

# AVALIAÇÃO DO CONCRETO PRODUZIDO COM REJEITO DE TELHA CERÂMICA VERMELHA

A. C. Favini (1), E. M. A. Luzardo (2), J. S. Costa (3)  
Rua Zulmira Canavarros, nº. 95, Centro, Cuiabá, Mato Grosso, CEP: 78.005-200  
Cuiabá-MT, CEP 78060628, juzelia@ccivil.cefetmt.br  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso.

## RESUMO

*Visando diminuir o impacto ambiental causado pela indústria da construção civil, iniciou-se esse estudo de produção de concreto com agregados de rejeito de telha cerâmica vermelha, substituindo o agregado graúdo e miúdo do concreto convencional, com o intuito de beneficiar o meio ambiente e o construtor, pois viabiliza a obra economicamente, reduz a quantidade de materiais extraídos da natureza e a quantidade de rejeitos depositados em locais inapropriados. A pesquisa tem o objetivo de conhecer as propriedades físicas e químicas dos agregados e do concreto reciclado, conforme normas da ABNT e da ASTM, analisando a viabilidade de sua utilização na construção, fornecendo ao construtor um produto de baixo custo e com qualidade. Para a confecção do concreto, as telhas cerâmicas foram cominuídas até a granulometria similar à da areia de rio, e a da brita natural. O concreto produzido foi avaliado no estado fresco e no estado endurecido, considerando suas propriedades físicas e mecânicas. Diante dos resultados da caracterização dos agregados e do concreto confeccionado, conclui-se que o concreto produzido com rejeito de telha cerâmica vermelha tem predisposição para ser utilizado na construção civil, lembrando que sua utilização deve ser em locais onde não exijam grandes esforços mecânicos, pois o produto apresenta características de um concreto não estrutural. A disponibilidade de rejeitos, os ganhos em custos e as boas propriedades apresentadas indicam a viabilidade do processo de reciclagem das telhas cerâmicas usadas.*

Palavras-chave: reciclagem, cerâmica vermelha, telha e concreto.

## INTRODUÇÃO

O grande desperdício de materiais da construção civil, e, principalmente, a falta de um local apropriado para serem depositados tem causado preocupação em pesquisadores das mais variadas áreas.

O concreto convencional é uma mistura de cimento, agregado graúdo, agregado miúdo e água, sendo que esses agregados são provenientes da natureza. Além de ser um produto bastante utilizado em construções civis e especiais, é também bastante desperdiçado devido à falta de mão-de-obra qualificada no setor da construção, e como consequência dos erros ocorridos na construção, há a necessidade de demolições para correções.

No Brasil, a construção de edificações pelo método convencional, utilizando alvenarias como vedação e estruturas de concreto armado, tem se destacado na indústria da construção civil devido à sua grande utilização.

Esses materiais oriundos de demolições e de indústrias praticamente não possuem locais corretos para serem depositados. Diante desse grande problema, iniciou-se um estudo visando beneficiar não só o meio ambiente, como também o construtor, e através de ensaios padronizados pela ABNT e ASTM, os rejeitos foram examinados com o intuito de serem aproveitados na fabricação do concreto.

Esses estudos foram impulsionados com a tentativa de reduzir a quantidade de rejeitos da construção civil depositados em locais inadequados e diminuir o número de minerais extraídos da natureza, visto que este também causa grandes danos ao meio ambiente, além de viabilizar a obra economicamente, facilitando para o construtor, visto que com a utilização de agregados reciclados no concreto, não haverá necessidade de comprar agregados naturais.

No concreto confeccionado foi utilizado rejeito de telha cerâmica vermelha com mais de cinquenta anos de uso, substituindo os agregados graúdos e miúdos naturais do concreto convencional, que é a pedra britada e a areia. Esses agregados reciclados foram analisados nas suas características físicas e químicas, e o concreto foi avaliado no estado fresco e endurecido, conforme normas da ABNT e ASTM.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### A Reciclagem

O vocábulo reciclagem surgiu na década de 1970, e indica reaproveitamento ou reutilização. Fazer reciclagem é uma maneira de aproveitar detritos, utilizando-os da mesma maneira como eram usados anteriormente ou passarem a ter uma outra função. Materiais que se tornaram lixo, ou que estão no lixo, são coletados, separados e transformados em matéria-prima para novos produtos. COSTA (2006) [1].

