

CONCRETO PERMEÁVEL: UM ESTUDO DA DOSAGEM E VIABILIDADE DE USO COMO PAVIMENTO.

ISABELLA CRISTINA QUEIROZ SILVA¹, MYLLENA ALMEIDA SOUSA², ANA LUIZA PERES DOS SANTOS³, KARINE SOARES⁴ e BRUNO ROCHA CARDOSO⁵

¹Engenheira civil, Mestranda, Pesquisadora Fapeg, UFCAT, Catalão-GO, isabellacristinaqs@gmail.com;

² Engenheira civil, UNIP, Goiânia-GO, myllenaalmeida@hotmail.com;

³ Engenheira civil, UNIP, Goiânia-GO, analuizaps2014@outlook.com;

⁴ Engenheira civil, UNIP, Goiânia-GO, karinesoares-1996@hotmail.com;

⁵Engenheiro civil, Especialista, Professor na UNIP, Goiânia-GO, engebrunorochoa@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: O presente trabalho tem o intuito de caracterizar e verificar as propriedades do concreto permeável contendo agregados provenientes da região metropolitana de Goiânia, a fim de obter traços apropriados para aplicação como pavimento de tráfego leve. É importante ressaltar que a dosagem desse tipo de concreto por métodos comuns se torna inviável por não se tratar de um concreto convencional. Para a avaliação da viabilidade de aplicação, moldaram-se corpos de prova cilíndricos e prismáticos para a realização dos estudos. Os resultados obtidos por meio dos ensaios e parâmetros estabelecidos demonstraram que os traços utilizados apresentaram um alto coeficiente de permeabilidade e os corpos de prova atingiram valores satisfatórios dentro dos limites estabelecidos pela norma ACI 552R-06 (ACI, 2006) para o ensaio de compressão.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto permeável, traços de concreto, pavimento de tráfego leve, pavimento permeável.

PERMEABLE CONCRETE: A STUDY OF DOSAGE AND VIABILITY OF USE AS PAVEMENT.

ABSTRACT: The present work aims to characterize and verify the properties of permeable concrete containing aggregates from the metropolitan region of Goiânia, in order to obtain appropriate mix proportions for application as low traffic flow pavement. It is important to mention that the dosage of the permeable concrete by common methods is unviable since it is not a conventional concrete. For the evaluation of the viability to the application, cylindrical and prismatic specimens were molded to the execution of the studies. The results obtained in the tests and the parameters established demonstrated a high permeability coefficient and the specimens reached satisfactory values within the limits established by the ACI 552R-06 (ACI, 2006) standard to the compressive strength test.

KEYWORDS: Permeable concrete, mix proportions, traffic flow pavement, permeable pavement.

INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas decorrentes do processo de urbanização é a insuficiência do sistema de drenagem das cidades, fato esse que se agrava pela elevada concentração de áreas impermeáveis, que resulta em inundações, afetando diretamente a qualidade de vida da população.

A fim de atenuar os alagamentos, sistemas de drenagem mais eficientes tornam-se necessários, mas o que dificulta a execução dos mesmos é o custo elevado e a complexibilidade de obras necessárias para a construção de drenos que possam suportar maiores vazões.

Segundo Oliveira (2017, p.18), “uma medida de controle que vem sendo muito difundida nos últimos anos é tornar o que atualmente é impermeável, permeável, com pavimentos que permitam o escoamento da água por entre suas peças ou componentes”.

Além dos possíveis alagamentos, o aumento do número de áreas impermeáveis ocasiona disfunções no abastecimento urbano, pois a água não consegue retornar ao lençol freático em quantidade e qualidade satisfatória, levando ao racionamento, e até a escassez desse recurso (TUCCI, 2007).

Tendo em vista a urgência de medidas que auxiliem os sistemas de drenagens insuficientes, o concreto permeável se tornou uma opção eficaz, rápida e sustentável, podendo ser utilizado com finalidade não estrutural em pavimentos de tráfego leve.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo caracterizar e verificar as propriedades do concreto permeável com agregados da região metropolitana de Goiânia, seguindo as prescrições de dosagem de estudos bibliográficos sobre o tema visando atender as disposições da ACI 552R-06 (ACI, 2006), a fim de obter traços apropriados para aplicação como pavimento de tráfego leve.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização desse estudo, utilizou-se o Cimento Portland Comum CP II – E 32.

Em relação ao agregado miúdo, para a sua caracterização efetuaram-se ensaios de granulometria, segundo a ABNT NBR NM 248 (2003), massa específica, segundo a ABNT NBR 9776 (1987), e massa unitária, segundo a ABNT NBR NM 45 (2006). Após o peneiramento das amostras, foram elaboradas as curvas granulométricas e determinados a dimensão máxima característica (4,75 mm) e o módulo de finura (1,77). O agregado miúdo utilizado encontra-se dentro da zona utilizável, com a maior parte bem próxima da zona ótima superior, sendo então possível concluir que a mesma atende os padrões normativos. A massa específica do agregado miúdo foi 2,59 g/cm³ e a massa unitária foi de 1,46 g/cm³, ambos dentro dos limites estabelecidos por norma.

