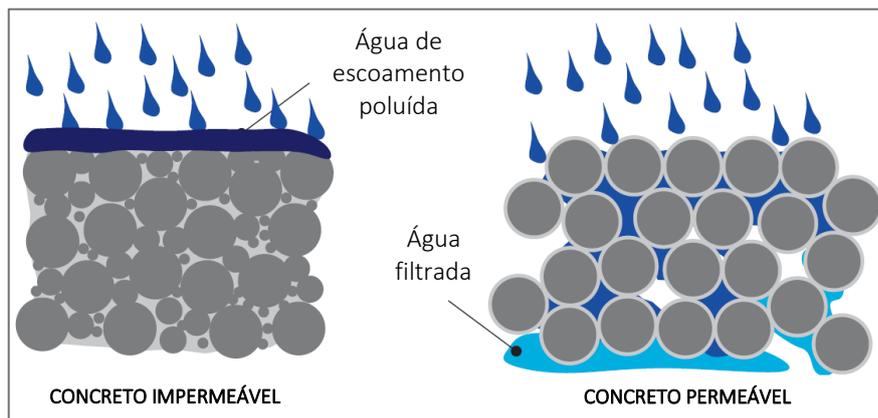
2.2.1 Definição e características

O concreto permeável é composto por ligante hidráulico, material britado de graduação uniforme, água e pouca ou nenhuma utilização de agregado miúdo. Devido a sua composição, ele possui um alto índice de vazios que são ligados entre si, ele também permite uma utilização de um solo mais eficiente, visto que ele por sua vez minimiza, e até mesmo dispensa, uma obra de micro drenagem local, como pontos de retenção da água e valas. Normalmente consegue-se obter um índice de 15 a 25% de vazios e um escoamento de água da ordem de 200L/m por 2/min e pode chegar a elevadas resistências, como 25 MPa (resistência suficiente para suportar um caminhão dos bombeiros) e até mais, com misturas, materiais e aditivos especiais. Pode-se acrescentar mais areia, aumentando a resistência, mas com isso haverá uma perda da permeabilidade que pode ser bastante significativa, limitando drasticamente o uso deste recurso (ARAÚJO & PRISZKULNIK, 2017).

Os poros conectados no concreto permeável permitem que o ar e os fluidos passem facilmente da superfície para as camadas subjacentes. Segundo Zhong e Wille (2015), se comparado ao concreto convencional o concreto permeável apresenta as seguintes vantagens: proteção do sistema de drenagem, ajuda a minimizar as enxurradas e enchentes, a reutilização da água da chuva, dispensa obras de micro drenagem reduzindo os impactos e custos com

infraestrutura; e desvantagens: desgaste superficial é muito grande, provocando rachaduras e perda na estrutura, levando a deterioração acelerada onde há grandes volumes de tráfego, havendo também o risco de entupimento por material orgânico e inorgânico reduzindo a condutividade hidráulica com isso afetando a sua resistência podendo ter um custo inicial levemente maior. Uma comparação do processo de absorção de água de ambos os concretos pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 – Comparação entre o concreto permeável e concreto impermeável.



Fonte: Adaptado de Zhong e Wille (2015).

O concreto permeável pode ser considerado ainda como um aparato urbano de infiltração que retém parte ou a totalidade do escoamento através de uma superfície permeável para dentro do solo ou de um reservatório de brita, com graduação uniforme, construída sobre o subleito. A água se armazenada pode ser conduzida para algum reservatório ou algum ponto de captação (MONTEIRO, 2016).

2.2.2 Aplicação e benefícios ambientais

O concreto permeável possui uma porosidade que interfere na resistência com isso tornando-o mais frágil que o concreto comum, de modo que ele não seria viável para qualquer tipo de tráfego, entretanto é adequado à maior parte dos locais de tráfego leve ou pouco intenso, tais como ruas de baixo tráfego, parques, praças, pátios residenciais, calçadas, estacionamentos, estufas de plantas, bases permeáveis abaixo de pavimentos de alta resistência (camadas-base), isolamento térmico de paredes (alta porosidade) e barreiras acústicas (possui boas propriedades acústicas) e em muros de arrimo. Além disso, a combinação de diferentes tipos de adições e aditivos podem atribuir ao concreto permeável melhor desempenho, durabilidade, resistência e trabalhabilidade (RAMOS, 2018).

O potencial ecológico combinado com a segurança aprimorada do tráfego faz do concreto permeável um material de construção inovador para estacionamentos e superfícies de estradas. No entanto, uma aplicação mais ampla desse concreto pode ser alcançada através da mitigação dos três riscos a seguir: O risco de entupimento por material orgânico e inorgânico reduz a condutividade hidráulica; A resistência da união limitada entre os agregados aumenta o risco de desgaste da superfície, rachaduras e desgaste excessivos, levando a deterioração acelerada, especialmente sob tráfego de grandes volumes e cargas pesadas; A alta proporção de

área de superfície do material exposta a agressores ambientais aumenta o risco de perda da integridade estrutural devido à durabilidade reduzida (ZHONG & WILLE, 2015). Um exemplo da aplicação do concreto permeável em pavimentos pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Concreto permeável aplicado no pavimento de um estacionamento.



Fonte: Adaptado de TECNOSIL (2020).

