

CONCRETO PERMEÁVEL COMO ALTERNATIVA PARA PAVIMENTOS RETROPORTUÁRIOS

Fabício Alves Strzoda (Estudante, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica – PP GEO - Universidade Federal do Rio Grande) E-mail: strzoda@gmail.com
Matheus Lourenço Moraes (Estudante, Laboratório de Estruturas e Materiais de Construção Civil – LEMCC – IFRS Campus Rio Grande) E-mail: matheuslmtb@gmail.com
Fábio Costa Magalhães (Professor, Laboratório de Estruturas e Materiais de Construção Civil – LEMCC – IFRS Campus Rio Grande) E-mail: fabiocmagalhaes@gmail.com
Mauro de Vasconcellos Real (Professor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica – PP GEO - Universidade Federal do Rio Grande) E-mail: mvreal@gmail.com

Resumo: As zonas de porto e retroporto sofrem, rotineiramente, com o acúmulo de água superficial, em áreas abertas, após períodos de precipitações de chuva. Isso ocorre por conta de pavimentos que impermeabilizam o solo e dificultam a drenagem da água. Este fato torna importante a realização de estudos na busca de novas alternativas que apresentem melhor eficiência em serviço, eliminando os acúmulos de água e conduzindo essas para um destino apropriado. Uma das possíveis alternativas para estes problemas é a aplicação de pavimentos com sistemas de drenagem, onde os concretos permeáveis evidenciam características relevantes, cuja a principal é apresentar elevados coeficientes de permeabilidade, possibilitando a drenagem ao mesmo tempo em que garante uma razoável resistência mecânica, para pavimentos de tráfego leve. Devido sua baixa difusão juntamente com a falta de normas técnicas específicas no Brasil, os concretos permeáveis devem ser submetidos a estudos que estimem características mínimas exigidas pelo local de aplicação. Extensas áreas de retroporto necessitam de pavimentação, onde estas causam dificuldades no escoamento das águas pluviais, provocando alagamentos que podem prejudicar as operações do porto. O presente trabalho busca apresentar os resultados de estudos que buscam a otimização de traços de concretos permeáveis utilizando-se materiais componentes do concreto (MCC's) disponíveis na região sul do Rio Grande do Sul, verificando a viabilidade de utilização da técnica em zonas portuárias e retroportuárias. Diferentes proporções de materiais secos e diferentes relações água/cimento compuseram a metodologia de dosagem do material. Foram determinados: a resistência mecânica na compressão, coeficientes de permeabilidade e índices de vazios, dos diferentes traços de concretos produzidos. Diante dos resultados obtidos percebe-se que há possibilidade de se estabelecerem traços capazes de conciliar boa resistência mecânica com elevada permeabilidade para os materiais locais, porém estudos de metodologias de dosagens específicas para este material precisam ser desenvolvidos, possibilitando o aumento da utilização destes na indústria da construção.

Palavras-chave: concreto; controle tecnológico; coeficiente de permeabilidade; retroportos.

PERVIOUS CONCRETE AS AN ALTERNATIVE FOR PORT BACKYARD PAVEMENTS

Abstract: Port and port backyard zones routinely suffer from the accumulation of surface water in open areas after periods of rainfall. This is because pavements turn the soil surface impervious and make it difficult to drain the water. This fact makes it important to carry out studies in the search for new alternatives that present better efficiency in service, eliminating water accumulations and conducting the water to an appropriate destination. One of the possible alternatives to these problems is the application of pavements with drainage systems, where the pervious concretes show relevant characteristics. Pervious concretes present high coefficients of permeability, allowing the drainage while guaranteeing a reasonable mechanical resistance, to light traffic pavements. Due to their low usage, together with the lack of specific technical standards in Brazil, the pervious concretes must be submitted to studies that estimate minimum characteristics required by the application site. Extensive backyard areas require paving, where it causes difficulties in the drainage of rainwater, causing flooding that can adversely affect the port operations. The present work seeks to present the results of studies that seek the optimization of pervious concrete proportions using concrete component materials (CCM's) available in the southern region of Rio Grande do Sul, verifying the feasibility of using the technique in port and port backyard zones. Different proportions of dry materials and different water/cement ratios composed the material dosage methodology. The mechanical strength in compression, permeability coefficients and void indices of the different concrete mixes were determined. In view of the obtained results, it is possible to establish a concrete mix capable of conciliating good mechanical resistance with high permeability for local materials.