O concreto é um dos produtos mais utilizados no mundo devido ao grande número de construções, e, segundo Buttler [2], no Brasil cerca de 855.000 m<sup>3</sup> de concreto são desperdiçados por ano. Maitelli *et al* [3] afirmam que na cidade de Natal/RN cerca de 66 toneladas de concreto são desperdiçados por dia.

Diante do grande desperdício dos materiais de construção e pela falta de locais adequados para serem depositados, a produção de concreto com agregado de rejeito de telha cerâmica vermelha tem como objetivo a redução da quantidade de materiais depositados em locais inadequados, diminuir a extração de minerais naturais, e viabilizar a obra economicamente, beneficiando assim o meio ambiente e o construtor.

Sugestão de uso na construção do concreto reciclado. SANTANA, A.C., COSTA, J.S. [4]

- Contrapisos, calçadas externas e similares;
  - Regularização de pisos sem função impermeabilizante;
  - Reforços não armados em edificações;
  - Reforços armados em elementos sem presença de umidade (cintas, vergas se similares);
  - Execução de peças de reforço não armadas em muros de vedação;
- Regularização de pisos para revestimento cerâmico, preferencialmente em pavimentos não apoiados diretamente sobre o solo;
- Lastro para fundação em edificações térreas;
  - Fabricação de componentes de alvenaria de vedação (tijolos maciços, blocos, meios-blocos, canaletas, entre outros);

- Fabricação de outros componentes de concreto, não armados;
- Lajotas de concreto para lajes mistas;
- Tubos e canaletas para drenagem;
- Briquetes e lajotas de pavimentação (para estacionamentos, vias de tráfego de pedestres, ciclistas e motociclistas);
- Meios-fios, sarjetas e similares para serviços auxiliares de pavimentação;
- Fixação de mourões e portões em cercamentos;
- Outros serviços simplificados, não armados.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização dos Materiais

O resíduo utilizado consistiu de rejeito da demolição de uma edificação do próprio CEFET-MT. As peças foram inicialmente fragmentadas com o uso de marretas e depois por um britador de mandíbulas. O material obtido foi separado em frações granulométricas de interesse, para a preparação do concreto.

### O Cimento

O cimento utilizado para a moldagem do concreto, na análise química em estudo, foi o Cimento Portland CII F – 32, da marca Itaú, com os dados descritos na Tabela 1. Os ensaios foram realizados de acordo com a NBR 7215 [5].

Tabela 1 – Caracterização do Cimento Portland CII F-32.

Caracterização do Cimento CP II F - 32			
Ensaio Realizado	Norma Utilizada	Resultados Obtidos	Limites da Norma
Índice de Finura # 200	NBR 11579 [6]	3%	≤ 12%
Massa Unitária Solta	NBR 7251 [7]	1,15 g/cm <sup>3</sup>	-
Massa Específica	NBR NM 23 [8]	3,26 g/cm <sup>3</sup>	-

### Os Agregados

Os agregados graúdos reciclados foram produzidos pela britagem e moagem até que o material cominuído tivesse granulometria passante em uma peneira de malha

quadrada com abertura nominal de 12.5 mm, ficando retidos na peneira ABNT nº 4 (4,8mm).

Os agregados miúdos reciclados também foram moídos e britados, tendo sua granulometria passante na peneira ABNT nº 4 (4,8mm) e sendo retidos no fundo da peneira. A Tabela 2 apresenta os valores da caracterização dos agregados naturais e reciclados, sendo todos os ensaios executados com base em normas técnicas. As Figuras 1 e 2 apresentam as curvas granulométricas dos agregados reciclados.

Tabela 2 – Caracterização Física dos Agregados Naturais e Reciclados.

Propriedades	Agregado Natural		Cerâmica Vermelha		Normas
	Areia	Brita	Miúdo	Graúdo	
Diâmetro Máximo (mm)	4,8	19	4,8	12,5	NBR NM 248 [9]
Módulo de Finura	3,24	9,51	3,04	2,87	NBR NM 248 [9]
Massa Específica (g/cm³)	2,56	2,45	2,27	2,27	NBR NM 52 [10]
Índice de Vazios (%)	5,83	1,19	10,23	39,78	NBR NM 53 [11]
Material Pulverulento (%)	0,53	0,37	7,00	0,80	NBR NM 46 [12]
Massa Unitária Solta (kg/dm³)	1,56	1,38	1,054	0,93	NBR NM 45 [13]
Massa Unitária Compactada (kg/dm³)	1,66	1,47	1,145	1,367	NBR NM 45 [13]
Absorção por Imersão (%)	0,26	0,49	11,18	12,44	NBR NM 53 [11]