Os problemas ambientais e urbanos decorrentes podem ser solucionados pelo concreto permeável, a falta de escoamento e impermeabilização dos solos, pois permite a infiltração direta de água o solo e possivelmente para os aquíferos subterrâneos, reduz ou elimina o escoamento superficial e permite a filtragem da poluição difusa ocasionada por óleos, fluída automobilística e outras substâncias que podem ser encontradas na pavimentação urbana, que geralmente são levadas para os cursos d'água (lagos, rios e oceanos) (ARAÚJO & PRISZKULNIK, 2017). A utilização deste material também reduz o pico das cheias, o que diminui a necessidade do sistema de drenagem urbano e a possibilidade de ocorrência de enchentes. Além disso, sua cor clara e sua estrutura pouco densa armazena e absorve menos calor e radiação solar, auxiliando na redução do aquecimento das áreas urbanas e facilita a sobrevivência da arborização localizada em áreas pavimentadas, por permitir a chegada de ar e água até as raízes de algumas plantas (RAMOS, 2018).

Em alguns casos as áreas de retenção de águas pluviais (piscinões) podem ser reduzidas ou eliminadas, aproveitando melhor a área útil do solo. O concreto auto-drenante é adaptável a diferentes regiões, fazendo o uso de materiais locais para os agregados e outros componentes. Assim, sua aplicação é considerada positiva para as economias locais, pois demanda empresas próximas para transporte e aplicação, além disso ele é mais eficaz pois com o uso de materiais locais diminui os custos com manutenções, e assim com pouca ou nenhuma manutenção por um período entre 20 e 40 anos (JUNIOR & ROCHA, 2011).

Ao ser comparado com o concreto comum o concreto permeável possui um menor custo durante o ciclo de vida, ainda que o custo inicial de aplicação seja um pouco maior do que o asfalto, é mais econômico pois ele não necessita de tantos reparos como o asfalto. Podendo contribuir para que não haja desperdício, uma vez que ele é feito diretamente no local de uso e de acordo com as necessidades do projeto, podendo ainda ser reciclado. (LUCENA, 2017).

2.2.3 Permeabilidade e propriedades mecânicas

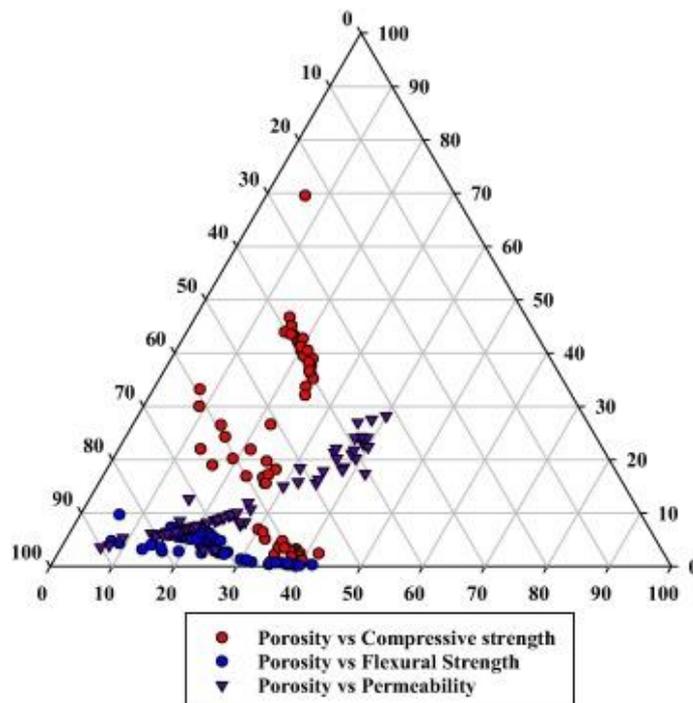
A permeabilidade do concreto é uma importante propriedade que influencia principalmente na sua durabilidade. O concreto auto-drenante possui poros capilares que podem variar de 0,01 a 1Ø que permite a passagem da água com maior facilidade, entretanto, quanto maior a permeabilidade menor a resistência, com isso a sua durabilidade fica comprometida. A permeabilidade ocorre devido sua granulometria ser grande e haver pouca ou nenhuma adição de areia, dessa forma o líquido passa por seus vazios de forma direta. Blocos de concreto possui um coeficiente de permeabilidade consideravelmente alto tornam possível o escoamento total da água da chuva diretamente para o solo. O coeficiente de permeabilidade está ligado a velocidade de percolação de água no meio poroso, relacionando à quantidade de água infiltrada ou escoada na superfície (JUNIOR & BATTAGIN, 2014).

O índice de permeabilidade desse concreto depende dos materiais e das operações de concretagem. As quantidades de água e de ligante hidráulico empregadas na composição deste concreto são cuidadosamente controladas com a finalidade de se obter uma pasta que forme uma capa espessa ao redor das partículas dos agregados. A mistura deve possuir pequena ou nula quantidade de agregado miúdo a fim de se obter um material de elevado índice de vazios, que, com auxílio da interconectividade dos seus vazios, apresentará boa permeabilidade. A condutividade hidráulica (ou coeficiente de permeabilidade) é um dos parâmetros de maior importância no concreto permeável e é definida como a taxa de infiltração da água através da estrutura. Tipicamente os valores da condutividade hidráulica em concretos permeáveis variam entre 0,21 cm/s e 0,54 cm/s (BEZERRA, 2015).

As propriedades mecânicas do concreto auto-drenante são consideradas importantes, pois controlam no projeto a espessura da camada de pavimento e sua durabilidade. As principais propriedades de interesse para projetar pavimentos em relação as suas propriedades estruturais e funcionais incluem resistência à compressão, resistência à flexão, vida à fadiga, abrasão e resistência ao congelamento e degelo. Nos últimos anos, estudos estimaram essas propriedades para diferentes variantes de concreto permeável, onde, aqueles com alta absorção de água não produziram altas resistências visto que a pasta em volta do agregado perde água durante a hidratação, e produz uma zona de transição ainda mais fraca. Apesar do uso de agregado graúdo com o intuito de aumentar a resistência e produzir maiores índices de permeabilidade, a alta permeabilidade proporciona uma baixa resistência para esse concreto. Embora seja um grande aliado para solucionar problemas de drenagem urbana, o concreto permeável quando mal dimensionado pode não possui propriedades para suportar grandes cargas (VOLDER *et al.*, 2009).

