

Evento: XXII Jornada de Pesquisa

PREVENÇÃO DE ENCHENTES URBANAS: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL ATRAVÉS DO USO DO CONCRETO PERMEÁVEL¹
URBAN FLEET PREVENTION: A SUSTAINABLE ALTERNATIVE THROUGH THE USE OF PERMEABLE CONCRETE

**Tarcisio Dorn De Oliveira², Lia Geovana Sala³, Lucas Fernando Krug⁴,
Gabriela Da Silva Da Costa Bressam⁵, Daniela Dolovitsch De Oliveira⁶,
Thainá Yasmin Dessuy⁷**

¹ Projeto de pesquisa desenvolvido no Grupo de Pesquisa em Novos Materiais e Tecnologias para Construção na Linha de Pesquisa de Estudo e Desenvolvimento de Novos Materiais

² Professor dos Cursos de Engenharia Civil e de Arquitetura e Urbanismo da UNIJUI

³ Professora do Curso de Engenharia Civil da UNIJUI

⁴ Professor do Curso de Engenharia Civil da UNIJUI

⁵ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da UNIJUI

⁶ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da UNIJUI

⁷ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da UNIJUI

Resumo:

A urbanização das cidades provoca a cada ano o surgimento de novas edificações, aumentando assim a impermeabilização do solo. A partir disso, surge a necessidade de solucionar tal problemática onde pensou-se em um tipo diferente de pavimentação, algo que possibilitasse a infiltração do excesso de água e auxiliasse retardando o escoamento das águas pluviais. Nessa perspectiva, cogitou-se a utilização do concreto poroso na produção de pavimentos permeáveis visando a aplicação nos centros urbanos, onde há maior ocorrência de inundações pelo excessivo escoamento superficial. Devido a sua alta permeabilidade, o concreto permeável quando aplicado na pavimentação, permite que a água da chuva infiltre diretamente no solo, reduzindo a vazão que encaminha-se ao sistema de drenagem urbana. Para a comprovação desse conceito, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, na qual mediante a consultas literárias relacionadas ao assunto pode-se obter o embasamento teórico sobre o mesmo. Elucidadas as especificações técnicas e executivas, pretende-se iniciar análises laboratoriais em diferentes traços, objetivando comprovar sua efetividade quanto pavimento bem como efetuar ensaios de resistência a compressão e principalmente a flexão, visando a comparação dos resultados com o concreto convencional. Com o traço definido e resistências comprovadas, pretende-se analisar a possibilidade de reutilizar os resíduos sólidos da construção civil na confecção do concreto permeável através da substituição parcial de seus constituintes, comparando seus resultados com o concreto referência.

Abstract: The urbanization of cities provokes every year the appearance of new buildings, thus increasing the waterproofing of the soil. From this, the need arises to solve such problematic where a different type of paving was thought, something that allowed the infiltration of the excess water and aided in retarding the flow of the rainwater. In this perspective, the use of the porous concrete in the production of permeable pavements was considered for the application in the

Evento: XXII Jornada de Pesquisa

urban centers, where there is more occurrence of floods due to the excessive surface runoff. Due to its high permeability, the permeable concrete when applied to the pavement, allows rainwater to infiltrate directly into the soil, reducing the flow that goes to the urban drainage system. To prove this concept, a bibliographical research was carried out, in which, through literary consultations related to the subject, one can obtain the theoretical basis on the subject. Once the technical and executive specifications have been elucidated, it is intended to initiate laboratory analyzes in different traits, aiming to prove its effectiveness as pavement as well as to carry out tests of resistance to compression and mainly the flexion, aiming the comparison of the results with the conventional concrete. With the defined trait and proven resistances, it is intended to analyze the possibility of reusing solid waste from the construction industry in the preparation of the permeable concrete by partially replacing its constituents, comparing its results with the concrete reference.

Palavras-chave: Pavimentação; Concreto Poroso; Permeabilidade; Enchente.

Keywords: Paving. Concrete Porous. Permeability. Flood.

1 INTRODUÇÃO

Conforme Holtz (2011), com o crescente aumento da urbanização, devido as edificações e pavimentação construídas com materiais impermeáveis, ocorreu uma gradual impermeabilização do solo nas cidades, onde a água da chuva que antes infiltrava em vários pontos no solo, agora escoava superficialmente sobre a pavimentação e pela rede pública de drenagem até os corpos hídricos de coleta, sobrecarregando todo o sistema. Essa sobrecarga ocorre pois naturalmente a água deveria infiltrar em vários pontos do solo e o pouco restante escoar sobre a superfície, porém acontece o contrário, quase nada infiltra e muito escoar e o tempo para que a vazão dessa água deságue nos corpos hídricos é bem menor, sendo assim, todo o sistema transborda.

