



TRABALHO DE GRADUAÇÃO

ENGENHARIAS 2020

NOVO TRAÇO DE CONCRETO PERMEÁVEL: UTILIZAÇÃO DE ASFALTO FRISADO E REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA CINZA E PLUVIAL

Itallo Daniel¹

Matheus Fagundes de Souza¹

Pedro Battazza Brandi¹

Me. Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena²

Universidade São Francisco

itallodaniel@hotmail.com

matheus.fagundes@mail.usf.edu.br

pedro_brandi@hotmail.com

¹Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

²Orientador Prof. Mestre Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista.

Resumo. Sustentabilidade e a preservação de recursos naturais são aspectos, que estão, e devem estar presentes cada vez mais na vida das pessoas. Pensando nisso, e tendo em vista materiais que se apresentam em abundância na construção civil como a água, concreto, brita e materiais asfálticos, o presente trabalho trata-se de um novo traço de concreto permeável, no qual será utilizado água pluvial e a reutilização de águas cinzas, provenientes de recursos domésticos. O novo traço também terá a substituição da brita pelo descarte asfáltico, conhecido como asfalto frisado. O trabalho foi composto por um estudo de dois traços distintos, sendo eles o traço 01 e traço 02, realizados em ambos testes de permeabilidade e de resistência a compressão. Contudo, após a análise dos testes não alcançamos a resistência esperada e nem a permeabilidade do concreto, porém o novo traço estudado poderá ser utilizado em locais com baixo índice de compressão proporcionando um benefício econômico e ambiental.

Palavras-chave: Concreto; sustentabilidade; permeabilidade; descarte

Abstract. Sustainability and the preservation of natural resources are aspects, which are, and must be increasingly present in people's lives. With this in mind, and considering materials that are abundant in civil construction such as water, concrete, gravel and asphalt materials, the present work is a new permeable concrete trace, in which rainwater and reuse will be used. gray waters from domestic resources. The new line will also have the replacement of gravel by asphalt disposal, known as beaded asphalt. The work consisted of a study of two distinct features, which are the 01 and 02 feature, performed in both permeability and

compressive strength tests. However, after the analysis of the tests, we did not reach the expected strength or the permeability of the concrete, however the new feature studied can be used in places with low compression index providing an economic and environmental benefit.

Keywords: Concrete; sustainability; permeability; discard.

Introdução

O presente trabalho teve como intuito a criação, estudo e testes de um novo traço de concreto permeável, no qual fosse composto pela substituição da brita, utilizada em concretos convencionais, pelo asfalto frisado e a utilização conjunta do reuso de águas cinza e pluvial.

Sobre o concreto permeável, ele pode ser utilizado em diversas situações, como por exemplo em calçadas, parques, praças, como isolantes acústicos, ou em lugares de baixa solicitação de cargas.

Basicamente, pode-se dizer que o concreto permeável é um concreto com alto percentual de vazios que são intencionalmente incorporados ao concreto, contrapondo-se aos concretos convencionais, cujo objetivo é o alcance da maior densidade possível, já que os concretos permeáveis devem conter poros para permitir a infiltração de água. (LAMB, 2014. pág.53)

Outra característica do concreto permeável é sua aparência, na qual não demonstra alteração devido as intempéries do tempo, segundo Lamb (2014) pavimentos permeáveis permanecem com aparência praticamente inalterada após a ocorrência de intempéries, ao contrário do que ocorre com os pavimentos impermeáveis, que apresentam aparência úmida por mais tempo.

O concreto é o elemento mais utilizado na construção civil, o composto formado por um aglomerante, no caso do Brasil o cimento Portland, água, brita e areia. É utilizado em quase todos os processos construtivos. Tal popularidade deve-se a suas características, como a sua versatilidade, economia e durabilidade.

Como o Brasil apresenta uma extensa malha rodoviária, isso faz com que a sua manutenção e construção sejam processos bastantes comuns e predominantes. Durante o processo de manutenção e recapeamento da camada asfáltica, o material retirado muitas vezes não possui reutilização ou descarte adequado. Devido a esse fato o presente trabalho elaborou um novo traço de concreto permeável com a utilização do descarte asfáltico, resultando assim, em uma utilidade para o asfalto frisado.