Na figura 3 é possível observar a partir de um esquema triangular de blocos as relações entre as propriedades mecânicas e o nível de porosidade de misturas de concreto permeável. Como observado, com o aumento da porosidade, as propriedades mecânicas diminuem e, simultaneamente, a permeabilidade do material aumenta.

Figura 3 – Relação entre as propriedades mecânicas e permeabilidade pelo esquema triangular de blocos.



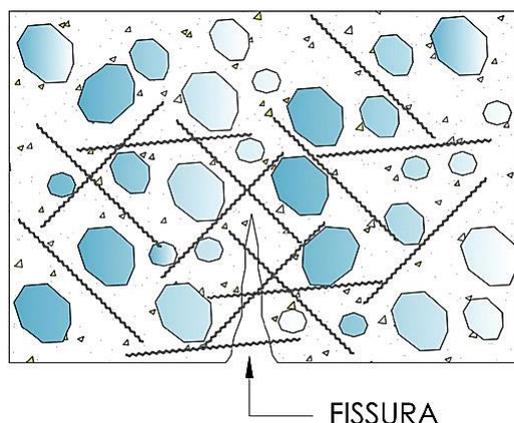
Fonte: Adaptado de Chandrappa e Biligiri (2016).

2.3 Adições de fibras em concretos

Com intuito de melhorar o desempenho de concretos que não alcançam uma boa resistência para suportar altas cargas e visando também a prevenção ou controle da iniciação, propagação ou coalescência de fissuras, surgiu-se então a ideia da adição de fibras como reforço para um uso mais eficiente e ganho de resistência do concreto. No caso do concreto com adição de fibras, ocorre o retardamento no alargamento dessa doença estrutural. As fibras agem como pontes de ligação, transferindo as solicitações de um lado a outro da matriz e minimizando as tensões nas extremidades das fissuras. Tendem a reforçar o compósito sobre todos os modos de carregamento que induzem a tração, isto é, retração restringida, tração direta ou na flexão e cisalhamento. Melhoram a ductibilidade e a tenacidade, resistência ao cisalhamento, à torção e à fadiga em comparação ao concreto convencional (BERGONZI, 2017).

Praticamente todos os concretos, sejam eles plásticos, fluidos ou secos de baixa ou alta resistência pode ser reforçados com fibras. As fibras sempre terão uma ação de aumento no custo unitário, poderão dificultar a mobilidade das partículas maiores, reduzindo a fluidez do material, e também proporcionando uma resistência a propagação de fissuras que podem vir a surgir na matriz. Estas fissuras podem ocorrer devido a agregados de maiores dimensões, e para evitar essa propagação bem com o surgimento de novas fissuras é recomendado a utilização de fibras que possuem uma resistência e um modulo de elasticidade adequado como reforço em concretos que tem caráter frágil. Como pode ser observado na Figura 4, as fibras servem como pontes de transferências de tensões geradas nas fissuras das extremidades, reduzindo uma grande propagação no compósito que passa a ter um comportamento pseudo-dúctil ou não frágil, apresentando a capacidade de resistir após as fissuras (FIGUEIREDO, 2011).

Figura 4 – Microfibras agindo na região da fissura da tração na flexão.



Fonte: Adaptado de Pils *et al.* (2019).

As fibras podem melhorar diversas características do concreto, desde sua trabalhabilidade ainda em estado fresco ou ainda aumentando a capacidade estrutural já na fase endurecida. Diferentes tipos de fibras, tais como as de origem metálica, polimérica ou natural, tem sido amplamente utilizada na engenharia do concreto. Entre essas fibras, as de vidro e polipropileno apresentam-se como uma tecnologia inovadora para o aumento das propriedades mecânicas e físicas dos concretos, evitando aparecimento de fissuras e a sua propagação. Possuindo uma maior resistência a compressão em 28 dias quando adicionados ao concreto quando comparado ao concreto simples (AMARAL *et al.*, 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Materiais

3.1.1 Cimento e água

O cimento que será utilizado para a dosagem do concreto do tipo CP II-F-40 com alto teor de clínquer. Destinado a consumidores industriais e concreteiras, esse cimento possui uma alta resistência inicial, apresenta grandes quantidades de aditivos de filler calcário, entre 11 a 25%. O cimento será fornecido pelo Laboratório de Materiais do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, Campus Ceres. A água utilizada nesse estudo para produzir as amostras será proveniente do abastecimento público da cidade de Ceres, Goiás, Brasil.

3.1.2 Agregados

Utilizado em menor quantidade, o agregado miúdo será a areia de origem natural com grãos que passem pela peneira 4,8 mm, retidos na peneira 0,075mm e não contendo grãos de um único tamanho. O agregado graúdo utilizado será a brita 0 e a brita 1 provenientes de rochas estáveis ou pedregulhos, com passagem em peneiras de malha quadradas de 19 mm (brita 1) e 9,5 mm (brita 0) e retidos na peneira 4,8 mm. Os agregados devem seguir as recomendações específicas da NBR 7211 (ABNT, 2019). Ambos foram fornecidos pelo Laboratório de Materiais do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, Campus Ceres.

3.1.3 Fibras

As fibras de polipropileno (PP) (Figura 5a) utilizadas nessa pesquisa foram do tipo filamento fino, com comprimento médio de 12 mm e foram da marca Tec-Mechine Fibras Estruturais. As fibras utilizadas podem suportar temperaturas de até 160 °C, apresentam uma densidade de 0,93 g/cm³ e uma resistência à tração de 300 Mpa.

