



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**CLEIBE ANANIAS FILHO
TIAGO ANTUNES DOMINGOS PEREIRA**

**DESEMPENHO E EFICIÊNCIA DOS BLOCOS DE
CONCRETO POROSOS EM COMPARAÇÃO COM O BLOCO
CONVENCIONAL, NO CONTROLE DO ESCOAMENTO
SUPERFICIAL EM AMBIENTES URBANOS**

PUBLICAÇÃO Nº: 14

**GOIANÉSIA / GO
2019**



**CLEIBE ANANIAS FILHO
TIAGO ANTUNES DOMINGOS PEREIRA**

**DESEMPENHO E EFICIÊNCIA DOS BLOCOS DE
CONCRETO POROSOS EM COMPARAÇÃO COM O BLOCO
CONVENCIONAL, NO CONTROLE DO ESCOAMENTO
SUPERFICIAL EM AMBIENTES URBANOS**

PUBLICAÇÃO Nº: 14

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

ORIENTADOR: JULIANA COSTA CAMPOS

**GOIANÉSIA / GO
2019**

FICHA CATALOGRÁFICA

FILHO, CLEIBE ANANIAS.
PEREIRA, TIAGO ANTUNES DOMINGOS.

Desempenho e eficiência dos blocos poroso, no controle de escoamento superficial em ambientes urbanos, 2019, xxix, 29P, 210 x 297 mm (ENC/FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

1. Bloco intertravado	2. Permeabilidade
3. Bloco poroso	4. Resistência a compressão
I. ENC/FACEG	II. Desempenho e eficiência dos blocos de concreto porosos em comparação com o bloco convencional, no controle do escoamento superficial em ambientes urbanos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FILHO, Cleibe A.; PEREIRA, Tiago, A. D. Desempenho e eficiência dos blocos de concreto porosos em comparação com o bloco convencional, no controle do escoamento superficial em ambientes urbanos. TCC, Publicação 14, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica, Goianésia, GO, 46p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Cleibe Ananias Filho e Tiago Antunes Domingos Pereira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Desempenho e eficiência dos blocos de concreto porosos em comparação com o bloco convencional, no controle do escoamento superficial em ambientes urbanos.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à Faculdade evangélica 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.

Cleibe Ananias Filho
CEP: 76380-097
Goianésia/GO - Brasil

Tiago Antunes Domingos Pereira
CEP: 76380-796
Goianésia/GO - Brasil

**CLEIBE ANANIAS FILHO
TIAGO ANTUNES DOMINGOS PEREIRA**

**DESEMPENHO E EFICIÊNCIA DOS BLOCOS DE
CONCRETO POROSOS EM COMPARAÇÃO COM O BLOCO
CONVENCIONAL, NO CONTROLE DO ESCOAMENTO
SUPERFICIAL EM AMBIENTES URBANOS**

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

APROVADO POR:

**JULIANA COSTA CAMPOS, Esp. (FACEG)
(ORIENTADOR)**

**IVANDRO JOSÉ DE FREITAS ROCHA, Me. (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**RAFAEL GONÇALVES FAGUNDES PEREIRA, Esp. (FACER)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

DATA: GOIANÉSIA/GO, 07 de DEZEMBRO de 2019.

*Dedico este trabalho aos nossos pais:
Cleibe e Claudete (Cleibe) e ;
Arlene e Ismael (Tiago);
a todos nossos familiares, amigos
e todos os professores que já tivemos.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom de nossas vidas, pela saúde que temos, pela graça de nos ter concebido sabedoria e paciência nessa difícil caminhada, pela força que nos concede também. Agradeço também aos nossos pais Cleibe Ananias e Claudete Rosa (Cleibe), Arlene Antunes e Ismael Domingos (Tiago) que foram fundamentais nessa trajetória, pois esses que não mediram esforços em nossas criações, que nos passaram exemplos de como ser pessoas responsáveis, honesta, dignas, que sempre esteve nos incentivando e motivando.

Agradeço a nossa orientadora Esp. Juliana Costa Campos, por sempre ter a disposição de nos ajudar, cobrado, por dar sugestões, conselhos e principalmente pela pessoa que ela é, que sempre nos tratou com respeito, carisma. Temos muito carinho por ela e muito também a agradece-la por ter aceitado esse papel tão difícil de ser nossa orientadora.

A todos os professores que tivemos ao longo do curso que foram importantes em nossas formações tanto acadêmicas, quanto pessoal. A todos nossos amigos de longa data e aos que fizemos nesses anos de faculdade, amigos esses que proporcionaram muitos momentos marcantes de bastantes descontração e companherismo.

*“Deem graças em todas as circunstâncias, pois esta é a vontade de Deus para vocês em
Cristo Jesus.”
1 Tessalonicenses 5:18*

RESUMO

Com o crescimento dos centros urbanos, problemas com a impermeabilização do solo tem afetado diretamente os moradores por meio de alagamentos e inundações. Novas tecnologias surgem para tentar solucionar esse problema, em busca de um material que corresponda de forma rápida e adequada. O bloco de concreto intertravado convencional é denominado permeável por ter suas arestas responsáveis pela percolação da água, mas mesmo com essa consideração ainda é preciso maior rapidez na percolação, com um material que seja permeável. Por tanto esta tralho tem como objetivo comparar o bloco de concreto poroso com o convencional para a utilização em calçadas e áreas permeáveis no controle dos escoamentos superficiais nos centros urbanos. Para essa comapração foram realizados ensaios de resistência a compressão dos blocos convencional e poroso; ensaio de permeabilidade dos blocos convencional e poroso; a verificação e análise das características dos blocos de concreto poroso; e, a verificar da viabilidade de utilização do bloco de concreto poroso na construção civil em comparação com o bloco convencional.

Os ensaios realizados por esse trabalho foram realizados na UniEvangélica e na FACEG onde com os ensaios se obteve os dados esperados, o teste de resistencia a compressão obteve-se resultados superiores ao limite exigido pela norma embasada, os blocos responderam superiormente à uma resistência de 15 Mpa, já no ensaio de permeabilidade o bloco de concreto poroso se destacou em comparação com o convencional pois atingiu 100% da água ensaiada escoada entre seus vazios em pouco tempo e o bloco convencional não alcançou essa percolação

O bloco de concreto permeável possui, tecnologia inovadora consegue corresponder adequadamente todas as exigências dispostas pelas normas envolvidas nesse trabalho, além que o bloco em comparação com o convencional se destaca individualmente, além de ter as arestas quando intertravados os blocos absorvem a água precipitada pelos seus vazios fazendo uma absorção total da água e permitindo que o local em que é dispostos os blocos totalmente pavimentado. Desta forma, esse trabalho tem como fim a comparação dos blocos de concreto convencional e poroso na solução do problema de inundação nos centros urbanos. Os ensaios visando a solução da falta de permeabilidade do solo nos ambientes urbanos destacou em comparação com o bloco convencional, o bloco de concreto poroso como resposta com maior velocidade e eficiência na absorção das águas pluviais, esse destaque o indica como uma maneira adequada e sustentável ao problema dos alagamentos e enchentes que tem ocorrido nas cidades nos ultimos tempos

Palavras-chave: Blocos intertravados, Bloco permeável, Calçadas permeável.

ABSTRACT

With the growth of urban centers, problems with soil sealing have directly affected residents through flooding and flooding. New technologies emerge to try to solve this problem, looking for a material that matches quickly and appropriately. The conventional interlocked concrete block is called permeable because its edges are responsible for the percolation of water, but even with this consideration it is still necessary to speed up the percolation with a material that is permeable. Therefore, this trail aims to compare the porous concrete block with the conventional one for use on sidewalks and permeable areas to control surface runoff in urban centers. For this comparison, conventional and porous block compressive strength tests were performed; conventional and porous block permeability test; the verification and analysis of the characteristics of porous concrete blocks; and to verify the feasibility of using the porous concrete block in civil construction compared to the conventional block.

The tests performed by this work were performed at UniEvangélica and FACEG where with the tests the expected data were obtained, the compressive strength test obtained results above the limit required by the grounded standard, the blocks responded superiorly to a resistance of 15 Mpa, already in the permeability test the porous concrete block stood out compared to the conventional one because it reached 100% of the tested water drained between its voids in a short time and the conventional block did not reach this percolation.