O asfalto frisado é o resultado do processo chamado de frisagem dos pavimentos asfálticos, no qual consiste em um procedimento de corte parcial ou total da camada asfáltica existente, esse processo acontece pelo uso de equipamentos especiais pesados. Esse método possui o objetivo de restauração da qualidade da superfície e melhorias na capacidade de suporte estrutural. (BERNUCCI et al, 2010).

Com o reaproveitamento do asfalto frisado para um traço de concreto permeável se torna uma solução com grande potencial sustentável e favorável ao meio ambiente. E ao se tratar de meio ambiente é de suma importância a questão da preservação da água, no qual é uma substância indispensável na vida humana, pois um dos únicos fatores que permitem a conservação e surgimento de vida é a existência da água, sendo também de extrema importância para a saúde dos seres humanos.

Cada vez mais a água está sendo requisitada nas moradias domésticas, nas indústrias, na agropecuária, em tudo, pois a população cresce e junto a ela o consumo hídrico cresce também, porém em uma proporção desigual. Por isso o reuso das águas é um fator importante tanto para a construção civil como para os demais fins, pois proporciona grande vantagem

para a preservação dos recursos naturais. Uma das principais vantagens de se fazer o reuso de água é a preservação da água potável para uso exclusivo dos seres humanos. Sendo que a água de reuso pode ser utilizada para as atividades como a agricultura, indústrias e na construção civil, diminuindo assim impactos ambientais e aumentando a economia de água.

Neste sentido o reuso das águas cinzas, que são as águas provenientes de todas as atividades domésticas com exceção de fontes de águas negras tais como sanitários bidês e urinol, vem sendo estudadas com vistas ao reuso tanto em irrigação como em sanitários, desta maneira, tanto o uso das águas cinzas, como as águas pluviais, no meio da construção civil, como por exemplo no objetivo deste projeto, é bastante viável, pois além de reduzir os custos com a água potável irá ocasionar um destino favorável para essas águas.

Por fim para se fazer a reutilização das águas cinzas e pluviais é de extrema importância seguir as diretrizes e normas abordadas pela ABNT, especificamente na NBR nº 13.969/1997.

Material e Métodos

Composição dos traços

No centro tecnológico da Universidade São Francisco, no Campus de Bragança Paulista, foi realizado o experimento, compondo 2 novos traços diferentes de concreto permeável. Foram moldados 24 corpos de prova cilíndricos de 10cm x 20cm para executar o ensaio de compressão. Também, 2 placas de 40cm x 40cm x 6cm, com a finalidade de verificar a vazão permeável do concreto.

Utilizamos como parâmetro para o experimento, o traço convencional de concreto com a resistência mínima de 25Mpa. Sendo assim, foram produzidos corpos de prova com os novos traços adotados, contendo no traço 01, 15kg e no traço 02, 25kg de asfalto frisado. E também foi substituído a água tratada pelas águas pluviais e cinzas. Segue na tabela 01 os traços adotados:

Tabela 01 – Traços adotados

Traço	Corpo de Prova	Cimento (Kg)	Asfalto Frisado (Kg)	Água Cinza/pluvial(Litros)	Areia (Kg)
Convencional	-	3,36	13,56	1,008	-
T01	12	7,15	15,00	3,861	17,875
T02	12	7,15	25,00	3,861	17,875

Fonte: Autores, 2020.