As fibras de vidro (Figura 5b) são do tipo filamento finos e flexíveis. As fibras utilizadas foram da marca Tec-Mechine Fibras Estruturais e foram fornecidas com comprimento médio de 100 mm, resistência a tração de 1750 Mpa e uma densidade de 2,7 g/cm³.

Figura 5 – Fibras de polipropileno (PP) (a) e fibras de vidro (b).

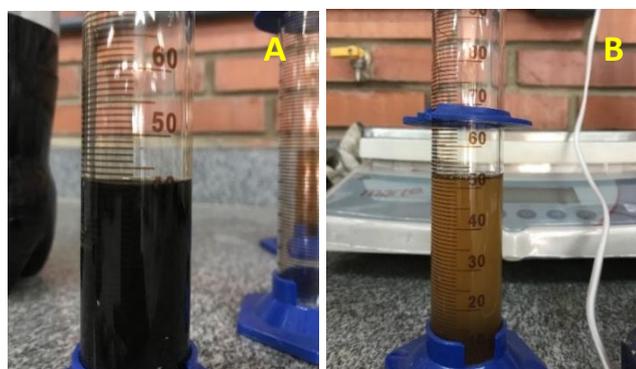


Fonte: Próprio autor (2020).

3.1.4 Aditivos

Foram utilizados aditivos para o concreto do tipo Polifuncional (Figura 6a) e Superplastificante (Figura 6b). O plastificante Polifuncional possui em sua composição os lignosulfatos que são adsorvidos na mistura e geram a plastificação, melhorando a trabalhabilidade, resistência e sendo um redutor de água. O aditivo superplastificante possui em sua base a nanosílica estabilizadora e reduz a quantidade de água necessária para a produção o concreto em até 12%.

Figura 6 – Aditivos Polifuncional (a) e Superplastificante (b) utilizados na dosagem do concreto.



Fonte: Próprio autor (2020).

3.2 Dosagem e produção do concreto

A dosagem do concreto permeável foi realizada utilizando um traço de concreto pré-estabelecido com resistência de 25 MPa aos 28 dias. Neste trabalho, a adição de cada tipo de fibra será estudada variando sua composição em dois níveis, 0,5 e 0,1%, em relação a massa total do concreto. A adição de fibras será baseada no estudo apresentado por Reyes e Torres (2002) e adaptado por Pils *et al* (2019), onde, foi utilizado neste trabalho a composição que apresentou os melhores resultados referentes a resistência mecânica e permeabilidade. A composição e distribuição dos materiais utilizados em cada traço podem ser observadas na tabela 1.

Tabela 1 – Composição e distribuição dos materiais de cada traço (Adaptado de Pils *et al.*, 2019).

Material	Traços				
	CP0	CP-P05	CP-P10	CP-V05	CP-V10
Cimento	1	1	1	1	1
Brita 1	3	3	3	3	3
Brita 0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Areia média	1	1	1	1	1
Fibras	–	0,5	0,1	0,5	0,1
Aditivo	1% peso cimento				
Relação a/c	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35

Fonte: Próprio autor (2020).

A mistura do concreto foi realizada com base no primeiro traço com a adição dos agregados graúdos e miúdos, cimento e mantendo a relação a/c 0,35 em todos os traços e variando a partir do segundo traço a adição das fibras como mostra a tabela 1. A separação dos matérias, o preparo e a pesagem foram realizados em laboratório de acordo com os cinco traços. Após isso todas as misturas foram feitas juntamente com o uso da betoneira e colocados pela seguinte sequência: a betoneira foi ligada e colocado a brita 0, a brita 1, logo após a areia, e em seguida 1/3 de água, ela ficou batendo por um minuto. Foi misturado outro 1/3 da água com o aditivo Polifuncional e o colocado para bater por três minutos, após isso foi adicionado o cimento e deixado bater por mais dois minutos, então foi misturado o aditivo superplastificante com o ultimo 1/3 de água e o adicionado a mistura para bater por mais cinco minutos e no final de acordo com o traço desejado foi adicionado a fibra respectiva para bater por seis minutos.

Logo após a betoneira foi desligada, a mistura foi colocada no carrinho de mão e realizado o *Slump Test* de acordo com a norma, em seguida colocado o concreto nos corpos de prova que foram selados com óleo para não grudar, a colocação é feita por camadas e a cada camada realizado alguns golpes.

3.3 Moldagem e cura dos Corpos-de-Prova

A moldagem dos corpos de prova (CP) para os ensaios de compressão e tração por compressão diametral foram feitas de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015) e apresentaram

dimensões de 10 x 20 cm. Foram moldados para cada traço um total de 8 corpos de prova e selados com óleo para que eles não ficassem grudados na hora da desinformar.

3.4 Propriedades Mecânicas

O ensaio de compressão simples e tração por compressão diametral foi realizado em uma Máquina Universal de Ensaio Mecânicos (CONTECO) disponível no laboratório de Materiais do Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA, Campus Ceres. Os corpos foram colocados na máquina onde sofreram a aplicação de uma carga axial até que ele seja rompido. Em seguida, os valores das forças aplicadas foram anotados e os valores das resistências calculados. Todos os procedimentos de ensaio e apresentação de resultados foram realizados seguindo as especificações da NBR 5738 (ABNT, 2015).

3.5 Permeabilidade

O ensaio de permeabilidade consiste no ensaio de infiltração que tem a finalidade de determinar o coeficiente de permeabilidade, a velocidade e escoamento de acordo com a Lei de Darcy. Através de um permeametro de PVC realizado por Neithalath *et al.* (2010) e adaptado por Pils *et al.* (2019), atendendo sempre as normas da NBR 10787 (ABNT, 2011) que determinara a penetração da água e a NBR 10786 (ABNT, 2013) o coeficiente de permeabilidade do solo.

