



**CONCRETO PERMEÁVEL COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS PROVENIENTES
DA CONSTRUÇÃO CIVIL
PERMEABLE CONCRETE WITH ADDED WASTE FROM CIVIL
CONSTRUCTION**

Joel Garcia Ferreira¹

RESUMO: Este trabalho possui como objetivo principal analisar a resistência à compressão e a viabilidade construtiva do bloco de concreto permeável com adição de Resíduos de Construção e de Demolição, para que sejam empregados em vias de tráfego leve, calçadas e ciclovias, com a finalidade de reduzir custos de produção, contribuindo também com a sustentabilidade. Essa pesquisa avaliou através de ensaios de compressão em laboratório se as características do material final estão de acordo com as normatizações mínimas exigidas na NBR 16416:2015 (Pavimentos permeáveis de concreto: requisitos e procedimentos). Durante todo esse período de experimentos foi constatado que ainda são necessários mais estudos que permita otimizar o uso do resíduo aliado a maior resistência do concreto permeável, pois foi obtida uma média de resistência dos corpos de provas testados de 9,14 MPa em blocos contendo 10% de reciclado, 8,63 MPa com 20%, 7,63 MPa com 30% e no bloco com adição de 50% de reciclado a resistência à compressão axial foi de 6,45 MPa, ficando ainda bem distantes dos 20 MPa que é requisito mínimo exigido pela NBR 16416:2015 (Pavimentos permeáveis de concreto: requisitos e procedimentos).

Palavras Chave: Concreto permeável. Resistencia. Resíduos da construção.

¹ Faculdades Integradas de Fernandópolis (FEF/FIFE)

ABSTRACT: The main point of this assignment is to analyze the pressure and a constructive viability of the permeable concrete block with added waste from construction and demolition, to be used in traffic routes of light vehicles, sidewalks and bicycle paths, in order to lower prices, contributing to sustainability. This research evaluated through laboratory compression tests if the final material complies with the minimum standards required in NBR. During this research period it was verified that further studies are necessary to optimize the use of the residue to the better resistance of the permeable concrete, because it was obtained an average resistance of the test bodies tested of 9,14 MPa in blocks containing 10% of recycled, 8,63 MPa with 20%, 7,63 with 30% and the block with the addition of 50% recycled the axial compression strength was 6,45 MPa, being still far away from the 20 MPa that is the minimum required by norm.

Keywords: Permeable concrete. Resistance. Building waste

1- Introdução

As obras de pavimentação que sempre foram utilizadas ao longo da história tem como principal característica o isolamento de suas camadas internas da umidade, com o propósito de preservar capacidade mecânica à compressão do pavimento, evitando patologias iniciais como trincas e posteriormente a formação de panelas, normalmente ocasionado pela infiltração da água no interior da estrutura (VIRGILIIS, 2009).

O pavimento permeável vem na contramão dessa perspectiva, pois prioriza a infiltração da água no interior de suas camadas, auxiliando no processo de drenagem urbana. Caracteriza-se basicamente pela diminuição ou ausência total do agregado miúdo. Aumentando assim a porosidade do mesmo, permitindo a passagem da água pelo interior da estrutura. Assim em locais com grande percentual de solo pavimentado auxilia na diminuição do escoamento fluvial, facilitando absorção pelo subsolo (CASTRO, 2015).

Pavimento que atende simultaneamente as condições de esforço mecânicos e condições de rolamento e cuja estrutura permite a percolação e/ou o acúmulo temporário de água, diminuindo o escoamento superficial, sem causar dano à estrutura. ABNT(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-16416 2015, p.02)

O pavimento permeável é constituído por agregado graúdo com granulometria uniforme, pouco ou nenhum agregado miúdo, água, ligante hidráulico, sendo na sua maioria é utilizado o cimento Portland e aditivos químicos.

A regulamentação desse pavimento aqui no Brasil se dá por meio da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pela NBR 16416:2015 – Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos. Podemos observar assim que a regulamentação brasileira ainda é bem recente, já que a NBR citada foi publicada somente no ano de 2015.

O uso desse tipo de pavimento no mundo não é recente, sua utilização é datada a mais de 150 anos, mas somente nas duas últimas décadas que se intensificaram estudos, referentes às sua resistência e durabilidade. Sua utilização se mostra bastante atrativas principalmente em locais de tráfego leve, calçadas, ciclovias, ruas residenciais de movimentação baixa, dentre outros. Aliado a isso ainda temos a crescente preocupação nos dias atuais com a sustentabilidade e a impermeabilização das águas pluviais nos grandes centros urbanos (BATEZINI, 2013).

