

PRODUÇÃO DE PISOS INTERTRAVADOS TIPO PAVIESS COM UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE MÁRMORE E GRANITO

Production of paviess interval floors with the use of marble and granite residue

Alexandre Tozzi dos Santos Colnago¹, Edson Fernando Oliveira², Karoline Bonatto Merlo³

Recebido em 25 de setembro de 2017; aceito em 18 de dezembro de 2017; disponível on-line em 09 de março de 2018.



PALAVRAS CHAVE:

Rochas ornamentais;
Resíduos;
Paviess;
Viabilidade técnica;
Propriedades mecânicas;

KEYWORDS:

Ornamental rocks;
Residues;
Paviess;
Technical viability;
Mechanical properties.

RESUMO: Como consequência da grande reserva e variedade de rochas ornamentais, seguida da produção acentuada, o estado do Espírito Santo tem gerado um elevado volume de resíduos durante o processo de extração e corte dessas rochas. Habitualmente os rejeitos oriundos deste processo são depositados em lagoas de decantação ou destinados a aterros, acarretando grave impacto ambiental. O presente trabalho analisou a viabilidade técnica do reaproveitamento do resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais (RBRO), quando aplicado em blocos de concreto intertravados tipo PAVIESS, como forma de substituição de agregados miúdos. Para tanto, foram analisadas as propriedades mecânicas dos blocos de concreto, afim de atender a norma regulamentadora. Os traços analisados partiram de um padrão (TP) do qual foi substituído teores de agregado miúdo por RBRO em porcentagens de 5%(T5), 10%(T10) e 15%(T15). Os blocos foram submetidos a ensaios compressão axial e absorção de água para obtenção dos resultados. Por fim, observou-se que a substituição do agregado miúdo por 10% de RBRO fornece a viabilidade técnica quanto ao seu uso em tráfego de pedestres, trânsito de veículos leves e comerciais, podendo ser utilizado na linha de produção dos blocos de PAVIESS. A principal contribuição deste trabalho é a possibilidade de produção de blocos de PAVIESS utilizando o RBRO, com aceite dentro da norma vigente, para introdução no mercado, sendo relevante a redução de impactos ambientais.

ABSTRACT: As a consequence of the big reservation and variety of ornamental rocks followed by its high production, the state of Espírito Santo has generated a high volume of residues during the process of extraction and cut of these rocks. Frequently, the residues derived from this process are deposited in decantation ponds or landfill what causes a serious environment impact. This paper analyzed the technical viability of reusing the residues derived from the beneficiation of ornamental rocks (RBRO) when applied to interlocked floors like PAVIESS, as a way to substitute the small aggregates. For that, it was analyzed the mechanical properties of the blocks of concrete in order to obey the regulatory norm. The features analyzed were based on a pattern (TP) from which it was substituted contents of small aggregates to RBRO in percentages of 5% (T5), 10% (T10) and 15% (T15). The blocks were submitted to axial compression samples and water absorption in order to obtain the results. Finally, it was observed that the replacement of small aggregates for 10% of RBRO, provides a technical viability concerning the use in traffic of pedestrians, traffic of light and commercial vehicles which can be use in the production of blocks of PAVIESS. The main contribution of this study is the possibility of producing blocks of PAVIESS using the RBRO with acceptance by the current regulation to be introduced in the market, being important the reduction of environmental impacts.

* Contato com os autores:

¹e-mail: alextozzi75@hotmail.com (A. T. S. Colnago)
Engenheiro Civil, Pós-graduando em Gerenciamento de Projetos, FAESA.

²e-mail: ed.fer.o@hotmail.com (E. F. Oliveira)
Engenheiro Civil.

³e-mail: karolinebonatto@hotmail.com (K. B. Merlo)
Engenheira Civil, Pós-graduanda em Estruturas de Concreto e Fundações, INBEC.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, a rocha vem sendo utilizada como matéria prima na engenharia civil, porém, a utilização em grande parte ocorre na sua forma bruta. Com o advento de novas tecnologias, a exploração e utilização das rochas ornamentais cresceram exponencialmente. Utilizada muitas vezes como forma de substituição da madeira em detalhes construtivos (acabamentos, pisos, revestimentos internos e externos), a rocha tem sido utilizada também de forma exótica em artigos de decoração. Com o aumento da sua utilização, o custo significativo de importação ameaçava a balança comercial brasileira. No entanto, o país conseguiu se favorecer devido à grande produtividade de rochas no mercado interno.