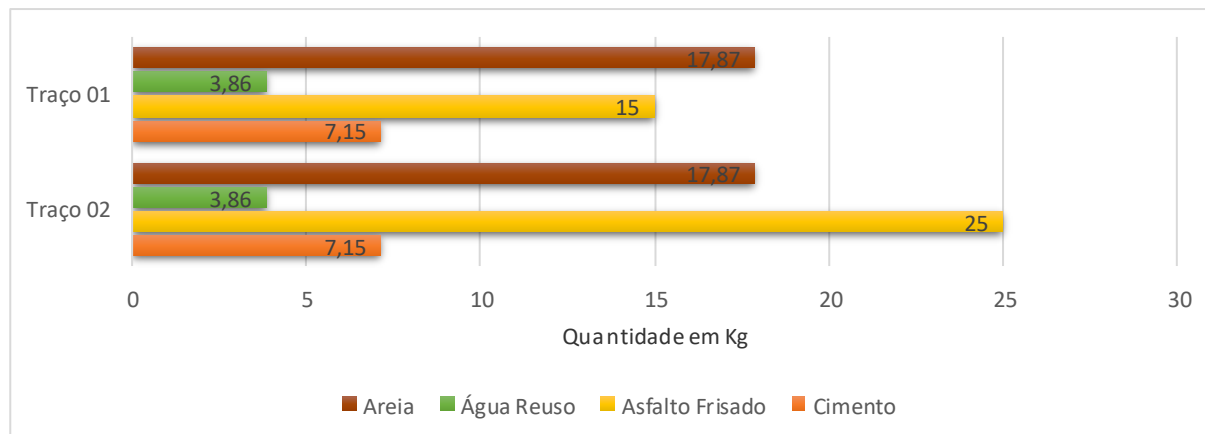


Gráfico 1 – Quantidades dos materiais de cada traço. Fonte: Autores, 2020.

Foi executado a pesagem e dosagem dos materiais de acordo com os traços desejados como ilustrados na imagem a seguir:



FIGURA 01 – Materiais utilizados para os traços

Fonte: Autores, Centro Tecnológico, USF Bragança Paulista, 2020.

Conforme a figura 02 são 12 corpos de prova moldados para o traço 01 e 12 corpos de prova para o traço 02. Sendo 6 de cada deles para o tempo de cura do concreto de 7 dias e outros 6 de cada para cura de 28 dias.



FIGURA 2 – Corpos de provas prontos

Fonte: Autores, CT USF Bragança Paulista, 2020.

Ensaio de Compressão

Para realizar o Ensaio de Compressão segundo a NBR 5739/1994 os corpos de prova foram colocados na máquina *Forney Automatic*, como demonstrado na figura 03, observando a resistência alcançada de cada traço.



FIGURA 3 – Teste de compressão

Fonte: Autores, CT USF Bragança Paulista, 2020.

O teste de ruptura à compressão axial é a solução mais aceitável para a verificação da resistência do concreto, este ensaio é orientado por um conjunto de normas ABNT, que padronizam uma série de instruções para a extração, moldagem, cura e rompimento dos corpos de prova.

Conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015) os corpos de provas podem ser cilíndricos ou prismáticos, a altura deve ser obrigatoriamente igual ao dobro do diâmetro, com tolerância de 2%, os corpos cilíndricos variam diametralmente entre 10cm e 45 cm, aumentando de 5 em 5cm do 10 aos 30 cm e 15 cm na última medida (45cm). O molde do corpo de prova conforme a norma deve ser dos seguintes materiais, e obedecer às especificações relatadas,

As laterais e a base do molde devem ser de aço ou outro material não absorvente, que não reaja com o cimento Portland, e suficientemente resistentes para manter sua forma durante a operação de moldagem. O molde deve ser aberto em seu extremo superior e permitir fácil desmoldagem, sem danificar os corpos de prova. A base, colocada no extremo inferior do molde, deve ser rígida e plana e ter dimensões suficientes para manter a sua estabilidade quando da moldagem, com tolerância de planeza de 0,05 mm (ABNT NBR 5738, 2015, p.2).

A moldagem do corpo de prova consiste em primeiramente cobrir os moldes com uma fina camada de óleo mineral ou lubrificante que não reaja com o cimento, após retira-se a amostragem do concreto e preenche-se o molde por camadas, a cada camada deve ser aplicado um determinado número de golpes com uma haste metálica com comprimento de 600 mm a 800 mm para a homogeneização do material e remover os vazios, após isso retira-se os excessos (NBR 5738, ABNT, 2015).

O procedimento de cura do corpo de prova é uma importante etapa, a norma NBR 5738 (ABNT, 2015) descreve que os moldes após serem cheios devem ser armazenados em locais livres de perturbações como vibrações, intempéries entre outras. Os corpos de provas devem ser cobertos com materiais que não reajam nem absorvam outros componentes para

não haver a perda de água, causando fissuras e má hidratação do cimento, o corpo de prova ainda pode ser mantido em processo de cura úmida ou saturado.