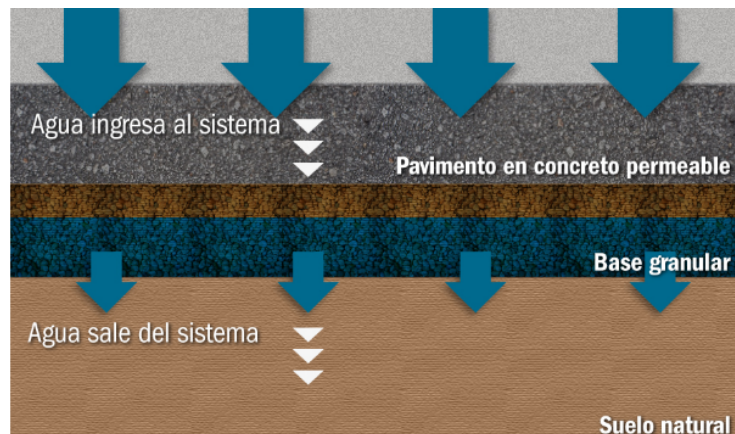
Em vista da preocupação cada vez maior com o desenvolvimento sustentável e com a preservação da qualidade ambiental, Hóltz (2011) afirma que aliviar os impactos provocados pela ação do homem se torna uma prioridade. O autor completa afirmando que é cada vez mais necessário buscar soluções inovadoras que proporcionem equilibrar o uso de recursos naturais com o crescimento urbano e reduzir a agressão ao meio ambiente.

Dentro desse contexto, surge a possibilidade de aplicação de pavimentos permeáveis como substituto do pavimento convencional para que a infiltração da água volte a ocorrer localmente e o escoamento superficial seja reduzido.

O pavimento permeável é uma estrutura que permite a passagem da água através de suas camadas (BATEZINI, 2013), como pode ser observado no esquema da figura 1. Ele pode ser construído com diferentes tecnologias, sendo que uma delas é o concreto permeável, o qual será tratado neste artigo.

Figura 1. Funcionamento do pavimento em concreto permeável

Evento: XXII Jornada de Pesquisa



Fonte: Arango (2014)

O pavimento permeável apresenta vantagens, como por exemplo, redução do escoamento superficial, redução dos condutos de drenagem urbana, redução da lâmina de água dos estacionamentos e redução dos custos com o sistema de drenagem, porém, também apresenta algumas desvantagens, tais como, necessidade de manutenção devido à colmatação das peças, maior custo para construção e contaminação dos aquíferos. (TUCCI, 2007).

O concreto permeável é uma variedade de concreto de cimento Portland que possui alto índice de vazios interligados, confeccionado com pouco ou nenhum agregado miúdo, o que permite a passagem da água através dos seus componentes. (POLASTRE; SANTOS, 2006). De acordo com Batezini (2013), o concreto permeável é composto basicamente por ligante hidráulico, brita de graduação uniforme, água e pouco ou nenhum agregado miúdo, como mostra na figura 2.

Figura 2. Copo de prova de concreto permeável



Fonte: Barzotto (2016)

Evento: XXII Jornada de Pesquisa

De modo geral, possui uma resistência menor do que a dos concretos convencionais, devido à sua alta porosidade. Devido a isso, o seu uso é, muitas vezes, restrito a áreas de tráfego leve. Entretanto, devido ao recente aumento do interesse e das pesquisas sobre esse material, já se sabe que ele pode apresentar bom desempenho e durabilidade em revestimento de pavimentação em áreas de tráfego leve, o que, aliado à sua capacidade drenante, auxilia na redução da impermeabilização do solo nas cidades. (LAMB, 2014).

Além disso, o material apresenta textura mais rugosa do que o concreto convencional, em vista disso, para o uso em pavimentos, ele também beneficia os usuários com relação à segurança da via, pois não acumula água em sua superfície, não ocasionando o efeito spray na pista e não há o risco de aquaplanagem. (TENNIS *et al.*, 2004).

Para avaliar as propriedades do material no estado fresco, os procedimentos padrão na elaboração dos corpos de prova e controle de qualidade do concreto convencional não se aplicam ao concreto permeável. No Brasil, ainda não existem métodos ou especificações para o estudo em laboratório desse material. (LAMB, 2014). Sendo assim, os ensaios realizados são feitos baseados principalmente em normas americanas da ASTM (*American Society for Testing and Materials*) e ACI (*American Concrete Institute*) e em pesquisas já realizadas.

