

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE CAULIM COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO PARA INTERTRAVADOS

*Maria Isabel de Araújo Nóbrega
(isabelnobrega15@gmail.com)*

*Thyago Lima Souza
(thyago.limasouza@gmail.com)*

*Thiago da Nóbrega Sousa
(thiagons@live.com)*

*Fellipe Dalyson Gadelha Silva
(fellipecengenharia@outlook.com)*

*Larissa Santana Batista
(larisantanabatista@gmail.com)*

Resumo

A geração de resíduos proveniente das atividades de mineração ocasiona graves impactos na natureza, desde a extração até a sua transformação em produto final. O caulim é um exemplo de mineral que gera uma grande quantidade de resíduos, proveniente do seu processo de beneficiamento. O estudo da utilização deste resíduo como agregado é um meio viável de reduzir as consequências causadas pela sua disposição na natureza. Além disso, reduz a necessidade de extração do agregado natural, a areia, utilizado em enorme quantidade pelo setor da construção civil, diminuindo assim os diversos problemas socioambientais causados por essa atividade. Desse modo, o presente trabalho objetiva avaliar a substituição do agregado miúdo por resíduo de caulim nas proporções de 10%, 20% e 30%, buscando analisar a viabilidade de sua utilização em concretos para peças de pavimento intertravado. Foram realizados os ensaios de caracterização física dos materiais empregados para a determinação do traço de referência e em seguida a caracterização do concreto por meio dos ensaios de resistência à compressão, absorção de água e resistência à abrasão, conforme prescreve a ABNT NBR 9781/13. Os resultados indicaram uma redução na resistência à compressão aos sete dias, quanto maior o teor de utilização do resíduo de caulim, em comparação ao traço de referência. Com relação à resistência à compressão aos 28 dias, o traço com substituição de 10% do agregado natural pelo rejeito atingiu resistência superior à mínima estabelecida pela norma de 35 MPa. O mesmo traço atendeu também aos valores máximos de absorção de água e abrasão, tornando viável tecnicamente a sua utilização na produção de peças para pavimento intertravado.

Palavras-chave: Paver, Pavimento Intertravado, Resíduo de Caulim, Concreto.

Introdução

Com a revolução industrial surgiu uma crescente demanda no setor da mineração acarretando graves consequências ambientais com a elevada geração de resíduos. Muitas vezes realizadas de modo rudimentar, o processo de beneficiamento dos minerais promove perdas significativas, sendo descartados em locais a céu aberto, afetando as pessoas que

moram próximos a esses depósitos indevidos de destinação.

Arelado a isso se tem a extração exarcebada da areia para utilização como agregado para concreto, que geralmente ocorre em locais próximos a fundo de vales e rios, afetando o ecossistema em que está inserido.

Conforme o relatório da ANEPAC (2015), o consumo de agregados no Brasil alcançou 741 milhões de toneladas em 2014. Nesse mesmo ano, os agregados corresponderam a 2/3 do total da produção mineral no mundo, com 45 bilhões de toneladas, enquanto todos os demais minerais representaram somente 20 bilhões.

A corrida pelo desenvolvimento econômico tem causado preocupação com o futuro dos recursos ambientais devido a sua exploração de forma exacerbada e predatória. A falta de fiscalização nas áreas de extração contribui para o agravamento dos efeitos negativos tanto ambientais como sociais, pois afeta também as localidades próximas (SANTOS, 2015).

Diante desse cenário, vários resíduos oriundos de atividades mineradoras têm sido utilizados como agregados alternativos para a produção de concreto, destacando-se o resíduo de caulim. Barbosa et al. (2016) utilizaram o resíduo de caulim como substituto da areia nas proporções de 75% e 100% na produção de concreto com traço usualmente empregado na construção civil de 1:3:3. Apesar do agregado reciclado proporcionar baixa resistência ao concreto, o mesmo conferiu uma ótima trabalhabilidade a mistura e um excelente acabamento a peça.

