

CONCRETOS PREPARADOS COM RCD: ANÁLISE DE MICROESTRUTURA COM ÊNFASE NA ZONA DE TRANSIÇÃO

Emerson Renildo Silva Santos^{1*}, Camila Macêdo Medeiros², Eduardo da Cruz Teixeira³

1. Estudante de IC do Curso de Edificações do IF Sertão PE, campus Salgueiro

2. Professora e Pesquisadora do IF Sertão PE, campus Salgueiro

3. Professor e Pesquisador do IF Sertão PE, campus Salgueiro / orientador

Resumo:

O alvo de diversas pesquisas na área da construção civil tem sido a busca por novos materiais, que trazem mais sustentabilidade e reduzem custos nesse setor. O RCD é um material que tem sido bastante estudado, quando se trata de concreto, no entanto, é necessário que sua resistência se mostre suficiente às necessidades do mercado, sendo o fator resistência influenciado fortemente pela sua zona de transição, presente na microestrutura do concreto. Diante disso, esta pesquisa buscou encontrar a resistência à compressão do concreto composto, em parte, pelo agregado miúdo reciclado, e relacionar os valores obtidos com sua microestrutura, visto que a zona de transição é tida como a parte mais frágil do concreto. Foram obtidos dados conclusivos a respeito da microestrutura tanto do concreto de referência, quanto do concreto com RCD, no qual foi possível analisar e relacionar de forma pontual suas diferenças e sua influência na resistência final, mostrando que é possível, em determinados casos, utilizar o agregado miúdo reciclado como parte do concreto.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Zona de transição; Microestrutura.

Apoio financeiro: IF-Sertão PE campus Salgueiro.

Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição: IF Sertão PE.

Introdução:

Uma das atividades que apresenta maior contribuição no desenvolvimento socioeconômico de uma região é o setor da construção civil, só no ano de 2014, por exemplo, 5,4% de todo o PIB do país foi por meio deste setor. Mas essa atividade está entre as que geram mais impactos ambientais, seja na exploração dos recursos minerais como materiais de construção e também na geração dos resíduos da construção e demolição (RCD). Ao se tratar de impactos ambientais, a construção civil é considerada o

principal gerador de resíduos de toda sociedade, em 2014 foram coletados, pelas prefeituras municipais, cerca de 45 milhões de toneladas de RCD, um aumento de 4,1% em relação ao ano anterior. Na região Nordeste, estima-se uma geração de 25 mil toneladas por dia de RCD (ABRELPE, 2004).

No município de Salgueiro, esta realidade não é diferente. A cidade, localizada no sertão central do estado de Pernambuco, na região Nordeste do Brasil, é cortada pelas principais vias da região, acolhe hoje duas grandes obras do governo federal: a ferrovia Transnordestina e o canal Transposição do Rio São Francisco, além de programas do governo, como Minha Casa, Minha Vida. Esses aspectos contribuem para o crescimento populacional, do comércio e, consequentemente, habitacional da cidade.

Com o crescimento econômico e habitacional, cresce junto o setor da construção civil. Esse fator, embora positivo, do ponto de vista econômico, gera uma preocupação ambiental com os resíduos gerados pelas construções e o consumo excessivo de recursos minerais para materiais de construção. No Brasil, cerca de 90% das areias utilizadas são extraídas em leitos de rios (ARAÚJO, 2007). 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 sobre viabilidade técnica e econômica do RCD como agregado reciclado vêm sendo desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa "Desenvolvimento de materiais de construção não convencionais: sustentabilidade, durabilidade e desempenho" no IF Sertão PE, campus Salgueiro.

Sendo assim, este trabalho trata de discussões da microestrutura de concretos preparados com agregado miúdo reciclado, com ênfase na morfologia da zona de transição.

Metodologia:**Materiais:**

Para o preparo do concreto, objeto de estudo desta pesquisa, foram utilizados os seguintes materiais:

Cimento Portland CPIII, 40 MPa, com 65-25% de clínquer e sulfatos de cálcio, 35-70% de escória granulada de alto forno e 0-5% de material carbonático, conforme ABNT NBR 5735/1991.

Agregado graúdo originado da rocha granítica, de tamanho 19 mm, convencionalmente utilizado.

Agregado miúdo originado da rocha granítica, sendo os rejeitos do processo de britagem, chamado de pó de pedra, comumente utilizado como areia artificial, por ser material passante na peneira 4,75 mm, conforme ABNT NBR 7211/2005.

Agregado miúdo reciclado originado do processo de britagem do RCD, sendo material passante na peneira 4,75 mm, conforme ABNT NBR 7211/2005. Para o processamento do RCD utilizou-se o mesmo britador utilizado para o agregado de origem granítica.

Métodos:

Foram preparados dois tipos de concretos: o convencional, utilizando como agregado miúdo o pó de pedra de origem granítica, em um traço de 1:2:2, fator água cimento de 0,5 e resistência a compressão 24,50 MPa. E o concreto reciclado, utilizando uma substituição de 50% do agregado miúdo granítico pelo agregado de RCD, usando um traço de 1:2:2, fator água cimento de 0,65 e resistência a compressão de 18,29 MPa.