A mistura de concreto permeável é mais rígida do que a mistura de concreto tradicional. Devido a não utilização de areia, a massa de concreto não possui a trabalhabilidade que a massa convencional apresenta, e por isso, em ensaios de slump, geralmente o abatimento é menos do que 20 mm. Esses valores de queda extremamente pequenos, inviabilizam a utilização do método, pois não representam a mistura. Dessa forma, para avaliar as características no estado fresco, os métodos mais utilizados são a massa unitária e o controle visual. A massa unitária normalmente é cerca de 70% da massa unitária do concreto convencional. (TENNIS *et al.*, 2004).

Nesta pesquisa, pretende-se realizar no estado endurecido, ensaios de resistência mecânica à compressão e à flexão, ensaios de permeabilidade, de infiltração e desgaste por abrasão. Os ensaios de resistência mecânica justificam-se pois de acordo com Neville (1997), a resistência normalmente dá a indicação da qualidade do concreto e é considerada a propriedade fundamental do concreto.

Para a realização do ensaio, Tennis *et al.* (2004) indicam a utilização de moldes retangulares, que simulem um pavimento, pois segundo os autores, a consolidação de campo do concreto permeável é difícil de reproduzir em corpos de prova cilíndricos.

A resistência à tração geralmente é tratada como uma característica secundária, pois sabe-se que o concreto não é um material que possui boa resistência aos esforços de tração em estruturas. (LEITE, 2001). Entretanto, em concretos permeáveis, a análise da resistência à tração na flexão é uma propriedade importante a ser avaliada, pois devido à aplicação prática principalmente como pavimento, os esforços de flexão serão os mais exigidos para a avaliação da possível utilização do material. Com relação às resistências à compressão e à tração na flexão, Batezini (2013) conclui que quanto maior o volume de vazios, menor a resistência mecânica.

Evento: XXII Jornada de Pesquisa

Com relação à permeabilidade, visto que um dos objetivos deste trabalho é a substituição do agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado, de acordo com estudos realizados pelos autores Quebaud et al. (1999) apud Leite (2001), Lamb (2014) e por Alves (2016), em ambas as pesquisas, onde foi substituído agregado graúdo natural por agregado reciclado, os concretos com agregado reciclado apresentaram permeabilidade superior ao concreto de agregado natural, isto deve-se ao fato dos agregados reciclados serem mais porosos, aumentando a relação a/c do concreto.

O último ensaio previsto para ser realizado é o ensaio de desgaste por abrasão, este ensaio apresenta um indicativo da qualidade do material utilizado na fabricação do concreto. Bem como, também proporciona a determinação da resistência à fragmentação por choque e atrito das partículas do agregado graúdo. (LEITE, 2001).

Segundo Leite (2001), os agregados reciclados apresentam menor resistência ao impacto e menor resistência ao desgaste em comparação aos agregados naturais. A NBR 6465 (1984) considera inadequado para uso em concretos os agregados que apresentam índices de perda por abrasão superiores a 50% em massa.

Pensando na sustentabilidade da construção civil, um dos objetivos deste trabalho é a substituição do agregado graúdo natural presente no concreto permeável, por agregado graúdo oriundo da reciclagem de resíduos da construção e demolição. O RCD, segundo John (2000), representa a quantia de 13% a 67% em massa, dos resíduos sólidos urbanos, no mundo, e cerca de duas a três vezes a massa de resíduos domésticos. De acordo com Ângulo et al. (2002), no senso do IBGE de 2002, no Brasil, estimou-se uma geração de 68,5 milhões de toneladas/ano de RCD para uma população urbana de 137 milhões de pessoas.

De acordo com a Abrelpe (2012), a geração de RCD só tende a crescer, de 2011 a 2012 o volume de RCD coletado pelos municípios aumentou 5,3%, o que equivale a cerca de três vezes mais do que o crescimento registrado na geração de resíduos sólidos urbanos. Esse crescimento é preocupante, visto que além desse valor que existe registrado, há também os resíduos que não estão sob coordenação dos municípios, não sendo contabilizados. Sendo assim, é fundamental buscar métodos para reaproveitamento deste material.

De acordo com Vidal (2014), de maneira geral, a grande maioria dos resíduos de construção e demolição possuem grande potencial para serem reciclados. Henrichsen (2000) afirma que mais de 90% dos RCD podem ser reciclados.

Os resíduos são reciclados por empresas do segmento. Eles são recolhidos, separados, britados e selecionados por granulometria em peneiras com aberturas semelhantes às do agregado natural.