Após o determinado tempo de cura os corpos de prova estão prontos para ser rompido e analisado, o ensaio consiste em através de uma máquina de ensaio de compressão aplicar uma força vertical no eixo do corpo de prova fazendo com que ele sofra uma compressão que tende a comprimir seu eixo vertical e cause um aumento na sua área (NBR 5739, ABNT, 1994).

Com o ensaio de compressão consegue afirmar a qualidade do concreto, e sua resistência, e comportamento sob o efeito de carga, por isso é de suma importância a realização do teste para verificar a possibilidade de se substituir a brita por asfalto frisado e a utilização de água cinza e pluvial no traço de concreto permeável.

Teste de Permeabilidade

O teste de permeabilidade foi realizado com 2 placas moldadas conforme na figura 4, contendo 40cm x 40cm x 6cm. Cada placa foi preenchida com um dos traços.



FIGURA 4 – Placas moldadas dos traços 01 e 02

Fonte: Autores, CT USF Bragança Paulista, 2020.

De acordo com a NBR 16416 realizou-se o teste com um anel metálico de 300 milímetros de diâmetro e 100 milímetros de espessura, no qual foi colocado sobre a placa, cobrindo a lateral com massa de calafetar, como na mostra na figura 5. No anel existe duas marcações, uma com 10 milímetros de altura e a outra com 15 milímetros.

A placa deve ser umidificada antes do procedimento. Os moldes devem ser inserido em um lugar suspenso com dois apoios, onde despejou 18kg de água entre as marcações. Com isto, foi anotado o tempo em segundos, com a finalidade de calcular a permeabilidade de mm/h de cada traço estudado.



FIGURA 5 – Teste de permeabilidade
Fonte: Autores, Bragança Paulista, 2020.

Conforme NBR 16416 foi realizado cálculos para obter a permeabilidade por mm/h. Segue a equação utilizada para obter o coeficiente de permeabilidade.

$$k = \frac{C \cdot m}{(d^2 \cdot t)}$$

Onde:

k é o coeficiente de permeabilidade expresso em milímetros por hora (mm/h);

m é a massa de água infiltrada expressa em quilogramas (kg);

d é o diâmetro interno do cilindro de infiltração expresso em segundos (s);

C fator de conversão de unidades do SI, com valor igual a 4.583.666,000.

Resultados e Discussão

Resultados do Ensaio de Compressão

Após realizado o ensaio de compressão, em ambos os traços e com os tempos de cura de 7 e 28 dias, foi obtido os seguintes resultados, no qual está representado na tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Resultados

Cura (dias)	Amostra	Traço 01		Traço 02		Convencional*
		Massa (Kg)	Tensão (Mpa)	Massa (Kg)	Tensão (Mpa)	Tensão (Mpa)
7	CP01	3,10	8,28	3,01	5,48	13,80
	CP02	3,03	6,83	3,12	6,01	14,20
	CP03	3,15	4,94	3,08	4,76	13,60
	CP04	3,19	4,78	3,23	4,10	15,20
	CP05	3,11	5,02	3,05	4,45	14,30
	CP06	3,13	5,83	3,17	5,13	-
28	CP01	3,09	5,84	3,04	4,93	19,40
	CP02	3,03	6,38	3,09	4,91	20,20
	CP03	3,13	5,83	3,10	5,38	19,10
	CP04	3,10	5,16	3,10	4,55	18,90
	CP05	3,12	4,95	3,17	5,09	18,80
	CP06	3,05	3,87	3,08	4,86	-

Fonte: Autores, 2020.

*Dados de referência obtidos pelos técnicos do laboratório do CT - Centro Tecnológico das Engenharias Frei Constâncio Nogara.

Quanto aos ensaios com água normal e sem a substituição da brita por asfalto frisado, utilizamos como referência as características e o traço de concreto convencional (1; 2; 2; 0,5), no qual foram cedidos pelos técnicos do CT - Centro Tecnológico das Engenharias Frei Constâncio Nogara.

**FIGURA 6 – Corpos de provas rompidos do traço 01**

Fonte: Autores, CT USF Bragança Paulista, 2020.



FIGURA 7 – Corpos de prova rompidos do traço 02
 Fonte: Autores, CT USF Bragança Paulista, 2020.

Média

Com o cálculo da média dos resultados dos ensaios dos corpos de provas dos traços 01 e 02 foi constatado os seguintes números.