Para o agregado graúdo realizou-se a caracterização quanto a sua granulometria e massa unitária. Através destes ensaios, verificou-se que o agregado graúdo escolhido encontra-se na classificação “brita 1”. O diâmetro máximo característico foi de 19 mm e módulo de finura igual a 1,83. O resultado obtido para massa unitária do agregado graúdo foi de 1,54 g/cm³, valor satisfatório para este tipo de material. A massa específica adotada para o agregado graúdo, segundo LARA (2013), foi de 2,7 g/cm³, uma vez que a realização do ensaio específico não foi viável.

Após a escolha do local de execução do pavimento permeável, deve-se definir através de ensaios o coeficiente de permeabilidade do solo. Na cidade de Goiânia, optou-se pela terceirização da determinação do coeficiente. O laudo fornecido (anexo A) identificou um coeficiente de permeabilidade de 3,828x10⁻⁵ cm/s, resultado obtido através da média das quatro últimas leituras que apresentaram estabilização. O experimento ficou a cargo da empresa LTEC, seguindo o modelo B da norma ABNT NBR 14545 (2000), sendo realizado de forma natural, através da percolação por capilaridade. A amostra apresentou um solo arenoso com umidade natural de 15,5%. O ensaio foi realizado com grau de compactação de 98% para o material representar ao máximo as características do solo que receberia o concreto permeável.

Os traços referentes ao concreto permeável foram baseados em bibliografias existentes. De acordo com os trabalhos de Holtz (2011) e Lamb (2014), os resultados mais satisfatórios em relação a resistência à compressão e coeficiente de permeabilidade apresentaram proporção cimento/agregado graúdo entre 1:3 e 1:5 e relação água/cimento na faixa de 0,3 a 0,45. Já a ACI 552R-06 (ACI, 2006) recomenda a utilização na faixa de 0,26 a 0,45 para a obtenção da trabalhabilidade desejada, que de acordo com a norma, é satisfatória se utilizada água suficiente para que seja conferida uma aparência metálica úmida à mistura. Levando em consideração esses dados, foram escolhidos os seguintes traços, apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Determinação dos traços permeáveis.

| Traço | a/c |
|-------|-----|
| 1:4 | 0,3 |
| 1:4 | 0,4 |
| 1:5 | 0,3 |
| 1:5 | 0,4 |

Mediu-se a consistência através do ensaio de abatimento com tronco de cone Slump Test, seguindo NBR NM 67 (1998), obtendo valores de abatimento igual a 0, para os traços permeáveis, e 45mm, para o traço convencional.

A moldagem dos corpos de prova foi realizada de acordo com a ABNT NBR 5738 (2015), após a determinação dos 4 traços de concreto permeável. Foram moldados corpos de prova cilíndricos com o objetivo de determinar a resistência à compressão. Após a desforma, os mesmos apresentaram um aspecto pouco homogêneo, desagregação de brita e grande volume de espaços vazios.

Moldou-se um total de 16 corpos de prova, sendo metade destinada à determinação da resistência à compressão e o restante ao ensaio de absorção de água por capilaridade. Todos foram rompidos ao final de 28 dias, de acordo com a ABNT NBR 5739 (2007).

O ensaio de permeabilidade do concreto foi realizado de forma adaptada, visto que a norma ABNT NBR 16416 (2018) indica essa experiência in loco. A adequação consistiu na elaboração de placas de concreto poroso com medidas de 40x40x6cm para determinação de sua permeabilidade. Nesse caso, excluiu-se o solo, visto que seu grau de permeabilidade foi determinado pela ABNT NBR 14545 (2000). Após essa adaptação, seguiram-se os passos e recomendações do anexo A da ABNT NBR 16416 (2018).

Devido ao baixo teor de argamassa não foi possível obter a completa uniformidade entre os grãos do agregado graúdo. Fato esse que interferiu diretamente para que o pavimento infiltrasse toda a água do ensaio instantaneamente, apresentando pequenas diferenças de tempo entre os traços.

Todos os traços apresentaram uma permeabilidade superior ao esperado, com desempenho da mesma ordem de grandeza. As placas com proporção 1:5 obtiveram uma melhor passagem de água em relação às demais.

O ensaio para determinação da absorção de água do concreto realizado aos 28 dias, foi executado com base na ABNT NBR 9779 (2012). Os corpos de prova foram moldados com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm. A partir do ensaio verificou-se que mesmo tendo um maior índice de vazios, o concreto poroso absorveu menos água por capilaridade que o convencional.