The permeable concrete block has, innovative technology can adequately meet all the requirements laid down by the standards involved in this work, and the block compared to the conventional stands out individually, and have the edges when interlocked blocks absorb the water precipitated by their voids making a complete absorption of water and allowing the place where the blocks are fully paved. Thus, this work aims to compare the conventional and porous concrete blocks in the solution of the flood problem in urban centers. The tests aimed at solving the lack of soil permeability in urban environments highlighted in comparison with the conventional block, the porous concrete block as a response with higher speed and efficiency in the absorption of rainwater, this highlight indicates it as an appropriate and sustainable way. to the problem of flooding and flooding that has occurred in cities in recent times

Keywords: Interlocking blocks, Permeable block, Permeable sidewalks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Trechos de alagamentos por falta de permeabilização do solo.....	04
Figura 2 – Influência da urbanização de uma bacia.....	05
Figura 3 – Bloco permeável intertravado.....	08
Figura 4 – Permeabilidade nos blocos de concreto intertravados.....	09
Figura 5 – Porosidade no concreto.....	11
Figura 6 – Tipos de revestimentos.....	13
Figura 7 – Bloco de concreto permeável.....	16
Figura 8 - Ensaio de permeabilidade.....	18
Figura 9 - Detalhes da prensa utilizada.....	20
Figura 10 - Local de fabricação dos <i>pavers</i>	21
Figura 11 - Depósito dos <i>pavers</i> na fábrica.....	21
Figura 12 - Gráfico dos resultados dos testes.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores típicos de coeficientes de permeabilidade	14
Tabela 2 – Classificação de permeabilidade	15
Tabela 3 – Determinação de massa de água para o ensaio	19
Tabela 4 – Valores dos ensaios de compressão.....	23

LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1 – Tipos de drenagem urbana	04
Quadro 2 – Dimensionamento das camadas de revestimento.....	12
Gráfico 1 - Média das resistências em comparação a NBR 16416/2015....	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ACI - *American Concrete Institute*

FACEG – Faculdade Evangélica de Goianésia.

FEJA – Faculdade Evangélica de Jaraguá

kgf – Quilograma força

MPa – Mega Pascal

NBR

PVC - Policloreto de polivinila

Uni Evangélica – Centro Universitário de Anápolis

LISTA DE SÍMBOLOS

A – Área de seção transversal (m^2)

C – Coeficiente de 10000

D – Diâmetro

e – Espessura da placa (m)

k – Coeficiente de permeabilidade

m - Metros

m^2 - Metros quadrados

m^3 - Metros cúbicos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo Geral	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Problemas de drenagem urbana.....	3
2.2 Aspectos negativos relacionados á impermeabilização do solo	5
2.3 Surgimento do concreto permeável.....	6
2.4 Características dos blocos de concreto	7
2.6 Vantagens da utilização do bloco de concreto poroso em pavimentação	10
2.7 Exigências mínimas do Concreto Permeável	11
2.8 Pavimentos Permeáveis.....	12
2.9 Vantagens e Desvantagens	15
2.10 Ensaio de permeabilidade	16
3. METODOLOGIA	17
3.1 Ensaio de permeabilidade	17
3.2 Ensaio de resistência a compressão.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	26

1 INTRODUÇÃO

A humanidade modifica seu habitat desde o surgimento das civilizações, e essa interferência provoca impactos ambientais em diversas escalas. Com o avanço da tecnologia, novos materiais foram desenvolvidos para melhorar o conforto, um dos pontos ou fatores que tem se buscado por conforto está relacionado com a pavimentação, segurança e tecnologia. Além de facilitar o acesso, ela diminui a poeira (ROSSETTO, 2003). A pavimentação dos solos em centros urbanos gera problemas como a impermeabilização, que limita a infiltração das águas pluviais.

Com o crescimento e a impermeabilização total das cidades os sistemas de drenagem convencionais: bueiros e sarjetas não tem suportado a quantidade da vazão de água pluvial, surgindo assim inúmeros problemas urbanos comumente os alagamentos, a impermeabilização impede que a água passe para o solo, no qual o natural seria as águas pluviais suprir o lençol freático e ter para onde escoar (TUCCI, 1998).

Diversos estudos buscam soluções para a falta de permeabilidade do solo. Os blocos drenantes de concreto permeável, ou apenas blocos de concreto poroso foram desenvolvidos visando a sustentabilidade urbana, por se tratar de uma maneira de auxiliar na resolução de grande parte dos problemas de inundações e enchentes em centros urbanos (HÖLTZ, 2011). O bloco de concreto poroso difere do bloco de concreto convencional, uma vez que possui vazios intencionais, os quais são favoráveis para a infiltração da água, reduzindo assim o enorme fluxo de escoamento das águas pluviais que acometem as enchentes. (POLASTRE e SANTOS, 2006).

Este trabalho tem como objetivo geral caracterizar o bloco de concreto poroso por meio de ensaios, analisando os resultados para utilização em calçadas e áreas permeáveis. Para tanto, será realizado o referencial teórico, execução de ensaios normatizados segundo a NBR 9781/2013 – Peças de concreto para pavimentação e a NBR 16416/2015 – Pavimentos permeáveis de concreto, verificação e análise das características dos blocos e verificação da utilização do mesmo na construção civil.

1.1 JUSTIFICATIVA

O Brasil sofre com uma crise gerada por uma urbanização desenfreada e um planejamento inadequado das cidades, como consequência deste crescimento temos a impermeabilização do solo. Essa impermeabilização segundo Tucci (2005), impossibilita as águas pluviais de percolar no perfil do solo causando assim os grandes alagamentos, afetando

não somente os moradores mas também o meio ambiente, com a possível contaminação dos lençóis freáticos.

A busca por soluções rápidas, eficientes e sustentáveis, tem chamado a atenção nesses últimos anos, muitas tecnologias foram desenvolvidas, e os blocos de concreto permeável respondem adequadamente as necessidades. O bloco de concreto permeável tem-se destacado pelo modo como absorve as águas pluviais e pela resistência para suportar o transporte de pessoas, tornando o local onde é aplicado um lugar permeável e revestido. Destacando o seu uso em estacionamentos de veículos leves e calçadas.

Discutir sobre a substituição de blocos de concreto convencionais por blocos de concreto permeável na construção de estacionamentos e calçadas é extremamente relevante, pois com os seus vazios do concreto absorvem rapidamente a precipitação evitando que a água fique na superfície, impedindo futuros alagamentos ou inchentes. Esse assunto para a construção civil é de suma importância tanto para conscientização quanto aprendizado, destacando a sustentabilidade, conforto e reposição de recursos naturais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Comparar o bloco de concreto poroso com o convencional para a utilização em calçadas e áreas permeáveis no controle dos escoamentos superficiais nos centros urbanos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar ensaio de resistência a compressão dos blocos convencional e poroso;
- Realizar ensaio de permeabilidade dos blocos convencional e poroso;
- Verificar e analisar as características dos blocos de concreto poroso; e,
- Verificar a viabilidade da utilização do bloco de concreto poroso na construção civil em comparação com o bloco convencional.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O crescimento populacional dos grandes centros urbanos teve maior avanço após a década de 60, com a busca da qualidade de vida, a população brasileira viu a oportunidade de mudança da zona rural para os grandes centros urbanos, porém as cidades não possuíam infraestrutura adequada para essa migração populacional (BATEZINI, 2013).

O crescimento urbano tem seu lado positivo, como a criação de novos lugares para trabalhar e viver, mais lugares recreacionais e um bom crescimento econômico. Mas também a urbanização tem seu lado negativo, com esse grande desenvolvimento é inegável o aumento dos impactos ambientais (CASTRO, 2011).

Segundo Tucci (2005), esse processo de migração, ocasionou muitos problemas como:, devido um mal planejamento; a falta de controle da infraestrutura urbana; a degradação do meio ambiente; e, a perda de qualidade de vida populacional. A falta de escoamento gerada pela impermeabilização do solo é um dos desafios das grandes cidades, pois ocasiona em constantes inundações e alagamentos, causando inumeros transtornos a população, esse problema é tanto pela ausência de planejamento do crescimento urbano quanto da conscientização das pessoas que impermeabiliza as áreas verdes, dificultando que a água da chuva infiltre no solo (RODRIGUES *et al.*, 2016).

2.1 Problemas de drenagem urbana

Segundo Larentis (2017), a drenagem urbana é praticada a décadas para solucionar os problemas das águas pluviais nas cidades, sistema que tem por finalidade captar o volume gerado pela água da chuva drenando-o diretamente para uma possível jusante. A princípio a ideia era de manter o solo impermeabilizado com pavimento e fazer a canalizar as água para os córregos, com o objetivo de afastar rapidamente a água da chuva dos centros urbanos. Pode ser exemplificado como na Figura 1 o sistema de drenagem.

O sistema de drenagem tem como finalidade realizar a captação, o transporte e o destino final das águas superficiais, levando em conta a hidrografia da região. O sistema tem inúmeras medidas que busca diminuir os riscos de inundações para que não atrapalhe o desenvolvimento urbano (PINTO, 2006).