However, additional studies of methodologies of specific dosages for this material need to be developed, allowing to increase the use of this material in the construction industry.

Keywords: pervious concrete; technological control; permeability coefficient; port backyard area

1. INTRODUÇÃO

De forma geral, estruturas portuárias possuem grandes extensões pavimentadas que caracterizam-se como elementos estruturais sujeitos a cargas de diversas intensidades. Nestes locais, carregamentos devidos a guindastes do tipo móvel ou fixo são comuns e cada vez maiores, uma vez que aumenta a necessidade pelo escoamento de produtos pelo transporte marítimo. Porém, devido à diversificação dos produtos de exportação e importação nos terminais portuários, bem como as diferentes utilizações das áreas retroportuárias, surgem utilizações nas quais os carregamentos podem ser considerados de menor intensidade. Nestes casos, os pavimentos de concreto permeável surgem como uma possibilidade de solução dos problemas de impermeabilização nas regiões onde as solicitações são menos intensas. A expansão da construção de pavimentos nas áreas retroportuárias acarreta na impermeabilização permanente dos locais dependendo o material aplicado, desta forma, grande parte dos complexos portuários sofre com o excesso de água nas vias devido às chuvas, assim como a dificuldade de canalização e escoamento das águas. Esta preocupação motiva o estudo de pavimentos que propiciem uma drenagem mais eficiente, canalizando as águas oriundas das precipitações, evitando o acúmulo e conduzindo para um destino adequado. Uma das alternativas para este problema é o uso de pavimentos com sistemas de drenagem, nos quais o concreto permeável (Fig. 1) é uma das mais importantes etapas.

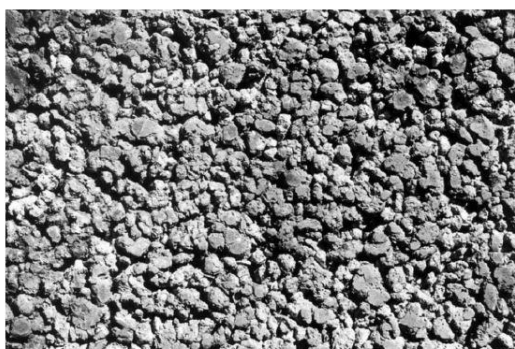


Figura 1. Concreto permeável in loco (fonte: ACI 522-R 13)

O concreto permeável apresenta-se como uma alternativa para a utilização em grandes pátios e em pavimentações de tráfego leve. Trata-se de um material com permeabilidade suficiente para auxiliar na drenagem local, reduzindo potenciais de enchentes e colaborando para a manutenção do nível dos lençóis freáticos. Além disso, através de suas propriedades, garante também a redução das chamadas Ilhas de Calor, fenômeno comum nas grandes cidades devido ao efeito de absorção de calor provocado pelos pavimentos comumente utilizados. Segundo Hölitz (2011), em grandes centros urbanos, onde existem muitos telhados e asfaltos, ocorre a retenção de calor, sendo que em dias mais quentes esse fenômeno é abrandado pela evapotranspiração. Quando não há reposição de água suficiente para o lençol freático tornando o solo mais seco, esta compensação não ocorre.

Estes benefícios do concreto permeável têm sido estudados e aplicados em diversos países. No entanto, dentro do contexto brasileiro ainda são reduzidas as pesquisas e as

aplicações. Fato que evidencia isto é a ausência de um corpo normativo capaz de padronizar os mecanismos de produção e controle do material. Esta lacuna de estudos, somada aos inúmeros benefícios provenientes da utilização dos pavimentos permeáveis de concreto, tornam fundamentais a realização de análises mais detalhadas sobre o tema. Busca-se assim, ampliar o conhecimento sobre este material, tornar sua utilização mais viável econômica e tecnicamente e, sobretudo contribuir para o desenvolvimento sustentável das diversas regiões.