O Brasil possui uma reserva de cerca de 8,57 bilhões de metros cúbicos de rochas ornamentais para mais de 500 variedades (GUERRA, 2005). Dentre os estados da União com maior produção lidera o Espírito Santo, seguido por Minas Gerais, Bahia e Ceará (CHIODI FILHO, 2005). O Estado do Espírito Santo é referência mundial na produção de mármore e granito, sendo responsável por 50% da produção de todo o mercado nacional e por 65% das exportações brasileiras. O Estado conta com cerca de 900 teares em operação, o que representa em torno de 69% dos teares instalados no Brasil (ABIROCHAS, 2012). A produção de rochas ornamentais brasileiras no ano de 2002 totalizou 6,0 milhões t/ano. Nesse contexto, o Sudeste foi responsável por aproximadamente 80% da produção, sendo o estado do Espírito Santo, o maior produtor da região (CHIODI FILHO, 2005).

No ano de 2009, a produção capixaba de rochas ornamentais foi de 1,25 milhões de toneladas (DNPM, 2010) correspondente a 16,4% da produção brasileira deste ano. No ano de 2012, a produção mundial de rochas foi de 12,5 milhões de toneladas ano, e o Brasil representou 7,53% desta produção. No ano seguinte, a produção mundial foi de 13 milhões de toneladas ano e o Brasil aumentou a porcentagem de representação

em 0,54%, totalizando 8,0% da produção mundial (ABIROCHAS, 2012).

Observa-se um aumento significativo na produção, com crescimento que pode ser denominado exponencial. Tamaña exploração pode ser justificada pela grande variedade de rochas ornamentais presentes no Brasil, como mármore, granito, ardósia, quartzito, entre outros.

Diante deste cenário, as indústrias de rochas ornamentais durante seu processo de extração e corte, tem produzido um grande volume de resíduos. Segundo Gonçalves (2000), na etapa de beneficiamento dos blocos, cerca de 25 a 30% do seu volume é transformado em resíduo de serragem.

No Brasil são gerados cerca de 800.000 t/ano deste resíduo (CHIODI FILHO, 2005), que ora são descartados de forma incorreta no meio ambiente, ora são recolhidos por empresas especializadas, responsáveis por reduzir o impacto ao lançá-lo no meio ambiente. Entretanto, ainda não possuímos uma destinação de caráter sustentável ao resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais (RBRO).

A preocupação em reutilizar o resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais vem desenvolvendo muitas pesquisas a fim de inseri-lo novamente na cadeia produtiva: para a produção de argamassas de assentamento (CALMON et al., 1997), para a produção de concretos (GONÇALVES, 2000), e para a produção de peças cerâmicas e blocos estruturais (FALCÃO et al., 2001). Estes estudos apontam viabilidade para utilização do RBRO, tendo como benefício o aumento do desempenho mecânico em relação aos concretos ausentes de RBRO.

2. OBJETIVO

Tendo em vista a preocupação cada vez maior com a geração e destinação de resíduos sólidos e a pequena quantidade de pesquisas existentes, em comparação a outras áreas, o objetivo da presente pesquisa é analisar, experimentalmente, a viabilidade técnica do RBRO

quando aplicado em blocos de concreto intertravados tipo PAVIESS, como forma de substituição de agregados miúdos. Sendo a viabilidade técnica orientada pela NBR 9781 (ABNT, 2013), verificaremos se a substituição pode ser satisfatória a fim de atingir a resistência mínima de 35 Mpa e a absorção d'água mínima menor ou igual a 6%.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO

A pavimentação de peças segmentadas, por exemplo, blocos de tijolos de argila, pedras talhadas e aparelhadas manualmente, blocos de tijolos de madeira, vem sendo aplicados pelo homem desde a Idade Média (SHACKEL, 1991).

No ano de 2004, 80,3 % das vias existentes no Brasil, não eram pavimentadas de acordo com a Associação Nacional de Transporte Públicos (ANTP), sendo impossibilitado o uso exclusivo do asfalto como forma de pavimentação destas vias. A utilização dos blocos como forma de pavimentação favorece a redução de inundações em cidades, uma vez que o índice de infiltração das peças pré-moldadas de concreto (PPC) é maior e o índice de escoamento é menor quando comparados ao do asfalto. Além da facilidade de manutenção e reparo, acesso aos utilitários (redes) e baixo custo de manutenção (HALLACK, 2001).

Para utilização das PPC, a NBR 9781 (ABNT, 2013) - Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio, determina a resistência mínima de acordo com o tipo de tráfego desejado, ilustrado na Tabela 1.

