ANÁLISE DO USO DE AREIA DE BRITAGEM EM SUBSTITUIÇÃO À AREIA NATURAL NA FABRICAÇÃO DE PAVERS

Natália Bach[(1)]; Beatriz Schimelfenig[(2)]; Jéssica Woitysiak[(3)]; Gabriel Dalla Vechia[(4)]; Suelen Vanzetto[(5)]

(1) URI- Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - natalia.smaniotto@hotmail.com

(2) Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – biaschimel@hotmail.com

(3) Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – jessikawoitysiak@hotmail.com

(4) Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - gabriel-ldv@hotmail.com

(5) Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – suelen.van@hotmail.com

RESUMO

A areia natural utilizada em concretos vem se tornando cada vez mais escassa, devido ao esgotamento das jazidas, bem como às restrições impostas pelos órgãos de fiscalização ambiental para a extração. Uma alternativa é o uso da areia de britagem, que tende a diminuir os danos gerados ao meio, além de ter um custo reduzido. A pesquisa tem por objetivo avaliar a substituição da areia natural por areia de britagem na fabricação de peças de concreto para pavimento intertravado. Inicialmente, definiu-se um teor de referência (0%) e realizou-se o emprego de teores crescentes de substituição da areia natural por areia de britagem em 25% e 50%. Após a concretagem das peças, avaliou-se a sua utilização por meio de ensaios de resistência à compressão, absorção de água, análise visual e avaliação dimensional. Após realizados os ensaios de resistência à compressão, aos 28 dias, os teores de 25% e 50% obtiveram um acréscimo de 23,17% e 26,86%, respectivamente, comparados ao teor referência. No teste de absorção de água, aos 28 dias, os teores 0% e 50% superaram o limite estabelecido por norma de 6%. De modo geral, algumas peças apresentaram defeitos de homogeneidade e presença de rebarbas.

Palavras-chave: Areia de britagem, pavimento intertravado, resistência à compressão.

ANALYSIS OF THE USE OF CRUSHING SAND IN SUBSTITUTION TO THE NATURAL SAND IN THE PAVERS PRODUCTION

ABSTRACT

The natural sand that is applied in concretes is becoming increasingly scarce, due to the depletion of the deposits, as well as the restrictions imposed by the environmental inspection body for the extraction. Once is the use of crushing sand, which reduces the damage generated in the environment, and to having a reduced price. The research has the goal of evaluating the natural sand by the crushing sand in the manufacture of concrete pieces for interlocking pavement. Firstly, a reference proportion (0%) was defined, growing proportions were then used, substituting the natural sand by the crushing sand, by 25% and 50%. After the concreting of the pieces, the use of compression strength, water absorption, visual analysis and dimensional evaluation were evaluated. After the tests of resistance to compression, at 28 days, the proportions of 25% and 50% obtained an increase of 23.17% and 26.86%, respectively, compared to the reference proportion. Water absorption test at 28 days, the proportions 0% and 50% exceeded the limit established by 6% standard. In general, some devices of defects of homogeneity and presence of burrs.

Key-words: Crushing sand, interlocked floor, compressive strength.

1. INTRODUÇÃO

A produção de agregados para construção civil foi de 519.000.000 toneladas no ano de 2015, 452.000.000 em 2016 e 420.000.000 em 2017[1]. A atividade da construção civil sempre se apresentou como um ramo importante no desenvolvimento social e econômico do nosso país. Atualmente, este setor implica em grandes preocupações devido aos impactos que vem causando ao ambiente, sendo responsável por 15 a 50% do consumo dos recursos naturais extraídos do planeta[2].

A exploração não controlada associada a grande demanda por insumos naturais, vem ocasionando o esgotamento de grandes depósitos de um dos recursos mais utilizados: a areia natural. Por este motivo, os órgãos ambientais estão restringindo cada vez mais a extração deste recurso em leitos de rios, uma vez que estas atividades extrativistas provocam a retirada da cobertura vegetal e degradam às margens dos cursos d'água, áreas essas conhecidas como áreas de preservação permanente [3].

