

ESTUDO DE CONCRETOS PREPARADOS COM RCD E METACAULIM

EDUARDO DA CRUZ TEIXEIRA^{1*}; CAMILA MACEDO MEDEIROS²; ANDRÉ LUIZ SANTOS PATRIOTA³;
MARCOS ANTÔNIO PADILHA JÚNIOR⁴

¹MSc. Professor, IF Sertão PE, Salgueiro-PE, educrtx@hotmail.com;

²MSc. Professora, IF Sertão PE, Salgueiro-PE, camilamedeirosm@gmail.com;

³MSc. Professor, IF Sertão PE, Salgueiro-PE, andre.patriota@ifsertao-pe.edu.br;

⁴MSc. Professor, IF Sertão PE, Salgueiro-PE, marcos.padilha@ifsertao-pe.edu.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: A reciclagem dos resíduos se mostra como uma alternativa eficiente para minimizar os impactos causados, como por exemplo, o beneficiamento dos resíduos da construção e demolição (RCD), porém, as propriedades devem ser estudadas e analisadas para melhor emprego destes em concretos. Além da preocupação ambiental no âmbito dos agregados do concreto, outro fator importante é a emissão de CO₂ causada pela fabricação do clínquer, responsável pela emissão de 5 a 7% de CO₂ na atmosfera em escala mundial. Vários estudos estão sendo feitos para substituição de parte da massa de cimento por outros componentes do concreto. Dentre estas adições, pode-se destacar como as mais utilizadas o metacaulim. Estudos mostram que concretos preparados com RCD, em geral, tendem a uma maior permeabilidade, menor resistência mecânica e dificuldade na trabalhabilidade; e o metacaulim como uma adição de otimização do compósito cimentício, compensando as possíveis desvantagens técnicas do RCD como agregado. Este trabalho tem como objetivo a análise macroestrutural de concretos preparados com metacaulim e agregado reciclado RCD. Foi preparado um concreto de referência, classe 30, com consumo de cimento 442 kg/m³, e famílias utilizando agregado de origem RCD com percentual de substituição de 25 e 50% e pozolana metacaulim em substituição ao cimento em 5 e 10%. Os resultados mostram comportamento otimizado dos concretos preparados com metacaulim e agregado RCD.

PALAVRAS-CHAVE: concreto, RCD, metacaulim, absorção, resistência.

STUDY OF PREPARED CONCRETES WITH WCD AND METAKAULIN

ABSTRACT: Waste recycling is shown as an efficient alternative to minimize the impacts caused, such as the treatment of construction and demolition waste (WCD), but the properties should be studied and analyzed for their better use in concrete. In addition to environmental concern in the aggregate of concrete, another factor is the emission of CO₂ caused by the manufacture of clinker, responsible for the emission of 5 to 7% of CO₂ in the atmosphere on a world scale. Several studies are being done to replace part of the cement mass with other concrete components. Among these additions, it is possible to stand out as the most used metackulin. Studies show that concretes prepared with WCD generally tend to have higher permeability, lower mechanical strength and difficulty in workability, and metackulin as an optimization addition of the cementitious composite, compensating for the possible technical disadvantages of WCD as an aggregate. This work aims at the macrostructural analysis of concretes prepared with metackulin and WCD recycled aggregate. It was prepared a reference concrete, class 30, with consumption of 442 kg / m³, and families using aggregate of origin WCD with percentage of substitution of 25 and 50% and pozzolana metackulin replacing the cement in 5 and 10%. The results show optimized behavior of the concretes prepared with metackolin and WCD aggregate.

KEYWORDS: Concrete, WCD, metackolin, absorption, resistance.

INTRODUÇÃO

Ao se tratar de impactos ambientais, a construção civil é considerada como principal consumidora de recursos naturais nas cidades, estatísticas indicam de 40 a 70% do total, além disso, é principal geradora de resíduos sólidos, aproximadamente 40% de toda atividade econômica produtiva (Zorzeto, 2017). No município de Salgueiro-PE, assim como nos demais municípios da região Nordeste, são coletadas pelas prefeituras milhares de toneladas de RCD (resíduos da construção e demolição).