A resistência dos blocos não é o único fator responsável pelo bom desempenho do

pavimento, devemos considerar também o comprimento, largura, espessura das peças e o assentamento dos blocos. Sendo o comprimento variável e a espessura entre 6 a 10cm. Quanto maior a espessura do bloco, melhor é o intertravamento entre as peças (FARIA, 2011).

O intertravamento de PPC nos remonta para as estradas do antigo Império Romano, construídas com pedras cortadas e assentadas próximas umas das outras (ICPI - *Interlocking Concrete Pavement Institute*, 2011). Intertravamento é a capacidade que as peças possuem de adquirir resistência aos movimentos de deslocamento individual, podendo ser o descolamento: horizontal, vertical, de rotação ou de rotação (HALLACK, 2001).

Além de determinar a resistência mínima das PPC's para os tipos de tráfegos, a NBR 9781 (ABNT, 2013) menciona a composição das peças: cimento Portland, agregados e água; sendo permitido o uso de aditivos e pigmentos. A água proporciona hidratação e fluidez ao cimento. Os agregados acrescentam volume ao concreto e melhoram a resistência à abrasão. O cimento devido às suas propriedades aglutinantes tem função de aglomerante hidráulico, responsável em formar um material sólido, denominado concreto (AMBROZEWICZ, 2012). O aditivo de acordo com as Normas Norte-Americanas (ASTM C 125, 2001) é um material outro que não água, podendo ser empregado antes ou depois da mistura, com função de melhorar as características do concreto. Podendo ainda ser acrescentado pigmentos de base orgânica, responsáveis por melhorar a estética do produto final. Todos os componentes da mistura devem atender às Normas conforme Tabela 2.

TABELA 1: Resistência mínima quanto a solicitação.

Solicitação	Resistência característica à compressão (f _{pk}) aos 28 dias
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	≥ 35
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	≥ 50

FONTE: NBR 9781 (ABNT, 2013).

TABELA 2: Componentes da mistura e suas respectivas Normas Regulamentadoras.

Material	Norma
Cimento Portland	5732 (ABNT, 1991), 5733 (ABNT,1991), 5735 (ABNT, 1991), 5736 (ABNT, 1991), 11578 (ABNT, 1991), 12989 (ABNT, 1993)
Agregados	7211 (ABNT, 2005)
Água	15900-1 (ABNT, 2009)
Aditivos	11768 (ABNT, 2011)
Pigmentos	C 979/C 979M (ASTM,2016)

FONTE: NBR 9781 (ABNT, 2013).

O concreto se tornou um produto de grande utilização, consumindo uma quantidade considerável de agregados naturais em sua produção. Porém, Moura et al. (2002) ressalta que a substituição destes agregados pelo RBRO demandaria menor consumo de agregados naturais, diminuindo o impacto ambiental. Além da notória viabilidade ambiental, a substituição proporciona melhorias nas propriedades mecânicas. Tais propriedades estão sendo estudadas em diversas circunstâncias, apontando resultado positivo já que a resistência a compressão é elevada.

Segundo estudo realizado, o RBRO possui compostos químicos em forma cristalina que

impossibilitam o resíduo de ter propriedades aglomerantes ou pozolânicas. Tal estudo aponta vantagens para a substituição de até 10% de cimento por RBRO (MOURA et al., 2006). O RBRO pode ser classificado em função do teor de sílica (SiO_2) em quatro tipos: >65% rocha ácida, 65 - 52% rocha intermediária, 52 - 45% rocha básica e <45% ultrabásica. (MENEZES, 2013). A acidez é uma característica inerente e intrínseca seja para o ligante como para a partícula moída da rocha (BARRA et al., 2014).

A Tabela 3 apresenta a caracterização química de amostras de resíduo de corte de granito (RCG) e mármore (RCM) de diversos autores.

TABELA 3: Caracterização química de amostras de resíduo de corte de granito (RCG) e mármore (RCM) de diversos autores.

Teor %	RCG			RCM	
	Calmon et al. (1997)	Gonçalves (2000)	Moreira et al. (2003)	Almeida et al. (2015)	Queiroz et al. (2014)
SiO_2	59,95	59,62	65,95	0,9	5,2
Fe_2O_3	6,05	9,49	7,89	-	0,34
Al_2O_3	10,28	12,77	12,84	-	0,4
CaO	6,51	4,83	3,01	52,4	48,5
MgO	3,25	1,96	1,47	9,62	-
K_2O	4,48	5,3	4,19	0,58	-
TiO_2	0,92	-	0,93	-	-
SO_3	-	0,03	-	0,4	-
Na_2O	3,39	2,72	2,39	-	-
Perda ao fogo	4,74	1,92	1,33	36	-

FONTE: Autoria Própria.