Conforme estimativas conservadoras de um relatório publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) são 40 a 50 bilhões de toneladas de areia que desaparecem do ambiente natural por ano, concluindo que a extração natural com o passar do tempo ficará insustentável[4].

A escassez da areia natural tem refletido no custo de transporte do material, devido à necessidade de extração em áreas distantes dos locais de consumo, elevando consequentemente o custo do metro cúbico de concreto, seja ele usinado ou fabricado na obra[3].

A areia de britagem vem se apresentando há anos como uma alternativa ao emprego de adições minerais de resíduos aproveitados de processos de britagem na produção de concreto. Dentro as vantagens de se utilizar a areia produzida por processo de britagem estão a granulometria uniforme, garantida pelo beneficiamento e o formato arredondado dos grãos, e a ausência de matéria orgânica que coloca esta areia em destaque diante da areia natural, além da redução do custo com o transporte e ao impacto ambiental[5].

Neste contexto, percebeu-se a oportunidade de unir a utilização da areia de britagem a uma técnica construtiva que vem sendo largamente utilizada em parques, praças, calçadas e ruas: o pavimento intertravado *(pavers)*. A inexistência de limites quanto à capacidade de suporte do

pavimento, aliada a inúmeras opções de formato, cores e tamanhos permitem infindáveis possibilidades estéticas, podendo apresentar vida útil de pelo menos 25 anos [6].

Nesse sentido, esta pesquisa visa à incorporação da areia de britagem na produção de *pavers*, em função da necessidade de se obter agregados alternativos baratos e que ainda reduzam os danos gerados ao meio ambiente, além de incentivar o desenvolvimento de estudos que verifiquem a viabilidade deste material na produção de concreto.

2. METODOLOGIA

A fim de avaliar o uso da areia oriunda da britagem de rochas na substituição da areia natural no confecção de *pavers* foram fixados teores de subtituição em massa de 0% (referência), 25% e 50%. Como resposta foram realizados ensaios no estado endurecido de resistência caracterísitica à compressão e absorção de água, ambos aos 7 e aos 28 dias. O aspecto estético também foi avaliado através da análise visual, e avaliação dimensional. Todas as variáveis de resposta se relacionam diretamente com os critérios da NBR 9781[7] que estabelece os requisitos exigíveis para aceitação das peças de concreto para pavimentação intertravada.

A tabela 1 mostra o número de amostras que foram confeccionadas para determinada propriedade em cada combinação, totalizando a produção de 54 pavers.

Tabela 1 – Amostragem para ensaio

Propriedade	N° de amostras
Estética	6*a*
Absorção da água	3*a*
Resistência à compressão	6
Total	9

a as peças amostradas podem ser utilizadas também para os ensaios de resistência à compressão[7]

2.1 Materiais

O cimento utilizado foi um Portland CP V ARI adotado pela necessidade de se obter a resistência mínima de 35 Mpa na elaboração do *paver* conforme a NBR 9781[7]. A sua massa específica é 3,04 g/cm³ e no ensaio de resistência à compressão apresentou para 1, 3, 7 e 28 dias, respectivamente 23,6 MPa; 38 MPa; 44,5 MPa; e 55,5 MPa. O fabricante apontou a presença de 60,75% de óxido de cálcio (CaO), elemento majoritário presente na composição.