Para realização do ensaio foi utilizado um tubo de PVC com 100 mm de diâmetro. O ensaio foi feito utilizando um corpo de prova de cada traço, onde, cada corpo de prova foi aderido a um tubo de PVC em seu topo como mostra a (Figura 7), em seguida os tubos foram preenchidos com a água até o nível predefinido, em seguida, foi observado a capacidade de infiltração em um determinado tempo.

Figura 7 – Permeametro de tubo de PVC utilizado.



Fonte: Fonte: Próprio autor (2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Consistência do concreto

O ensaio de consistência do concreto (*Slump test*) foi realizado de acordo com a norma NBR 10342 (ABNT, 2012). A Figura 8 apresenta o procedimento realizado para cada um dos traços estudados com adição de 0,5% de fibras.

Figura 8 – Ensaio de *Slump test*. Concreto permeável sem fibras (a); Concreto permeável com 0,5 % de fibras de polipropileno (b); Concreto permeável com 0,5% de fibras de vidro (c).



Fonte: Próprio autor (2020).

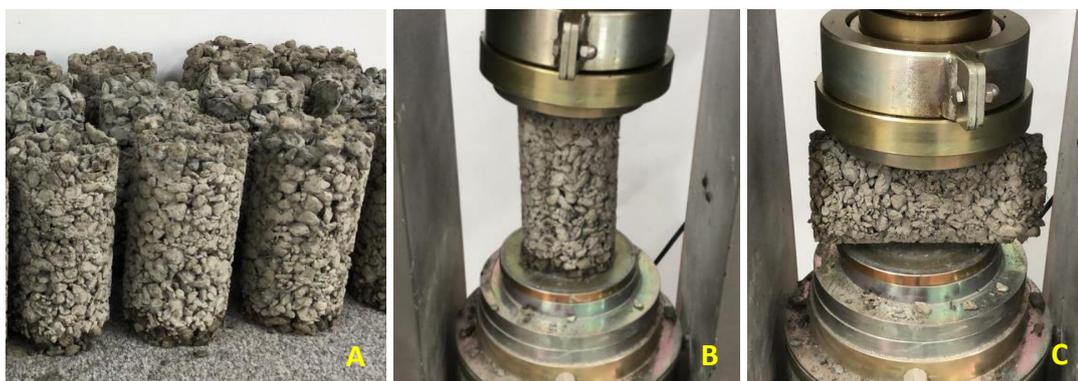
De acordo com a Figura 8 é possível notar que em nenhum dos traços estudados houve o espalhamento ou queda do concreto. Isso está relacionado ao fato de se tratar de um concreto permeável e a sua relação água/cimento conter baixa quantidade de água e areia (NEVES, 2012). Caso haja a propensão do concreto e diferença de altura após a retirada do molde o traço deve ser refeito conforme sugestão de Claudino *et al.*, (2017). A correção pode ser realizada utilizando o método de ACI/ABCP criado pela (Associação Brasileira de Cimento Portland), onde calcula-se o consumo de água inicial com o abatimento requerido para obter um traço base.

A trabalhabilidade está relacionada na facilidade de moldar o concreto nas formas, também diretamente ligada a concentração volumétrica da fibra e a quantidade de aditivos plásticos empregados. Com a adição desses componentes, especialmente as fibras, a sua trabalhabilidade e a sua consistência são alteradas, gerando uma área superficial que demanda água de molhagem, tendo uma menor quantidade de água disponível para fluidificar a mistura. Isso ocorre pois, quanto maior a esbeltez da fibra maior será o impacto de trabalhabilidade do concreto, apontando assim que grandes quantidades de fibras são redutoras de trabalhabilidade ocasionando prejuízos a sua compactação e durabilidade, mas pequenas quantidades alteram a trabalhabilidade mais sem prejudicar a estrutura e sem diminuir a compactação do material (FIGUEIREDO, 2016).

4.2 Resistência mecânica

Os corpos de prova após 28 dias foram desenformados (Figura 9a) e submetidos aos ensaios mecânicos de compressão e tração por compressão diametral. Em um total de 7 CP por traço todos eles sofreram o rompimento em que 4 deles foram colocados no aparelho na vertical (Figura 9b) e 3 na horizontal (Figura 9c), após a força ter sido aplicada com o uso da alavanca eles foram rompidos, assim é informado em um painel a força total aplicada em toneladas força. Com o ensaio foi possível concluir a capacidade que cada corpo de prova pode resistir.

Figura 9 – Corpos de prova do concreto permeável (a). Posicionamento do CP para o ensaio de compressão (b) e tração por compressão diametral (c).



Fonte: Próprio autor (2020).

A tabela 2 apresenta as propriedades e resistências do concreto permeável de acordo com cada traço. Pode-se observar na tabela a quantidade de fibras adicionadas para cada traço e as resistências médias a compressão e tração após o rompimento. A resistência a tração é a capacidade que o corpo de prova tende a resistir ao alongar de forma perpendicular no sentido da reta em ação da força aplicada, medindo assim a resistência do material em Mpa (SCHWETZ, 2015). O resultado de resistência a compressão média foi obtido através do processo de aplicação de uma força axial que tende a encurtar a peça, onde, pode-se observar melhor o comportamento do material frágil até o seu limite de resistência dados em MPa.

Tabela 2 – Propriedades mecânicas do concreto permeável de acordo com os traços estudados.