O pavimento intertravado é composto por várias camadas que recebem e distribuem as cargas solicitadas por pessoas e/ou veículos. A camada de revestimento é composta por peças de concreto intertravadas umas com as outras, onde além de impedir o deslocamento, transmitem os esforços para as demais peças vizinhas (KNAPTON, 1976).

A ABNT NBR 9781/2013 define pavimento intertravado como um pavimento flexível com uma estrutura composta por base, sub-base (esta podendo ou não existir), camada de assentamento e a camada de revestimento, constituída por peças de concreto com suas juntas preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento de todo o sistema proporcionado pela contenção.

O caulim, por sua vez, bastante utilizado na indústria de papel, apresenta um grande potencial mineral, pois possui em sua constituição caulim, mica moscovita e quartzo, motivando, assim, estudos para o desenvolvimento de tecnologias visando o aproveitamento desse material em diversas áreas (MENDONÇA et al., 2017).

De acordo com Resende et al. (2008), cerca de 80 a 90% do caulim extraído vira rejeito. Esse resíduo gerado é depositado na natureza, implicando em vários problemas para o meio ambiente, além de severas fiscalizações e eventuais multas que essas empresas recebem de órgãos ambientalistas. A Figura 1 mostra os depósitos desse resíduo localizados na cidade de Junco do seridó, na Paraíba.

Figura 1 – Depósitos de resíduo de caulim na cidade de Junco do Seridó – PB.



Fonte: Autor, 2019.

Desse modo, esse trabalho visa à utilização de resíduo de caulim como substituto parcial do agregado miúdo no concreto para fabricação os blocos que compõem o pavimento intertravado, verificando as resistências à compressão, à abrasão e a absorção de água das peças, contribuindo como material alternativo para a redução da extração de matérias-primas e da geração de resíduos.

Metodologia

Para o desenvolvimento das análises do desempenho das peças frente à substituição parcial do agregado miúdo pelo resíduo do caulim foi realizada a caracterização dos materiais constituintes do concreto, em seguida a moldagem das peças e a avaliação física e mecânica das mesmas, por meio dos ensaios de resistência a compressão, resistência à abrasão e absorção de água.

Os materiais empregados nestes trabalhos estão elencados a seguir:

- Agregado miúdo composto de areia e pó de pedra;
- Agregado graúdo composto de brita 0;
- Resíduo de caulim, obtido na cidade de Junco do Seridó – PB;
- Cimento CP V – ARI.

A escolha do cimento do tipo CP V se deu porque a maioria das empresas que produzem pré-moldados utilizam este tipo de cimento pelo fato do mesmo atingir altos valores de resistência nas primeiras idades de cura, facilitando assim um rápido escoamento das peças no mercado.

Para caracterização física dos materiais usados na confecção do concreto foram executados os ensaios de acordo com as normas da ABNT, dispostos a seguir:

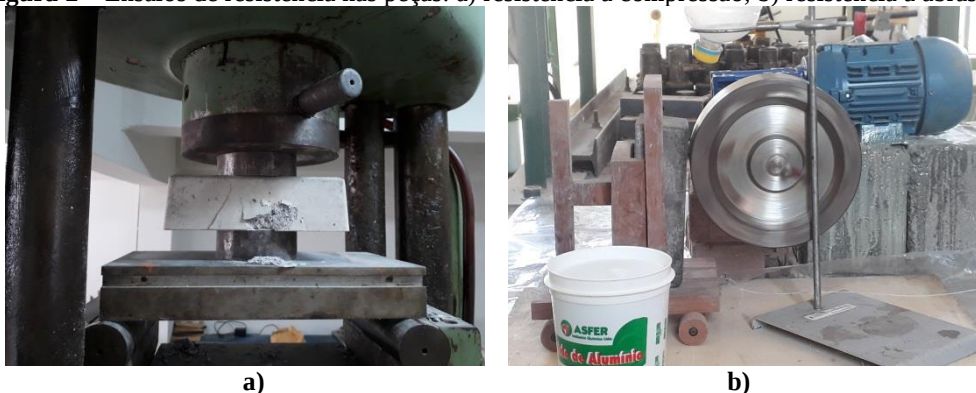
- Composição granulométrica - NBR NM 248/2003;
- Massa unitária dos agregados – NBR NM 45/2006;
- Massa específica dos agregados miúdos - NBR NM 52/2009;
- Massa específica do agregado graúdo - NBR NM 53/2009.