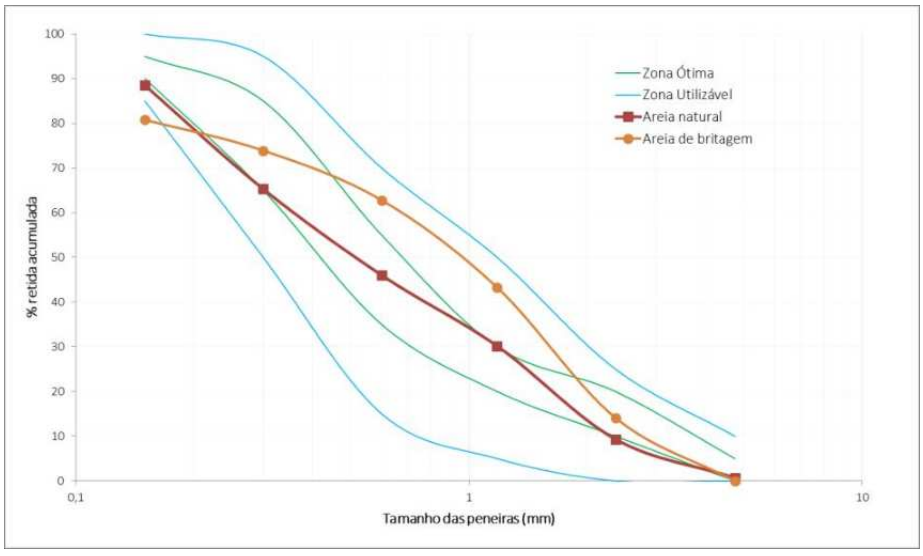
A areia de britagem empregada é oriunda da britagem de rochas para fabricação de areia artificial, material proveniente de uma indústria da cidade de Erechim/RS. Como agregado miúdo natural foi utilizado uma areia natural de origem quartzosa. Os resultados da caracterização física da areia de britagem foram determinados através dos mesmos ensaios que caracterizaram à areia natural conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização do agregado miúdo natural e de britagem

Caracterização física	Agregado miúdo natural	Agregado miúdo de britagem	Método de ensaio
Massa específica (g/cm³)	2,50	2,91	NBR NM 52[8]
Massa unitária (g/cm³)	1,55	1,52	NBR NM 45[9]
Dimensão máxima (mm)	4,75	4,75	NBR NM 248[10]
Módulo de finura	2,40	2,75	NBR NM 248[10]
Absorção de água (%)	0,60	4,28	NBR NM 30[11]

A figura 1 apresenta curva granulométrica da areia de britagem considerando os limites das zonas ótima e utilizável da ABNT NBR 7211[12].

Figura 1 – Curva granulométrica da areia



O agregado reciclado para produção de concreto deve ser pré-umidecido antes de ser colocado em contato com o cimento por no mínimo 2 minutos [13]. Apesar da areia de britagem não se tratar de um agregado reciclado apresentou alto índice de absorção de água comparado a areia natural, devido a presença de finos, sendo assim, optou-se por utilizá-la na condição pré-molhada.

Esta condição consistiu em uma rápida molhagem da areia de britagem antes de ser depositada na betoneira, fazendo com que a água ficasse adsorvida nos grãos.

O agregado graúdo utilizado é de origem basáltica comercialmente conhecido como brita 0 ou pedrisco com dimensão máxima característica de 9,50 mm, módulo de finura igual a 5,75, massa específica e massa unitária da ordem de 2,72g/cm³ e 1,23g/cm³, respectivamente. O índice de absorção de água foi de 2,17%.

O aditivo utilizado foi um superplastificante, líquido, pronto para o uso e livre de cloretos, recomendado para fabricação de todo tipo de concreto onde se necessita baixa relação água/cimento (a/c) e alta fluidez, sendo compatível com todos os tipos de cimento Portland, atendendo os requisitos da norma NBR 11768[14] de aditivos para concreto Portland. A dosagem varia de 0,4% a 1,2% sobre a massa de cimento.

A água utilizada na confecção dos corpos de prova foi proveniente da rede de abastecimento público de Erechim/RS.

2.2 Método

O concreto para blocos apresenta consistência de terra úmida, e não plástico, como a maioria das aplicações correntes. O concreto seco caracteriza-se por ter uma baixa relação água/materiais secos, grande consistência (*slump* zero) e alta coesão, esta, é em função da correta quantidade de finos em conjunto com os equipamentos de vibração e pressão de adensamento no momento da moldagem[15].

Para a produção do traço utilizou-se uma adaptação do método de dosagem de concreto plástico do IPT/EPUSP no qual admite um abatimento de tronco de cone (*slump test*) igual a zero, característico para blocos de pavimentação[16].