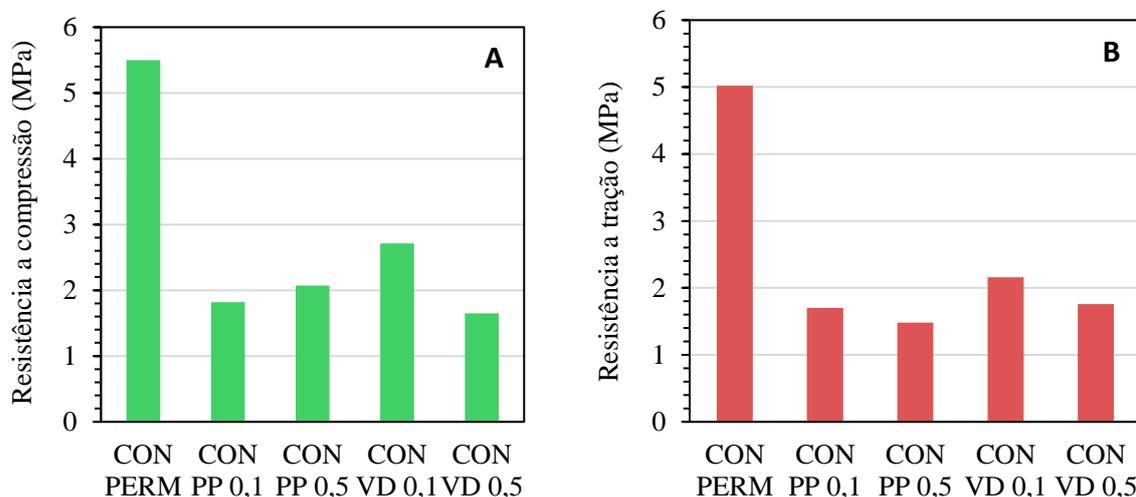
Traço	Quant. Fibra (%)		Resistência a tração (MPa)	Resistência a compressão (MPa)
	Polipropileno	Vidro		
CON PERM	-	-	5,02	5,5
CON PP 0,1	0,1		1,7	1,82
CON PP 0,5	0,5		1,48	2,07
CON VD 0,1		0,1	2,16	2,71
CON VD 0,5		0,5	1,76	1,65

Fonte: Próprio autor (2020).

Os gráficos na Figura 10 apresentam os resultados dos ensaios de resistência a compressão e a tração aos 28 dias relacionados com a tabela 2. Com o intuito de melhorar o

desempenho do concreto drenante com a adição de fibras, pode-se observar que quando utilizadas em grandes quantidades, as fibras não foram capazes de aumentar a resistência do concreto, principalmente quando submetido a grandes cargas.

Figura 10 – Resistência a compressão (a). Resistência a tração por compressão diametral (b).



Fonte: Próprio autor (2020).

Entre as resistências apresentadas na Figura 10 observa-se que concreto permeável tanto na tração como na compressão sem adição de fibras é o mais resistente, obtendo uma resistência a compressão de 5,50Mpa e tração igual a 5,02Mpa. Os concretos permeáveis reforçados com fibras apresentaram resistência mecânica menor que o concreto sem adição. Este fenômeno ocorreu pois, a adição de fibras curtas e em grande quantidade no concreto dificultaram o processo de amassamento e homogeneização, havendo um empolamento das fibras em certas partes do material e fazendo com que elas não se ligassem, gerando um elo fraco em algumas zonas de fratura devido ao índice de vazios que se concentrou (BARBOSA *et al*, 2011).

Em relação as propriedades de compressão (Figura 10a), o concreto com 0,1% de fibra de vidro foi o que apresentou maior resistência entre os concretos reforçados. As fibras de vidro no concreto permitiram a redistribuição de esforços no material mesmo quando utilizada em altos teores, melhorando significativamente esse concreto permeável aos 28 dias de cura. O concreto com reforço de fibras de polipropileno apresentou resistência inferior, tal resultado pode ser oriundo do processo e moldagem dos corpos de prova com isso ela teve a sua trabalhabilidade bastante comprometida (BONIFÁCIO & GODINHO, 2014).

As fibras de polipropileno são caracterizadas como sintéticas por serem derivadas do petróleo, elas não se oxidam e nem absorvem água, já a fibra de vidro são filamentos finos de vidro reforçada com a matriz do polímero, elas apresentam características que quando adicionadas no concreto permeável em proporções baixas e adequadas, as fibras podem reforçá-lo e evitar propagação de fissuras (LUCENA, 2017).

Em relação as propriedades de tração (Figura 10b), as fibras de vidro apresentaram um desempenho relativamente superior as fibras de polipropileno. O ganho na resistência para as fibras de vidro está diretamente relacionado ao tamanho das fibras. As fibras de vidro utilizadas apresentavam comprimento médio igual a 100 mm, enquanto o comprimento das fibras de

polipropileno foi de 12 mm. Deste modo, quanto maior foi o comprimento das fibras, maior foi a capacidade de resistência pós-fissuração inicial do concreto (SCHWETZ, 2015). Além disso, houve uma alteração de resistência para cada tipo de fibra de acordo com as suas quantidades. De acordo com o estudo de Shah e Ragan (2010), a contribuição da adição de fibras ao concreto, para fração volumétrica baixa ou moderada, não é para a resistência do material, mas para a tenacidade à flexão do mesmo.

4.3 Permeabilidade do concreto

A Figura 11 apresenta o procedimento realizado para o ensaio de permeabilidade. Neste ensaio foi medida a capacidade de que a água tem em infiltrar pelos espaços existentes entre as partículas, assim, quanto maior for os espaços vazios entre as partículas, maior será a permeabilidade do concreto, portanto a água terá mais facilidade de passar por ele.

Figura 11 – Água inicial (a). Cano de PVC nos corpos de prova (b). Pesagem da água infiltrada (c).