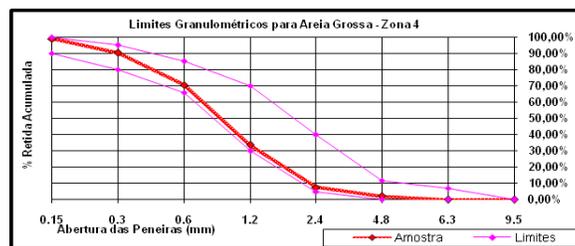


Figura 1 - Curva Granulométrica do Agregado Miúdo Reciclado de Telha Cerâmica Vermelha (TCV).  
Diâmetro Máximo Característico: 4,8 mm; Módulo de Finura: 3,04.

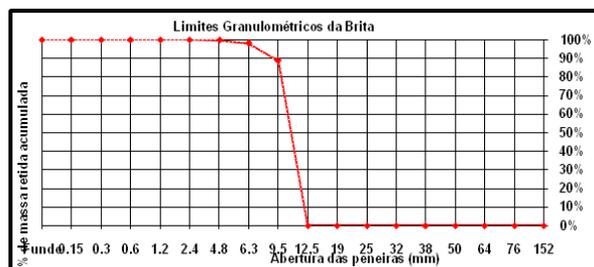


Figura 2 - Curva Granulométrica do Agregado Graúdo Reciclado de Telha Cerâmica Vermelha (TCV).  
Diâmetro Máximo Característico: 12,5 mm; Módulo de Finura: 2,87.

Os agregados naturais (areia lavada de rio e pedra britada), utilizados neste estudo, apresentaram granulometrias características de areia grossa e brita 1, conforme Figuras 3 e 4.

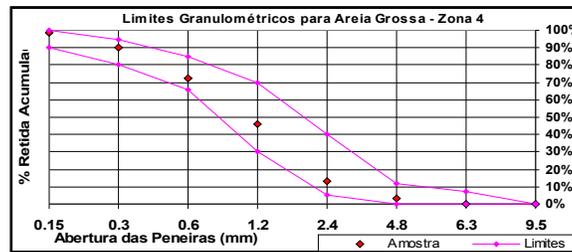


Figura 3 - Curva Granulométrica do Agregado Miúdo - Areia de Rio. Diâmetro Máximo Característico: 4,8mm; Módulo de Finura: 3,24.

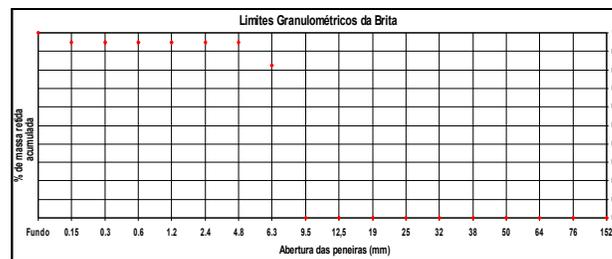


Figura 4 - Curva Granulométrica do Agregado Graúdo – Pedra Britada. Diâmetro Máximo Característico: 19mm; Módulo de Finura: 9,51.

Os materiais naturais e reciclados foram avaliados quimicamente, objetivando conhecer suas propriedades diante da possibilidade de ocorrer reações do tipo álcali-agregado. Tais características foram avaliadas por meio do método de determinação da reatividade potencial do agregado, sendo este regido pela ASTM 1260 – C [14]. Os resultados são apresentados na Figura 5.

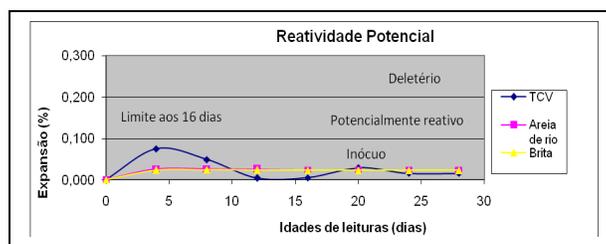


Figura 5 – Determinação da Reatividade Potencial do Agregado.

No material analisado obteve-se expansão inócua para valor menor que 0,10% aos 28 dias de ensaio, contados a partir da moldagem. Portanto, o agregado reciclado pode ser utilizado no concreto, pois não apresenta reação álcali-agregado com os hidróxidos alcalinos existentes no cimento.