Para verificar a melhor quantidade de água no concreto, ou seja, o ponto ideal, visto que o *slump test* é igual à zero, foi utilizado o Método do Ponto de Pelota (figura 2). O ponto de pelota ocorre quando uma quantia de concreto colocada nas mãos secas adquire consistência para se firmar sem deixar resíduo nas mãos. Caso o concreto se solte nas mãos, é necessário acrescentar água, corrigindo a relação a/c [15] [17].

Figura 2 – Método do ponto de pelota



O processo que foi empregado para a produção dos pavers é o processo conhecido como prensado. Trata-se do método mais utilizado na confecção de *pavers*, marcado pela produção mecânica das peças, e que proporciona maiores possibilidades de formatos e cores, além de resultar no melhor desempenho estético do produto aplicado. O concreto de consistência seca é adensado sob alta pressão e constante vibração em equipamentos de produção em escala denominados vibroprensa[18]. A figura 3 apresenta a vibroprensa manual utilizada na produção dos *pavers*.

Figura 3 – Vibroprensa manual



Após a mistura dos materiais e a água, quando o concreto atingiu o ponto estabelecido (ponto de pelota), a massa de concreto foi depositada em 3 fôrmas de dimensões 25x12,5x6cm cada, para o processo de vibro-prensagem.

O processo de moldagem dos blocos compreendeu primeiramente a vibração das partículas, para que as mesmas se acomodassem no molde, em seguida ocorreu à prensagem, com auxílio do operador, juntamente com a vibração. O tempo de vibração consistiu no preenchimento das fôrmas com o concreto, e a vibro-prensagem levou aproximadamente 20 segundos. Posteriormente, os *pavers* foram depositados sobre placas de madeira.

O tempo de desfôrma foi de 24 horas, depois disso os *pavers* foram colocados na câmara úmida com temperatura de 23±2°C e umidade relativa do ar acima de 95% para o processo de cura, sendo retirados nos tempos de 7 e 28 dias, respectivamente, para realização dos ensaios no estado endurecido.

Os resultados foram analisados estatisticamente através do método de análise de variância simples (ANOVA), proposto com significância estatística de 95% de confiança, o qual buscou avaliar se o fator de controle causou efeito significativo na variável de resposta.

3. RESULTADOS

3.1 Inspeção visual

A inspeção visual é utilizada a fim de verificar se as peças confeccionadas apresentam defeitos que possam interferir no desempenho estrutural ou na estética do pavimento[7]. Os resultados obtidos na inspeção visual estão representados na figura 4.

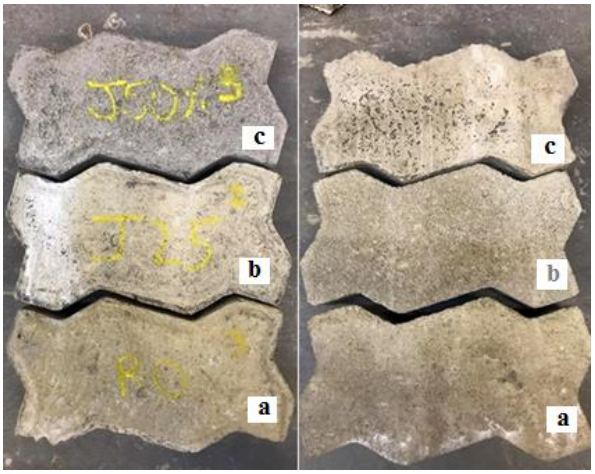
Figura 4 – Defeitos encontrados

Defeitos/Amostras	Teor de substituição (%)																	
	0						25						50					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Homogeneidade		X	X			X				X								
Arestas irregulares				X									X					
Rebarbas	X		X	X					X		X			X		X		X
Delaminação																		
Descamação																		

Como demonstrado na figura 4, as peças de concreto apresentaram na maioria das amostras defeitos de homogeneidade e presença de rebarbas. Tendo em vista a tipologia da vibroprensa manual utilizada neste trabalho, destaca-se que o molde, o adensamento e a desmoldagem tem influência direta na qualidade do produto por meio do equipamento utilizado[15]. O uso de vibroprensas, sobretudo das hidráulicas, poderia permitir maior controle durante a produção e consequentemente maior homogeneidade das peças[19].