Foram moldados corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm, que ficaram submersos em água por 27 dias para a cura úmida.

Para escolha e análise das amostras de concreto para o estudo da interface entre o agregado e a pasta de cimento, foram tomados os seguintes cuidados: foram utilizadas as amostras do centro do corpo de prova não rompido, por sugestão de Rossignolo (2003); fez-se o corte das amostras em planos perpendiculares ao sentido de moldagem; e foram analisadas as interfaces ao redor dos agregados que apresentaram dimensão máxima (9,5 mm) na superfície analisada. Na preparação para análise no MEV (modo elétrons secundários), as amostras de concreto foram cortadas em dimensões de 3,0 cm x 3,0 cm, com 1,0 cm de espessura utilizando serra de baixa rotação, com disco diamantado.

Após o corte, as amostras foram imersas em álcool isopropílico para interrupção da hidratação da matriz de cimento. Em

seguida, as amostras foram submetidas ao processo de secagem.

As amostras passaram pelo processo de polimento, utilizaram-se lixas e depois de limpas, utilizando sempre ultrassom com resfriamento com álcool isopropílico, em seguida, as amostras passaram por mais um processo de polimento, especificamente com pasta de diamante com grãos de 1,00 µm. Após mais um procedimento de limpeza com ultrassom e álcool isopropílico, as amostras receberam uma camada condutora de ouro, que segundo JR (2008), este procedimento conhecido como metalização de amostras, este ocorre quando trata-se de um material não condutor de elétrons, como polímeros, cerâmicas, pastas, argamassas e concreto.

Resultados e Discussão:**Concreto de referência:**

As análises com elétrons secundários permitiram observar a morfologia da estrutura cristalina das misturas do concreto, podendo, parcialmente, fazer relação com as propriedades já apresentadas no trabalho.

As Figuras 1 a 4 apresentam uma vista geral da interface matriz/agregado da amostra de concreto com agregado miúdo de rocha granítica, com magnitude de 1000x, 2000x, 5000x e 10000x respectivamente, percebe-se a formação de duas fases distintas do agregado e da matriz.

Para uma análise mais precisa da morfologia da interface dos concretos preparados, utilizou-se magnitude de 10.000x na referida zona. [Fig. 4.] apresenta a zona de transição do concreto convencional, em que podemos perceber a formação de um volume de vazios na interface agregado/pasta, explicado por Mehta (1994), como sendo consequência do fenômeno da exsudação interna, já que o agregado miúdo deste concreto, de rocha granítica, apresentou teor de pulverulentos de 9,7%, próximo ao limite estabelecido pela norma ABNT NBR 7211/2005.

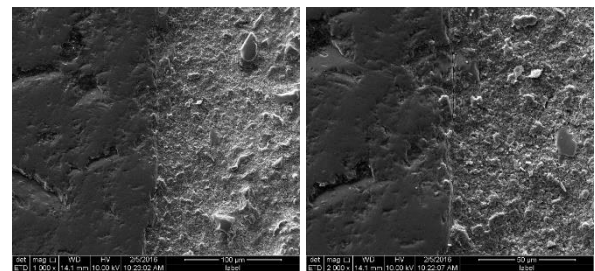


Figura 1 – Microestrutura do concreto convencional, 1000x Figura 2 – Microestrutura do concreto convencional, 2000x

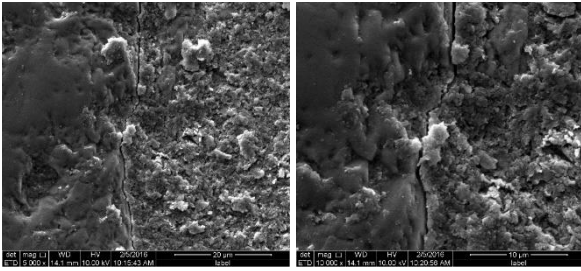


Figura 3 – Microestrutura do concreto convencional, 5000x Figura 4 – Microestrutura do concreto convencional, 10.000x

Concreto com RCD:

As Figuras 5 a 8 apresentam a região da zona de transição do concreto preparado com agregado miúdo reciclado, em que se identifica o volume de vazios na interface, porém com espessura maior, provocada pelo aumento da relação de água/cimento que foi maior para este concreto em comparação ao de referência para manter a mesma consistência, ocorrendo o fenômeno de exsudação, que é explicado pelo teor de materiais pulverulentos do agregado reciclado, que é de 20%.