A empresa recicladora Resicon de Santa Rosa que disponibilizou o material reciclado para o uso nesta pesquisa separa o resíduo em quatro granulometrias: pó de pedra ou areião - material com até 4,60 mm, pedrisco - material entre 4,60 e 9,30 mm, bica corrida 1 - material entre 9,30 e 48 mm e rachão - material acima de 48 mm.

Evento: XXII Jornada de Pesquisa

Os objetivos deste trabalho, na primeira fase, são realizar análises laboratoriais em diferentes traços de concreto permeável, buscando obter resultados que possam viabilizar a utilização do material como pavimento. Após encontrar o traço “ideal”, será iniciada a segunda fase da pesquisa, onde pretende-se utilizar resíduo da construção e demolição (RCD) como agregado graúdo na composição do concreto e comparar com os resultados encontrados no concreto da primeira fase, para que possa ser analisada a viabilidade da utilização de RCD em concretos permeáveis e qual o percentual de substituição que apresenta o melhor comportamento.

2 METODOLOGIA

O método empregado para a realização da presente pesquisa deu-se, inicialmente, pela pesquisa bibliográfica em fontes especializadas para embasamento e após, realização de ensaios laboratoriais para verificação das características mecânicas e hidráulicas do concreto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa encontra-se em andamento e ainda não foi iniciada a etapa de ensaios laboratoriais, portanto por hora não há resultados. Porém, através de pesquisas já realizadas sobre o tema em estudo, alguns resultados são esperados, em vista disso, pode-se analisar e discutir os resultados já encontrados pelos autores pesquisados. Os resultados encontrados foram para resistência mecânica à compressão e à flexão, taxa de infiltração e permeabilidade, porém os resultados obtidos por Lamb (2014) são para concreto permeável convencional, os outros autores apresentam seus resultados para concreto permeável com agregado reciclado.

Vidal (2014) realizou ensaio de resistência a compressão com corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm em sua pesquisa, e obteve, tanto para a substituição de 50%, como a de 100% de agregado reciclável, resistência à compressão em torno de 26% menor do que a mistura de concreto com agregado natural utilizando brita 1.

Topçu e Günçan (1995) apud Vidal (2014), substituíram teores de 0, 30, 50, 70 e 100% de agregados naturais por reciclados de concreto e encontraram reduções nos valores de resistência em torno de 80%. Quanto menor era a resistência do concreto reciclado, maior era o teor de substituição do agregado.

Lamb (2014) elaborou placas de tamanho 40 cm x 100 cm x 7 cm, em sua dissertação de mestrado sobre concreto permeável convencional, e as submeteu ao ensaio de flexão, obtendo 18,2 KN para um traço de 1:3, 11,6 KN para um traço de 1:3,5 e 15,2 KN para um traço de 1:4.

Segundo Leite (2001) não há interferência da utilização de agregado graúdo reciclado na resistência à tração em concretos. Os concretos com agregados reciclados seguem as mesmas diretrizes teóricas entre resistência à tração e compressão do que concretos convencionais da mesma classe.

De acordo com Vidal (2014) em pesquisas bibliográficas na sua dissertação, concluiu que tanto a resistência à compressão quanto à de tração em concretos reciclados não obedece a um

Evento: XXII Jornada de Pesquisa

comportamento constante.

Lamb (2014) realizou ensaio de taxa de infiltração no concreto permeável convencional, sem substituição por agregados reciclados, com placas de concreto permeável para três tipos de traços, na superfície superior (topo) e inferior (fundo) pelos lados 1 e 2, obtendo os resultados expostos na tabela 1.

Tabela 1. Taxas de infiltração nas placas de concreto permeável convencional

Traço	Identificação	Tempo de pré-lavagem (s)	Massa (Kg)	Tempo (s)	Taxa de infiltração (mm/h)
1:3	1	7,23	18,00	31,10	28.481,78
	2	7,87	18,00	36,20	24.500,63
	Fundo 1	6,04	18,00	28,89	30.699,99
	Fundo 2	5,94	18,00	28,12	31.540,64
1:3,5	1	3,10	18,00	18,09	73.353,96
	2	3,40	18,00	13,37	66.302,07
	Fundo 1	4,00	18,00	13,62	65.109,58
	Fundo 2	3,60	18,00	12,29	72.148,60
1:4	1	5,10	18,00	31,10	28.610,41
	2	5,20	18,00	18,08	49.273,48
	Fundo 1	6,10	18,00	21,29	41.651,30
	Fundo 2	4,20	18,00	20,10	44.125,51

Fonte: Lamb (2014)

De acordo com Tennis et al. (2004), os valores do coeficiente de permeabilidade dependem do material utilizado, porém os valores característicos desse variam de 0,2 cm/s até 1,2 cm/s.

