

AVALIAÇÃO DO CONCRETO PRODUZIDO COM AGREGADO DE REJEITO DE TELHA CERÂMICA VERMELHA USADA

Adriéle Carpiné Favini¹

Juzélia Santos da Costa²

RESUMO: Devido ao grande impacto ambiental e desperdício de materiais gerados pela construção civil, realizou-se este estudo de produção de concreto com agregados de rejeito de telha cerâmica vermelha usada, substituindo os agregados naturais do concreto convencional. Esta pesquisa visa conhecer as propriedades físicas e químicas dos agregados e do concreto reciclado, conforme normas da ABNT e da ASTM. Para a produção do concreto, as telhas foram cominuídas e peneiradas até terem sua granulometria similar à areia grossa e brita 1. O concreto confeccionado foi avaliado no estado fresco e endurecido e concluiu-se que o produto apresenta características de um concreto não estrutural, podendo ser utilizado na construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem, cerâmica vermelha, concreto.

Abstract: Due to the large environmental impact and waste materials generated by the civil construction, this study was carried out about the production of concrete with aggregate wastes in used red ceramic tile, replacing the natural aggregate in conventional concrete. This research seeks to understand the chemical and physical properties of recycled concrete aggregate according to ABNT and ASTM standards and procedures. For the production of concrete, the tiles were comminuted and sieved until its size were similar to the very coarse sand and gravel 1. The manufactured concrete was evaluated in its fresh and hardened state proprieties. It was concluded that the product has characteristics of a non-structural concrete and it can be used in the civil construction industry.

KEYWORDS: Recycling, red ceramic, concrete.

1 Técnica em Construções Prediais; Bolsista PIBICT, no IFMT – Campus Cuiabá; estudante de Arquitetura e Urbanismo, na Universidade Federal de Mato Grosso. E-mail: adrifavini@yahoo.com.br.

2 Doutora em Ciências dos Materiais, pela Universidade Federal de São Carlos-SP (UFSCar); professora do Deptº de Construção Civil do IFMT – Campus Cuiabá. E-mail: juzelia@ccivil.cefetmt.br.

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.

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 na tentativa de reduzir a quantidade de rejeitos da construção civil, os quais são depositados em locais inadequados, e diminuir o número de minerais extraídos da natureza, visto que este também causa grandes danos ao meio ambiente. Além disso, o reaproveitamento dos rejeitos é uma forma de viabilizar a obra economicamente e facilitar o trabalho do construtor, visto que, com a utilização desse tipo de agregados, 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 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, p. 25-26). O concreto é um dos produtos mais utilizados no mundo, devido ao grande número de construções e, segundo Buttler (2003), no Brasil, cerca de 855.000 m³ de concreto são desperdiçados por ano. Maitelli et al. (2005) 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 objetivos, reduzir a 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.

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

As indústrias recicladoras são também chamadas secundárias, por processarem matéria-prima de recuperação. Na maior parte dos processos, o produto reciclado é completamente diferente do produto inicial.

Na construção civil também é possível a prática de reciclagem, reaproveitando rejeitos provenientes do desperdício de materiais na hora de construir, reformar e/ou demolir. Os restos e fragmentos de materiais compõem o rejeito da construção, enquanto apenas os fragmentos formam o rejeito de demolição.

Para reciclar rejeito da construção civil, transformando-o em agregados, inicialmente os materiais recicláveis devem ser selecionados, para

posterior trituração em equipamentos apropriados.

Os resíduos encontrados predominantemente no rejeito, que são recicláveis para a produção de agregados, pertencem a três grupos:

- Grupo I: materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassa, blocos de concreto;
- Grupo II: materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos;
- Grupo III: materiais não-recicláveis: solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor. Desses materiais, alguns são passíveis de serem selecionados e encaminhados para outros usos. Assim, embalagens de papel e papelão, madeira e mesmo vidro e metal podem ser recolhidos para reutilização ou reciclagem.

SUGESTÃO DE USO NA CONSTRUÇÃO DO CONCRETO RECICLADO

Em seus estudos, Santana e Costa (2007) constataram que os agregados reciclados podem ser utilizados em diversas situações. Dentre elas, destacam-se:

- 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 IFMT. 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. Os ensaios foram realizados de acordo com a NBR 7215.