Os PC's (do inglês: pervious concretes) se diferenciam por possuírem traços com pouca ou nenhuma porção de agregado miúdo. Estas características produzem um material com elevado índice de vazios que devem ser interligados para permitir a percolação das águas pluviais. De acordo com Schwetz et al. (2014), independente do elevado índice de vazios, a ligação entre os agregados graúdos que compõem o esqueleto do compósito garante uma resistência razoável. Segundo os autores, a pasta de cimento, usada em pequenas quantidades, garante que os agregados permaneçam unidos, evitando o desmoronamento e dificultando a perda de material por abrasão.

Um dos maiores desafios para a produção dos concretos permeáveis é conciliar bons índices de permeabilidade com resistências mecânicas satisfatórias. Estes benefícios do concreto permeável têm sido estudados e aplicados em diversos países. No entanto, dentro do contexto brasileiro ainda são reduzidas as pesquisas e as aplicações do concreto permeável (Batezini e Balbo, 2015).

O presente trabalho busca iniciar um processo de avaliação da possibilidade de utilização de pavimentos de concreto permeável em áreas retroportuárias com cargas leves, tais como os pátios automotivos (Fig. 2) e zonas não cobertas de armazenamentos específicos, como algumas encontradas no superporto de Rio Grande/RS. Busca-se estabelecer dosagens utilizando-se os materiais disponíveis no sul do estado do Rio Grande do Sul, partindo dos resultados obtidos por diversos autores (Batezini, 2013; Goede, 2009; Hölzt, 2011 e Neithalath, 2003), contribuindo para a difusão do uso do concreto permeável também nesta região.



Figura 2. Pátio automotivo do Porto Novo de Rio Grande (fonte: www.portoriogrande.com.br)

Diferentes dosagens de concreto permeável, variando a relação água/cimento e a proporção cimento/agregados, foram propostas para este trabalho. O aglomerante utilizado foi do tipo Portland Pozolânico (CP-IV) por ser este o mais disponível na região do estudo. Esta pesquisa faz parte de um projeto que está sendo desenvolvido no Laboratório de Estruturas e Materiais de Construção Civil – LEMCC do Campus Rio Grande do Instituto Federal do Rio Grande do Sul.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Objetivando o aprofundamento do estudo dos concretos permeáveis, além das análises usuais realizadas em concretos convencionais também se fazem necessárias análises que caracterizem as principais propriedades deste material em específico. Desta forma, além dos ensaios de controle usuais de resistência mecânica, foram estudadas a condutividade hidráulica e o índice de vazios – fatores fundamentais para pavimentos permeáveis.

2.1 Método de dosagem

Para a produção dos concretos permeáveis analisados utilizou-se como agregado graúdo a brita zero, usualmente comercializada na região como pedrisco esse material com dimensão máxima característica de 9,5 mm, a caracterização do pedrisco deu-se através do peneiramento de uma amostra segundo a NBR NM 248:2003 resultando na curva de composição granulométrica, ver Fig 3. O material analisado apresentou parâmetros dentro dos recomendados pela ACI 522R-10 (2011). Como aglomerante elegeu-se o cimento Portland Pozolânico, CP-IV, dado que, embora pouco difundido na dosagem de concretos permeáveis, apresenta maior disponibilidade na região do estudo.