Para Neville (2015), a sílica contribui no desenvolvimento da resistência até aos 7 dias devido sua finura e, a partir do 7º dia, há prosseguimento da evolução da resistência devido à reação pozolânica.

As rochas dos estudos das amostras de RCG sugeridos por Calmon et al. (1997) e Gonçalves (2000) tem características de rochas intermediárias. Já a rocha do estudo de Moreira et al. (2003) se caracteriza rocha ácida. As rochas calcárias apresentaram teores inferiores a 45% de SiO₂, por essa razão, são classificadas com característica ultrabásica.

Para John (2000) o desenvolvimento sustentável é necessário no que tange minimizar o impacto ambiental gerado no segmento da construção civil. O mesmo frisa ainda a importância da reciclagem de resíduos e a confecção de objetos ecologicamente corretos como sugestão a tal problemática.

4. METODOLOGIA/ MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS

4.1.1 Cimento

O cimento utilizado para a fabricação das argamassas foi o Cimento Portland de alta resistência inicial – CP V ARI conforme a norma NBR 5733 – Cimento Portland de alta resistência inicial (ABNT, 1991).

4.1.2 Agregado Miúdo

O agregado miúdo utilizado foi

proveniente do Rio Doce da cidade de Colatina-ES. O agregado foi previamente lavado e seco em estufa a uma temperatura aproximada de 105°C. Apresentando módulo de finura igual 4,65mm e granulometria conforme Figura 1.

4.1.3 Agregado Graúdo

O agregado graúdo utilizado foi o gnaiss britado de origem de rocha diabásica da empresa Brasitália do município de Cariacica-ES.

4.1.4 Resíduo De Beneficiamento De Rochas Ornamentais (RBRO)

O resíduo utilizado nesta pesquisa foi proveniente da etapa de beneficiamento, coletado em uma empresa de comercialização de rochas, Euro Rock Rochas, localizada na cidade de Vila Velha – ES. O material foi coletado, armazenado em sacos plásticos e exposto a radiação solar. Após secagem parcial o resíduo foi encaminhado ao Laboratório de Materiais da MULTIVIX – Vitória, submetido à secagem em estufa (105 °C), em seguida destorroado manualmente com auxílio do almofariz e da mão de grau. Posteriormente, o resíduo passou pela peneira com abertura de 0,075 mm, a fim de atender as especificações do DNIT para materiais de enchimento ou fíler, contidas no DNER-EM 367/97 (DNER, 1997). Em seguida, a amostra foi homogeneizada, quarteada, armazenada em sacos plásticos e estocada em local seco.

Definida a amostra do resíduo, foi realizado o ensaio de granulometria conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003), conforme Figura 2.

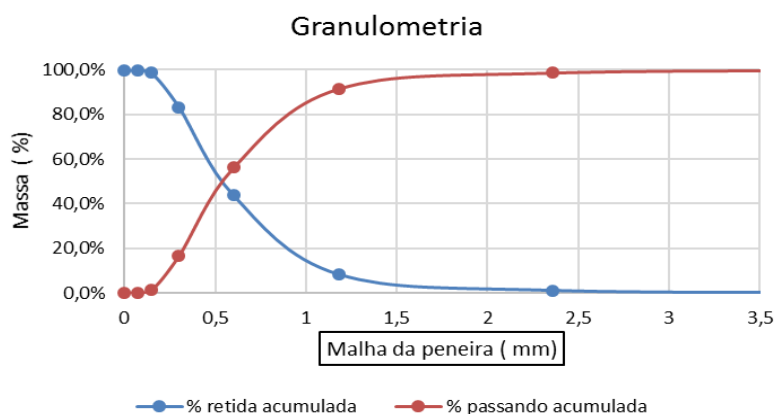


FIGURA 1: Granulometria Agregado Miúdo.

FONTE: Autores (2016).