A intensidade pluviométrica das principais cidades brasileiras pode ser verificada através do anexo da ABNT NBR 10844 (1989). Para o presente trabalho, utilizamos os dados relativos cidade de Goiânia – GO, sendo, 330×10^{-5} cm/s, 490×10^{-5} cm/s e 530×10^{-5} cm/s, para o tempo de retorno de 1, 5 e 17 anos, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de elaborar um traço de concreto permeável aplicável como pavimento e que atenda as exigências normativas sobre o assunto, realizou-se diversos ensaios para determinar suas características, possibilitando as seguintes análises:

A caracterização dos agregados permitiu verificar as suas propriedades físicas, tais como massa específica e unitária do agregado miúdo, massa unitária do agregado graúdo e granulometria.

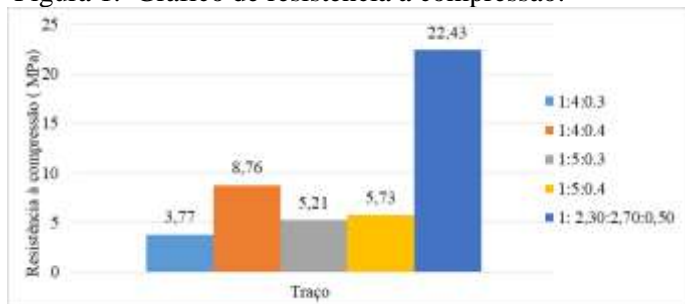
Através do ensaio de absorção de água por capilaridade, figura 1, observou-se que os traços de concreto permeável apresentaram menor taxa de absorção em relação ao concreto convencional. Fato esse ocorrido pela grande quantidade de poros do concreto permeável, que tem por finalidade facilitar a passagem de líquidos e não sua absorção, retendo pouca água, enquanto o convencional apresenta dificuldade em percolação da água, favorecendo sua retenção.

Figura 1. Gráfico de absorção de água.



Os resultados obtidos através do ensaio de compressão, figura 2, foram satisfatórios em relação aos valores fixados pela ACI 552R-06 (ACI, 2006), de 2,8 a 28 MPa, e por MONTEIRO (2010), de 3 a 30 MPa, porém alcançaram menos de 50% da resistência obtida pelo traço convencional, o que pode ser atribuído a grande quantidade de vazios do concreto poroso.

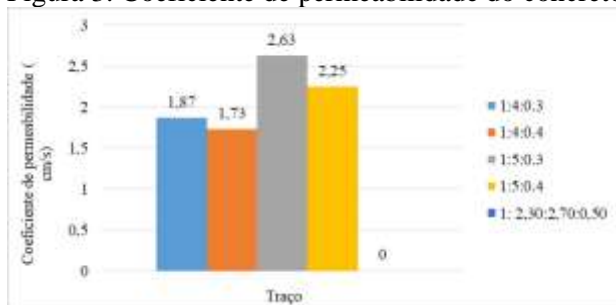
Figura 1. Gráfico de resistência a compressão.



Em relação ao ensaio de permeabilidade do solo, obteve-se um coeficiente de $3,828 \times 10^{-5}$ cm/s. Analisando a intensidade pluviométrica da cidade de Goiânia, obteve-se 330×10^{-5} cm/s para o tempo de 1 ano de retorno, 490×10^{-5} cm/s para 5 anos de retorno e 530×10^{-5} cm/s para 17 anos de retorno, apresentando grande diferença em relação à capacidade de permeabilidade do solo. Nesse caso não haveria uma permeabilidade total da água, resultando em escoamento superficial.

Quanto à permeabilidade do concreto, figura 3, o mesmo apresentou coeficientes de alta grandeza, sendo os traços com proporção 1:5 os de maiores valores. Como já era previsto, o maior coeficiente de foi de 2,63 cm/s (1:5:0,3), uma vez que este traço é o menos trabalhável, possuindo um baixo teor de argamassa e uma maior porosidade.

Figura 3. Coeficiente de permeabilidade do concreto.



CONCLUSÃO

Conclui-se que os traços de concreto poroso elaborados e testados em laboratório são adequados para aplicações em vias destinadas ao tráfego de pedestres e ciclistas, apresentando resultados satisfatórios, podendo ser empregados nas áreas internas e externas ao redor do condomínio, quando comparados com as especificações da ACI 552R-06 (ACI, 2006), entretanto, os mesmos não atendem aos requisitos exigidos para o uso em pavimento de tráfego leve, segundo a ABNT NBR 11578 (1991), que estabelece o mínimo de resistência deve ser 25 Mpa.