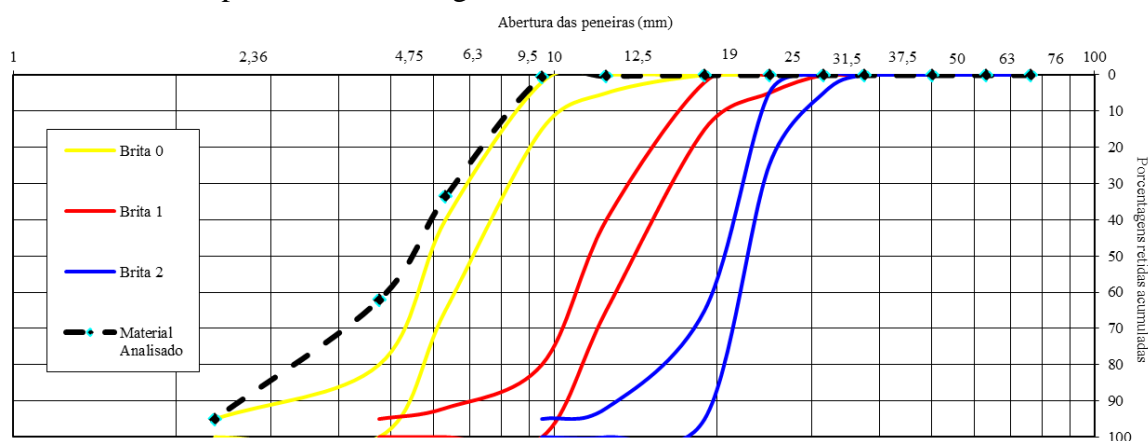


Figura 3. Curva granulométrica do agregado.

Para a realização do compósito fixaram-se três traços e duas relações água/cimento. De acordo com outros estudos de traço (Batezini, 2013; Holtz, 2011; e Schwetz et al., 2014), identifica-se que dosagens com proporções 1:m (onde m é a proporção de agregados) em que m é maior do que 5 não geram resultados muito satisfatórios do ponto de vista da resistência mecânica. Desta forma, optou-se por utilizar as dosagens 1:3, 1:4, 1:5 com relações $a/c = 0,34$ e $a/c = 0,4$.

Como uma relação intermediária, fixou-se em 0,4 por estar dentro das recomendações da ACI 522 (2011) (0,26 a 0,45). Já a relação 0,34 foi a que apresentou o menor consumo de água garantindo coesão ao traço, ou seja, foi a menor relação a/c possível de ser obtida para as características dos materiais utilizados.

A relação água/cimento mínima recomendada, de acordo com a ACI 522 (2011), para concretos permeáveis é de 0,26. Com essa relação, observou-se que a quantidade de água era insuficiente para gerar a pasta capaz de unir os agregados, ao longo da concretagem, produzindo um material sem nenhuma coesão conforme se observa na Fig. 4. A partir desta mistura inicial, procedeu-se a adição de água até que o material apresentasse coesão mínima para utilização. Resultando no valor mínimo de $a/c = 0,34$.



Figura 4. Concreto sem coesão, evidenciando falta de água no traço.

2.2 Elaboração e ensaios do concreto permeável

De acordo com as análises desejadas para cada dosagem foram moldados corpos de prova cilíndricos padrões com dimensões de 10 x 20 cm e corpos de prova cilíndricos com dimensões de 7 x 14 cm com formas confeccionadas em PVC. Além disso, foram moldados testemunhos prismáticos de dimensões 15 x 15 x 50 cm e blocos com dimensões de 40 x 30 x 14 cm.

Os corpos de prova 10 x 20 foram usados para a determinação da resistência à compressão, sendo, duas amostras ensaiadas aos sete dias e as outras duas aos vinte e oito dias após a concretagem. Para determinar o índice de vazios dos traços foram utilizados os blocos prismáticos 15 x 15 x 50. Os testemunhos de 7 x 14 e o bloco 40 x 30 x 14 foram moldados em formas desenvolvidas pela equipe do laboratório com a intenção de usá-los para ensaios de permeabilidade com CP's extraídos. O procedimento de extração teve como objetivo avaliar possíveis “efeitos de borda” decorrentes da moldagem de corpos de prova nas formas padrão. E além disso, permitir a reprodução real da consolidação do concreto diminuindo efeitos diferentes que o testemunho moldado 7 x 14 pudesse admitir. Em seguida aos ensaios de permeabilidade os testemunhos extraídos também foram rompidos à compressão.

Para a realização da extração nos blocos se utilizou uma extratora mecânica em conjunto com uma broca diamantada de diâmetro nominal de 3”. A Fig. 5 apresenta o resultado da extração.