Fonte: Próprio autor (2020)

Para a realização do ensaio foi pesado 1 kg de água para cada corpo de prova (Figura 10a), em seguida encaixado o cano com diâmetro de 100mm em cada corpo de prova de cada traço estudado (Figura 10b). Em seguida foi feita a passagem da água pelo cano de forma constante, e logo em seguida após 1 min a água que passou por ele foi colocada em um recipiente e pesada (Figura 10c).

A tabela 3 apresenta os resultados significativos dentre os padrões de permeabilidade obtidos para cada traço.

Tabela 3 – Índices de permeabilidade do concreto de acordo com os traços estudados.

Traço	Quant. Fibra (%)		Porcentagem de água Infiltrada (%)
	Polipropileno	Vidro	
CON PERM	-	-	96,22
CON PP 0,1	0,1		95,74
CON PP 0,5	0,5		89,66
CON VD 0,1		0,1	92,06
CON VD 0,5		0,5	91,85

Fonte: Próprio autor (2020).

Entre os traços estudados o que obteve o maior percentual de infiltração foi o traço com fibras de polipropileno (95,74%). Este resultado está relacionado ao maior número de vazios que, apesar de aumentar a permeabilidade, reduz consideravelmente a resistência do concreto como foi visto na Figura 10a. Pode-se notar com os resultados obtidos que o concreto permeável teve uma maior facilidade de infiltração, tendo um índice de vazios de 15 a 25% e percentual de infiltração de 96,22 %, possuindo um volume de infiltração e escoamento superficial maior que todas as fibras. Este fenômeno está relacionado a menor presença de partículas, nestes casos as fibras, que podem obstruir os vazios presente no concreto. Segundo Wight & Erki (2015) a adição de fibras em grandes quantidades reduz consideravelmente a permeabilidade do concreto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos pode-se observar que a adição de fibras no concreto permeável pode alterar sua trabalhabilidade e a sua consistência final. A adição de fibras fez com que o concreto apresentasse uma área superficial que demanda mais água de molhagem, assim tendo uma menor quantidade de água disponível para fluidificar a mistura.

Através de ensaios mecânicos foi possível notar que o concreto permeável sem adição de nenhuma fibra conseguiu ser mais resistente tanto na tração como na compressão. Entre os traços estudados, o concreto reforçado com fibras de vidro foi o que obteve melhor desempenho mecânico. Isso ocorreu devido ao fato de que a fibras adicionadas possuem comprimento maior, e assim estabeleceram pontes de ligação mais fortes entre os agregados. Os ensaios de permeabilidades indicaram que o concreto que possuía 0,1% de fibra de polipropileno apresentou uma melhor capacidade hidráulica devido ao maior número de vazios, tendo um percentual de infiltração de 95,74% sendo maior entre os traços de concreto com fibras. O concreto permeável comum apresentou um percentual de infiltração 96,22%, indicando que a adição de fibras em grandes quantidades pode reduzir a permeabilidade do concreto.

Portanto, a adição de fibras em grande quantidade no concreto permeável não melhora as propriedades mecânicas e de permeabilidade. Apesar disso, pode-se concluir que as fibras com comprimento maior apresentam resultados satisfatório e são mais eficientes que fibras curtas. Estudos futuros com a aplicação de porcentagem menores de fibras longas no concreto permeável são fundamentais para avaliação real das propriedades mecânicas pós-fissuração deste material.

REFERÊNCIAS

ACI COMMITTEE 522.522R/2010: **Report on Pervious**. 2010, 38p.

ALMEIDA, A. P. **Comportamento das fibras de vidro convencionais em matriz de cimento portland modificada com látex e adição de sílica ativa**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em arquitetura, 2017.

AMARAL, J.C, SILVA L. C. F, MORAVIA W. G. **Análise experimental da adição de fibras poliméricas nas propriedades mecânicas do concreto**. Revista Matéria, v.22, n.1, 2017.

ARAÚJO, G. G.; PRISZKULNIK, S. **Concreto permeável para pavimentação**. Universidade Presbiteriana Mackenzie - Jornada de Iniciação Científica e VII Mostra de Iniciação Tecnológica, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 2009. 09 p.

_____**ABNT NBR 10342: Concreto — Perda de abatimento — Método de ensaio - Determinação da perda de abatimento do concreto fresco ao longo do tempo**. Rio de Janeiro, 2012. 02 p.

_____**ABNT NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015. 09 p.

_____**ABNT NBR 12142: Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos**. Rio de Janeiro, 2010. 05 p.

_____**ABNT NBR 10787: Concreto endurecido — Determinação da penetração de água sob pressão**. Rio de Janeiro, 2011. 06 p.

_____**ABNT NBR 10786: Concreto endurecido — Determinação do coeficiente de permeabilidade à água**. Rio de Janeiro, 2013. 06 p.

BARBOSA, M. P; MACIEL, G. F; CASTRO, A. L, REIS, J. F. A; LEMOS, K. A. A. **Determination of rheological parameters of mortar and concrete by alternative techniques**. IBRACON Structures and Materials Journal - 2011 - vol. 4 - nº 3.

BATEZINI, R. **Preliminar study of pervious concrete as pavement surface layer for light vehicles parking areas**. (In Portuguese) Master thesis, Department of Transportation Engineering, University of São Paulo, 2013.

BERGONZI, M. **Concreto reforçado com uso de fibra de polipropileno e sílica de casca de arroz**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade do Vale do Taquari, UNIVATES - Lajeado, novembro de 2017.

BEZERRA, M. L. F. D. **Taxa de (im) permeabilidade urbana intra-lote: um olhar sob a legislação**. Revista Campo do Saber – ISSN 2447 - 5017 - Volume 1 - Número 2 - jul/dez de 2015.