Desta forma podemos observar que com o grande crescimento das cidades e o crescente uso da pavimentação nessas áreas, aliado a falta de políticas públicas e locais apropriados para destinação dos resíduos da construção civil, tem se tornado um problema para os grandes centros urbanos. Historicamente aqui no Brasil esse material descartado por grande parte da construção civil, na sua maioria, sempre foi depositado em locais inadequado causando grandes perdas não só ambiental como econômica pra o setor da construção civil (PUCCI, 2006).

Por isso o concreto permeável se apresenta como uma solução pontual para o problema. Pois alia a maior permeabilidade para as áreas urbanas, além da destinação sustentável aos resíduos da construção civil.

Pode se dizer que os resíduos da construção civil estão aumentando cada vez mais, assim como a necessidade de uma destinação mais sustentável, nesse contexto fica claro que o uso do reciclado nas novas construções se faz necessário. O mais preocupante com tudo é assegurar que a utilização do resíduo não pode trazer perdas para a nova construção, principalmente na resistência, não sendo utilizado na parte estrutural das edificações. “Em concreto sem função estrutural, admite-se o emprego de agregado reciclado classe A,

substituindo parcial ou totalmente os agregados convencionais”. ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-15116, 2004, p.05).

Mesmo em se tratando de um material que caracteristicamente apresenta uma resistência menor quando reutilizado na construção civil, existem registros que apontam a utilização de material reciclado em novas obras desde a época do Império Romano. (RICCI, 2007).

No Brasil o emprego desse material reutilizável inicia-se somente na década de 80 de forma bem modesta, exclusivamente em obras de edificações, reaproveitando resíduos da própria obra, onde eram usadas máquinas de pequeno porte no próprio canteiro de obras. (RICCI, 2007).

A normatização nacional quanto ao uso dos resíduos sólidos da construção civil, se deu somente no ano de 2004, quando a ABNT lançou as NBRs 15113 (Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação), 15114 (Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação), 15115 (Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos) e 15116 (Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos), regulamentando desde o recebimento e instalação do material até aplicação em concreto não estrutural e pavimentação. Antes disso a principal regulação desse material era a resolução 307 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) publicado em 2002. (RICCI, 2007).

Por todas as razões citadas essa pesquisa visa testar em laboratório a resistência do concreto permeável com a adição do material reciclado. Reafirmando com isso os benefícios sustentáveis dessa prática, tendo como principal vantagem o custo x benefício.

Foram realizados ensaios de compressão substituindo agregado graúdo pelo reciclado, utilizando porcentagens diferentes (10%, 20%, 30% e 50%), assim como uma variação no fator água/cimento de acordo com a porcentagem de material reciclado adicionado.

2 - Análise Experimental

A composição do concreto permeável é basicamente a mesma do concreto Portland convencional, com a diferença que o agregado miúdo normalmente é bem reduzido ou muitas vezes nulo. A parcela de materiais empregados na produção do concreto permeável depende muito da matéria prima encontrada no local onde será utilizado (BATEZINI,2013)

Como não existe normatização para uso de dosagens específicas do concreto permeável, para determinar o traço a ser utilizado no experimento, considerou-se estudo anterior (Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves – BATEZINI, 2013), que aponta a variação 1:4 a 1:4,5 como a faixa mais típica utilizada nas misturas, assim como podemos notar Tabela 1.

Tabela1: consumo e proporções típicas utilizadas nas misturas de concreto permeável.

Materiais	Consumo/proporção
Ligante hidráulico (kg/m ³)	270 a 415
Agregado graúdo (kg/m ³)	1.190 a 1.700
Relação água/cimento (a/c) em massa	0,27 a 0,34
Relação cimento/agregado em massa	1:4 a 1:4,5
Relação agreg. miúdo/agreg. graúdo em massa	0 a 1:1

(Fonte: BATEZINI, 2013)

Como referencia à Tabela a cima, utilizou-se o traço 1:4 durante as moldagens dos corpos de prova, respeitando a NBR 5738-2015. Os corpos foram montados um a um, pesando todos seus componentes em uma balança de precisão. Estabeleceu-se um peso bruto total de 2,5 kg, para que fosse atendido o volume de 0,00157 m³ do CP, pois o mesmo é cilíndrico e possui dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura. Foram adicionados à fração dos agregados graúdo (pedrisco) uma porcentagem variada de 10%, 20%, 30% e 50% de material reciclado, conforme podemos observar na tabela 2, as proporções do traço 1:4.