Figura 5. Aspecto das amostras extraídas

Após a extração, as amostras foram identificadas e submetidas ao ensaio de permeabilidade de carga variável. Também foi realizado o ensaio de permeabilidade nas amostras moldadas de 7 x 14 cm. Para viabilidade de acoplamento no permeâmetro as amostras foram envolvidas com uma camada de borracha conforme a Fig. 6. O número total de testemunhos produzidos por traço é apresentado de forma resumida através da Tab. 1.



Figura 6. Revestimento dos corpos de prova para ensaio de permeabilidade

Tabela 1. Número de amostras para cada um dos traços e análise realizadas.

Traços	Corpos de Prova			
	Cilíndricos 10 x 20	Extraídos Diâmetro = 3"	Cilíndricos PVC 7 x 14	Prismáticos 15 x 15 x 50
1:3 – 100 % Pedrisco - a/c 0,4	4	6	2	1
1:4 – 100 % Pedrisco - a/c 0,4	4	5	2	1
1:5 – 100 % Pedrisco - a/c 0,4	4	6	2	1
1:3 – 100 % Pedrisco - a/c 0,34	4	6	2	1
1:4 – 100 % Pedrisco - a/c 0,34	4	4	2	1
1:5 – 100 % Pedrisco - a/c 0,34	4	-	2	1

O primeiro ensaio realizado foi o de resistência à compressão aos 7 dias, utilizando duas das quatro amostras dos corpos de prova cilíndricos 10 x 20. Devido à alta porosidade do concreto permeável e a ausência de finos o mesmo apresenta uma superfície extremamente irregular nas duas faces, dificultando o processo de capeamento e retificação. No presente trabalho optou-se por pads de neoprene para a realização da ruptura.

A Fig. 7 mostra como exemplo um dos corpos de provas submetido ao ensaio de compressão.



Figura 7. Rompimento de corpo de prova com auxílio de neoprene.

Devido a falta de normas brasileiras para a realização do ensaio de permeabilidade, foi adotado o procedimento recomendado pelo American Concrete Institute e descrito em Batezini e Balbo (2015). Utilizou-se um permeâmetro de carga variável produzido no laboratório cujo mecanismo e aspecto estão apresentados na Fig. 8.

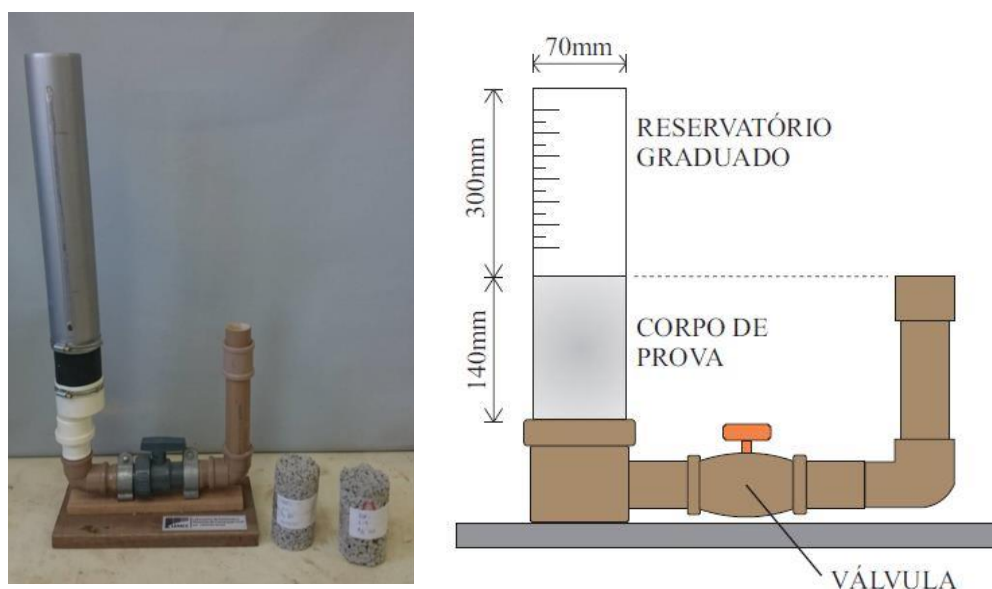


Figura 8. Mecanismo e aspecto do permeâmetro de carga variável

A definição do índice de vazios foi feita a partir da determinação do peso seco e imediatamente após do peso submerso de um mesmo corpo de prova prismático. A Fig. 9 apresenta de forma esquemática o procedimento de determinação dos pesos seco e submerso.