A reciclagem dos resíduos se mostra como uma alternativa eficiente para minimizar os impactos causados, como por exemplo o beneficiamento dos resíduos da construção, mais especificamente restos de material cerâmico, argamassa e concreto em agregados, porém as propriedades devem ser estudadas e analisadas para melhor emprego destes, estudos da ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de RCD) indicam que a falta de conhecimento técnico sobre os produtos reciclados de RCD afetam em 26% como responsável pela não utilização dos mesmos.

Os estudos da ABRECON mostram ainda que o beneficiamento do RCD no Brasil recicla apenas 21% do que foi gerado, já em países desenvolvidos como a Holanda, há reciclagem do RCD em 90% do total gerado.

Além da preocupação ambiental no âmbito dos agregados do concreto, outro fator importante é a emissão de CO₂ causada pela fabricação do clínquer, responsável pela emissão de 5 a 7% de CO₂ na atmosfera em escala mundial. Além disso, o cimento, sozinho, gera grande volume de extrações de rochas e movimentação de terra (Santos, 2013).

Entre 2004 e 2014 o consumo de cimento mais que dobrou, saindo de 35 milhões de toneladas para mais de 70 milhões, um movimento sustentável e presente em todas as regiões do país. Esse forte aumento e a perspectiva da continuidade desse crescimento fez com que as empresas produtoras de cimento investissem maciçamente no parque industrial. (SNIC, 2016).

Devido à escassez de matéria prima para fabricação de cimento e à grande preocupação com o meio ambiente, vários estudos estão sendo feitos para substituição de parte da massa de cimento por outros componentes que proporcionem as mesmas características técnicas, econômicas e ambientais do concreto, ou que confirmem propriedades superiores. Dentre estas adições, pode-se destacar como as mais utilizadas o metacaulim (Soriano et al., 2013; Frías et al, 2000; Hou et al, 2004; Korpa et al., 2008; Pu, 2001; Madani et al., 2012; Shayan e Xu, 2006; Hossain, 2005).

O metacaulim é uma pozolana sílico-aluminosa, empregada como adição mineral na produção de concretos especiais, derivada normalmente da calcinação entre 600°C e 900°C, de alguns tipos de argilas, como as caulínicas e os caulins (Souza, 2003; Gleize; Cyr; Escadeillas, 2007; Silva, 2010).

O metacaulim pode reduzir o impacto ambiental de concretos devido à sua menor emissão de dióxido de carbono do que o clínquer (Perlot et al., 2013).

Essa pozolana, metacaulim, é uma adição mineral relativamente nova e vem despertando o interesse de pesquisadores no mundo inteiro, nos últimos anos, devido aos excelentes resultados que vem alcançando. (Teodoro, 2016).

Estudos mostram que concretos preparados com RCD, em geral, tendem a uma maior permeabilidade, menor resistência mecânica e dificuldade na trabalhabilidade, e o metacaulim como uma adição de otimização do compósito cimentício, compensando as possíveis desvantagens técnicas do RCD como agregado.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo a análise macroestrutural de concretos preparados com metacaulim e agregado reciclado RCD, possibilitando a viabilidade de sua utilização como um ganho técnico, econômico e ambiental.

Este trabalho é fruto das atividades do Grupo de Pesquisa Desenvolvimento de Materiais não Convencionais executadas no IF Sertão PE, campus Salgueiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O agregado graúdo reciclado originado do processo de britagem do RCD utilizado neste trabalho é oriundo da cidade de Salgueiro-PE, e foi o material utilizado como base da pesquisa executada pelo IF Sertão PE, Campus Salgueiro. Trata-se de um material no qual será usado em substituição ao agregado graúdo convencional.

Cimento Portland CPV ARI, massa específica de 3,06 g/cm³, finura Blaine de 4.695,70 cm²/g, perda ao fogo de 4,31% e resistência à compressão aos 7 dias de 38,21 MPa, todos parâmetros compatíveis com a ABNT NBR 5735/1991.

O Metacaulim utilizado nesta pesquisa, em substituição parcial ao cimento em 5 e 10%, com massa específica de 2,56 g/cm³, finura Blaine de 15.000 cm²/g, perda ao fogo de 2% e índice de pozolanicidade de I=112%, conforme ABNT NBR 5752.