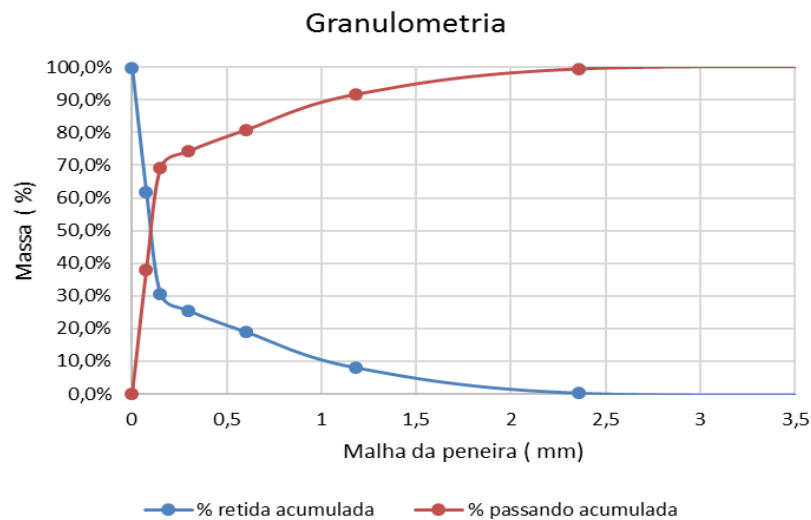


FIGURA 2: Granulometria Resíduo.

FONTE: Autores (2016).

De acordo com a Norma DNER-EM 367 (DNER, 1997), o material é classificado como fíler quando passante na peneira de 0,075mm supera 65%. O ensaio de granulometria do resíduo utilizado no presente estudo, apresentou porcentagem de aproximadamente 40% de material passante na peneira de 0,075mm de abertura, conforme ilustrado na Figura 2. Portanto, o resultado encontrado descarta a possibilidade de o resíduo ser classificado como fíler, podendo assim, ser classificado como areia fina.

O RBRO (Figura 3) foi ainda submetido ao ensaio de caracterização química pela técnica de Fluorescência de Raios-X utilizando o equipamento EDX-720 da marca Shimadzu.

A Tabela 4 apresenta a composição

química do RBRO em estudo.

Segundo Sah (2005), quando o material apresentar porcentagem superior a 65% de SiO_2 é classificado como ácido. Dentro deste contexto, o material utilizado foi classificado como ácido e comparado com os resíduos utilizados pelos autores mencionados na tabela 3, pode-se concluir que o material em estudo é composto, em sua maioria, por corte de granito e possui mesma classificação do resíduo utilizado no estudo do Moreira et al (2003). O composto químico SiO_2 , devido ao teor de finura e reação pozolânica, proporciona uma resistência maior no concreto, favorecendo a viabilidade na confecção do PAVIESS.



FIGURA 3: Amostragem do resíduo.

FONTE: Autores (2016).

TABELA 4: Caracterização química do resíduo.

Resíduo de corte de mármore e granito	
Óxidos	(%)
SiO ₂	70,21
AlO ₃	17,02
MgO	2,60
K ₂ O	2,28
CaO	2,04
Fe ₂ O ₃	1,88
Na ₂ O	1,59
TiO ₂	0,33
SO ₃	0,11
MnO	0,03
ZrO ₂	0,02
CuO	0,02
SrO	0,01
Rb ₂ O	0,01
ZnO	0,01
Perda ao fogo	1,84

FONTE: Autoria Própria.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Traço

A dosagem do concreto foi realizada conforme a NBR 12655 (ABNT, 2015) e traço em massa de 1:2,09:1,49 (cimento, areia, brita 0) e relação água/cimento de 0,36 com abatimento do tronco de cone no estado fresco de 20mm. Este traço foi calculado conforme a metodologia da Abrahms, que estipula a resistência à compressão do concreto, aos 21 dias para um nível de resistência à compressão (fck) 40,0 Mpa, com tolerância de 2,5MPa.

Foram realizados a composição de 4 traços de concreto, sendo um deles padrão (TP), ou seja, sem adição de resíduo para efeito comparativo e, os demais tendo como principais variantes a substituição gradativa de RBRO e a redução de agregado miúdo. O RBRO foi substituído nas quantidades de 5% (T5), 10% (T10) e 15% (T15), assim como a redução da areia ocorreu nas mesmas proporções. Para cada traço foram moldadas 6 peças para amostragem, afim de atender o item 6.2.2 da NBR 9781 (ABNT, 2013).

4.2.2 Ensaio de Absorção de Água

Após sete dias de cura por aspersão, três peças de cada traço foram imersas em água por 24 horas, em temperatura média de 25 °C. Após o prazo, as peças foram secas somente na superfície, utilizando tela metálica para drenar o corpo durante aproximadamente 1 minuto e removida a água superficial com pano úmido e então, cada peça foi pesada individualmente em condição saturada. As peças ficaram em repouso durante duas horas, pesadas novamente e por não apresentarem diferença de massa superior a 0,5% em relação ao valor anterior, foram submetidas à estufa durante 24 horas com temperatura média de 110 °C. Em seguida, as peças foram pesadas novamente e deixadas em repouso durante 2 horas. Após o intervalo de tempo, as peças foram pesadas novamente e por não apresentarem diferença de massa superior a 0,5% em relação ao valor anterior, anotou-se o valor da massa seca e o ensaio foi finalizado.