Figura 1: Trechos de alagamentos por falta de permeabilidade do solo.



Fonte: Santos (2016)

Atualmente no Brasil a drenagem urbana ainda é utilizada o sistema clássico, um sistema que por muito tempo tem dado resultados, mas com o aumento das áreas impermeáveis o fluxo de escoamento das águas pluviais e entupimento de muitos desses sistemas, tem contribuído muito para os alagamentos. Para solução de problemas como este têm surgido novas técnicas compensatórias e sustentáveis com intuito de reduzir ao máximo a possibilidade de alagamentos (AMARAL, 2016). A drenagem utilizada atualmente nas cidade é considerado o sistema clássico, demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 : Tipos de drenagem urbana.

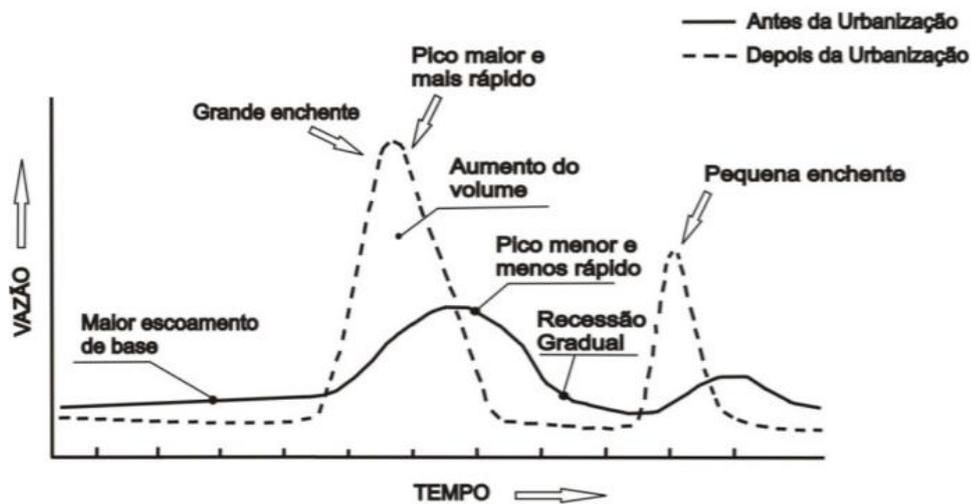
Drenagem Urbana	Sistema Clássico	Meio fio, boca de lobo, sarjetas, galerias e etc.
		Rede de canais.
	Técnicas compensatórias	Telhado verde
		Valas de infiltração
		Pavimento permeável

Fonte: Amaral (2016).

Com o aumento da area impermeabilizada, a quantidade de água que chega ao sistema de drenagem aumenta, pois tem uma aceleração do escoamento das águas pluviais em areas impermeáveis, que podem ser através de condutos e canais. O crescimento da urbanização pode ocasionar obstruções ao escoamento em consequências de drenagens inadequadas, aterros e pontes. Com uma precipitação mais intensa, o volume do escoamento superficial que vai para o sistema de drenagem pode ser superior a capacidade máxima do sistema de drenagem , esse

excesso de água provocará inundações (TUCCI, 2003). A figura 2, demonstra os efeitos que a impermeabilização do solo causa em uma bacia hidrográfica urbana.

Figura 2: Influência da urbanização de uma bacia.



Fonte: Tucci (2003, p.91).

2.2 Aspectos negativos relacionados á impermeabilização do solo

Um solo impermeável pode ocasionar uma redução das redes de drenagens que causam inundações cada vez mais frequentes nas áreas urbanas, gerando várias consequências. Alguns problemas que podem ser citados são: a deterioração do ambiente; perda de vidas; prejuízos econômicos, financeiros e patrimoniais; e danos incorrigíveis. Nota-se que o aumento da porcentagem da impermeabilização do solo contribui para o aumento do escoamento superficial (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Com o avanço da urbanização nos últimos tempos essa falta de permeabilidade vem causando vários problemas em na infraestrutura urbana. Atualmente cerca de 80% da população brasileira reside em áreas urbanas. Essa impermeabilização dos solos das cidades estão nas vias pavimentadas, telhados, calçadas e nos estacionamentos, isso faz com que exista uma diminuição da infiltração da água no solo e da evapotranspiração. (PINTO, 2011).

A impermeabilização urbana provoca um grande impacto ao meio ambiente, de forma direta e indireta, um caminho para modificar esse impacto ambiental seria a utilização de tecnologias mais sustentáveis e limpas, uma maneira de amenizar esse transtorno é a utilização de blocos de concreto permeável (HÖLTZ, 2011).

2.3 Surgimento do concreto permeável

O concreto permeável é uma tecnologia que não é considerada nova, pois já tinha sua utilização desde metade do século 19. Nesse período vários países europeus adotavam o uso desse tipo de concreto de diversas maneiras, como casas, edifícios, painéis pré-fabricados (FRANCIS, 1965).

A utilização do concreto permeável teve sua propagação durante Segunda Guerra Mundial, onde com as destruições ocasionadas pela guerra, desencadeou uma necessidade de construções de moradias de execução rápida e baixo custo, e fez com que o concreto permeável se sobressair do concreto convencional. Sendo bastante utilizado na Europa e passando a ser muito utilizado na Austrália nos anos 60, o concreto permeável começou a ser empregado na construção nas Américas no final do século 20, conforme Ghafoori (1995).

De acordo com ACI - *American Concrete Institute* (2006), no Canadá o concreto permeável inicialmente foi utilizado nos anos 60, em construções de casas em Toronto, esse material foi também usado como base não-estrutural do *Federal Building*, localizado em Ottawa. Nos EUA esse material passou a ser usado na década de 70.

O interessante que o uso do concreto permeável nesses países não foi usado com objetivo de reduzir custos ou poupar materiais, mas sim por suas características de ser altamente permeável. O uso de concreto nos Estados Unidos foi desencadeado com a finalidade de amenizar as consequências das inundações que as áreas impermeáveis recém construídas estavam passando na época. De modo que ia se desenvolvendo o crescimento urbano, cada vez mais se tornava maior a impermeabilização do solo, causando assim um crescimento de intensidade das enxurradas urbanas, conseqüentemente aumento das inundações (HÖLTZ, 2011).

Segundo Mulligan (2005), o concreto permeável nos EUA foi utilizado como o objetivo de melhorar a permeabilidade das zonas urbanizadas, inicialmente foi usada nos Estados da Florida, Utah e Novo México. Com resultados satisfatórios dessa tecnologia apresentada nessas regiões logo o concreto permeável passou a se espalhar para outros Estados do país, como a Califórnia, Illinois, Oklahoma, e Winsconsin.

Segundo Polastre e Santos (2006), em alguns países como o Japão e o Chile, já existe registros de uso do concreto permeável em boa parte de suas áreas urbanas. Com isso a comunidade científica internacional teve uma intensificação nos estudos dessa tecnologia nos últimos anos, tendo o objetivo de caracterizá-lo e normatiza-lo de forma adequada.

Nos últimos vinte anos os EUA teve um avanço significativo sobre os estudos em relação ao concreto permeável, isso permitiu uma série de produções de coletâneas relacionados a esse material, feita pela ACI que desde 2006, chamada de *Pervious Concrete*, boletim esse que possui especificações para o auxílio na produção de concreto permeável (JAHN, 2016).

No Brasil a utilização do concreto permeável tem uma baixa presença na construção civil, essa tecnologia é vagamente aplicada, com iniciativas isoladas em calçadas e estacionamentos de shoppings e condomínios (MAZZONETTO, 2011). Em 2015 foi lançada a “NBR 16416:2015 – Pavimentos Permeáveis de Concreto – Requisitos e Procedimentos”, norma essa que estabelece as especificações mínimas de projeto, execução e manutenção de pavimentos permeáveis de concreto.

2.4 Características dos blocos de concreto

A execução dos blocos parte da utilização dos materiais como cimento, agregados e água, esses pré-moldados em geral, não tem diferenças cruciais em sua fabricação, de acordo com Pinto (2011). Algumas características gerais que os blocos devem possuir segundo a Associação de Cimento Portland são: ser eficaz na transmissão de carga de um bloco para outro; não apresentar concavidades entre os blocos e também não haver ângulos agudos; ter as dimensões iguais ou menores que 40 cm, de acordo com sentidos ortogonais, conforme Sales (2008).

Peças de blocos de concreto intertravados também tem a característica de fácil encaixe e travamento, trabalhando cada bloco individualmente como se fossem apenas uma grande estrutura, por terem esse fácil encaixe não necessita de rejunte possibilitando uma agilidade no processo de execução (HÖLTZ, 2011).