Os AGREGADOS

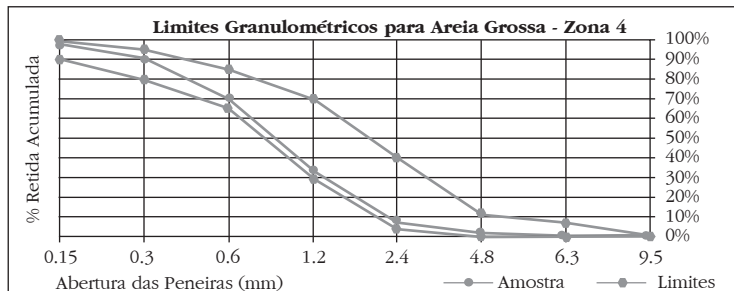
Os agregados graúdos reciclados foram produzidos pela britagem e moagem até que o material cominuído tivesse granulometria passante em uma peneira de malha quadrada com abertura nominal de 12,5 mm, ficando retidos na peneira ABNT nº 4 (4,8 mm).

Os agregados miúdos reciclados também foram moídos e britados, tendo sua granulometria passante na peneira ABNT nº 4 (4,8 mm) e sendo retidos no fundo da peneira. A Tabela 1 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 1. Caracterização Física dos Agregados Naturais e Reciclados.

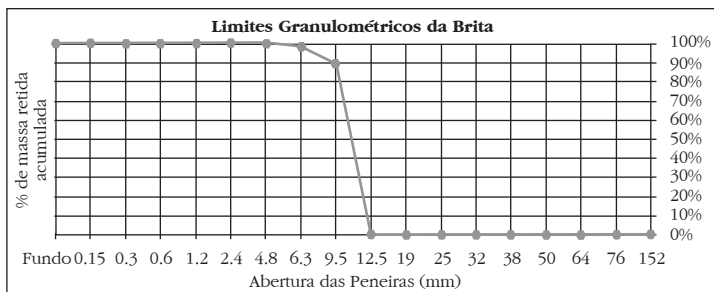
Propriedades	Agregado Natural		Cerâmica Vermelha		Normas
	Areia	Brita	Miúdo	Graúdo	
Diâmetro Máximo (mm)	4,80	19,00	4,80	12,50	NBR NM 248 (6)
Módulo de Finura	3,24	9,51	3,04	2,87	NBR NM 248 (6)
Massa Específica (g/cm ³)	2,56	2,45	2,27	2,27	NBR NM 52 (7)
Índice de Vazios (%)	5,83	1,19	10,23	39,78	NBR NM 53 (8)
Material Pulverulento (%)	0,53	0,37	7,00	0,80	NBR NM 46 (9)
Massa Unitária Solta (kg/dm ³)	1,56	1,38	1,054	0,93	NBR NM 45 (10)
Massa Unitária Compactada (kg/dm ³)	1,66	1,47	1,145	1,367	NBR NM 45 (10)
Absorção por Imersão (%)	0,26	0,49	11,18	12,44	NBR NM 53 (8)

Figura 1. Curva Granulométrica do Agregado Miúdo Reciclado de Telha Cerâmica Vermelha (TCV).



Nota: Diâmetro Máximo Característico: 4,8 mm; Módulo de Finura: 3,04.

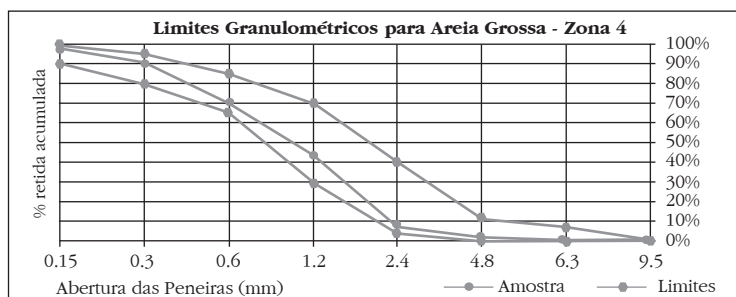
Figura 2. Curva Granulométrica do Agregado Graúdo Reciclado de Telha Cerâmica Vermelha (TCV).



Nota: Diâmetro Máximo Característico: 12,5 mm; Módulo de Finura: 2,87.