Tabela 2: Composição do traço presente nos testes

Composição do Traço 1:4			
Teste	Ligante hidráulico (kg/m ³)	Brita basáltica (kg)	Reciclado (kg)
1	0,5	1,8	0,2
2	0,5	1,6	0,4

3	0,5	1,4	0,6
4	0,5	1	1

Fonte: Próprio estudo

Utilizou-se como base do experimento a brita de origem basáltica, comumente empregada na construção civil na região Noroeste do estado de São Paulo e facilmente encontrada em qualquer casa de materiais de construção comercializadas como brita 0 e o agregado graúdo reciclado (resíduo de construção), que foi cedido pela empresa Mejan instalada a cidade de Votuporanga, responsável pela captação e destinação adequada do todo material descartado pelas obras da cidade.

Nessa empresa o material passa por um procedimento chamado cominuição de resíduos, que consistem em quebrar todo material reciclado e peneira-lo para que seja separados os agregados graúdos dos miúdos, sendo que os graúdos são divididos em três granulometrias diferentes. Para o experimento utilizou-se a granulometria que mais se aproxima do tamanho do pedrisco (brita basáltica zero).

No laboratório da Fundação Educacional de Fernandópolis separou-se os dois materiais base do experimento utilizando inicialmente o método de quarteamento conforme a NBR NM 27:2000. Com objetivo de encontrar a granulometria dominante do material. Foram reservados para o peneiramento duas amostra de cada agregado com aproximadamente 300 gramas cada, obedecendo as especificações da NBR NM 248:2001.

Essas amostras foram peneiradas utilizando um peneirador elétrico, necessitando apenas das peneiras com aberturas 9,5mm, 4,75 mm e 2,36 mm, como podemos ver na Figura 1.

Figura 1: processo de peneiramento dos agregados graúdos, realizado no laboratório da Fundação Educacional de Fernandópolis – FEF.



Fonte: Próprio estudo

Tanto a brita como o reciclado são materiais bastante irregulares, necessitando assim realizar o peneiramento para que fosse utilizado um material uniforme durante a moldagem dos corpos de prova. Como cerca de 80% do material peneirado correspondia à abertura de 4,75 mm foi estabelecido então que trabalharia apenas com essa granulometria na moldagem dos CPs. Os materiais retidos nas peneiras 9,5 mm e 2,36 mm foram descartados. Assim como podemos observar na Tabela 3.

Nessa etapa observamos uma quantidade considerável de finos, o que possivelmente poderia diminuir a resistência do concreto se não fosse peneirado anteriormente.

Tabela 3: Quantidade de pedisco retidos em cada peneira

		PESO BRUTO	PENEIRAS			finos
			9,5mm	4,75mm	2,36mm	
BRITA BASÁLTICA	AMOSTRA 1	300g	15g	246g	29g	10g
	AMOSTRA 2	300g	16g	242g	34g	8g
RECICLADO	AMOSTRA 1	300g	17 g	244g	28g	11g
	AMOSTRA 2	300g	12g	241g	37g	10g

Fonte: Próprio estudo

O fator água/cimento é de grande importância para qualquer tipo de concreto, no permeável esse fator é de grande destaque, durante o processo de produção das porções que irão compor os copos de prova, no momento em que se pega a massa na mão e exerce uma pressão sobre a mesma formando uma bolinha, não poderá desmontar nem fluir.(TENNIS et. al, 2004 apud CASTRO, 2015).

Por se tratar de um método empírico ao fator água/cimento também não possui normatização, foram considerados estudos anteriores, como mostra a Tabela 1.

Estabeleceu-se inicialmente o fator água/cimento no valor de 0,30 como ponto de partida durante a moldagem dos corpos de prova. Com o auxílio de uma colher de pedreiro e um recipiente plástico, os CPs foram moldados um a um manualmente, facilitando assim a observação do seu aspecto físico, que possuem características diretamente ligadas ao fator a/c (água/cimento), sempre observando a textura do concreto e adicionando 5 ml de água por vez, quando necessário, para que a mistura não fique seca e nem se torne uma pasta, como observamos na figura 2.

O aglomerante hidráulico utilizado foi o CP-V ARI, por possuir como principal característica alta resistência inicial, que auxiliou bastante durante o processo de desmoldagem dos corpos de prova.