Geralmente os pavimentos de blocos de concreto são composto por duas camadas: a base, e a camada de rolamento que é composta pelos blocos. As duas têm papéis importantes, pois sem a base os blocos seriam introduzidos no solo natural chamado de subleito, a base tem como objetivo suportar os blocos (ARAUJO et al., 2000).

O bloco de concreto poroso é um tipo de concreto que tem alta porosidade permitindo a drenagem da água. Esse tipo de bloco é composto por agregados com função de graduação, tendo pouco uso ou eliminando a areia. O bloco poroso foi utilizado no Japão em 1983 em locais destinados a estacionamentos como camada superficial do solo. Já na Europa e nos Estados Unidos, o uso desse bloco não tinha grande popularidade ate o ano de 1990, onde

começou a ser estudado com objetivo de minimizar os ruídos da interação do pneu com o pavimento (CHRISTORY et al., 1993).

Figura 3: Bloco permeável intertravado.



Fonte: Araújo (2000).

Conforme Amaral (2017), atualmente o bloco de concreto mais usado é o piso intertravado feito de concreto maciço, conhecido como *paver* – pavimento de concreto, sua infiltração ocorre apenas pelos espaços entre uma peça e outra, possui uma boa infiltração mas não como o bloco de concreto drenante ou ecodreno, que possui poros permitindo a total percolação da água, sendo muito mais eficaz.

Figura 4: Permeabilidade nos blocos de concreto intertravados.



Fonte: Autor (2019)

Entende-se que a principal razão dos blocos de concreto permeável serem investigados e utilizados atualmente é pelo motivo da sua alta permeabilidade, esse material quando

empregado em calçadas e estacionamento tem respondido positivamente em períodos de chuva, drenando uma boa porcentagem da água pluvial reduzindo a vazão que segue para o sistema urbano de drenagem. Além de uma contribuição por permitir o escoamento natural da água para o solo mantendo assim os aquíferos subterrâneos e reduzindo o escoamento superficial que provoca inundações e enchentes. (HOLTZ, 2011)

Neste tipo de pavimento, a capacidade drenante da camada de rolamento é promovida através da dosagem da mistura de agregado graúdo, cimento e água. Com granulometria aberta e, portanto, permeável, essa camada pode captar as águas superficiais e conduzi-las para fora da estrutura do bloco até dispositivos de descarga. Para tanto, uma declividade adequada é imposta à camada através da conformação da superfície da camada subjacente, de modo que a velocidade da água seja compatível com a vazão exigida, bem como com a preservação da integridade da camada (PORTO, 1995). A camada superior dos pavimentos porosos é construída de forma similar aos blocos convencionais, mas com a retirada da fração da areia fina da mistura dos agregados do pavimento.

2.5.1 Tamanho dos agregados

Para garantir uma alta porosidade é necessário que o bloco de concreto tenha os agregados cuidadosamente escolhidos de acordo com a sua graduação. a curva granulométrica deve-se aparentar aberturas, que resulta na ausência de material que preencheria esse espaço vago entre os agregados maiores. A força de contato desse bloco são adquiridos em relação ao tamanho dos agregados fino em função dos agrados graúdos (NEITHALATH et al, 2003). Em estudo realizado por Gerharz (1999) recomenda-se que os tamanhos dos agregados para bloco de concreto poroso deve ser entre 4,0 mm e 8,0 mm.

2.5.2 Quantidade de Cimento

O bloco poroso tem uma quantia de cimento relativamente baixa, mas o suficiente para fazer a ligação dos agregados. Essa quantidade minimizada de cimento se deve pela importância de diminuir a pasta adicional que escoar entre os vazios da estrutura do bloco que pode causar a redução dos poros vazados. Esse método garante uma alta porosidade residual e com resistência à compressão aceitáveis (NELSON, 1994).

A relação água-cimento se mantém de forma constante, com o valor próximo de 0,33, que ajuda a minimizar a quantia elevada de pasta de cimento, ficando uma quantidade suficiente para o revestimento dos agregados (NEITHALATH et al., 2003).

2.5.3 Aditivos

Para a geração de aumento da resistência de ligação das partículas, são introduzidos aditivos a base de polímeros, que aumenta também a resistência à compressão do bloco de

concreto. Quando se possui um teor de cimento baixo, os minerais finos são misturados com os aditivos para incorporar o bloco de concreto com objetivo de melhorar a estrutura e as tensões suportadas (NEITHALATH et al., 2003).

2.5.4 Dosagem do bloco de concreto poroso

A dosagem do bloco poroso deve-se decorrer de forma que o resultado final do material apresente granulometria que possibilita as dimensões significativas dos poros, isso faz com que haja uma facilidade de circulação da água dentro do bloco. Essa mistura deve exibir uma porosidade entre 15% a 20% devido a redução da quantidade de pasta de cimento. Aos 28 dias esse material deve apresentar uma resistência à compressão de no mínimo 15 MPa (REYES e TORRES, 2002).

2.5.5 Tensão de compressão

No Brasil a NBR 9781/2013 é a norma que determina a resistência à compressão de peças de concreto pré-moldadas que são destinadas à pavimentações, estacionamentos e pátios. O bloco de concreto poroso por não possuir finos em sua estrutura, a resistência à compressão tem resultados inferiores ao de um concreto convencional. As máximas tensões desse tipo de bloco dependem do tamanho e da disposição dos grãos e da medida de aditivos utilizados (ONSTENK et al., 1993).

2.5.6 Permeabilidade

Para a permeabilidade a norma em vigor é a NBR 16416/2015 – nome da norma, onde se relaciona a capacidade de percolação da água no bloco ou as propriedades drenantes de mesmo com a porosidade comunicante. Com uma porosidade comunicante em torno de 20 a 29% é capaz de se encontrar um resultado de aproximadamente de permeabilidade de 0,01 m/s (NISSOUX et al., 1993).

2.6 Vantagens da utilização do bloco de concreto poroso em pavimentação

Esse tipo de sistema apresenta inúmeras vantagens significativas: Uma das principais vantagens do uso do bloco de concreto poroso está ligado ao fato de auxiliar com a redução de inundações e enchentes. Junto tem a infiltração da água para subsolo, que abastece os lençóis freáticos, mantendo seu nível normal (SALES, 2008).

O bloco poroso em pavimentos mostram uma diminuição da ocorrência de spray de água que os pneus dos carros fazem em pistas molhadas, melhora a visibilidade do tráfego na via molhada. Outra vantagem também é o fato desse tipo de bloco em pavimento auxiliar no encaminhamento da água para o subleito, isso faz com que haja redução na hidroplanagem e redução de ruídos (CHRISTORY et al., 1993).

Inicialmente a principal razão do uso do bloco poroso em pavimento tinha como objetivo a redução do risco de hidroplanagem, somente alguns anos depois ele passou a ser destinado para redução de ruídos. Este bloco passou também a ser usado em projetos de fundações de estruturas de pavimentos onde se deseja o alcance de uma drenagem contínua para aumentar a vida de serviço (CHRISTORY et al., 1993).

Com infiltração da água na superfície através da porosidade do pavimento se obtém a redução dos riscos de tráfegar em vias com presença de chuva, a diminuição dos níveis térmicos e de umidade, reduz também a distancia de frenagem de um veículos, essas são algumas características que incentivam a utilização do bloco de concreto poroso em pavimentações (REYES e TORRES, 2002).

2.7 Exigências mínimas do Concreto Permeável

O concreto permeável e o concreto convencional são compostos pelos mesmos materiais, o que diferencia um do outro é basicamente a quantidade de agregados miúdos, uma vez que no concreto permeável é quase inexistente, importante para gerar quantidades de vazios suficientes para a absorção das águas (TENNIS et al., 2004), segundo ACI (2010), a quantidade de vazios mínimos que o concreto permeável pode conter é entre 15% e 35%, passando dessa quantidade o concreto perde muita resistência Figura 5.

Figura 5: Porosidade no concreto



Fonte: Autor (2019)

De acordo com ACI (2010), o pavimento de concreto permeável varia sua taxa de drenagem conforme a quantidade e tamanho dos agregados, o diâmetro não pode ser menor que 9,5 mm e maior que 19 mm tornando assim permeável.

Segundo NBR 16416/2015, o dimensionamento das camadas do revestimento, tem que atender no projeto os valores mínimos especificados como explicado no Quadro 2, levando

em consideração que o projetista fica responsável de avaliar os valores, se são suficientes para responder as condições mínimas solicitadas para a execução.

^c

^b *determinação da resistência à flexão, conforme na ABNT NBR 15805.*

determinação da resistência à tração na flexão, conforme na ABNT NBR 12142.