Para o processamento do RCD utilizou-se o mesmo britador utilizado para o agregado de origem granítica, na cidade de Petrolina-PE

Os concretos foram preparados conforme Tabela 1, totalizando em 07 famílias, variando a substituição de metacaulim e agregado graúdo RCD.

Tabela 1. Concretos preparados

Concretos	Famílias Preparadas					Água (l)
	Aglomerante (kg/m ³)		A. Miúdo (kg/m ³)	A. Graúdo (kg/m ³)		
	Famílias	cimento	metacaulim*	pó de pedra	convencional	
F1 (referência)	441,27	-	617,78	1059,05		211,81
F2 (25 RCD)	441,27	-	617,78	794,29	264,76	211,81
F3 (50 RCD)	441,27	-	617,78	529,52	529,52	211,81
F4 (25RCD 5MK)	419,21	22,06	617,78	794,29	264,76	211,81
F5 (25RCD 10MK)	397,14	44,13	617,78	794,29	264,76	211,81
F6 (50RCD 5MK)	419,21	22,06	617,78	529,52	529,52	211,81
F7 (50RCD 10MK)	397,14	44,13	617,78	529,52	529,52	211,81

* adição em de substituição ao cimento

** agregado graúdo reciclado em substituição ao convencional

A Tabela 2 mostra as propriedades macroestruturais estudadas deste trabalho nos concretos preparados com RCD e metacaulim com as devidas proporções de substituição.

Tabela 2. Corpos de Prova

Famílias	Traço	Corpos de Prova		
		Resistência à compressão axial (28 dias)	Absorção capilar (28 dias)	Corpos de Prova 10x20
F1 (referência)	1:2,4:4,2:0,48	9,00	3,00	12,00
F2 (25 RCD)	1:2,4:4,2:0,48	9,00	3,00	12,00
F3 (50 RCD)	1:2,4:4,2:0,48	9,00	3,00	12,00
F4 (25RCD 5MK)	1:2,4:4,2:0,48	9,00	3,00	12,00
F5 (25RCD 10MK)	1:2,4:4,2:0,48	9,00	3,00	12,00
F6 (50RCD 5MK)	1:2,4:4,2:0,48	9,00	3,00	12,00
F7 (50RCD 10MK)	1:2,4:4,2:0,48	9,00	3,00	12,00

A Tabela 3 apresenta a caracterização físico-química da água usada no trabalho, originada pela Concessionária local, COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento).

Tabela 3. Análise físico química da água usada nos concretos.

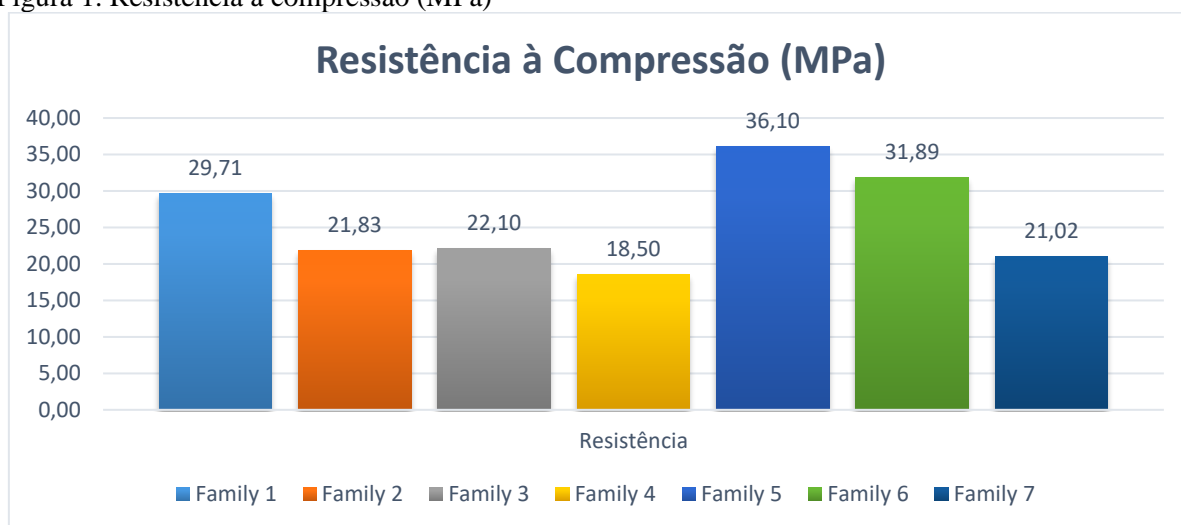
pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	CSR	NaCl	CaCO ₃		
		RAS					Classe							
dS m ⁻¹		mmol/L							mg L ⁻¹ (mmol/L) ^{0,5}					
7,8	0,08	0,04	0,15	0,4	0,2	0,02	0,00	0,96	0,6	0,36	33,9	33,5	0,27	C1S1