Alves (2016) concluiu que, em sua dissertação de mestrado, quanto maior a porcentagem de substituição do agregado graúdo natural pelo agregado graúdo reciclável, maior a permeabilidade do concreto, como mostra no gráfico 1.

Gráfico 1. Relação entre % de substituição de agregado e permeabilidade

Evento: XXII Jornada de Pesquisa



Fonte: Alves (2016)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas urbanas devido à crescente urbanização, vivenciam problemas diversos, entre eles estão: a apropriação das zonas de várzeas e impermeabilização do solo, juntamente com o descaso com o sistema de drenagem urbana, acarretando no aumento significativo das enchentes nas cidades, e o destino inadequado dos resíduos provenientes da construção civil, que representam duas vezes o volume de resíduos sólidos urbanos. Essas duas problemáticas citadas (impermeabilização do solo e resíduo urbano), podem ser trabalhadas visando a sustentabilidade e a melhoria da qualidade de vida da população.

Ao longo da discussão, pode-se concluir que o uso do pavimento permeável em áreas urbanas constituído pelo concreto poroso reciclado (com a substituição do agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclável) é um material com excelente potencial para vir a contornar os problemas das enchentes nas áreas urbanas e solucionar a questão do destino inadequado dos resíduos provenientes da construção civil, pois, além de diminuir a retenção de águas pluviais, fazendo com que seja melhor aproveitado o solo e desafogando os condutos de drenagem pluvial, esse tipo de concreto irá proporcionar a redução da quantidade de recursos naturais retirados do meio ambiente.

Ao analisar os resultados encontrados pelos autores citados ao longo do trabalho, percebe-se que além da importante característica de resistência, a hidráulica desse concreto precisa ser compatível, ou seja, precisa-se encontrar um equilíbrio entre resistência e permeabilidade para que esse material seja uma boa opção para utilização em pavimentos. Os resultados encontrados também demonstram que o material reciclado pode ser utilizado, devendo o pesquisador buscar encontrar uma amostra “ideal”, pois quanto maior a quantidade de agregado reciclado, menor a resistência mecânica e maior a permeabilidade.

Evento: XXII Jornada de Pesquisa

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2012: Edição especial 10 anos. 2012. 113p. Disponível em < <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>> Acesso em 15 nov. 2016.

ALVES, Priscila B. Concreto permeável para pavimentação urbana com uso de resíduos de construção e demolição produzidos na usina de reciclagem de São José do Rio Preto. 2016. 90f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2016.

ANGULO, S. C. et al. Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD. In: Seminário de desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil. 2002. São Paulo. Anais... São Paulo: IBRACON; IPEN. 2002. p. 293-307.

ARANGO, Samuel. Concreto permeável. Blog "Clube do Concreto". [S.l.]. 17 ago. 2014. Disponível em: Acesso em: 27 dez. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6465: Agregados - determinação da abrasão "Los Angeles". Rio de Janeiro, 1984.

BARZOTTO, A.C.B. Estudo de Diferentes Dosagens para a Produção do Concreto Permeável. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, Ijuí, 2016.

BATEZINI, Rafael. Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves. 2013. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

HENRICHSEN, A. Use of recycled aggregate. In: International Workshop on Recycled Aggregate. Proceedings. Niigata, Japan. pp. 1-8, 2000.

HÖLTZ, Fabiano da C. Uso de concreto permeável na drenagem urbana: análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental. 2011. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 102 e 120 p. Tese (livre docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2000.

LAMB, Gisele S. Desenvolvimento e análise do desempenho de elementos de drenagem fabricados em concreto permeável. 2014. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese de doutorado. Porto Alegre, Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

Evento: XXII Jornada de Pesquisa

POLASTRE, B.; SANTOS, L. D. Concreto permeável. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

TENNIS, Paul D.; LEMING, Michael L.; AKERS, David. J. Pervious Concrete Pavements. Portland Cement Association, Skokie, Illinois and National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, USA, 2004. 36p.

TUCCI, Carlos E. M. Inundações urbanas. ABRH/RHMA. Vol. 11. Porto Alegre, 2007. 393p.

VIDAL, Almir dos S. Caracterização de concreto permeável produzido com resíduos de construção e demolição para utilização em pavimentação permeável em ambiente urbano. Rio de Janeiro, 2014. 132f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.