Tabela 3 – Médias dos resultados obtidos

Cura (dias)	Traço 01		Traço 02		Convencional
	Massa (Kg)	Tensão (Mpa)	Massa (Kg)	Tensão (Mpa)	Tensão (Mpa)
7	3,12	5,95	3,11	4,99	14,22
28	3,09	5,34	3,10	4,95	19,28

Fonte: Autores, 2020.

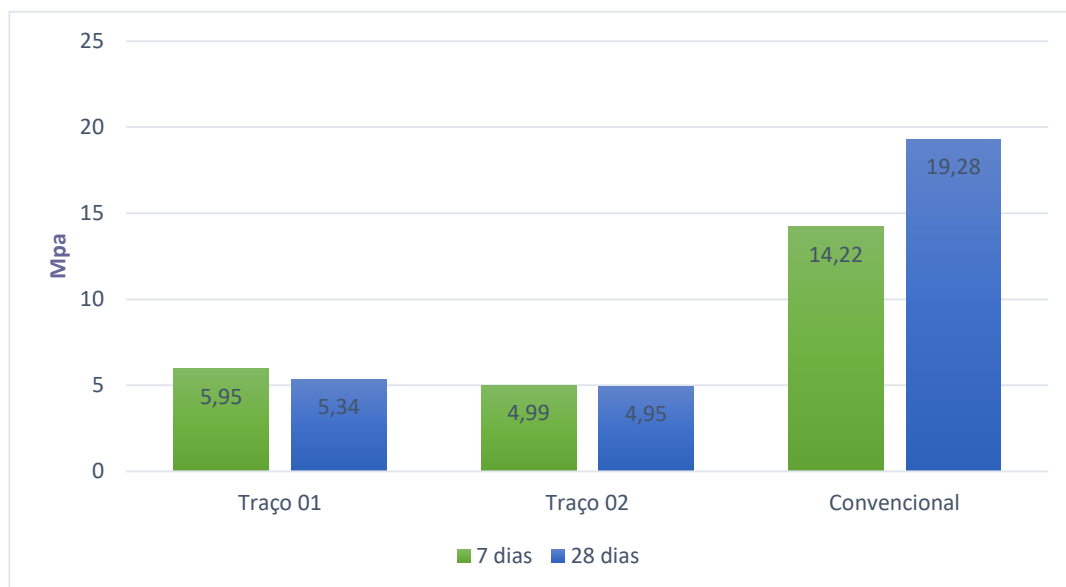


Gráfico 2 – Média dos resultados do ensaio de compressão.
 Fonte: Autores, 2020.

Resultado do Ensaio de Permeabilidade

Conforme a equação da NBR 16416, teve-se os seguintes resultados.

Traço 01:

$$K = (4.583.666,00 \times 18) / (300^2 \times 3200\text{seg})$$

$$K = 0,2865 \text{ mm/h}$$

Traço 02:

$$K = (4.583.666,00 \times 18) / (300^2 \times 2750\text{seg})$$

$$K = 0,3334 \text{ mm/h}$$

Tabela 4 – Grau de permeabilidade

Coeficiente de permeabilidade do solo k		Grau de permeabilidade
m/s	mm/h	
$> 10^{-3}$	$> 3\ 600$	alta
10^{-3} a 10^{-5}	$3\ 600$ a > 36	média
10^{-5} a 10^{-7}	36 a $> 0,36$	baixa
10^{-7} a 10^{-9}	$0,36$ a $0,0036$	muito baixa
$< 10^{-9}$	$< 0,0036$	praticamente impermeável