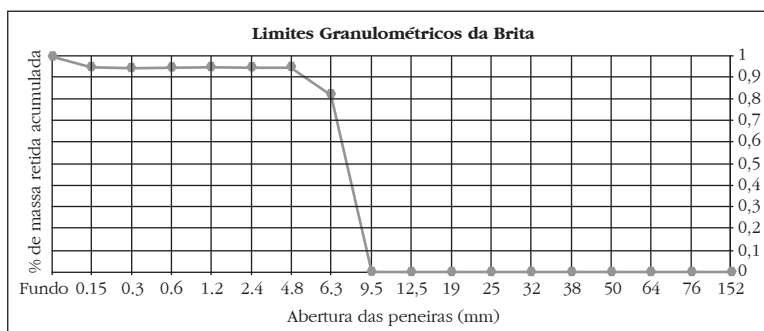
Os agregados naturais (areia lavada de rio e pedra britada), utilizados neste estudo, apresentaram granulometrias características de areia grossa e brita 1, conforme mostram as Figuras 3 e 4. As Figuras 5 e 6 são ilustrações dos agregados produzidos com rejeito de telha cerâmica vermelha usada.

Figura 3. Curva Granulométrica do Agregado Miúdo – Areia de Rio.



Nota: Diâmetro Máximo Característico: 4,8 mm; Módulo de Finura: 3,24.

Figura 4. Curva Granulométrica do Agregado Graúdo – Pedra Britada.



Nota: Diâmetro Máximo Característico: 19 mm; Módulo de Finura: 9,51.

Figura 5. Agregado Graúdo Produzido com Telha Cerâmica Vermelha Usada.

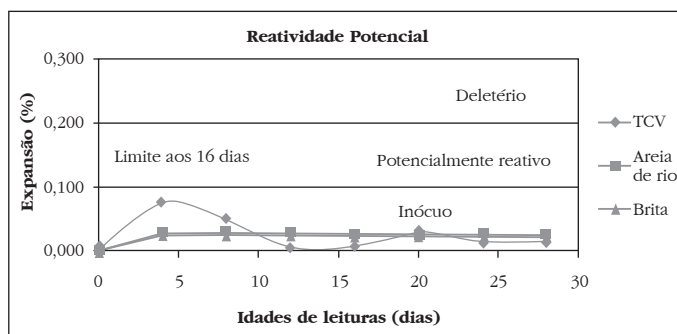


Figura 6. Agregado Miúdo Produzido com Telha Cerâmica Vermelha Usada.



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. Os resultados são apresentados na Figura 7.

Figura 7. 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, 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 2. 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).

Tabela 2. Proporções das Misturas dos Agregados, pelo Método do Empacotamento.

Proporções	
Agregado Miúdo (%)	Agregado Graúdo (%)
35	65
40	60
45	55
50	50
55	45
60	40

MISTURA

Os concretos foram misturados em betoneira de 100 dm³, 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 3, encontram-se os resultados das propriedades físicas após empacotamento dos agregados.

Tabela 3. Propriedades Físicas do Agregado após o Empacotamento.

Amostra	Mistura (%)		Massa Específica (g/cm ³) NBR NM 52	Massa Unitária Compactada (g/cm ³) NBR NM 45	Índice de Vazios (%) NBR NM 53
	Miúdo	Graúdo			
CTC*	60	40	2,27	1,367	39,78

*CTC = Concreto de Telha Cerâmica.

MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS-DE-PROVA

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. 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 DOS CONCRETOS NO ESTADO FRESCO

Os resultados de ensaios realizados, no estado fresco, dos concretos em estudo aparecem na Tabela 4.

Tabela 4. Índices Físicos dos Concretos Estudados.

Traço 1:6	Densidade Real (g/cm³) NBR 7223	Fator Água-Cimento (a/c) NBR 7223	Abatimento do Concreto (cm) NBR NM 67
CTC*	1,63	0,55	6,0
CC**	2,36	0,58	6,5

*CTC = Concreto de Telha Cerâmica.

**CC = Concreto Convencional.

PROPRIEDADES DOS CONCRETOS 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 endu-

recido tanto do concreto convencional (concreto de referência), quanto do concreto reciclado, de acordo com a NBR 5739 e NBR 7222, cujos resultados são apresentados nas Tabelas 5 e 6, sendo representados graficamente nas Figuras 8 e 11. As Figuras 9, 10, 12 e 13 são ilustrações dos concretos estudados.

Tabela 5. Resistência à Compressão Axial dos Concretos em Estudo.