4.2.3 Ensaio de Compressão

Seis peças de cada traço com idade de 7 e 21 dias, foram submetidas a máquina (classe 2

ABNT NBR NM ISO 7500-1, 2004) com o auxílio de placas auxiliares para realização do ensaio. As peças foram posicionadas de modo que o seu eixo coincidisse com o da máquina, para que a resultante das forças passasse pelo centro geométrico. O acionamento foi manual com aplicação de força contínua e sem choques até o ponto de ruptura.

5. RESULTADOS

5.1 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA:

A Tabela 5 apresenta a porcentagem média de absorção de água encontrada para cada traço.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se notar que quando a areia é substituída, a absorção aumenta em 0,08%. Uma vez adicionado o RBRO, e variando as adições, o teor de absorção se eleva em pequena escala variando entre 0,01% a 0,03%. Essa variação pode ser explicada pelo fato do RBRO possuir absorção maior que a areia utilizada no TP. Conforme definição da norma NBR 9781 (ABNT, 2013), os traços apresentaram absorção satisfatória.

5.2 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL:

A Tabela 6 mostra os resultados médios obtidos no ensaio de compressão aos 7 e 21 dias.

Com análise da Figura 4, pode-se observar que o TP aos 7 dias obteve resistência menor que a definida pela norma NBR 9781

(ABNT, 2013), no entanto, aos 21 dias a resistência superou o limite estabelecido. Substituído 5% do agregado miúdo pelo RBRO, o T5 ganhou uma resistência inicial de 8,95% em relação ao TP aos 7 dias e de 6,43% no 21º dia. Esse ganho de resistência inicial acontece devido a sílica presente no material empregado nessa substituição, pois conforme estudos de Neville (2015), o composto químico mencionado anteriormente proporciona um ganho de resistência aos 7 dias em relação a composição do TP. Neville (2015) relata ainda que a reação pozolânica favorece no aumento da resistência até os 28 dias.

Para o T10, a resistência inicial em relação ao T5 apresenta uma pequena diferença. Entretanto, no 21º tem um ganho de 16,19% e 23,66% em relação ao T5 e TP, respectivamente. A diferença de ganho dessa resistência ocorre pelo aumento da porcentagem de RBRO substituído e, também, pelos mesmos fatos relatados anteriormente.

O T15 por sua vez, obteve uma perda de resistência tanto aos 7 dias (1,32%) quanto aos 21 dias (10,67%) em relação ao TP, além de não atender à solicitação da norma quanto a resistência de 35MPa. A finura do RBRO e a absorção de água maior que o agregado miúdo substituído proporciona o aumento de vazios nos blocos PAVIESS, aumentando a porosidade que influencia diretamente na perda de resistência à compressão axial. Desta forma, a substituição se mostrou aceitável e viável no T5 e T10.

TABELA 5: Dados ensaio absorção.

Absorção			
TP	T5	T10	T20
0,60%	0,68%	0,69%	0,72%

FONTE: Autoria Própria.

TABELA 6: Dados ensaio compressão.

Compressão				
	TP	T5	T10	T20
7 dias	32,48	35,39	35,27	32,05
21 dias	37,48	39,89	46,35	33,24

FONTE: Autoria Própria.