Fonte: NBR 16416/2015

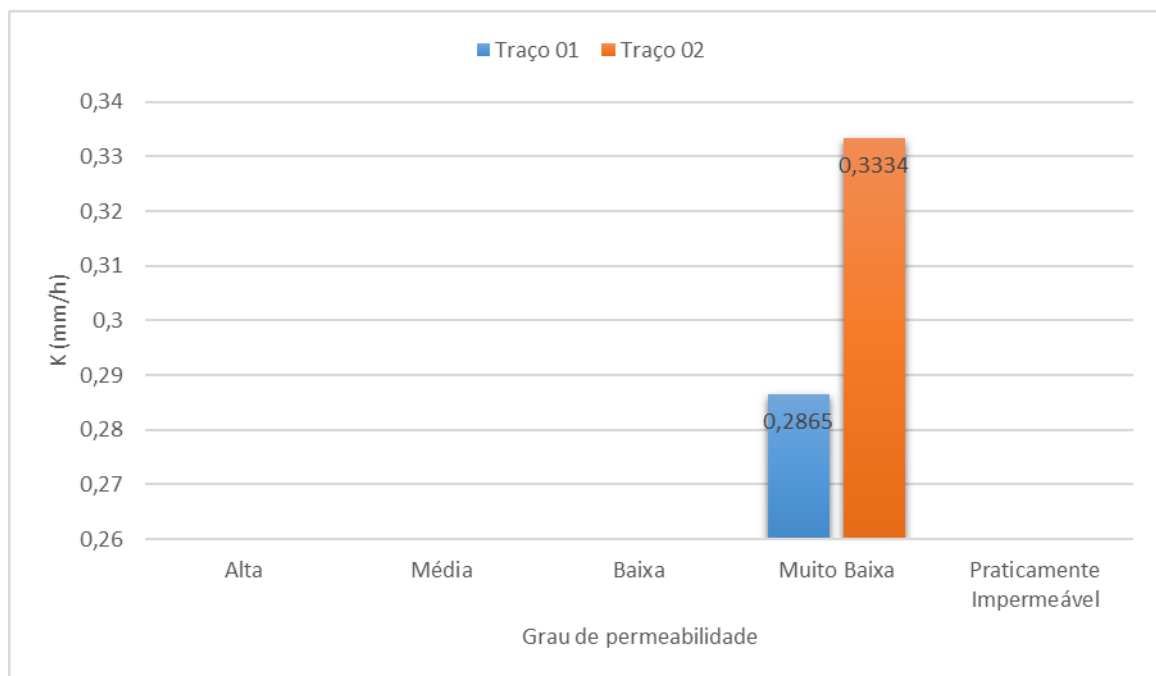


Gráfico 3 – Grau de permeabilidade dos novos traços.

Fonte: Autores, 2020.

Tendo em vista os resultados obtidos do ensaio de permeabilidade e a tabela da NBR 16416/2015, conclui-se que ambos os traços apresentam o grau de permeabilidade muito baixo.

Conclusões

Em um contexto atual onde se faz necessário o uso racional dos recursos naturais e econômicos, este projeto teve como objetivo atender esta demanda, com a criação de um novo traço de concreto permeável, sendo composto pelo reaproveitamento da água cinza e pluvial e fazendo a substituição da brita pelo asfalto frisado.

Com a elaboração de dois traços, sendo eles, traço 01 composto de 7,15kg de cimento, 15kg de asfalto frisado, 3,86kg de água e 17,87kg de areia e traço 02 composto por 25kg de asfalto frisado e com as mesmas proporções dos demais materiais do traço 01. Após a execução de 24 corpos de prova, 12 para o traço 01 e 12 para o traço 02, onde o tempo de cura estudado foi de 7 e 28 dias, foi realizado os testes de compressão e permeabilidade do concreto foi possível observar que tanto a resistência como a permeabilidade de ambos os traços obteve-se resultados inferiores ao esperado, onde se teve uma resistência média de 5,35 Mpa para o traço 01 e 4,95 Mpa para o traço 02, após os 28 dias de cura do concreto. E com um grau de permeabilidade caracterizado como muito baixo, segundo a NBR 16416/2015.

Contudo o traço elaborado atende a questão ambiental e sustentável, sendo que os componentes deste elemento são materiais reutilizados e que seriam descartados no meio ambiente. E apesar dos baixos resultados obtidos, este concreto ainda poderá ser utilizado em locais com pequenas solicitações de cargas ou baixos impactos, como por exemplo em calçadas, vias de pouco acesso, parques e praças.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro. 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro. 1994

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16416. **Pavimentos Permeáveis de Concreto- Requisitos e Procedimentos**. Rio de Janeiro 2015

BERNUCCI et al., L. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás, Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto, 2008.

LAMB, Gisele Santoro. **Desenvolvimento e Análise do Desempenho de Elementos de Drenagem Fabricados em Concreto Permeável**. 2014. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/114985>. Acesso em: 12 de novembro de 2020