AGRADECIMENTOS

A Fapeg pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor, ao professor Me. Thiago Lopes dos Santos e a LTEC pela contribuição do laudo de permeabilidade do solo.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE – ACI. ACI 552R-06: Pervious Concrete. 2006. Farmington Hills, 2006.
- 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, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9776: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro. 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção da água por capilaridade. Rio de Janeiro. 2012.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 10844: Instalações pluviais de águas pluviais. Rio de Janeiro. 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 14545: Solo- Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável. Rio de Janeiro. 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro. 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro. 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 2003.
- HÖLTZ, F. da C. – Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental – Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2011.
- LAMB, G. S. – Desenvolvimento e análise do desempenho de elementos de drenagem fabricados em concreto permeável – Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014.
- LARA, L. A. M. – Materiais de construção – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Ouro Preto, MG, 2013.
- MONTEIRO, A. C. N. - Concreto Poroso: Dosagem e Desempenho – Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2010.
- OLIVEIRA, D. D. – Análise do desempenho mecânico em concretos permeáveis com substituição parcial do agregado graúdo por resíduo da construção civil – Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, RS, 2017.
- TUCCI, C. E. M. – Inundações urbanas. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

ANEXO A

| Amostra: | | TCC Amônia I | | Data: | | 20/09/2018 | |
|---|-------------|-----------------------|-------|----------------------------------|------|------------|-------|
| OS: | | 334/18 | | localização: | | N | |
| Confircação: | | Diretor Técnico | | Rev. | | g | |
| CARACTERÍSTICAS DO SOLO | | | | | | | |
| Amostra: | Compactada: | Descrição Tóli-Visual | Areia | Unidade Natural: | 18,5 | | |
| Ensaio de Permeabilidade de Carga Variável | | | | | | | |
| Método | B | Grau de compactação | | | | Foto | |
| Q | 3,58 | cm | | | | | |
| D | 7,5 | cm | | | | | |
| A | 44,18 | cm | | | | | |
| H | 2,00 | cm | | | | | |
| Volume | 58,36 | cm ³ | | | | | |
| t _s | 0,00 | s | | | | | |
| t _i | 1002,00 | s | | | | | |
| Δt | 1002,00 | s | | | | | |
| T | 23,00 | °C | | | | | |
| Processo de Compactação | | | | | | | |
| Índices Físicos | | | | | | | |
| e | 0,65 | | | | | | |
| Sr | 77% | | | | | | |
| w | 14,50% | | | | | | |
| ρ _s | 1,70 | g/cm ³ | | | | | |
| ρ _a | 1,98 | g/cm ³ | | | | | |
| ρ | 39% | | | | | | |
| ρ _s | 2,80 | g/cm ³ | | | | | |
| Leituras a cada 0,1 | | | | | | | |
| h0 | 115,00 | cm | T | 23,50 | °C | Rt | 0,921 |
| h1 | 90,00 | cm | T | 23,50 | °C | Rt | 0,921 |
| h2 | 78,50 | cm | T | 23,50 | °C | Rt | 0,921 |
| h3 | 65,50 | cm | T | 23,50 | °C | Rt | 0,921 |
| h4 | 57,00 | cm | T | 23,40 | °C | Rt | 0,923 |
| h5 | 49,50 | cm | T | 23,40 | °C | Rt | 0,923 |
| h6 | 42,30 | cm | T | 23,30 | °C | Rt | 0,927 |
| h7 | 36,00 | cm | T | 23,20 | °C | Rt | 0,927 |
| h8 | 30,50 | cm | T | 23,00 | °C | Rt | 0,931 |
| h9 | 26,00 | cm | T | 23,00 | °C | Rt | 0,931 |
| h10 | 22,00 | cm | T | 23,00 | °C | Rt | 0,931 |
| Cálculo do Coeficiente de | | | | Cálculo do K₂₀ | | | |
| k1 | 4,10E-05 | cm/s | k1 | 3,65E-05 | cm/s | | |
| k2 | 4,10E-05 | cm/s | k2 | 3,77E-05 | cm/s | | |
| k3 | 3,91E-05 | cm/s | k3 | 3,60E-05 | cm/s | | |
| k4 | 3,80E-05 | cm/s | k4 | 3,22E-05 | cm/s | | |
| k5 | 3,88E-05 | cm/s | k5 | 3,28E-05 | cm/s | | |
| k6 | 3,94E-05 | cm/s | k6 | 3,58E-05 | cm/s | | |
| k7 | 4,04E-05 | cm/s | k7 | 3,74E-05 | cm/s | | |
| k8 | 4,18E-05 | cm/s | k8 | 3,87E-05 | cm/s | | |
| k9 | 4,02E-05 | cm/s | k9 | 3,72E-05 | cm/s | | |
| k10 | 3,31E-05 | cm/s | k10 | 3,22E-05 | cm/s | | |
| | | | | | | | |
| <small>NORMAS VIGENTES ABNT/NBR 14545</small> | | | | | | | |