Nomenclatura das referidas normas e ano

Quadro 2: Dimensionamento das camadas de revestimento

Tipo de Revestimento	Tipo de Solicitação	Espessura Mínima (mm)	Resistência Mecânica Característica (MPa)	Método de Ensaio
Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas)	Tráfego de pedestres	60,0	$\geq 35,0^a$	ABNT NBR 9781
	Tráfego leve	80,0		
Peça de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60,0	$\geq 20,0^a$	
	Tráfego leve	80,0		
Placa de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60,0	$\geq 2,0^b$	ABNT NBR 15805
	Tráfego leve	80,0		
Concreto permeável moldado no local	Tráfego de pedestres	60,0	$\geq 1,0^c$	ABNT NBR 12142
	Tráfego leve	100,0	$\geq 2,0^c$	
<p>^a <i>determinação da resistência à compressão, conforme na ABNT NBR 9781.</i></p> <p>^b <i>determinação da resistência à flexão, conforme na ABNT NBR 15805.</i></p> <p>^c <i>determinação da resistência à tração na flexão, conforme na ABNT NBR 12142.</i></p>				

Fonte: NBR 16416 (2015)

2.8 Pavimentos Permeáveis

A NBR 16416/15 têm como propósito determinar as exigências e requisitos mínimos para um projeto, especifica e indica o método de execução e manutenção de pavimentos de concreto (NBR 16416, 2015).

Pavimento permeável é basicamente a referência de três pavimentos a se usar: asfalto poroso, concreto porosos e blocos de concreto, possuindo uma superfície traçada para amenizar o escoamento superficial (URBONAS e STAHRÉ, 1993).

Os pavimentos formados de blocos de concreto e asfalto de blocos poroso possuem uma forma semelhante de fabricação aos pavimentos convencionais, a distinção são os finos excluídos na mistura. A Figura 6, demonstra alguns tipos de pavimentações para calçadas.

Figura 6: Tipos de revestimentos



Fonte: Modificado de Collins & Hunt (2008).

Os pavimentos convencionais podem ser substituídos pelos pavimentos feitos de blocos permeáveis em locais de baixo tráfego, calçadas e em áreas de estacionamentos. Essa restrição é imposta devida a existência do reservatório de brita que faz com que o bloco de concreto tenha uma menor capacidade de suportar os esforços mecânicos causados pelos tráfegos de veículos pesados (ANDRADE FILHO *et al.*, 2000).

O pavimento permeável pode ser dividido em diferentes formas em relação a água precipitada. A definição de um sistema de infiltração necessita das características do solo e as condições do projeto para a escolha do revestimento a ser utilizado segundo Baptista *et al.* (2005), diz que esse pavimento pode ter 3 (três) tipos de classificação conforme a atuação do escoamento superficial:

- Pavimentos com revestimento superficial permeável: proporciona a diminuição da velocidade do escoamento superficial, a a redução da velocidade de escoamento superficial, a conservação momentânea de pequenos volumes na própria superfície do pavimento e possibilita a infiltração de parte das águas pluvias;
- Pavimentos dotados de estrutura porosa: no reservatório é realizado a detenção provisória de pequenos volumes de águas pluviais, ocasionando o amortecimento das vazões e a mudança temporal dos hidrogramas;
- Pavimentos com estrutura porosa e dispositivos de facilitação da infiltração: esse pavimento opera tanto na detenção temporária quanto na infiltração de águas pluviais.

Outra classificação que pode ser feita segundo Azzout *et al.* (1994) e Baptista *et al.* (2005), é em relação ao seu funcionamento:

- Entrada imediata da água da chuva na estrutura do pavimento: é capaz de efetuar a entrada da água de maneira distribuída, quando o pavimento tem revestimento permeável. E a entrada localizada, quando a superfície não possui revestimento permeável e é utilizado drenos laterais que são ligados ao sistema de drenagem.
- Detenção temporária da água no interior do pavimento: a água é reservada nos vazios do espaço poroso.
- Evacuação lenta da água: através dos drenos ligados ao sistema de drenagem a água tem sua infiltração direta no solo.

Os lugares com revestimentos de pavimento de blocos de concreto permeável devem ter a percolação de 100% das águas precipitadas nessa área e também tem que ter 100% permeável as áreas de contribuição consideradas no projeto, contando que sejam cumpridas as especificações da NBR 16416/2015. É recomendado para áreas locais como estacionamentos e calçadas que o pavimento deva possuir toda sua área da superfície apontada como 100 % permeável (ABNT, 2015).

A execução de um revestimento de pavimento de concreto permeável depende do estudo do solo a ser aplicado, pois possuem diferentes coeficientes de permeabilidade. A Tabela 1, mostra alguns valores típicos desses coeficientes:

Tabela 1: Valores típicos de Coeficientes de Permeabilidade

Solo	Coefficiente de Permeabilidade
Argilas	$< 10^{-8}$ m/s
Siltes	10^{-6} a 10^{-8} m/s
Areias argilosas	10^{-7} m/s
Areias finas	10^{-5} m/s
Areias medias	10^{-4} m/s
Areias grossas	10^{-3} m/s

Fonte: Silva (2011).

O solo de acordo com esse coeficiente é classificado entre baixa, alta ou muito alta permeabilidade, onde a areia fina e a argilosa tem um valor baixo de permeabilidade, já a areia grossa alta permeabilidade. A Tabela 2, indica a classificação dos coeficientes de permeabilidade.

Tabela 2: Classificação de Permeabilidade

Valores típicos de coeficiente de permeabilidade para solos		
Permeabilidade		k (m/s)
Pavimentos permeáveis	Muito alta	$> 10^{-3}$
	Alta	10^{-3} a 10^{-5}
	Baixa	10^{-5} a 10^{-7}
Pavimentos impermeáveis	Muito baixa	10^{-7} a 10^{-9}
	Baixíssima	$< 10^{-9}$

Fonte: NBR 16416 (2015).

2.9 Vantagens e Desvantagens

O principal vantagem do concreto permeável é a infiltração da água por seus vazios impede a retenção da água evitando assim, alagamentos e empoçamentos além de repor os aquíferos subterrâneos que é o mais afetado pela impermeabilidade dos centros urbanos. Por permitir a infiltração natural da água pluvial ao solo, não necessita o uso de valas, tubulações, sarjetas e outros métodos comuns de drenagem urbana gerando uma economia na construção (POLASTRE e SANTOS, 2006).

Outra vantagem destacada em relação a outros tipos de blocos de concreto é por sua coloração ser mais clara ele absorve muito menos a radiação do sol abrandando o calor, contribuindo para o menor aquecimento urbano.(POLASTRE e SANTOS, 2006).

A infiltração por um lado pode ser muito boa para reposição dos aquíferos subterrâneos, mas segundo Pinto (2011), não se pode descartar a possibilidade de contaminação, uma vez que esses poluentes podem ser infiltrados conjunto à água.

Contudo, mesmo que o concreto permeável seja considerado uma saída e forma sustentável para solução de enchentes nos centros urbanos, ainda é um material inovador com alguns impasses a serem solucionados. Para material permeável, que envolve vazios no mesmo, sempre há possibilidade de colmatção, ou o mesmo que preenchimento dos vazios com terra, detritos, material com partículas finas, gerando entupimento e fazendo com que o material perca sua principal característica. Sendo necessário um gasto com manutenção para limpeza do bloco (BAPTISTA e NASCIMENTO, 2011).

De acordo com Virgiliis (2009), a colmatção está propriamente ligada a vida útil do concreto ou pavimento de meio poroso. Com passar do tempo os vazios vão sendo preenchidos,

impedindo assim as águas de serem drenados, o material permeável passa a ser uma estrutura impermeável.

Para a manutenção ou recuperação dessa capacidade drenante do piso de bloco poroso, o mais comum é a utilização de uma varredura a vácuo juntamente com jateamento de alta pressão, ao menos uma vez por ano conforme Alencar (2013). Com a manutenção correta e esse procedimento é possível a recuperação da permeabilidade inicial de 80 a 90%.

2.10 Ensaio de permeabilidade

Condutividade hidráulica mais conhecida como coeficiente de permeabilidade é definida pela velocidade que a água transpassa determinado equipamento, a característica mais importante para o concreto permeável (BETEZINI, 2013).

Há outras formas mais atuais utilizando instrumentos de laboratório, o mais utilizado pela sua eficiência e praticidade de acordo com diversos autores é o ensaio por meio de parâmetros de carga variável, que consiste em um teste com corpo cilíndrico, preparado de forma que a água infiltre da parte superior a inferior do corpo de prova sem escorrer pelas laterais (SCHAEFER et al., 2006).

Figura 7: Bloco de concreto permeável.