Figura 2: confecção dos corpos de prova



Fonte: Próprio estudo

Nessa fase podemos observar que o fator água/cimento não se manteve em 0,30, ocorreu uma grande variação principalmente quando a porcentagem de agregado reciclado era maior na mistura. Pois o reciclado possui grande quantidade de argamassa em sua composição e o mesmo encontrava-se seco, como podemos observar na Tabela 4.

Tabela 4: Fator água e cimento presente em cada amostra

Fator de água/cimento				
Amostra	% de Reciclado	Água inicial (ml)	Quant. Água Adicionada (ml)	Fator/água Cimento final (%)
1	10%	150	15	0,33
2	20%	150	15	0,33
3	30%	150	35	0,37
4	50%	150	65	0,43

Fonte: Próprio estudo

Tendo as medidas já calculadas de cimento para cada traço, adiciona-se o pedrisco (brita basáltica) e o agregado graúdo reciclado, aos poucos intercalando com água e mexendo com a colher de pedreiro, de modo a não ficar nem um material seco nos cantos da vasilha, deixando a mistura o mais homogênea possível.

Os corpos de prova cilíndricos 10x20 cm foram moldados respeitando a NBR 5738:2015, assim como descrito na norma, utilizou-se duas camadas de concreto, onde para cada uma delas foram executados 12 golpes manual utilizando uma haste cilíndrica pra auxiliar o adensamento. No total foram confeccionas 16 corpos de prova, sendo 4 para cada dosagem, conforme a tabela 5.

Tabelas 5: composição dos corpos de Prova.

5.1: Quantidade de materiais utilizados no teste 1.

Traço	CP	%	Agregado reciclável (Kg)	Agregado Graúdo (kg)	Cimento CP-V ARI (kg)	Água (ml)	Peso (bruto) (kg)
1:4	1/1	10	0,2	1,8	0,5	165	2,5
1:4	2/1	10	0,2	1,8	0,5	165	2,5
1:4	3/1	10	0,2	1,8	0,5	165	2,5
1:4	4/1	10	0,2	1,8	0,5	165	2,5

Fonte: Próprio estudo

5.1.2: Quantidade de materiais utilizados no teste 2.

Traço	CP	%	Agregado Reciclável (kg)	Agregado Graúdo (kg)	Cimento CP-V ARI (kg)	Água (ml)	Peso Bruto (Kg)
-------	----	---	--------------------------	----------------------	-----------------------	-----------	-----------------

1:4	1/2	20	0,4	1,6	0,5	165	2,5
1:4	2/2	20	0,4	1,6	0,5	165	2,5
1:4	3/2	20	0,4	1,6	0,5	165	2,5
1:4	4/2	20	0,4	1,6	0,5	165	2,5

Fonte: Próprio estudo

5.1.3: Quantidade de materiais utilizados no teste 3.

Traço	CP	%	Agregado Reciclável (kg)	Agregado Graúdo (kg)	Cimento CP-V ARI (Kg)	Água (ml)	Peso Bruto (Kg)
1:4	1/3	30	0,6	1,4	0,5	185	2,5
1:4	2/3	30	0,6	1,4	0,5	185	2,5
1:4	3/3	30	0,6	1,4	0,5	185	2,5
1:4	4/3	30	0,6	1,4	0,5	185	2,5

Fonte: Próprio estudo

5.1.4: Quantidade de materiais utilizados no teste 4.

Traço	CP	%	Agregado Reciclável kg	Agregado Graúdo kg	Cimento CP-V ARI(Kg)	Água (ml)	Peso Bruto (Kg)
1:4	1/4	50	1,0	1,0	0,5	215	2,5
1:4	2/4	50	1,0	1,0	0,5	215	2,5
1:4	3/4	50	1,0	1,0	0,5	215	2,5
1:4	4/4	50	1,0	1,0	0,5	215	2,5

Fonte: Próprio estudo

Após 24 horas da preparação todos corpos de prova foram desmoldados, identificados e colocados em imersão total, em um recipiente contendo uma solução saturada de água e hidróxido de cálcio (cal), onde permaneceu por 28 dias durante seu processo de cura, conforme NBR 5738:2015 (Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos).

Figura 3: Corpos de prova após serem desmoldados e identificados, foram colocados em imersão.



Fonte: Próprio estudo

Já totalizados o tempo de cura, os ensaios de compressão axial foram realizados em parceria com a construtora Coelho Engenharia na cidade de Fernandópolis, os ensaios respeitou toda normatização de acordo com a NBR 5739:2007(Concreto – Ensaio de compressão de corpos – de – prova cilíndricos), onde seus resultados podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6: Resultados do ensaio de compressão axial.