Após a caracterização dos materiais utilizados, realizou-se a definição do traço de referência e os traços de substituições do agregado miúdo natural pelo resíduo do caulim com as porcentagens de 10%, 20% e 30%. Foram adotados baixos valores de substituição com base em estudos realizados por Barbosa et al. (2016), onde foi possível verificar que a

utilização de altos valores de substituição ocasionaram em reduções consideráveis da resistência à compressão.

Definidos os traços, foram realizadas a moldagem das peças, cujos moldes possuem formato prismático com dimensões de 20 cm x 10 cm x 6 cm. Em seguida as peças foram submetidas, com 7 dias cura, aos ensaios de resistência à compressão. Verificou-se qual traço de concreto com substituição do agregado miúdo pelo resíduo obteve maior resistência e submeteu-o, juntamente com o traço de referência, com 28 dias de cura ao ensaio de resistência à compressão, resistência à abrasão e absorção de água conforme as recomendações da ABNT NBR 9781/2013. A Figura 2 mostra a execução dos ensaios de resistência à compressão e resistência à abrasão das peças de concreto.

Figura 2 – Ensaios de resistência nas peças: a) resistência à compressão; b) resistência à abrasão.

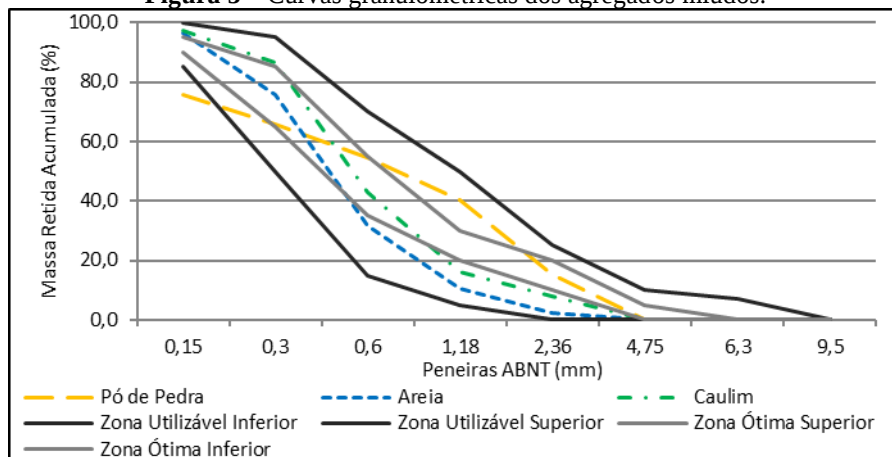


Fonte: Autor, 2019.

Resultados e discussões

A partir do ensaio de composição granulométrica dos agregados, avaliaram-se as curvas granulométricas dos materiais, atentando-se para as zonas limites impostas pela ABNT NBR 7111/2009. De acordo com a norma, para o agregado ser utilizado na produção de concreto, é necessário estar enquadrado dentro dos limites estabelecidos. A Figura 3 apresenta as curvas granulométricas dos agregados miúdos utilizados.

Figura 3 – Curvas granulométricas dos agregados miúdos.