## METODOLOGIA

### Dosagem

Foram fabricados corpos-de-prova de concreto, utilizando rejeitos de telha cerâmica como agregados. O traço unitário em massa usado na confecção dos concretos utilizado foi 1:6, tendo como base para determinação do traço o empacotamento dos agregados de forma a proporcionar maior massa unitária compactada e menor índice de vazios. O fator água/cimento adotado foi o que proporcionou um *Slump test* de 6,0, cujo ensaio é padronizado pela ABNT NM 67 [15], de acordo com o proposto pelo estudo em questão, pois proporciona bombeamento do concreto se este for usinado.

Para o procedimento de execução do empacotamento, misturaram-se os agregados de acordo com as proporções de mistura da Tabela 3.

Tabela 3 – Proporções das Misturas dos Agregados, Método do Empacotamento.

Mistura 01		Mistura 02		Mistura 03		Mistura 04		Mistura 05		Mistura 06	
Miúdo	Graúdo										
35%	65%	40%	60%	45%	55%	50%	50%	55%	45%	60%	40%

O melhor resultado foi a proporção 60% de agregado miúdo e 40% de agregado graúdo, determinando que o traço utilizado foi 1:3,60:2,40 (cimento:agregado miúdo:agregado graúdo).

### Mistura

Os concretos foram misturados em betoneira de 100dm<sup>3</sup>, por um período de 3 minutos. A temperatura durante o preparo foi de 35°C ± 2°C e umidade relativa de 53% (ambiente do laboratório). Na Tabela 4 encontram-se os resultados das propriedades físicas após empacotamento dos agregados.

Tabela 4 – Propriedades Físicas do Agregado Após Empacotamento.

Amostra	Mistura (%)		Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> ) NBR NM 52 [10]	Massa Unitária Compactada (g/cm <sup>3</sup> ) NBR NM 45 [13]	Índice de Vazios (%) NBR NM 53 [11]
	Miúdo	Graúdo			
CTC	60	40	2,27	1,367	39,78

CTC = Concreto de Telha Cerâmica

### Moldagem e Cura dos Corpos-deProva

Os corpos-de-prova de concreto foram moldados manualmente, no formato cilíndrico com diâmetro de 100 mm e altura de 200 mm, segundo a NBR 5738 [16]. Estes corpos-de-prova foram submetidos à cura em água por 28 dias. Foram realizados ensaios de caracterização mecânica e física dos concretos, sendo verificada a resistência à compressão axial, resistência à compressão diametral, absorção por imersão e absorção por capilaridade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Propriedades do Concreto no Estado Fresco

Os resultados de ensaios realizados no estado fresco, dos concretos em estudo, estão mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Índices Físicos dos Concretos Estudados.

Traço 1:6	Densidade Real (g/cm <sup>3</sup> ) NBR 7223 [15]	Fator Água-Cimento (a/c) NBR 7223 [15]	Abatimento do Concreto (cm) NBR NM 67 [15]
CTC	1,63	0,55	6,0
CC	2,36	0,58	6,5

CTC = Concreto de Telha Cerâmica / CC = Concreto Convencional

### Propriedades do Concreto no Estado Endurecido

#### Ensaio de Resistência Mecânica à Compressão Axial e Diametral

Esses ensaios são de fundamental importância para a utilização do concreto em obras, pois determina qual é sua resistência à compressão por tração axial e diametral, determinando assim os locais onde esse concreto pode ser utilizado. Foi realizada a avaliação no estado endurecido tanto do concreto convencional (concreto de referência) quanto do concreto reciclado, de acordo com a NBR 5739 [17] e NBR 7222 [18], cujos resultados são apresentados nas tabelas 6 e 7, sendo representados graficamente nas Figuras 6 e 7.

Tabela 6 – Resistência à Compressão Axial dos Concretos em Estudo.

Concreto NBR 5739 [17]	Resistência à Compressão Axial em MPa			
	07 dias	14 dias	28 dias	150 dias
CTC	7,35	8,49	11,03	16,87
CC	24,30	26,18	31,19	32,57

CTC = Concreto de Telha Cerâmica / CC = Concreto Convencional

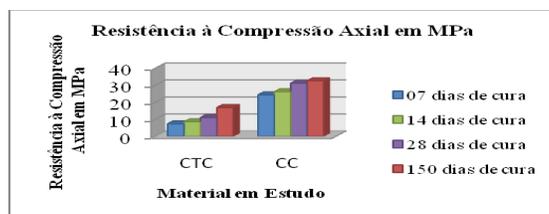


Figura 06 – Resistência à Compressão Axial do Concreto de Telha Cerâmica (CTC) e do Concreto Convencional (CC), dados em MPa.