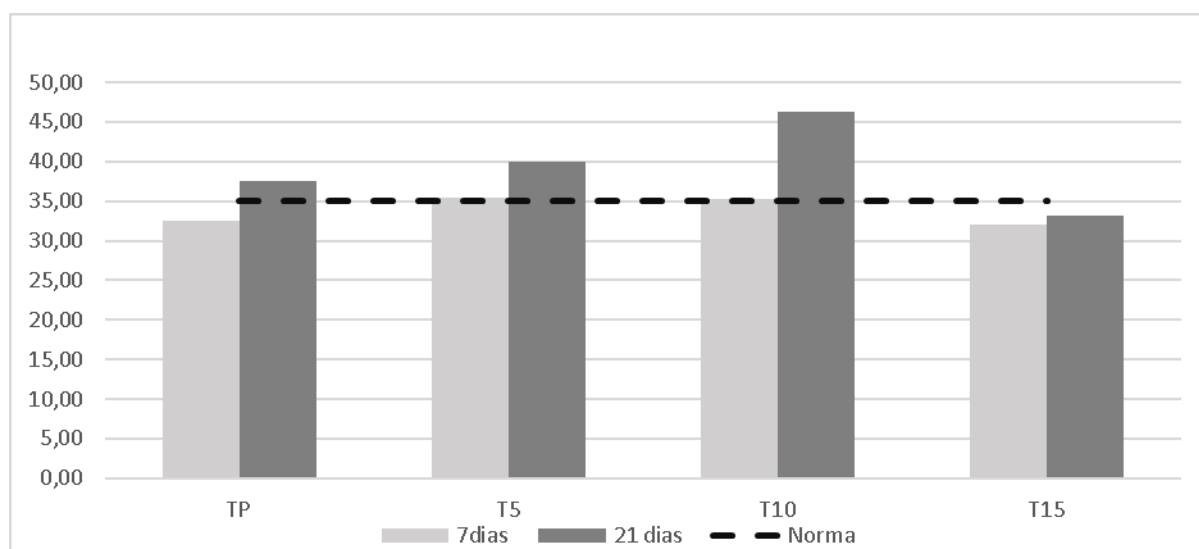


FIGURA 4: Resistência à compressão axial
FONTE: Autores (2016).

O estudo realizado por MOURA et al. (2006) também apresentou bom resultado na substituição de até 10% de RBRO, embora comparado com o presente estudo há diversas variáveis divergentes que devem ser levadas em consideração. Uma delas, e talvez a principal, é que o estudo referenciado utilizou o RBRO reduzindo a quantidade de cimento, enquanto o referido estudo acrescentou o RBRO reduzindo a quantidade de agregado miúdo. Também devem ser considerados a diferença de traços e cimentos utilizados. O ganho entre o estudo realizado e a pesquisa acima citada é que evidentemente há ganhos significativos no uso do RBRO tanto para substituição do cimento quanto para o agregado miúdo.

6. CONCLUSÕES

Após realização de todos os ensaios, pode-se notar que o TP obteve maior desempenho no ensaio de absorção de água quanto aos traços com percentagem de RBRO substituindo o agregado miúdo, uma vez que quanto menor a absorção melhor o desempenho. Com a substituição do agregado pelas porcentagens de RBRO, 5%, 10% e 15% respectivamente, a

absorção de água aumenta, porém, mantém uma variação bem pequena entre as três composições, variando de 0,01% a 0,03%. Portanto, mesmo com o aumento de absorção em 0,08%, todas as dosagens de RBRO tiveram absorção menor que o limite máximo de 6% prescrito na NBR 9781 (ABNT, 2013).

Quanto a resistência à compressão, o T5 e T10 obtiveram resistências dentro dos limites estabelecidos pela NBR 9781 (ABNT, 2013) para o 7º e 21º dia. As resistências iniciais em ambos foram muito próximas, no entanto, o T10 adquiriu resistência de 16,19% maior em relação ao T5 no 21º dia. O ganho é ainda maior comparando ao TP, sendo este de 23,66%.

Assim, considerando o caso estudado, pode-se concluir que a substituição de agregado miúdo natural por RBRO numa quantidade de 10% indicou viabilidade técnica quanto ao uso em tráfego de pedestres, trânsito de veículos leves e comerciais, podendo ser utilizado na linha de produção dos blocos de PAVIESS. Do ponto de econômico, a utilização do RBRO em peças de pavimentação, pode trazer economia significativa no processo de produção e como consequência, no custo final das obras. Por fim, tal substituição sugere a diminuição do impacto ambiental gerado na coleta do agregado miúdo na natureza e,

também, no impacto gerado com o descarte do RBRO. Todavia, é válido dizer que estudos devem ser realizados por ambientalistas para comprovar a tese sugerida acima.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS, Associação Brasileira de Rochas Ornamentais. **APEX e ABIROCHAS: uma parceria de sucesso.** Disponível em: <http://www.abirochas.com.br/noticia.php?eve_id=1235>. Acessado em 30/03/2016.

ALVARENGA, A.C.; NOVAES, A. G. N. **Logística aplicada: suprimento e distribuição física.** Edgard Blucher, 2000.

ALVES, M.S. **Estudo das Características e da Viabilidade do uso de Resíduos gerados no polimento de rochas graníticas como adição em concretos.** Dissertação (Pós-graduação) - Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de Construção: Normas, Especificações, Aplicações, e Ensaios de Laboratório.** 2012.

ANTP, Associação Nacional de transporte Público. **No Brasil, 80% das estradas não são pavimentadas.** Disponível em : <<http://www.antp.org.br/noticias/clippings/no-brasil-80-das-estradas-nao-sao-pavimentadas.html>>. Acessado em 26/05/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR-5733: **Cimento Portland de alta resistência inicial,** Rio de Janeiro, 1991.