Vale evidenciar que mesmo sendo um importante fator na avaliação do desempenho de um concreto permeável, o índice de vazios não pode ser utilizado para conclusões definitivas. Devido ao fato de que um concreto com bom índice de permeabilidade requer uma estrutura de interligação destes vazios.



Figura 9. Esquema de determinação dos pesos seco e submerso para determinação do índice de vazios.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos por esta etapa do trabalho estão apresentados de forma gráfica nas figuras a seguir. A Fig. 10 apresenta os resultados da resistência à compressão dos concretos 1:3, 1:4 e 1:5 dosados com as relações água cimento de 0,4 e 0,34. Nota-se uma considerável variação entre os resultados obtidos entre os tipos de corpos de prova, evidenciando a dificuldade de padronização do nível de adensamentos dos concretos permeáveis na comparação entre blocos e pequenos testemunhos e a influência no comportamento mecânico do material.

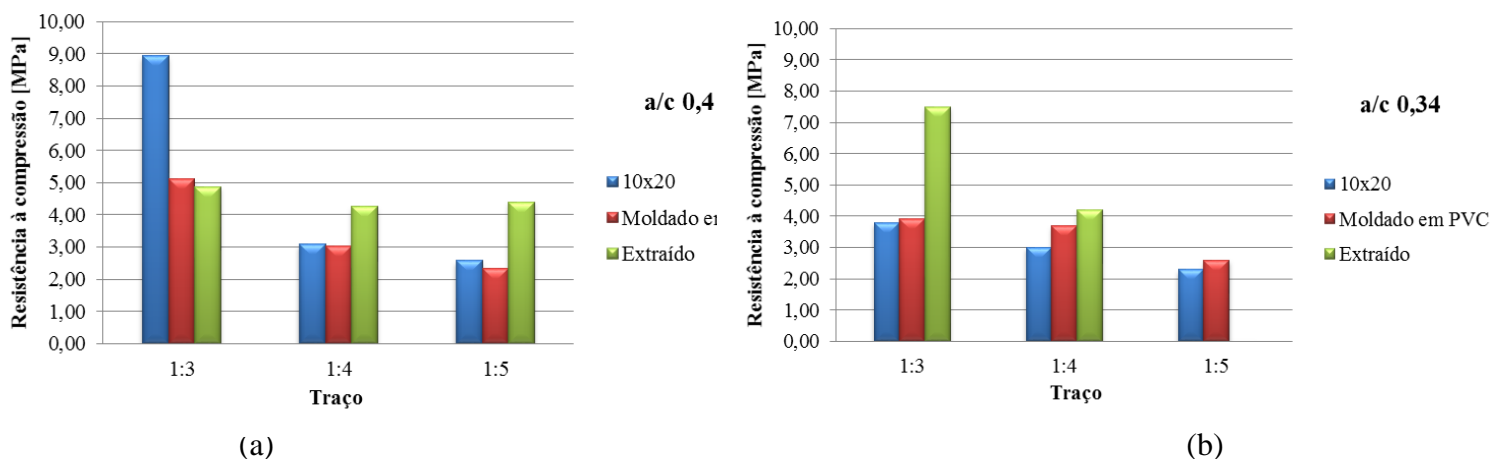


Figura 10. Resultados da resistência à compressão para os traços com a/c=0,4 (a) e 0,34 (b) para cada tipo de testemunho utilizado.

A Fig. 11 apresenta, para os traços de $a/c = 0,4$ e $0,34$, a relação entre o índice de vazios e coeficiente de permeabilidade dos concretos produzidos. Pode-se perceber a relação de proporcionalidade entre a taxa de percolação de água no concreto e o percentual de vazios no material.