Fonte: Autor (2019)

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa baseou-se em um método qualitativo, por meio do levantamento de informações técnicas e ensaios em laboratoriais como os ensaios de permeabilidade e resistência a compressão dos blocos de concreto porosos e de concreto convencional.

A sequência de elaboração do trabalho baseou-se em pesquisa bibliográfica, execução de ensaios laboratoriais e posteriormente análise dos resultados. A revisão da literatura foi realizada por meio artigos técnicos, teses, dissertações, monografias, e normas vigentes.

O ensaio de permeabilidade foi realizado de acordo com a norma ABNT 16416/2015 - Pavimentos Permeáveis de Concreto Requisitos e Procedimentos - e o ensaio de resistência à compressão foi determinada de acordo com a NBR 9781/2013 - Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio.

Esse trabalho pode ser definido como exploratório, pois tem como um de seus fins avaliar através da coleta de dados, segundo as normas NBR 16416/15 e NBR 9781/13, através de ensaios de permeabilidade e resistência, verificando as vantagens da aplicação de blocos de concreto poroso em comparação com o bloco convencional, na utilização de pavimentos como estacionamentos e calçadas.

3.1 Ensaio de permeabilidade

ABNT/CB-018 - Comitê brasileiro de cimento, concreto e agregado elaborou a ABNT NBR 16416/15, com o objetivo de normatizar e estabelecer requisitos mínimos exigidos para projetos, execuções e manutenção de pavimentos permeáveis de concreto, fundamental para a execução do ensaio de permeabilidade do referido trabalho.

Para os ensaios de permeabilidade foi adotada a norma NBR 16416/15 - Pavimentos permeáveis de concreto – requisitos e procedimentos, elaborada pelo comitê brasileiro de cimento, concreto e agregado juntamente com a norma NBR 9781/2013 - Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio.

Os blocos para os ensaios foram obtidos junto a Tetracon, empresa especializada na fabricação desses blocos intertravados Para cada ensaio utilizou-se a média de 02 (dois) blocos de concreto, para obtenção dos resultados, tanto para o bloco poroso quanto o convencional.

De acordo com a norma NBR 16416/15, o início do procedimento dispõem o anel de infiltração feito por tubo PVC - Policloreto de polivinila sobre o bloco de concreto, passando a massa de calefar nas extremidade de contato do anel com o bloco para evitar o vazamento da

água, posicionou-se o recipiente embaixo dos blocos para a percolação da água, cronometrou-se o tempo que a água levou para infiltrar e percolar pelos blocos .

Seguindo a NBR 16416/15 foram utilizando os seguintes equipamentos para a execução do ensaio:

- Água limpa;
- Bloco de concreto poroso e convencional;
- Recipiente com volume de 1 L;
- Massa de calafetar (massa utilizada para vedar frestas e orifícios);
- Cronometro com resolução de 0,1 s; e,
- Anel de infiltração, resistente para não deformar quando estiver cheio, cilíndrico vazado com diâmetro de (300 ± 10) mm e altura mínima de 50 mm, o cilindro internamente deve conter duas linhas de referência de 10 mm e 15 mm em relação a face inferior do anel.

Para o procedimento posicionou-se o anel de infiltração no centro do bloco como mostrado na Figura 8, foi vedado com massa de calefação para não haver vazamentos.

Figura 8: Ensaio de permeabilidade



Fonte: Autores (2019)

O ensaio foi realizado em um ponto central, não sendo permitida a execução se houver água na superfície do bloco. Para determinação do ensaio tira-se a média dos resultados obtidos. O ensaio começou com o despejar da 1 (um) litro de água no anel com velocidade para manter o líquido entre as marcações de 10 mm e 15 mm, marcando o intervalo de tempo com o

cronometro, começando assim que a água atinge a superfície do pavimento permeável e parando quando não houvesse mais água na superfície. Para determinar o volume da água seguiu-se a Tabela 3 abaixo:

Tabela 3: Determinação da massa de água para o ensaio

Tempo de pré-molhagem	Massa de água para o ensaio
S	Kg
≤ 30	18 ± 0,05
> 30	3,60 ± 0,05

Fonte: NBR 16416 (2015)

3.2 Ensaio de resistência a compressão

O ensaio de resistência a compressão estabelece requisitos mínimos exigidos para utilização de peças de concreto intertravado para pavimentação, a qual é descrito na ABNT NBR 9781/2013 - Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio, que visa atender a necessidade do uso ao tráfego de pedestres e de veículos. Norma especialmente para blocos de concretos pré-moldados.

Após a execução dos ensaios a resistência foi feita a verificação das características dos resultados para comparar com às referidas na norma baseada. Na execução do ensaio foi analisado as dimensões das peças de concreto que foram utilizados: a medida nominal (medida da peça especificada pelo fabricante) do comprimento deve ser no máximo de 250 mm; a medida real (medida verificada diretamente na peça de concreto) da largura teve conter no mínimo 97 mm na região da peça onde sofrerá a aplicação da carga no ensaio da resistência, destacando que as peças de concreto só poderão ter a largura menor que 100 mm, se o bloco for isento de rebaixos e juntas falsas em sua área de teste; e a espessura não pode ser menor que 60 mm, especificada em múltiplos de 20 mm.

Alguns aspectos a destacar segundo NBR 9781/2013: os blocos de concreto devem ser obrigatoriamente incorporados a um espaçador para adequar aos requisitos quanto à espessura das juntas; o chanfro de um bloco é a forma inclinada entre a parte superior e a lateral, não é obrigatório o uso do chanfro, depende apenas dos aspectos construtivos e conforto de rolamento para seu uso, havendo blocos com e sem chanfro; a peça de concreto deve fazer um ângulo de 90° devendo assim ser apoiada em uma superfície plana.

O prazo de 28 dias é a data e que o concreto tem sua cura ou resistência quase completa, vale destacar que segundo ABNT NBR 9781/2013 - Peças de concreto para pavimentação —

Especificação e métodos de ensaio, os blocos entregues ao cliente com menos de 28 dias de idade, deve apresentar uma resistência de no mínimo 80% f_{ck} do especificado na tabela.

Para execução do ensaio de compressão é necessário alguns equipamentos e dados de acordo com ABNT NBR 9781/2013 tais como:

- Máquina de ensaio, deve ser de classe 1 ou mais e a estrutura de aplicação de força tem que suportar a força exigida no ensaio realizado, permitindo um teste de compressão controlado;
- As placas auxiliares, são posicionadas no prato inferior e superior da máquina de ensaio, deve-se ficar perfeitamente alinhadas no eixo central, as placas devem ser de aço e formas circulares com diâmetro de $(85 \pm 0,5)$ mm e a espessura de no mínimo 20 mm, vale destacar que a superfície das placas não podem apresentar afastamento com a superfície de contato maior que 0,01 mm e 85 mm;
- Dimensões da peça a ser utilizada devem ser informadas pelo fabricante, tanto medidas nominais quanto reais.

O ensaio de resistência à compressão foi realizado na UniEVANGÉLICA – Centro Universitário de Anápolis, com a presença de um técnico especializado, foi utilizado a prensa da marca Paviest denominada Máquina Universal 100t conforme a Figura 9.

Figura 9: Detalhes da prensa utilizada.



Fonte: Autor (2019).

Os blocos testados foram adquiridos através de uma doação da Empresa Tetracon, empresa especializada na produção e venda de *pavers* no estado de Goiás. As Figuras 10 e 11 mostram o local de produção e armazenagem dos blocos produzidos.

Figura 10: Local de fabricação dos *pavers*.



Fonte: Autores (2019).

O ensaio à compressão foi executado em dois blocos de concreto convencional (*Paver*), e dois blocos de concreto poroso para obter a média dos resultados, todos os blocos foram medidos, os blocos adquiridos possuem 20 cm de comprimento, 10 cm de largura e 6 cm de espessura que correspondem as dimensões adequadas conforma a NBR 9781:2013

Figura 11: Depósito dos *pavers* na fábrica.