Resultados dos ensaios (28 dias)					Resistência a compressão 28 dias (MPa)	
Corpo Prova	%				Tonelada	x (1,273)
	10%	20%	30%	50%		
1/1	X				7,29	9,28
2/1	X				7,12	9,06
3/1	X				7,08	9,01
4/1	X				7,22	9,19
					Média	9,14
1/2		X			6,88	8,76
2/2		X			6,74	8,58
3/2		X			6,70	8,53
4/2		X			6,81	8,67
					Média	8,63
1/3			X		6,05	7,70
2/3			X		5,86	7,46
3/3			X		5,74	7,31
4/3			X		6,32	8,05
					Média	7,63
1/4				X	5,30	6,75
2/4				X	5,12	6,52
3/4				X	4,90	6,24
4/4				X	4,93	6,28
					Média	6,45

Fonte: Próprio estudo

Durante os ensaios foram utilizados discos de neoprene contidos em cápsulas metálicas para melhorar a distribuição das cargas, uma vez que a superfície do concreto permeável é bastante irregular e não tínhamos a disposição uma máquina faceadora

Todos os valores que foram obtidos nos testes de compressão realizados aos 28 dias de cura, ficaram a baixo dos 20 MPa descritos na norma NBR 16416:2015 (Pavimentos permeáveis de concreto: requisitos e procedimentos), inferior aos padrões aceitável para serem utilizados em locais onde existem transito de veículos leves e tráfego de pedestre. A baixa resistência está ligada diretamente a sua permeabilidade, pois para o concreto ser permeável necessariamente o volume de vazios precisam ser maior que no concreto convencional.

Proporcionalmente a resistência será menor, aliado a isso ainda tivemos a utilização do material reciclado que também possui uma resistência menor á compressão.

Podemos observar na tabela 6, que são inversamente proporcionais a resistência e o emprego do reciclado, quanto maior foi á quantidade de reciclado utilizado no traço, menor também foi sua resistência. Olhando os resultados dos ensaios observamos que nos corpos de prova com adição de 10% de reciclado obtivemos uma média de resistência de 9,14 MPa maior 6,45 MPa que foi a média obtida quando foram adicionados 50% de reciclado ao traço.

Conclusão:

Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade da confecção de blocos de concreto permeável com adição de resíduos de descarte da construção civil, na tentativa de se obter blocos que atendam as resistências exigidas por norma assim como reduzir os custos e trabalhar de forma sustentável. Os resultados encontrados ainda precisam ser mais trabalhados, sobretudo os de resistência à compressão, para que este concreto tenha seu uso empregado na pavimentação de locais de tráfego com veículos leves, ciclovias ou calçadas.

Durante este período de estudos foi constatado ainda, que existem vários fatores que precisam ser levados em consideração para uma produção e utilização em longa escala do concreto permeável como:

- Características estéticas do material;
- Alto custo atual;
- Cuidados com a manutenção, evitando o entupimento de seus poros para não comprometer sua permeabilidade;
- Necessidade de mão de obra especializada, dentre outras.

Mas ao mesmo tempo notou-se que é crescente a procura por construções que agregam na sua prática métodos sustentáveis e que a destinação dos resíduos da construção civil tem se tornado um grande problema principalmente nos grandes centros urbano, reforçando a importância de estudos como esse para a evolução da construção civil.

Bibliografia

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto: requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 27: Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Agregados – determinação de composição granulométrica. Rio de Janeiro. 2001.

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.

BATEZINI,R. Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves, 2013. Disponível em:<<http://www5.usp.br/?s=&q=concreto+permeavel/>>. Acesso em 18 setembro 2018.

CASTRO,L. Estudos de traço de concreto permeável de cimento Portland, 2015. Disponível em:<<http://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/.../FilipedeOliveiraCurvoCorr17.pdf/>>. Acesso em 23 setembro 2018.

PUCCI,R. Logística de resíduos da construção civil atendendo a resolução CONAMA 307, 2006. Disponível em:<<http://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3148/tde-05092006-141310/pt-br.php.pdf/>>. Acesso em 23 setembro 2018.

RICCI,G. Estudo de características mecânicas do concreto compactado com rolo com agregados reciclados de construção e de demolição pra pavimentação, 2007. Disponível em:<<http://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde09012008-162125/pt-br.php/>> Acesso em 27 setembro 2018.

VIRGILIIS, A. Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheia, 2009. Disponível em:<<http://monografias.poli.ufrj.br/br/monografias/monopoli10022817.pdf/>>. Acesso em 19 setembro 2018.