Tabela 7 – Resistência à Compressão Diametral dos Concretos em Estudo.

Concreto NBR 7222 [18]	Resistência à Compressão Diametral em MPa			
	07 dias	14 dias	28 dias	150 dias
CTC	0,84	1,15	1,25	2,48
CC	4,13	5,49	6,54	7,49

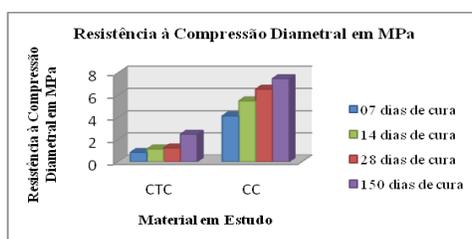


Figura 07 – Resistência à Compressão Diametral do Concreto de Telha Cerâmica (CTC) e do Concreto Convencional (CC), dados em MPa.

### Absorção por Imersão

A quantidade de água absorvida pelo concreto no estado endurecido é uma propriedade de grande relevância, visto que esse produto confeccionado apresentando grande absorção de água consiste em um concreto com grande índice de vazios e, conseqüentemente, baixa resistência mecânica, pois após o envelhecimento do concreto, a água evaporada deixará lugares vazios na mistura. Esse ensaio foi realizado de acordo com a NBR 9778 [19]. De acordo com a Tabela 8 e a Figura 8, verificam-se os resultados da absorção por imersão do concreto reciclado.

Tabela 8 – Absorção por Imersão dos Concretos em Estudo. Dados em %.

Concreto	Absorção por Imersão		
	07 dias	14 dias	28 dias
CTC	9,84	9,27	4,59

CTC = Concreto de Telha Cerâmica / CC = Concreto Convencional



Figura 8 – Absorção por Imersão do Concreto de Telha Cerâmica Vermelha (CTC). Dados em %.

### Absorção por Capilaridade

A propriedade que caracteriza a quantidade de água absorvida pelos vasos capilares do concreto é um fator que deve ser conhecido por quem o utiliza, pois define a possibilidade de umidade ascendente no concreto. Esse ensaio foi realizado de acordo com a NBR 9779 [20]. Os resultados da absorção por capilaridade do concreto de telha cerâmica (CTC) encontram-se na Tabela 9 e na Figura 9.

Tabela 9 – Absorção por Imersão dos Concretos em Estudo. Dados em g/cm<sup>2</sup>.

Concreto	Absorção por Capilaridade (g/cm <sup>2</sup> )		
	07 dias	14 dias	28 dias
CTC	0,842	0,500	0,210



Figura 09 – Absorção por Capilaridade do Concreto de Telha Cerâmica Vermelha (CTC). Dados em g/cm<sup>2</sup>.

## CONCLUSÃO

Os resultados dos ensaios mostram que a resistência à compressão do concreto reciclado foi menor que a do concreto convencional em todas as idades por apresentar uma alta absorção de água e índice de vazios, diminuindo assim sua resistência mecânica.

Apesar desses resultados obtidos, o concreto de telha cerâmica vermelha apresentou boas propriedades químicas, não apresentando reatividade potencial. “Considerando que o concreto reciclado está em sua pior situação, pois este é 100%

reciclado, conclui-se que qualquer porcentagem de agregado natural acrescentado em sua confecção, aumentará a resistência à tração por compressão axial e diametral do concreto produzido” (FAVINI, A.C., COSTA, J.S.) 2008.(21).

A absorção por imersão do concreto reciclado apresentou um resultado alto, porém, dentro do permitido pelas NBR's da ABNT. Os vasos capilares do concreto absorveram em média cinco centímetros de altura, significando que o produto apresenta tendências de umidade ascendente, sendo necessário haver impermeabilização.

Portanto, o concreto produzido com agregado de rejeito de telha cerâmica vermelha com mais de 50 anos de uso pode ser utilizado na construção civil, lembrando que o mesmo não apresenta função estrutural, e deve ser utilizado em locais onde não exijam grandes esforços mecânicos, como, por exemplo, em calçadas e em lastros de concreto magro em edificações térreas. Outros estudos estão sendo realizados visando à melhoria do empacotamento e sua aplicação frente ao clima da região mato-grossense.