Fonte: Autores (2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

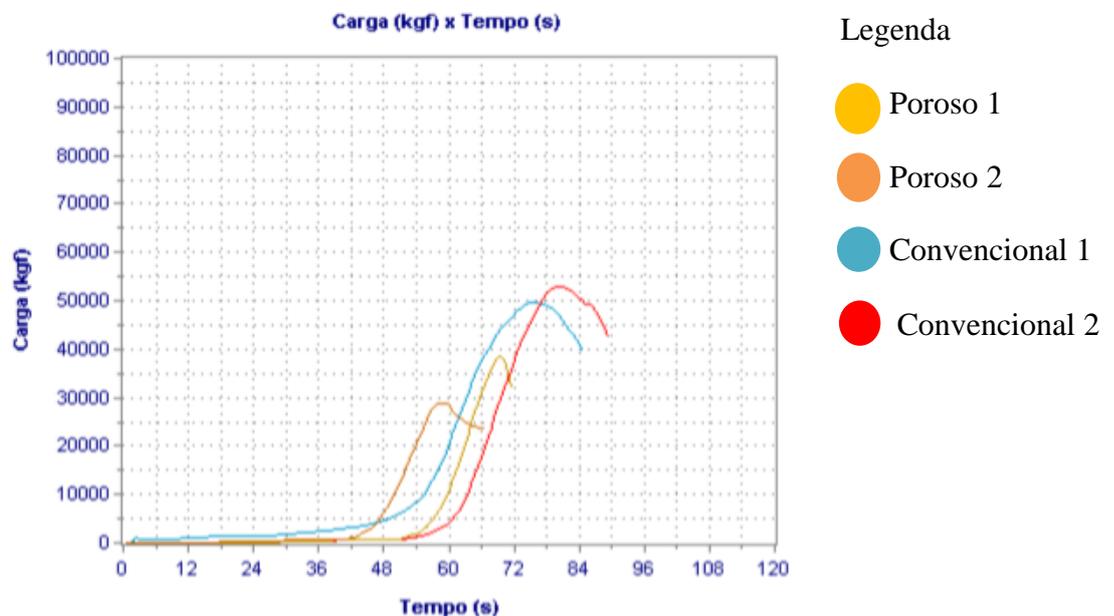
O ensaio de permeabilidade indicou vantagem do bloco permeavel em relação ao bloco convencional, em relação a a rapidez e eficiência para suprir rapidamente o volume de água total de 1 (um) l de água percolada em seus vazios em um tempo de 1 (um) minuto, enquanto o bloco convencional não teve percolação, mostrando assim uma eficácia para os problema de alagamentos e inundações.

Destaca-se que os blocos convencionais são considerados permeáveis, quando encaixados os blocos no local, as arestas entre o intertravamento serve para percolação da água. Mas essa percolação não é obtida através de um bloco, enquanto o bloco poroso faz esse trabalho individualmente. Todo o conjunto de blocos fazem o trabalho de permeabilidade, obtendo maior rapidez na percolação.

Os resultados obtidos pelo ensaio de resistência a compressão, realizado na prensa Paviest, denominada maquina universal 100t forneceu os resultados, que mostra uma relação de tempo e carga dos blocos, os picos são os momentos de ruptura dos blocos, fornecidos pela prensa por meio de um gráfico apresentado na Figura 12.

Figura 12: Gráfico dos resultado dos teste.

Gráfico dos Ensaio



Fonte: Autores (2019)

Com os resultados do ensaio de compressão além do gráfico gerado pelo sistema da prensa, também foi disponibilizado os valores das cargas em Mpa resistida por cada bloco, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4: Valores dos ensaios de compressão

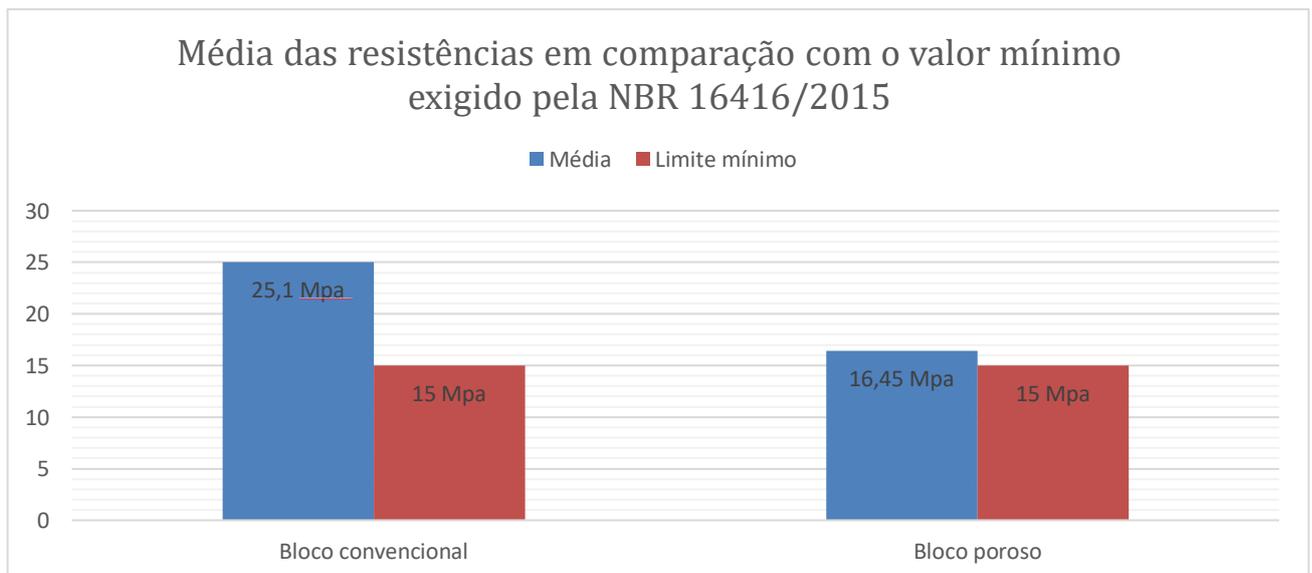
Dados dos Corpos de Prova			
Id. CP	Idade	Tensão ruptura	Carga ruptura
Convencional 1	28	24,3 (MPa)	49.560 (kgf)
Convencional 2	28	25,9 (MPa)	52.770 (kgf)
Permeável 1	28	18,8 (MPa)	38.410 (kgf)
Permeável 2	28	14,1 (MPa)	28.840 (kgf)

Fonte: Autores (2019)

O bloco de concreto convencional obteve maior resistência a compressão que bloco de concreto poroso, os resultados para os blocos porosos foram satisfatórios atendendo as exigencia mínima da NBR 16416/15, de 15 MPa de resistência para locais como estacionamentos e calçadas.

Após os resultados foi feito a média dos valores obtidos, ilustrado no Gráfico 1 o bloco convencional teve uma média de 25,1 MPa de resistência enquanto o bloco de concreto poroso teve uma média de 16,45 MPa.

Gráfico 1: Média das resistências em comparação a NBR 16416/2015.



Fonte: Autores (2019)

De acordo com o fornecedor dos blocos, o bloco de concreto poroso é vendido por R\$ 45,00 reais o m², e o bloco convencional por de R\$ 28,15 reais. Portanto o preço de venda do concreto poroso é mais elevado, média de 37.44% mais caro que o bloco convencional, devido o seu preparo com a retirada do agregado miúdo, diminuição da relação água cimento e adição de aditivos para que atenda as exigências de percolação e resistência a compressão das normas virgente, sendo um custo relativamente baixo pensando no custo benefício que esse material inovadora na questão ambiental.

5. CONCLUSÃO

O estudo desenvolvido possibilitou uma análise comparativa entre os blocos de concreto poroso e o bloco convencional, através de ensaios realizados em laboratório, que possibilitou resultados das características de permeabilidade e resistência a compressão dos referidos blocos. Com objetivo da análise do comportamento dos blocos como resposta a problemas pela falta de drenagem urbana adequada.

Quanto permeabilidade, o bloco poroso se destacou devido a percolação d'água transpassar os seus vazios rapidamente demonstrando uma maior eficiência na drenagem de água urbanas em relação ao bloco de concreto convencional. Nesse sentido, a utilização dos blocos de concreto porosos para redução e prevenção de futuros alagamentos e enchentes visando o conforto e sustentabilidade dos centros urbanos é demasiadamente viável por além de ter suas arestas que permitem a passagem da água, a mesma pode percolar por seus vazios tendo maior vantagem e velocidade de percolação.

Os ensaios de resistência a compressão foram satisfatórios para os dois blocos, pois a resistência a compressão a média dos dois tipos de blocos atingiram valores superiores a carga mínima de 15 MPa exigida pela NBR 9781/2013 – Peças de concreto para pavimentação – Especificações e métodos de ensaio, os blocos de concreto convencional, com uma média de 25,1 MPa de resistência a compressão ao bloco convencional e 16,45 Mpa para o bloco de concreto poroso. Conclui-se que ambos os blocos possuem resistências adequadas para suportar cargas decorrente em calçadas ou estacionamentos, os blocos trabalham em conjunto distribuindo as forças carregadas, fazendo com que sejam muito resistentes.