Concreto NBR 5739	Resistência à Compressão Axial em MPa			
	7 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 8. Resistência à Compressão Axial do Concreto de Telha Cerâmica (CTC) e do Concreto Convencional (CC), com Dados em MPa.

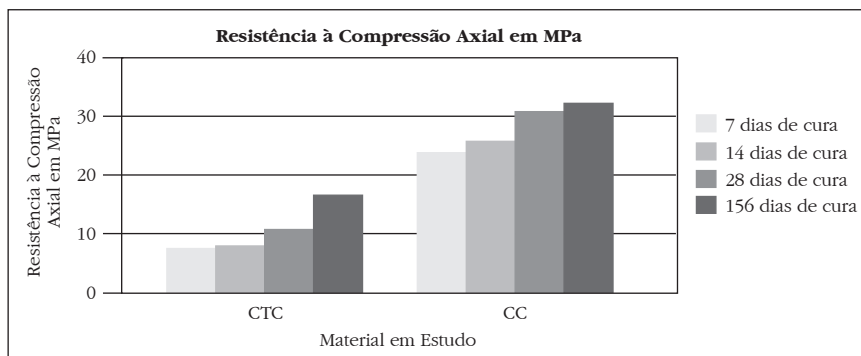


Figura 9. Concreto Sendo Rompido por uma Força Axial.



Figura 10. Corpo-de-prova Submetido a uma Força Axial.



Tabela 6. Resistência à Compressão Diametral dos Concretos em Estudo.

Concreto NBR 7222	Resistência à Compressão Diametral em MPa			
	7 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 11. Resistência à Compressão Diametral do Concreto de Telha Cerâmica (CTC) e do Concreto Convencional (CC), com Dados em MPa.

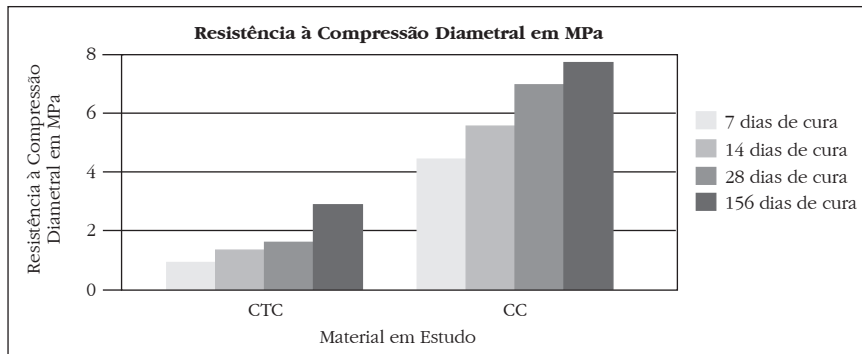


Figura 12. Concreto Sendo Submetido a uma Força Diametral.



Figura 13. Concreto Rompido por uma Força Diametral.



ABSORÇÃO POR IMERSÃO

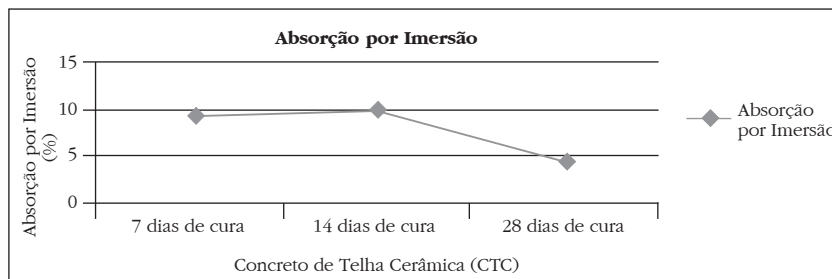
A quantidade de água absorvida pelo concreto no estado endurecido é uma propriedade de relevância, visto que esse produto confeccionado possui grande absorção de água. O concreto com esse agregado, depois de envelhecer, apresenta um alto índice de vazios na mistura em consequência da água evaporada e possuirá, portanto, baixa resistência mecânica. Esse ensaio foi realizado de acordo com a NBR 9778. Na Tabela 7 e na Figura 14, verificam-se os resultados da absorção por imersão do concreto reciclado.

Tabela 7. Absorção por Imersão dos Concretos em Estudo.