Percebeu-se em algumas amostras arestas irregulars, indicativas de um baixo teor de umidade na mistura que resultam em problemas de coesão e compactação gerando irregularidades nas peças[19]. Notou-se também uma diferença de coloração na combinação com 50% de areia de britagem conforme mostra a figura 5.

Figura 5 – Homogeneidade – a) 0%; b) 25%; c) 50%



Este aspecto pode ter sido influenciado pela maior concentração de areia de britagem, que apresentou uma coloração pontual escura. Os demais defeitos inspecionados, conforme a norma NBR 9781[7] não foram encontrados.

3.2 Avaliação dimensional

Para a avaliação dimensional realizou-se a medição dos corpos de prova em planos perpendiculares e com auxílio de uma régua, conforme prescreve a NBR 9781[7]. Os valores médios obtidos se encontram na tabela 3.

Tabela 3 – Dimensões médias dos *pavers*

Teor de substituição (%)	Medida 1 (cm)	Medida 2 (cm)
0	24,90	12,40
25	24,90	12,42
50	24,87	12,30

A NBR 9781[7] estabelece que as variações dimensionais devem ser de ±3 mm em relação ao tamanho da fôrma. A vibroprensa manual utilizada possuía fôrmas com dimensões de 25x12,5x6cm. Portanto, os valores obtidos não apresentaram variação significativa, estando em conformidade com a norma.

3.3 Resistência característica à compressão

Os valores médios da resistência à compressão axial aos 7 e 28 dias, bem como o desvio padrão, encontram-se na tabela 4.

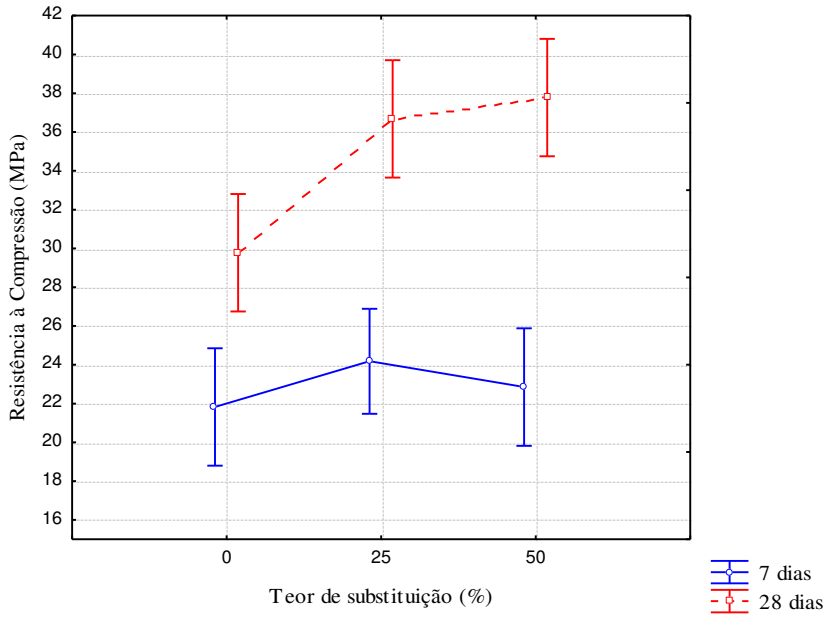
Tabela 4 – Resistência à compressão aos 7 e 28 dias

Teores	Resistência à compressão (Mpa)			
% AB	7 dias	Desvio Padrão	28 dias	Desvio Padrão
0 %	21,83	±1,44	29,78	±1,87
25 %	24,18	±2,99	36,68	±4,99
50 %	22,85	±2,37	37,78	±2,23

Analisando os resultados obtidos nas duas idades, percebe-se o aumento de resitência à compressão tanto para o teor de 25% como para o teor 50%, em relação ao teor referência (teor 0%). Aos 7 dias, os acréscimos foram de 10,76% e 4,67% respectivamente. Já aos 28 dias os resultados alcançaram 23,17% para o teor 25% e 26,86% para o teor 50%, se comparados com o referência.

Na figura 6, é demonstrado o efeito combinado da idade com o teor de substituição na resistência à compressão.