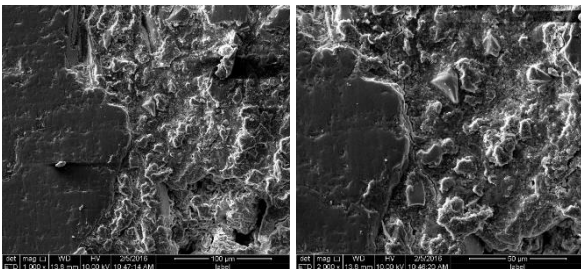


Figura 5 – Concreto com RCD, 1000x
Figura 6 – Concreto com RCD, 2000x

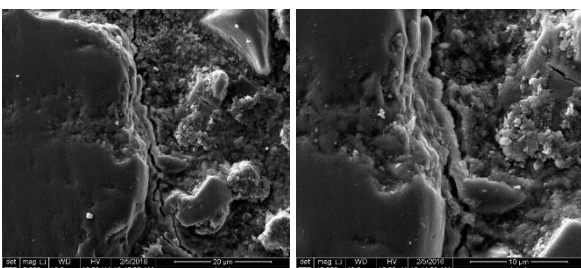


Figura 7 – Concreto com RCD, 5000x
Figura 8 – Concreto com RCD, 10000x

Nas imagens, é possível identificar o agregado graúdo à esquerda, a pasta à direita, e ao centro, a zona de transição. De acordo com os dados obtidos no trabalho, observou-se que há uma clara diferença de resistência mecânica à compressão entre o concreto de referência e o concreto preparado com RCD, relacionado na [Tabela 1] e [Tabela 2]

Tabela 1. Ensaio do concreto de referência:

Nº do corpo de prova	Resistência à compressão
01	24,19 MPa
02	24,19 MPa
03	22,92 MPa
04	22,16 MPa
05	25,47 MPa
06	28,01 MPa

Tabela 2. Ensaio do concreto com RCD:

Nº do corpo de prova	Resistência à compressão
01	17,83 MPa
02	19,10 Mpa
03	21,39 MPa
04	16,55 MPa
05	16,55 MPa
06	17,83 MPa

Houve uma redução média de 25,64% da resistência do concreto com RCD em relação ao concreto de referência, quando este teve 50% do agregado miúdo (pó de pedra) substituído pelo agregado miúdo reciclado; algo que, embora haja uma variação relativamente alta, não exclui a possibilidade de uso desse concreto, visto que ele consegue atender a resistência mínima para determinados tipos de obras.

Em complemento, os dados obtidos pela análise no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), mostram que a região com mais vazios entre a pasta e o agregado graúdo, isto é, a zona de transição, no concreto com RCD, é um pouco maior que a encontrada no concreto de referência. De forma geral, na zona de transição há uma maior concentração de etringita e uma menor quantidade de C-S-H do que em qualquer outra parte da matriz (MEHTA e MONTEIRO, 2008). No caso do concreto com RCD, essa concentração de etringita tende a ser maior, já que a zona de transição no mesmo é mais espessa, sendo essa uma das possíveis causas da menor resistência à compressão do concreto com agregado reciclado em relação ao concreto de referência utilizado.

Conclusões:

A análise microestrutural com elétrons secundários dos concretos preparados com os referidos agregados miúdos apresentou, a partir das imagens feitas, o fenômeno da exsudação interna, ocorrendo aumento da porosidade da zona de transição, e que a exsudação interna foi proporcional ao aumento da relação água cimento, que por sua vez foi

maior para o concreto com agregado de maior teor de pulverulentos, o agregado reciclado.

A relação entre análise microestrutural e propriedades do concreto foi constatada, a partir dos resultados da resistência mecânica à compressão dos concretos e apresentação de regiões porosas na zona de transição dos mesmos, sendo essas diretamente relacionadas de forma qualitativa.

A distinção entre as morfologias da fase matriz dos concretos estudados pode ser atribuída pela substituição parcial do agregado miúdo em sua mistura, podendo ser proposta para estudos futuros.

Referências bibliográficas

ABRELPE, “PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2014, ” www.abrelpe.org.br, São Paulo, 2014.

ARAÚJO, J. G., Influence of the mineral additions and the quarry dust in the mechanical properties and the microstructure of the self-compacting concrete., Thesis (Master of Science in Civil Engineering) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia., 2007.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 2008.

P. K. MEHTA e P. J. M. MONTEIRO, Concreto: estrutura, propriedades e materiais, São Paulo: Ed. Pini, 1994, p. 573P.

A. B. D. N. T. ABNT, NBR 5735 – Cimento Portland de Alto Forno, Rio de Janeiro, 1991.

A. B. D. N. T. ABNT, NBR 7211 - Agregados para concreto - especificações, Rio de Janeiro, 2005.

J. A. ROSSIGNOLO, “Concreto leve de alto desempenho modificado com SB para pré-fabricados esbeltos: dosagem, produção, propriedades e microestrutura.” Tese (doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais), Escola de Engenharia de São Carlos, 2003.

J. A. F. JR, Estrutura interna do concreto – microestrutura. Notas de aula, Centro de Tecnologia – Engenharia dos Materiais. UFPR., Curitiba, 2008.