.As características dos blocos de concreto apresentou viabilidade para obras da construção civil, para a diminuição dos impactos ambientais e urbanos acarretados pela impermeabilização dos solos, em relação ao valor de venda do produto a uma aumento de 37,44% em relação ao bloco convencional e uma maior dificuldade de disponibilidade de venda que o bloco convencional, porém mesmo ao valor ser relativamente maior o bloco convencional possui melhor custo benefício quando comparado a questão ambiental e escoamento superficial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9781:2013 – Peças de concreto para pavimentação** – Especificação e métodos de ensaio. 2013.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16416:2015 – Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos**. 2015.
- ACIOLI, L. A. et al. **Implantação de um módulo experimental para a análise da eficiência de pavimentos permeáveis no controle do escoamento superficial na fonte**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15. Curitiba. Anais. Curitiba: ABRH, 2003.
- ACI 522R-06 – Pervious Concrete, 2006.
- ACI Committee 522. Pervious **Concrete, 522R-10**, *American Concrete Institute*, Farmington Hills, Michigan, 2010.
- AMARAL, A.C.R.: **Pavimento intertravado de concreto convencional e permeável**. Monografia de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ: Rio de Janeiro, 2017.
- ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C.E.; GOLDENFUM, J. A. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 5, n. 3, jul./set. 2000. p. 21-29. DOI: 10.21168/rbrh.v5n3.p21-29.
- AZZOUT, Y. et al. **Tecnicas alternatives en assainissement pluvial**. Paris: Technique et Documentation – Lavoisier, 1994.
- BATEZINI, R. **Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 2013.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**, Porto Alegre: ABRH, 2011.
- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. **Performance-cost evaluation for urban storm drainage**. *Water Science and Technology: a Journal of the International Association on Water Pollution Research*, n. 51, Feb. 2005.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRUAD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005.
- BETEZINI, R. **Estudo Preliminar De Concretos Permeáveis Como Revestimento De Pavimentos Para Áreas De Veículos Leves**. São Paulo 2013.
- BIDONE, F.; TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas. In.: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. de (orgs.). **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH/ Editora da Universidade/ UFRGS, 1995. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.5).

CASTRO, A. S.; GOLDENFUM, J. A.; DA SILVEIRA, A. L. L.; MARQUES, D. M. M. Avaliação da Evolução do Comportamento Quantitativo de Pavimentos Permeáveis no Controle do Escoamento Superficial. RBRH - **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v 18, n. 1, 2011.

CHRISTORY, J. P.; PIPIEN, G.; SOUDIEU, B.; CHAUCHOT, J. The road and the environment – a marriage of convenience: Thick porous pavements, **Proceedings of the Fifth International Conference on Concrete Pavement and Rehabilitation**, Purdue University, Indiana, 1993, Vol.2.

FERREIRA, L. C. De A.; NETO, C. O. De A.; RIGHETTO, A. M.; SALES, L. P. B. THAISE, E. A. de. **Dispositivo automático simples para coleta de amostras sequenciais de águas do escoamento superficial em áreas urbanas**. In: XXXI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria e Ambiental, 2008, Santiago – Chile.

FRANCIS, A. M. **Early Concrete Buildings in Britain**. Concrete and Constructional Engineering, Londres, V.60, N. 2, Fev/1965.

GERHARZ, B. **Pavements on the base of polymer- modified drainage concrete, Colloids and Surfaces**. A: Physicochemical and Engineering Aspects, Vol. 152, 1999.

HAZEN, A. (1930). “**Water Supply**” **American Civil Engineering Handbook**, John Wiley & Sons, New York, pp. 1444-1518. Citado em Fernandes (2006).

HÖLTZ, F. da C. **Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise de viabilidade técnica e do impacto ambiental**. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de cimento Portland. In: Geraldo Cechella Isaia (Org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010.

KNAPTON, J.; COOK, IAN D. **Permeable paving for a new container handling area at Santos Container Port, Brazil**. In: 6th International Conference on Concrete Block Paving. Tokyo – Japan, 2000.

LAMB, G. S. **Desenvolvimento e Análise do Desempenho de Elementos de Drenagem Fabricados em Concreto Permeável**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

LARENTIS, D. **Conceitos da drenagem urbana. Rhama aprenda**, [S.L.], 2017.

MAZZONETTO, C. **Concreto Permeável**. Revista Infraestrutura Urbana. ed. 11, fev. 2012.

MULLIGAN A. N. **Attainable Compressive Strength of Pervious Concrete Paving Systems**. University Orlando, Florida, 2006.

NEITHALATH, N., WEISS, W.J., and OLEK, J. **Enhanced Porosity Concrete: Electrical Impedance, Acoustic Absorption, and Hydraulic Permeability**. Presented at the ACI Fall Convention, Boston, 2003.

NELSON, P. M. **Designing porous road surfaces to reduce traffic noise**. TRL Annual Review, Transportation Research Laboratories, UK, 1994.

NIGRI, I. R. **Pavimentos Permeáveis de Concreto - Requisitos Gerais de Projeto Estabelecidos pela Norma ABNT NBR 16416: 2015**. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, 2017.

NISSOUX, J. L.; GNAGNE, C.; MARZIN, J.; LEFEBVRE, J. P.; PIPIEN, G. **A pervious cement concrete wearing course below 73 dB(A)**. Proceedings of the Fifth International Conference on Concrete Pavement and Rehabilitation, Purdue University, Indiana, 1993.

ONSTENK, E.; AGUADO, A.; EICKSCHEN, E.; JOSA, A. **Laboratory study of porous concrete for its use as top layer of concrete pavements**. Proceedings of the Fifth International Conference on Concrete Pavement and Rehabilitation, Purdue University, Indiana, 1993.

PINTO, L. H.; PINHEIRO, S. A. **Orientações básicas: PARA DRENAGEM URBANA**. 1 ed. Belo Horizonte: feam, 2006.

PINTO, L. L. C. A. **O desempenho dos pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano**. 2011. 255 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

POLASTRE, B.; SANTOS, L.D. **Concreto Permeável – Impermeabilização Do Solo E Drenagem Urbana**. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. 2006. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0221/Trabalhos%20Finais%202006/Concret%20perme%C3%A1vel.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2013.

REYES, F.; TORRES, A. **Concreto Poroso: Tecnología e Investigación para Su Uso em Pavimentos**. In: Revista Noticreco N°65. Colombia, 2002.

RODRIGUES, P. S. H.; CALDEIRA, A. C. V.; CRUZ, A. H. G.; ALVES, L. G.; YOKOMIZO, L. G. P. **Estudo e Desenvolvimento de Concreto Permeável com Função Estrutural e Análise de Viabilidade de Utilização**. Revista Engenharia em Ação Unitoledo, 2016.

ROSSETTO, A. M. **Proposta de um sistema integrado de gestão do ambiente urbano (sigau) para o desenvolvimento sustentável de cidades**. Tese – UFSC. Florianópolis, 2003.

SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A.; FILHO, M. N. M. B.; **Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo**. 2016.

SALES, T. D. **Pavimento permeável com superfície em blocos de concreto de alta porosidade**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008.

SCHAEFER, V.; WANG, K.; SULEIMAN, M.; KEVERN, J. **Mix Design Development for Pervious Concrete in Cold Weather Climates**. Final Report, Civil Engineering, Iowa State University, 2006.

SENÇO, **Manual de técnicas de pavimentação**, volume II, São Paulo: Pini, 2001.

SOUZA, C. F. S.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. **Desenvolvimento urbano de baixo impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas urbanas.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. UFRGS. V.17, n.2, p. 9-16. mai, 2012.

TENNIS, P.D.; LEMING, M.L.; AKERS, D.J. **Pervious Concrete Pavements**, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, 2004.

TUCCI, C. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. RBRH – **Revista Brasileira dos Recursos Hídricos**. v. 2, n. 2, jul/dez 1997.

TUCCI, C. E. M. Estimativa do Volume para Controle da Drenagem no Lote . In: BRAGA, B. P. F.; TUCCI, C. E. M.; TOZZI, M. J. (orgs.). **Drenagem urbana: gerenciamento, simulação, controle.** Porto Alegre: Ed. UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1998. (ABRH Publicações, n. 3).

TUCCI, C., **Inundações Urbanas.** Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007, Vol.11.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/ABRH, 1995.

TUCCI, C. E. M.; **Parâmetros dos Hidrogramas Unitário para Bacias Urbanas Brasileiras.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 8, n.2, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia aplicada.** 2. ed. Porto Alegre: Editorada UFRGS; ABRH GWP, v. 1. 2005.

VIRGILIIS, A. L. C. **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias.** 2009. 213 f.

WATANABE,B.; BALBO, J. T.; POSSER, A., **Análise da capacidade de infiltração em pavimento permeável de bloco de concreto unidirecionalmente articulado.** 2017.