Figura 6 – Efeito combinado da idade com o teor de substituição na resistência à compressão



Analisando a figura 6, comprova-se o aumento na resistência à compressão de todos os teores de substituição com a idade. Os acréscimos dos teores 0%, 25% e 50% foram de 36,41%,

51,7% e 65,33%, respectivamente, e se deve ao procedimento de cura utilizado e a baixa relação a/c.

Os agregados que são previamente saturados antes da mistura, absorvem certa quantidade de água, que pode ser considerada como água livre e com isso ocorre o efeito conhecido de "cura interna", que melhora as propriedades da matriz de cimento, hidratando as partículas de cimento que ainda não foram hidratados. Nesse sentido, a condição de pré-molhagem da areia de britagem contribuiu no processo de cura para o ganho de resistência[20]. A cura úmida é ideal para concretos de baixa relação a/c no ganho de resistência, proporcionando grande desenvolvimento ao concreto[21].

Conforme análise dos resultados obtidos pelo método Tukey, observa-se que aos 7 dias o teor 0% se mostrou significativamente igual ao teor com 25% e 50%. Assim, o traço com 50% é viável perante o traço de referência por apresentar maior quantidade de areia de britagem em sua composição. Aos 28 dias, o teor referência foi significativamente diferente tanto para o teor de 25% como para o teor de 50%, pois estes tiverem acréscimos de resistência.

Obteve-se acréscimo no valor da resistência à compressão, com o aumento da proporção da areia de britagem nas misturas, aos 28 dias. Este fato se deve a um aumento gradual da densidade de massa aparente no estado endurecido, motivado pela maior massa específica e maior teor de material pulverulento apresentados pela areia de britagem que leva a obtenção de um produto com compacidade mais elevada[22].

Os teores estudados que não atingiram a resistência estabelecida por norma (35 MPa) mas atingiram um valor superior a 25 MPa, são considerados tecnicamente viáveis para serem utilizados em pavimentos com baixas solicitações de tráfego[17].

3.4 Absorção de água

Os ensaios de absorção de água para as peças de concreto para pavimentação, foram realizados conforme as prescrições da NBR 9781[7] e apresentaram os resultados expostos na tabela 5.

Tabela 5 – Absorção de água aos 7 e 28 dias

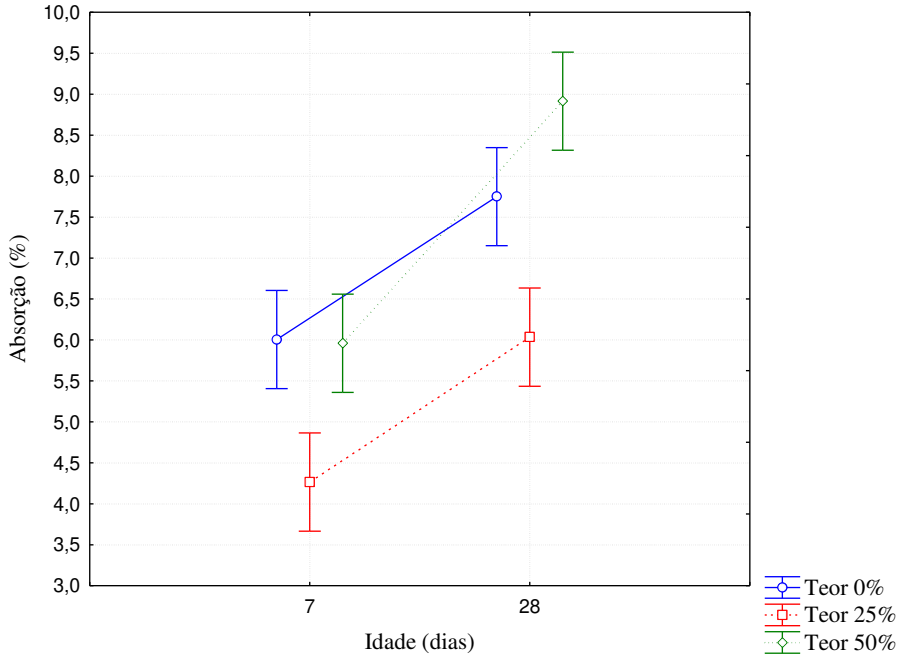
Teores	Absorção de água (%)			
% AB	7 dias	Desvio Padrão	28 dias	Desvio Padrão
0 %	6,01	0,08	7,75	0,03
25 %	4,27	0,83	5,69	0,01
50 %	5,96	0,17	8,92	0,02