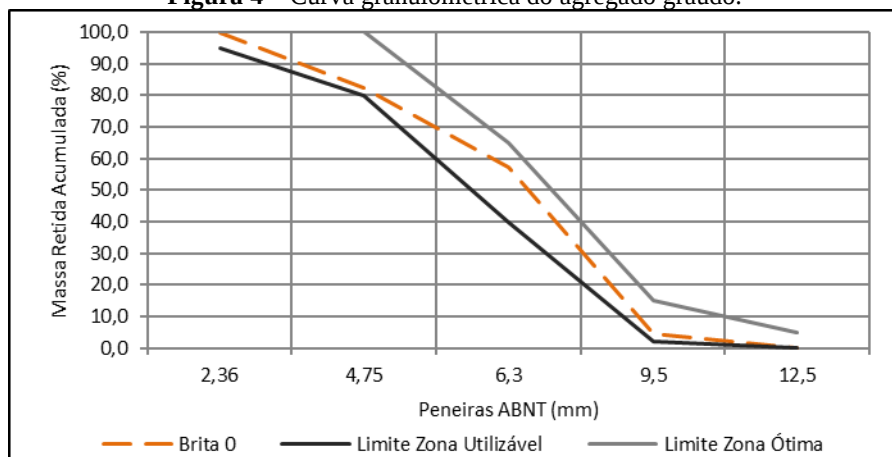


Fonte: Autor, 2019.

Observa-se que todas as curvas enquadraram-se dentro dos limites definidos pela norma, tornando-os viáveis as suas aplicações na produção do concreto.

A Figura 4 mostra a curva granulométrica da Brita 0. Constatou-se que a curva se enquadrou também dentro dos limites determinados pela norma.

Figura 4 – Curva granulométrica do agregado graúdo.



Fonte: Autor, 2019.

A Tabela 1 mostra o traço de referência, em massa, utilizado na produção do concreto. A partir do traço de referência, foram produzidos os traços com substituição do agregado miúdo pelo resíduo de caulim nas proporções já estabelecidas de 10%, 20% e 30%.

Tabela 1 – Traço de referência utilizado para a produção do concreto.

Cimento	Agregado miúdo	Agregado graúdo	Água
1	1,8	2,8	0,6

Fonte: Autor, 2019.

A Tabela 2 mostra os valores de resistência à compressão dos traços de referência e com substituições do agregado miúdo pelo resíduo aos 7 dias de cura.

Tabela 2 – Valores de resistência à compressão das peças aos 7 dias.

Traço	Resistência Característica à Compressão (MPa)
REF	38,5
10%	29,01
20%	27,01
30%	21,21

Fonte: Autor, 2019.

Analisando os resultados percebe-se que a resistência diminuiu conforme aumentou a quantidade de resíduo na mistura do concreto. Dos traços com as substituições o que apresentou melhor resultado foi o de 10% de substituição, com isso submeteu este traço e o traço de referência aos demais ensaios supracitados, com 28 dias de cura.

Os valores de resistência características à compressão dos pavers aos 28 dias de cura estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de resistência à compressão das peças aos 28 dias.

Traço	Resistência Característica à Compressão (MPa)
REF	41,71
10%	36,21

Fonte: Autor, 2019.

Análogo aos resultados com 7 dias de cura, as peças de concreto com 10% de substituição apresentaram menor resistência do que as peças sem a utilização do resíduo, apresentando uma redução de 13,19% aos 28 dias. Mesmo com esta redução, o concreto obteve resistência superior ao limite mínimo para tráfego leve (35 MPa) exigido pela ABNT NBR 9781/2013.

Os valores de absorção de água das peças de concreto ensaiadas estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Absorção de água das peças.

Traço	Peças	A (%)	A (%)
REF	1	3,54	3,75
	2	3,82	
	3	3,88	
10%	1	5,22	4,79
	2	4,15	
	3	5,00	

Fonte: Autor, 2019.

Observando os resultados, constatou-se que os o concreto de referência e com substituição apresentaram valores médios de absorção menor que 6% e valores individuais menores do que 7%, limites máximos impostos pela ABNT NBR 9781/2013, tornado viável a substituição de 10% da areia e pó de pedra pelo resíduo do caulim.

Levando em consideração que a absorção do concreto e sua porosidade são propriedades diretamente proporcionais, pode-se afirmar que a presença do resíduo do caulim deixa o concreto mais poroso, influenciando negativamente na durabilidade e resistência dos pavers.

A Tabela 5 mostra os resultados da resistência à abrasão dos pavers. O resultado da resistência à abrasão é dado pela soma da dimensão da cavidade na peça com o fator de calibração do equipamento, conforme especificação da ABNT NBR 9781/2013.