Sob o aspecto físico-químico, de acordo com a Resolução CONAMA nº 20 de junho de 1986, a amostras acima se enquadra nos critérios de potabilidade quanto ao teor de sólidos dissolvidos totais (SDT), por conter 800,00 e 51,2mg/L, respectivamente, visto que segundo a Portaria MS 2914/2011 o valor máximo admitido é de 1000 mg. L-1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 28 dias os concretos preparados foram submetidos ao ensaio de resistência mecânica à compressão axial, conforme Figura 1.

Figura 1. Resistência à compressão (MPa)



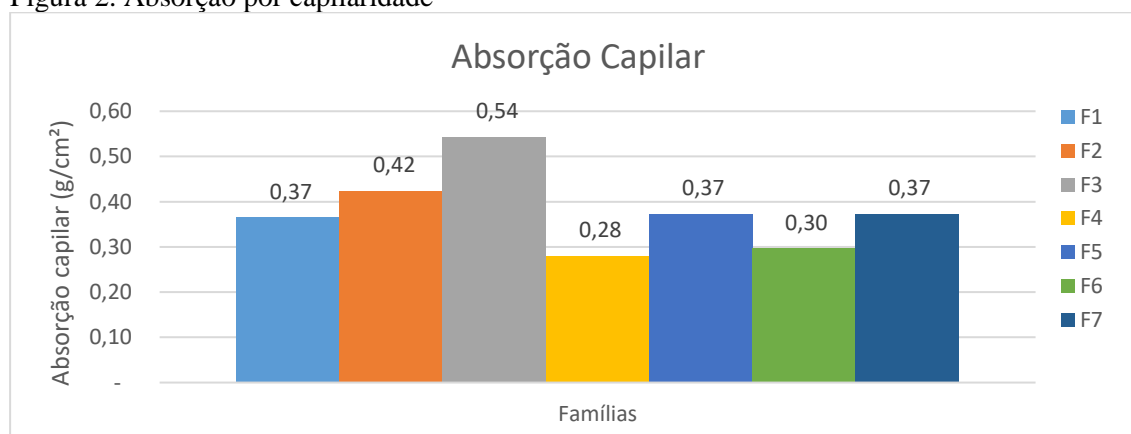
O concreto de referência (F1), classe 30 teórico, corresponde com a resistência esperada, obtendo uma resistência de 29,71 MPa, pelos resultados obtidos, observa-se a perda de resistência dos concretos preparados com apenas RCD em substituição de 25 e 50% respectivamente (F2 e F3).

Já os concretos preparados com RCD e metacaulim, eles se comportaram de maneira distinta, F4 (25% de RCD e 5% de metacaulim) teve queda na resistência mecânica em 37%, diferentemente do F5 (25% de RCD e 10% de metacaulim) em que a resistência aumentou em 21,55%.

De maneira geral, os concretos com 50% de agregado RCD tiveram desempenho mecânico melhor que 25% de substituição, especialmente os que contém metacaulim (F6 e F7).

Em relação aos ensaios de absorção capilar, os concretos se comportaram da seguinte forma, conforme Figura 2.

Figura 2. Absorção por capilaridade



Os concretos preparados com metacaulim tem melhores resultados quanto absorção capilar, principalmente as famílias com 5% de substituição (F4 e F6), apresentando valores de 0,28 e 0,30 g/cm² respectivamente.