BONIFÁCIO, J. S. R; GODINHO, D. S. **Estudo do efeito das fibras de vidro e polipropileno nas propriedades mecânicas do concreto**. UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2014.

CLAUDINO, C. M. A; SENA, T. S; SILVA, D. C; GOMES, B. M. C; NASCIMENTO, M. V. **Comparação entre a teoria e a prática da engenharia empregando o ensaio de abatimento de tronco de cone (slump test)**. CONADIS, 2017.

CHANDRAPPA, A. K; BILIGIRI, K. P. **Pervious concrete as a sustainable pavement material – Research findings and future prospects: A state-of-the-art review**. Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Kharagpur, West Bengal 721 302, India, 2016.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto reforçado com fibras**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

GUPTA, R.S. **Principals of structural design: wood, steel and concrete**, 2 ed., Boca Raton, CRC Press, 2014.

HAACH, V. G.; CARRAZEDO, R.; OLIVEIRA, L. M. F.; CORRÊA, M. R. S. **Application of acoustic tests to mechanical characterization of masonry mortars**. NDT & E International, v. 59, p. 18–24, doi:10.1016/j.ndteint.2013.04.013, 2018.

JUNIOR, E. S. D; ROCHA, L. F. S; **Estudo de concreto com adição de fibra de polipropileno para controle da fissuração**. 2011. 110p. Monografia (Graduação) – Universidade da Amazônia. Centro de ciências exatas e tecnológicas, Belém, 2011.

JUNIOR, C. G.; BATTAGIN, A. F. **Relatório de Ensaio nº 92750**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2014.

LAMB, G.S. **Desenvolvimento e análise do desempenho de elementos de drenagem fabricados em concreto permeável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LUCENA, J. C. T. **Concreto reforçado com fibras de polipropileno: estudo de caso para aplicação em painel alveolar de parede fina**. 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

MARAL JÚNIOR, J. C.; SILVA, L. C. F.; MORAVIA, W. G. **Análise experimental da adição de fibras poliméricas nas propriedades mecânicas do concreto**. 2017. 9 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Civil – Dec/cefet-mg, Belo Horizonte, 2017.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. **Concrete: structure, properties, and methods**. 2ª Ed. Prentice Hall, New Jersey, 2018.

MONTEIRO, A. C. N. **Concreto Poroso: dosagem e desempenho**. 2016. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2016.

NASCIMENTO, M. B.; MARQUES, L. S.; REBOUÇAS, L. M. C. **Estudo em escala de bancada da utilização do concreto permeável em pavimentação e drenagem de águas pluviais**. 2018. 18 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Estácio da Bahia, Salvador, 2018.

NEVES, V. C. **Estudo do comportamento à flexão de compósitos cimentícios reforçados com fibras de polipropileno de alta tenacidade**. In: IBRACON, 2011, Florianópolis – SC. Anais do 53º Congresso Brasileiro do Concreto. Porto Alegre - RS, 2012.

PEREIRA, K. K.; BARBOSA, M.P.: **Desenvolvimento de composição de concreto permeável com agregados oriundos de resíduos de construção civil da região de Campinas**. Anais. In: V encontro de iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, Campinas, 2015.

PILS, S. E; REGOSO, F; PAULON, V. A; COSTELLA, M. F. **Pervious concrete: study of dosage and polypropylene fibers addiction**. IBRACON - Structures and Materials Journal Vol. 12, Number 1 (February 2019) p. 101 – 121

PINHEIRO. L. **Projeto Técnico: Pavimento Permeável**. São Paulo. 21p. 2013.

RAMOS, G. M. **Análise das propriedades do concreto permeável com adição de agregado miúdo e resíduo (cinza de madeira)**. Universidade federal de Santa Catarina Centro Tecnológico de Joinville - Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura, 2018.

REYES, F; TORRES, A. **Efecto de las fibras plasticas en la flexion de estructuras de pavimentos drenantes**. *Ingeniería de Construcción*, Chile, v. 17, n. 2, p.93-102, 2002

SALVADOR, R. P., **Análises comparativas de métodos de ensaio para caracterização do comportamento mecânico de concretos reforçados com fibras**, Tese de M.Sc., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2013.

SCHWETZ, P. F. et al. **Concreto permeável: otimização do traço para a pavimentação de fluxo leve**. Lisboa, 2015. 11 p.

SHAH, S.P; RAGAN, G. A. **Do fibers improve the tensile strength of concrete**. In: First Canadian University-Industry Workshop on Fibre Reinforced Concrete. Quebec, 2010. Proceedings. p. 10-30.

TECNOSIL. **Concreto permeável: o que é e quais seus grandes atrativos?** Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/concreto-permeavel-o-que-e-e-quais-seus-grandes-atrativos/>. Acesso em: 27 maio 2020.

TENNIS, P. D.; LEMING, M. L.; AKERS, D. J., **“Pervious Concrete Pavements”**. EB302.02, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, e National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, USA, 2015. 36p.

VIRGILIIS, A. L. C. **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. 196 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes, 2009.

VOLDER, A.; WATSON T; VISWANATHAN, B. **Potential use of pervious concrete for maintaining existing mature trees during and after urban development**, Urban For. Urban Greening 8 (2009) 249–256 (Elsevier).

WIGHT, R. G. e ERKI, M. A. **Steel Fibre reinforced concrete for shear-wall coupling beams**. In: Second University Industry Workshop on Fiber Reinforced Concrete and Other Advanced Materials. Toronto, Canada, 2015. Proceedings. p.363-77.

ZHONG, R.; WILLE, K. **Material design and characterization of high performance pervious concrete**. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Connecticut, 261 Glenbrook Road, Unit 3037, Storrs, CT 06269-3037, United States, 2015.