## REFERÊNCIAS

1. COSTA, J.S. Agregados Alternativos para Argamassa e Concreto Produzidos a partir da Recicagem de Rejeitos Virgens da Indústria De Cerâmica Tradicional. São Carlos, 2006, 266p. TESE (doutorado). DEMA, UFSCar.
2. Buttler, A. M. *Concreto com Agregados Graúdos Reciclados de Concreto* – Influência da Idade de Reciclagem nas Propriedades dos Agregados e Concretos Reciclados. Dissertação de Mestrado, São Carlos, 2003.
3. Maitelli, C. W. S. P., *et al. Potencial de Utilização de Concreto Reciclado Oriundo das Centrais Dosadoras e de Resíduos de Concreto Provenientes de RCD (Resíduos de Construção e Demolição)*, 47º Congresso Brasileiro do Concreto. Recife, IBRACON, 2005.
4. SANTANA, A.C., COSTA, J.S. Controle Tecnológico do Tijolo Produzido com Resíduo da Construção Civil, II Jornada Nacional da Produção Científica em Educação Profissional e Tecnológica. São Luiz, 2007.
5. NBR 7215. CIMENTO – Resistência à Compressão do Cimento.
6. NBR 11579:1991. CIMENTO PORTLAND – Determinação da Finura por Meio da Peneira 75 µm (200).
7. NBR 7251:1982. AGREGADOS – Determinação da Massa Unitária do Agregado no Estado Solto.
8. NBR NM 23. CIMENTO – Determinação da Massa Específica – Método Le Chatelier.
9. NBR NM 248:2003. AGREGADOS - Determinação da Composição Granulométrica.
10. NBR NM 52. AGREGADOS - Determinação da Massa Específica de Agregados Miúdos por Meio do Frasco de Chapmam.

11. NBR NM 53:2002. AGREGADOS – Determinação da Absorção e da Massa Específica do Agregado Graúdo.
12. NBR NM 46:2001. AGREGADOS – Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos.
13. NBR NM 45:2006. Determinação da Massa Unitária do Agregado em Estado Compactado Seco.
14. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM 1260 C: standard test method for potential alkali reactivity of aggregates, 2001.
15. NBR NM 67 (1998) 7223. CONCRETO – Determinação da Consistência pelo Abatimento do tronco de cone Densidade Real e Fator Água-Cimento.
16. NBR 5738. CONCRETO – Procedimento para Moldagem e Cura de Corpos-de-Prova.
17. NBR 5739. CONCRETO – Ensaio de Compressão Axial de Corpos-de-Prova Cilíndricos.
18. NBR 7222. CONCRETO – Ensaio de Compressão Diametral de Corpos-de-Prova Cilíndricos.
19. NBR 9778:1987. ARGAMASSA E CONCRETO ENDURECIDOS – Determinação da Absorção de Água por Imersão – Índice de Vazios e Massa Específica.
20. NBR 9779:1995. ARGAMASSA E CONCRETO ENDURECIDOS – Determinação da Absorção de Água por Capilaridade.]
21. FAVINI, A.C, COSTA, J.S. Produção de Concreto com Agregado de Rejeito de Telha Cerâmica Vermelha Com Mais de 50 Anos de Uso, 50º Congresso Brasileiro do Concreto. Salvador, IBRACON, 2008.

## AVALIATION OF THE CONCRETE PRODUCED WITH I REJECT OF RED CERAMIC ROOFING TILE

Aiming at to diminish the ambient impact caused by the industry of the civil construction, this study of production of concrete was initiated with added of rejects of red ceramic roofing tile, substituting the small aggregate graúdo and of the conventional concrete, with intention to benefit to the environment and the constructor, therefore it makes possible the workmanship economically, it reduces the amount of extracted materials of the nature and the amount of rejeitos deposited in inapropriettes places. The research has the objective to know the physical and chemical properties of aggregates and the recycled concrete, as norms of the ABNT and the ASTM, analyzing the viability of its use in the construction, supplying to the constructor a product of low cost and with quality. For the confection of the concrete, the ceramic roofing tiles had been cominuídas until the similar granulometria to the one of the river sand, and of the natural brita. The produced concrete was evaluated in the cool state and the hardened state, considering its physical and mechanical properties. Ahead of the results of the characterization of aggregates and the confectioned concrete, it is concluded that the concrete produced with I reject of red ceramic roofing tile has predisposition to be used in the civil construction, remembering that its use must be in places where they do not demand great mechanical efforts, therefore the product presents characteristics of a not structural concrete. The availability of rejeitos, the profits in costs and the good presented properties indicate the viability of the process of recycling of the used ceramic roofing tiles.

Word-key: recycling, red ceramics, roofing tile and concrete.