As famílias que utilizaram apenas agregado RCD como elementos substituintes (F2 e F3), conforme previsto, apresentaram maiores índices de absorção capilar em relação ao concreto de referência.

CONCLUSÃO

Os concretos com agregado RCD (substituição parcial) obtiveram resistência mecânica e absorção capilar como propriedades pioradas.

Os concretos preparados com metacaulim, em substituição parcial ao cimento, melhoraram as propriedades macroestruturais dos concretos em relação à referência, mesmo utilizando agregados reciclados de origem RCD.

O emprego de agregados de origem RCD é contestada para uso em concretos estruturais, porém, com o uso do metacaulim em substituição parcial ao cimento, as propriedades foram otimizadas (resistência à compressão axial e absorção por capilaridade), é um indicativo primoroso para viabilidade desse tipo de concreto sustentável.

AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa do Programa Doutoral contemplada pelo IF Sertão PE, ao Grupo de Pesquisa CNPq Desenvolvimento de Materiais não Convencionais e ao PPECM (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais) da UFPB.

REFERÊNCIAS

- ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição). Nota Técnica. Disponível em: <http://abrecon.org.br/>. Acessado em 9 de maio de 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da Resistência à Compressão. Rio de Janeiro, 1996.
- Frias, M., Sánchez M.I.Nde Rojas, Cabrera J.. The effect that the pozzolanic reaction of metakaolin has on the heat evolution in metakaolin-cement mortars. *Cement and Concrete Research*, Volume 30, Ed. 2, p. 209-216, Fevereiro 2000.
- Gleize, P. J. P.; CYR M.; ESCADEILLAS, G. Effects of Metakaolin on Autogenous Shrinkage of Cements Pastes. *Cement & Concrete Research*, vol. 29, p. 80-87, 2007.
- Hossain, Khandaker M. Anwar. Volcanic ash and pumice as cement additives: pozzolanic, alkali-silica reaction and autoclave expansion characteristics *Cement and Concrete Research*, Volume 35, Ed. 6, p. 1141 – 1144, Junho 2005.
- MADANI, Hesam; BAGHERI, Alireza; PARHIZKAR, Tayebeh.. The pozzolanic reactivity of monodispersed nanosilica hydrosols and their influence on the hydration characteristics of Portland cement. *Cement and Concrete Research*, Volume 42, Ed.12, p. 1563 – 1570, Dezembro 2012.
- PERLOT, Céline; Rougeau, Patrick; Dehaut, Sylvain. Slurry of metakaolin combined with limestone addition for self-compacted concrete. Application for precast industry *Cement and Concrete Composites*, Volume 44, p. 50 – 57, Novembro 2013.
- PU Xincheng . Investigation on pozzolanic effect of mineral additives in cement and concrete by specific strength index. *Cement and Concrete Research*, Volume 29, Ed 6, p. 951 – 955, Dezembro 2001.
- SANTOS, Artur de Lima; Oliveira, Nicole Rodrigues de. Fabricação e reciclagem do cimento portland nos canteiros de obras no estado de Pernambuco. 2013. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R1107-1.pdf>
- Sindicato Nacional da Indústria do Cimento – SNIC. Relatório Anual até 2013. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/pdf/RelatorioAnual2013final.pdf>>. Acesso em: 15 agosto 2016.
- Soriano, L; Monzó J.; Bonilla, M.;Tashima, M.M.;Pavá, J.;Borrachero, M.V.. Effect of pozzolans on the hydration process of Portland cement cured at low temperatures *Cement and Concrete Composites*, Volume 42, p. 41 – 48, Setembro 2013.
- Souza, P. S. L. Verificação da influência do uso de metacaulim de alta reatividade nas propriedades mecânicas do concreto de alta resistência. 2003. 203p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- Silva, M. G. Cimentos Portland com adições minerais.In: ISAIA, G. C. (Ed.) *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*.São Paulo: Ibracon, cap.25, vol. 1, p. 791-823, 2010.
- Teodoro, R. avaliação das características de diferentes metacaulins e sua influência na estrutura interna do concreto e em propriedades ligadas à durabilidade. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás. Goiás, 2016.