Analisando os resultados aos 7 dias através da tabela 5, nota-se um decréscimo na absorção de água para as peças com os teores de 25% e 50% respectivamente. Os valores obtidos estão em conformidade com a norma que estabelece um valor máximo de 6% de absorção.

Já os resultados aos 28 dias apresentaram valores de absorção relativamente altos. As peças moldadas com o teor de 25% de substituição tiveram um decréscimo de 26,58% em relação ao teor referência e acréscimo de 15,09% para as peças com teor de 50%. Com isso, apenas o traço com teor de 25% está em conformidade com a NBR 9781,[7] enquanto o teor referência e o teor de 50% ultrapassaram o limite estabelecido em 6%.

Por meio do método de variância simples, é possível observar na figura 7, a influência das idades analisadas para os diferentes teores de substituição de areia natural por areia de britagem sobre a absorção de água.

Figura 7 – Efeito combinado da idade com o teor de substituição na absorção de água



Com base na figura 7, percebe-se um aumento no índice de absorção de água conforme o concreto era submetido ao período de cura na câmera úmida. Os acrésimo para os teores de 0%, 25% e 50% foram de 28,95%, 33,25% e 49,66%, respectivamente. Este fato pode ser explicado devido a maior quantidade de finos, sendo que a água pode ter ficado adsorvida ao redor dos grãos, sendo contabilizada como água adsorvida no ensaio[23].

A absorção de água em peças de concreto para pavimento intertravado, está diretamente relacionada ao melhor empacotamento de partículas que pode ser proporcionado pela parcela de finos presente em determinadas areias. Uma microestrutura mais compacta representa um menor volume de vazios a serem ocupados pela água, e consequentemente, em menores valores de absorção de água. Com isso, a pouca quantidade de material pulverulento na areia de britagem estudada somado a condição de pré-molhagem também pode ter influenciado nos valores de absorção, visto que o pouco de finos que existia na areia pode ter sido parcialmente reduzida durante a molhagem da areia[18].

Analisando por meio do teste Tukey, pode-se dizer que o teor de 50% não apresentou diferença significativa se comparado ao teor de referência, ou seja, são considerados estatisticamente iguais em ambas as idades. O teor de 25% é significativamente diferente, comparado tanto ao teor de referência, como ao teor de 50% de substituição, apresentando decréscimo no índice de absorção.

4. CONCLUSÕES

Quanto a inspeção visual as peças apresentaram defeitos relacionados ao tipo de equipamento utilizado para a produção dos *pavers*, bem como a umidade insuficiente na mistura, relativa a baixa relação a/c que gerou a presença de rebarbas e arestas irregulars. Além disso, as peças confeccionadas com 50% de substituição não apresentaram aspecto estético satisfatório devido a exist

As variações dimensionais realizadas através da análise visual dimensional das peças, respeitaram o estabelecido pela norma NBR 9781[7]. O tamanho correto das peças proporciona um assentamento adequado, garantindo assim seu intertravamento, que é fundamental para o desempenho e durabilidade do pavimento.

Quanto ao comportamento mecânico, ficou evidente que o uso de areia de britagem em substituição parcial pela areia natural, apresentou um bom desempenho na resistência a compressão, com valores acima dos 35Mpa, estabelecidos na NBR 9781[7]. nos traços com os teores de 25% e 50% de substituição, aos 28 dias. Do ponto de vista econômico, o teor com 50% de substituição se destaca, visto que foi o traço que atingiu a maior resistência entre as combinações avaliadas e com menor quantidade de areia natural, além de que é estatiscamente diferente do traço referência.