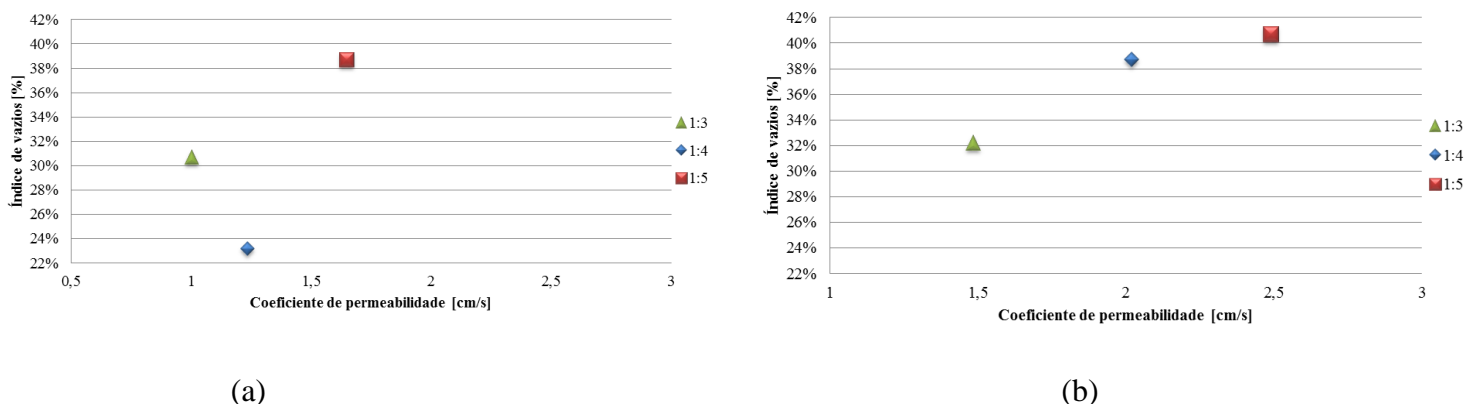


Figura 11. Correlação entre o índice de vazios e o coeficiente de permeabilidade para os traços com $a/c=0,4$ (a) e $0,34$ (b).

Na Fig. 12 no primeiro gráfico é apresentado o comportamento do coeficiente de permeabilidade na relacionado com a resistência à compressão dos traços de concreto permeável dosados com $a/c = 0,4$. Observa-se a nítida relação inversa entre estas grandezas, sendo o grande objetivo do estudo de concretos permeáveis identificar o ponto ideal, capaz de atender satisfatoriamente e de forma conjunto os dois aspectos. O segundo gráfico apresenta a mesma relação, porém considerando os traços com $a/c = 0,34$.

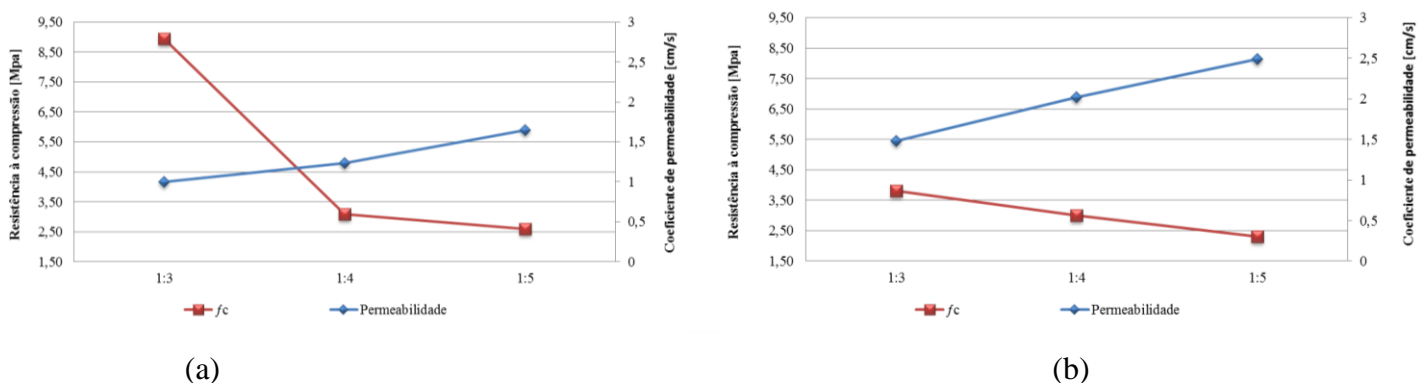


Figura 12. Relação entre a resistência à compressão e o coeficiente de permeabilidade para os traços com $a/c = 0,4$ (a) e $0,34$ (b).