Tabela 5 – Resistência à abrasão das peças.

Traço	Cavidade (mm)	Cavidade Média (mm)
REF	8,41	8,4
	8,44	
	8,38	
10%	7,88	9,0
	9,57	
	9,54	

Fonte: Autor, 2019.

Observa-se que as peças com substituição de 10% do agregado miúdo pelo resíduo apresentaram valores muito próximos ao concreto de referência. Os resultados obtidos estão muito abaixo dos valores máximos de cavidade determinados pela norma, que são de 23 mm para tráfego leve e 20 mm para tráfego pesado, atestando uma ótima resistência à abrasão das peças tanto para o traço de referência quanto para o traço com utilização do resíduo de caulim.

Considerações Finais

Após analisar a resistência à compressão das peças com 7 dias de cura, verificou-se que com o aumento das proporções de substituição do agregado miúdo pelo resíduo, houve uma redução na resistência das peças. Diante disso, viu-se que o traço com 10% de substituição apontou um melhor valor de resistência à compressão nas idades iniciais, em relação aos que portavam o resíduo de caulim em sua composição.

Aos 28 dias, viu-se que as peças com 10% de caulim apresentaram resistência à compressão acima de 35 MPa, atendendo as especificações da ABNT NBR 9781/2013, estando aptos para a sua utilização na fabricação de peças para pavimento intertravado solicitações de pedestres e veículos leves. Contudo, semelhante às peças com 7 dias de cura, essas ainda apresentam valores de resistência à compressão inferiores em relação ao concreto convencional.

Tratando da absorção de água, o traço de referência e o traço de substituição, na proporção de 10%, do agregado miúdo pelo resíduo de caulim, exibiram valores inferiores àqueles exigidos pela NBR 9781 (ABNT, 2013), que são 6% para valores médios e 7 % para absorções individuais, atendendo às especificações da norma e tornando viável a sua utilização.

Quanto à resistência a abrasão, apesar da realização deste ensaio ser facultativa, é importante a sua verificação para analisar a durabilidade das peças de concreto que estarão sujeitas às solicitações de veículos e intempéries do meio que estará inserido. Analisando os resultados, viu-se que o traço com 10% de substituição, além do traço de referência, apresentaram baixos valores de cavidade, estando aptos para serem utilizados até mesmo em pavimentos com solicitações de tráfego pesado.

Logo, tem-se que a produção de peças para pavimento intertravado com substituição de 10% do agregado miúdo pelo resíduo de caulim mostrou-se aceitável, atendendo aos parâmetros exigidos pela norma e contribuindo para a redução de impactos causados pela disposição desse rejeito na natureza, acarretando em benefícios para a sociedade e o meio ambiente.

Referências

- ANEPAC. Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção. **O mercado de agregados no Brasil**. São Paulo, 2015. 11 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação: Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **NBR 7211**: Agregados para concreto: Especificação. 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 52**: Agregado miúdo: Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo: Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.
- BARBOSA, A. A. et al. **Aproveitamento do resíduo de caulim na produção do concreto sem fins estruturais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 7., Campina Grande. Anais... Campina Grande: ConGea, 2016.
- KNAPTON, J. **The design of concrete block roads**. Londres: CCA, 1976.
- MENDONÇA, A. M. G. D. et al. **Aproveitamento de resíduo de caulim na produção de blocos cerâmicos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 8., 2017, Campo Grande. Anais... Campo Grande: IBEAS, 2017.
- RESENDE, M. L. S. et al. **Utilização do resíduo de caulim em blocos de vedação**. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 61, n. 3, p. 285-290, 2008.
- SANTOS, A. **Extração mineral de areias e seus impactos na territorialidade socioambiental: o caso de Feira de Santana – BA**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DINÂMICA TERRITORIAL E DESENVOLVIMENTO SOCIOAMBIENTAL, 7., 2015, Salvador. Anais... Salvador: UCSAL, 2015.