No ensaio de absorção de água, aos 28 dias, os resultados ficaram acima do aceitável pela NBR 9781[7] com valores acima de 6%, exceto para o traço com teor de 25% de substituição. A alta absorção se deve, principalmente à porosidade das peças. A condição de pré-molhagem da areia de britagem resultou na eliminação de material fino (mesmo que pouco) presente, permitindo que houvesse um aumento no índice de vazios da mistura, visto que os finos, em certos limites, contribuem com o melhor fechamento dos poros no concreto.

Ainda assim, pode-se confirmar que a areia de britagem é uma boa alternativa à substituição da areia natural na composição de concretos, evitando o descarte inadequado desse material no meio ambiente e contribuindo para seu uso sustentável. De modo geral, cabe salientar, que uma maior quantidade de estudos deve ser feita para se ter um melhor entendimento de suas propriedades e aplicações na construção civil.

5. REFERÊNCIAS

1. IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração, 2019. Disponível em:<http://www.ibram.org.br> Acesso em: 15 mai. 2019.

2. KITAMURA, S. **Estudo experimental sobre a influência da substituição do agregado miúdo natural por granito triturado, nas propriedades do concreto de cimento Portland.** 2011. 208f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

3. SILVA, L. S., DEMETRIO, J. C. C., DEMETRIO, F. J. C. Concreto Sustentável: Substituição da areia natural por pó de brita para confecção de concreto simples. In: **5th International Workshop - Advances in Cleaner Production,** São Paulo, 2015.

4. ONU – Organização das Nações Unidas. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), 2016. Disponível em <http://web.unep.org/americalatinacaribe/br> Acesso em 15 mai. 2019.

5. ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil. **Areia e Brita**. 73 ed. São Paulo: ANEPAC, 2019.

6. FIORITI, C.F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. 218f. Tese (Doutorado em Ciência da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781:** Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. 26f. Rio de Janeiro, 2013.

8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52:** Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. 6f. Rio de Janeiro, 2009.

9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45:** Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. 8f. Rio de Janeiro, 2006.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248:** Agregados – Determinação da composição granulométrica. 6f. Rio de Janeiro, 2003.

11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30:** Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. 3f. Rio de Janeiro, 2001.

12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:** Agregados para concreto – Especificações. 9f. Rio de Janeiro, 2009.

13. LIMA, J. A. R. Aggregate obtained from C&D waste recycling. Proposition of specification for use in concrete. In: CIB SYMPOSIUM IN CONSTRUCTION AND ENRIVONMENT: THEORY INTO PRACTICE, 2000, São Paulo, Brazil. **Proceedings**… [CD-ROM]. São Paulo: CIB, 2000. 6p.

14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768:** Aditivos para concreto de cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

15. AMADEI, D. I. B. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação produzidos com resíduos de construção e demolição do Município de Juranda/PR.** 2011. 153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

16. HELENE, P. **Dosagem dos concretos de cimento Portland**. In: IBRACON – Concreto: Ensino, pesquisa e realizações, 2005. São Paulo: Geraldo Isaia, vol. 1. p. 439-481.

17. HOOD, R. S. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação.** 2006. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

18. LEAL, C. E. F. **Peças para pavimento intertravado de concreto: estudo de viabilidade técnica na incorporação de agregado reciclado**. 2018. 154f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

19. FERNANDES, I. **Blocos e Pavers** – Produção e Controle de Qualidade. 7 ed. São Paulo: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda., 2016. 200p.

20. JORDANI, B. **Estudo do agregado graúdo reciclado de concreto como agente de cura interna em concreto com cinza de casca de arroz.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo, 2016.

21. BRESOLIN, G. **Influência das técnicas de cura na resistência do concreto e análise da incorporação de cal hidratada na técnica de cura por aspersão periódica de água.** Trabalho de Conclusão de Curso, UNIVATES, Lajeado, 2016.

22. GUACELLI, P. A. G. **Substituição da areia natural por areia de britagem de rochas basálticas para argamassas de revestimento.** 2010. 167f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

23.CABRAL, K. O. **Influência da areia artificial oriunda da britagem de rocha granito-gnaisse nas propriedades do concreto convencional no estado fresco e endurecido.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, 2007.