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nesta etapa do trabalho é possível constatar um potencial de utilização dos concretos permeáveis com os materiais disponíveis na região. Cabe ressaltar a necessidade de algumas adaptações, sobretudo perante o tipo de cimento Portland adotado.

Avaliando os resultados dos concretos produzidos, percebe-se que há possibilidade de se estabelecer dosagens capazes de conciliar boa resistência com elevada permeabilidade. Também se pode perceber que, o aumento do consumo de água no traço pode produzir

resultados mais satisfatórios quando comparados com relações mais baixas, diferente do comportamento dos concretos convencionais. Caracterizados por ser pouco argamassados, os PC's, em traços com baixos consumos de água podem produzir materiais com baixa capacidade de aderência entre os agregados graúdos, não havendo, portanto pasta para cobrir e “colar” as partículas entre si.

No que se refere ao uso do material em zonas retroportuárias, nas próximas etapas do trabalho, serão buscadas novas alternativas de dosagens, devido a ausência de metodologias específicas para concretos permeáveis, capazes de atender de forma plena as solicitações e demandas impostas. Também fazem parte desta etapa a realização de ensaios que estimem o desempenho em serviço, sendo eles a aplicação de módulos experimentais em campo e resistência à abrasão. Requisitos de projetos destes pavimentos serão comparados com as capacidades obtidas pelos materiais que estão sendo estudados visando sistemas estruturais que aliem boa resistência mecânica, permeabilidade satisfatória, bom desempenho e durabilidade em serviço.

REFERÊNCIAS

- ACI - AMERICAN CONCRETE INSTITUTE.** 2011. *Report on Pervious Concrete*. ACI Committe 522R-10. Farmington Hills.
- ACI - AMERICAN CONCRETE INSTITUTE.** 2013 *Specification for Pervious Concrete Pavement*. ACI Committe 522-1. Farmington Hills.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** 2003. *NBR NM 248:2003 Agregados - Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro.
- BATEZINI, R.** 2013. *Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves*. Dissertação de Mestrado. USP. São Paulo-SP.
- BATEZINI, R.; BALBO, J. T.** 2015. *Study on the hydraulic conductivity by constant and falling head methods for pervious concrete*. *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*. v.8, n.3, p.248-259.
- BARNHOUSE, P. W. E SRUBAR, W. V.** 2016. *Material characterization and hydraulic conductivity modeling of macroporous recycled-aggregate pervious concrete*. *Construction and Building Materials*, 110, 89-97.
- GOEDE, W. G.** 2009. *Pervious Concrete: Investigation into Structural Performance and Evaluation of the Applicability of Existing Thickness Design Methods*. MSc Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Washington State University, Washington DC, 198p.
- HÖLTZ, F. DA. C.** 2011. *Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental*. Dissertação de Mestrado. UFRGS. Porto Alegre-RS.
- NEITHALATH, N. ET AL.** 2003. *Development of Quiet and Durable Porous Portland Cement Concrete Paving Materials*. Final Report. The Institute for Safe, Quiet, and Durable Highways.
- PORTO DE RIO GRANDE.** Disponível em: <http://www.portoriogrande.com.br/site/imprensa_midia_galerias.php>. Acesso em: 30 de nov. 2014.
- SCHWETZ, P. F; LORENZI, A.; FERREIRA, L. LINHARES, V. M.; PARISOTTO, M.; SILVA FILHO, L. C. P.** 2014. *Otimização do traço do concreto permeável*. In. 56º Congresso Brasileiro do Concreto, Anais... Natal-RN.