Concreto	Absorção por Imersão (%) NBR 9778		
	7 dias	14 dias	28 dias
CTC*	9,84	9,27	4,59

*CTC = Concreto de Telha Cerâmica.

Figura 14. Absorção por Imersão do Concreto de Telha Cerâmica Vermelha (CTC).



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. Os resultados da absorção por capilaridade do concreto de telha cerâmica (CTC) encontram-se na Tabela 8 e na Figura 15. As Figuras 16 e 17 são ilustrações dos concretos estudados.

Tabela 8. Absorção por Capilaridade dos Concretos em Estudo.

Concreto	Absorção por Capilaridade (g/cm ²) NBR 9779		
	7 dias	14 dias	28 dias
CTC*	0,842	0,500	0,210

*CTC = Concreto de Telha Cerâmica.

Figura 15. Absorção por Capilaridade do Concreto de Telha Cerâmica Vermelha (CTC).

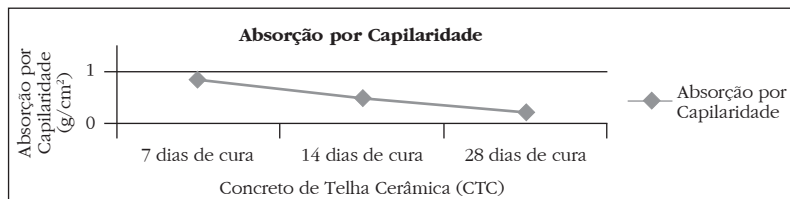


Figura 16. Realização do Ensaio de Absorção por Capilaridade.



Figura 17. Altura Capilar do Concreto Reciclado ($h = 5$ cm).



CONCLUSÃO

Os resultados dos ensaios mostram que a resistência à compressão do concreto reciclado foi menor do 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, o concreto de telha cerâmica vermelha apresentou boas propriedades químicas, não apresentando reatividade potencial. Segundo Favini e Costa (2008, p. 50), “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”.

A absorção por imersão do concreto reciclado apresentou um resultado alto, porém, dentro do permitido pelas NBR 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

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM 1260 C: standard test method for potential alkali reactivity of aggregates. New York-USA: American National Standard Institute, 2001.

BUTTLER, A. M. *Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – Influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos*

reciclados. São Carlos-SP, 2003. Dissertação (Mestrado), Dept^o de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo.

COSTA, J. S. *Agregados alternativos para argamassa e concreto produzidos a partir da reciclagem de rejeitos virgens da indústria de cerâmica tradicional*. São Carlos, 2006. Tese (Doutorado), Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa) – UFSCar.

FAVINI, A. C.; COSTA, J. S. Produção de concreto com agregado de rejeito de telha cerâmica vermelha com mais de 50 anos de uso. CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 50., 2008, Salvador-BA. *Anais...* Salvador-BA: Ibracon, 2008.

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). CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 47., 2005, Recife-PE. *Anais...* Recife-PE: Ibracon, 2005.

ABNT. *NBR 7215*. CIMENTO – Resistência à compressão do cimento. Rio de Janeiro, 1994.

_____. *NBR 5738*. CONCRETO – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 1994.

_____. *NBR 5739*. CONCRETO – Ensaio de compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.

_____. *NBR 7222*. CONCRETO – Ensaio de compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1987.

_____. *NBR 9778*. ARGAMASSA E CONCRETO ENDURECIDOS – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 1987.

_____. *NBR 9779*. ARGAMASSA E CONCRETO ENDURECIDOS – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 1995.

_____. *NBR NM 46*. AGREGADOS – Determinação do teor de materiais pulverulentos. Rio de Janeiro, 2001.

_____. *NBR NM 53*. AGREGADOS – Determinação da absorção e da massa específica do agregado graúdo. Rio de Janeiro, 2002.

_____. *NBR NM 248*. AGREGADOS – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. *NBR NM 52*. AGREGADOS – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 2005.

_____. *NBR NM 45*. Determinação da massa unitária do agregado em estado compactado seco. Rio de Janeiro, 2006.

_____. *NBR NM 67 7223*. CONCRETO – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone – densidade real e fator água-cimento. Rio de Janeiro, 1998.

SANTANA, A. C.; COSTA, J. S. Controle tecnológico do tijolo produzido com resíduo da construção civil. JORNADA NACIONAL DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA, 2., 2007, São Luiz-MA. *Anais...* São Luiz-MA: [s.n.], 2007.