_____**NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

_____**NBR 16372: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine).** Rio de Janeiro, 2015.

_____**NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2015.

_____**NBR 9781: Peças de Concreto para Pavimentação: Especificação.** Rio de Janeiro, 2013.

_____**NBR 11579, 2012, Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200).** Rio de Janeiro, 2012.

_____**NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2009.

_____**NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro, 2009.

_____**NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

_____**NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro, 2006.

_____**NBR NM 65: Cimento Portland - Determinação do tempo de pega.** Rio de Janeiro, 2003.

_____**NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro, 2001.

_____**NBR NM ISO 7500-1: Materiais metálicos – Calibração de máquinas de ensaio estático uniaxial – Parte 1: Máquinas de ensaio de tração/compressão – Calibração do sistema de medição da força.** Rio de Janeiro, 2004.

BARRA, B. S.; MOMM, L.; GUERRERO, Y.; BERNUCCI, L. **Characterization of granite and limestone powders for use as fillers in bituminous mastics dosage.** In: Anais da Academia Brasileira de Ciências, 2014.

CALMON, J. L., TRISTÃO, F. A., LORDÊLLO, F. S. S., DA SILVA, S. A. C., MATTOS, F. V. **Aproveitamento do resíduo de corte de granito para a produção de argamassas de assentamento.** II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Anais... CD ROM. Salvador, 64-75, 1997.

CRUZ, L.O. M. **Pavimento Intertravado de Concreto: Estudo dos elementos e métodos de dimensionamento.** Tese (Pós-graduação) - Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. 2003.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais.** Brasil, 2013.

DNER-EM 367/97, **Material de enchimento para misturas betuminosas.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Rio de Janeiro. 1997.

DPNM, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral 2010.** Disponível em <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2010/view>>. Acessado em 30/03/2016.

DPNM, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral 2012**. Disponível em :< <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2012/view> >. Acessado em 30/03/2016.

DPNM, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral 2014**. Disponível em :< <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014/view>>. Acessado em 30/03/2016.

FALCÃO, I.P.; STELLIN JÚNIOR, A. **Utilização de finos de serrarias do espírito santo nas indústrias de construção civil**. Jornadas IBERMAC Materiais de Construção, 1, 2001.

FARIA, R. **EQUIPE DE OBRA** - PINI. Edição 40 – Setembro/2011. Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/40/pavimento-intertravado-236319-1.aspx>. Acessado em: 30/03/2016.

CHIODI FILHO, C. **Situação do Setor de Rochas Ornamentais e de Revestimento no Brasil – mercados interno e externo**. V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. Recife, 2005.

GONÇALVES, J.P. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para a produção de concretos**. Dissertação (Pós-graduação) - Engenharia Civil - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2000.

GUERRA, E.A. **Apoio do MCT ao setor de rochas ornamentais e revestimentos**. V SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 2005.

HALLACK, A. **Pavimento Intertravado: uma solução universal**. Revista Prisma, Dezembro .2001, pp 25-27.

INTERLOCKING CONCRETE PAVEMENT INSTITUTE (ICPI). **Structural Design of Interlocking Concrete Pavement for Roads and Parking Lots**. 2011. Disponível em: <http://www.icpi.org/techspec/1027/display/?key=1185>. Acesso em 30/03/2016.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, v. 102, 2000.

MENEZES, S.O. **Rochas: manual fácil de estudo e classificação**. Oficina de Textos, 2013.

MOREIRA, J.M.; FREIRE, M.N.; HOLANDA, J.N.F. **Utilização de resíduo de serragem de granito proveniente do estado do Espírito Santo em cerâmica vermelha**. Pág.262-267, 2003.

MOURA, W. A., GONÇALVES, J. P. e LEITE, R. D. S. **Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção de lajotas para piso**. Sitientibus, Feira de Santana, n.26, p. 49-61, 2002.

MOURA, W. A., LIMA, M. B. L., CALMON, J. L., MORATTI, M., & SOUZA, F.S. **Produção de pisos intertravados com utilização de resíduo de serragem de rochas ornamentais**. XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2006b, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ENTAC, p.4227-4236, 2006.

NETO, O. L. **Transportes no Brasil: história e reflexões**. GEIPOT, Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Ministério dos Transportes, 2001.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto**. 5ª Edição. Pág. 699 – 702. Editora Bookman. 2015.

SAH, S. L.; **Encyclopaedia of Petroleum Science & Engineering: Petrography: Chemical and Quasi-chemical classification**. Kalpaz Publication: Delhi, 2005.

SHACKEL, B. **Design and construction of interlocking concrete block pavements**. Elsevier Applied Science, 1991.