



BLOCOS DE CONCRETO CONTENDO AGREGADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO – RCD: PROCESSO DE PRODUÇÃO.

CONCRETE BLOCKS CONTAINING AGGREGATES OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE - CDW: PRODUCTION PROCESS.

Alberia Cavalcanti de Albuquerque¹

Juzelia Santos¹

Fernanda Batista Rabuske²

Elem Cristina dos Santos Zarour²

Luiz Vicente Ledur³

Edson Antonio França³

Resumo

O Brasil está crescendo muito em termos populacionais, o que aquece o mercado imobiliário com várias construções de habitação e comércio. Esse fato acarreta muitos danos ao meio ambiente, tais como o descarte de resíduos de construção e demolição (RCD) em lugar não apropriado. Este trabalho relata a experiência do IFMT no processo produtivo de agregado reciclados para produção de blocos de concreto. Detalha-se cada etapa da produção, desde a coleta e seleção do RCD, passando pelas fases de britagem, moagem, classificação, mistura dos materiais e produção do bloco. As observações realizadas podem servir de forte embasamento para a execução de pesquisas futuras no âmbito da reciclagem de RCD para a fabricação de blocos e, consequentemente, contribuir com a sustentabilidade da indústria da construção e para a proteção do meio ambiente.

Palavras-chave: sustentabilidade, agregado reciclado, resíduo da construção civil.

¹ Instituto Federal de Mato Grosso – IFMT, Campus Cuiabá Cel. Octayde Jorge da Silva , Cuiabá – MT – Brasil. Professora titular. E-mail: alberia.albuquerque@cba.ifmt.edu.br; juzelia.santos@cba.ifmt.edu.br

² Instituto Federal de Mato Grosso – IFMT, Campus Cuiabá Cel. Octayde Jorge da Silva , Cuiabá – MT – Brasil. Tecnóloga em Construção de Edifícios. E-mail: fernanda.rabuske93@gmail.com ; elemcszarour@gmail.com

³ Instituto Federal de Mato Grosso – IFMT, Campus Cuiabá Cel. Octayde Jorge da Silva , Cuiabá – MT – Brasil. Tecnólogo em Controle de Obras. E-mail: luiz.ledur@gmail.com; edinhoa10@hotmail.com

Abstract

Brazil is growing a lot in terms of population which heats the housing market with several buildings housing and commerce. This fact causes a lot of damage to the environment, such as the disposal of construction and demolition waste (CDW) on unsuitable place. This paper reports the IFMT experience in production process of recycled aggregate for making of concrete blocks. Every step of production is detailed, from the collection and selection of the CDW, through the stages of crushing, grinding, classification, mixing of materials and block making. The observations can serve as a strong foundation for the implementation of future research around the recycling of CDW for the manufacture of blocks and thus contribute to the sustainability of the construction industry and for the protection of the environment.

Keywords: sustainability, recycled aggregate, construction waste.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é responsável por importantes impactos ambientais, que atingem diretamente e indiretamente a sociedade. Tais resultados decorrem do elevado uso de recursos naturais não renováveis, acompanhado da geração de diversos tipos de resíduos sólidos, o popular entulho, tecnicamente denominado RCD-Resíduo de Construção e Demolição (HELENE e TERZIAN,1992; MIRANDA, 2000; PINTO, 2005). Segundo JOHN (2012) a construção civil é responsável pelo consumo de cerca de 15% a 50% de todos os recursos extraídos da natureza. Esses índices definem esse setor como o maior consumidor de recursos naturais e como maior produtor de resíduos sólidos.

O RCD representa em torno de 2/3 em massa dos resíduos sólidos urbanos e em sua grande parte são dispostos de maneira inadequada no meio ambiente, podendo gerar enchentes, prejuízos à paisagem, obstrução de bueiros, proliferação de doenças, contaminação de áreas agrícolas, além de impactar significativamente no custo de coleta e das áreas de descarte. Aliada a esse problema, há uma demanda crescente por matéria-prima a fim de atender às construções em plena expansão. Uma alternativa de mitigação desses impactos ambientais é a reciclagem dos resíduos gerados para uso em substituição total ou parcial da brita e da areia (HANSEN, 1992); (COSTA, 2006).

Segundo a NBR 15116 (ABNT, 2004), resíduos da construção civil são provenientes de construções, reformas e demolições de obras civis e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: blocos cerâmicos, concreto, solo, rocha, madeira, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras. Entretanto, para utilização como agregado reciclado, considera-se somente o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção ou de demolição de obras civis e que sejam caracterizados como tecnicamente adequados para a aplicação em obras de edificação e infraestrutura.

Tais agregados podem ser usados em substituição aos agregados naturais para produção de concretos, se forem classificados e separados nas diferentes frações de agregado miúdo (cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm) e de agregado graúdo (cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm) (ABNT, 2005).

A utilização de resíduos minerais na área da construção civil para o melhoramento do concreto está sendo cada vez mais frequente, um maior número de pesquisas relacionadas vem sendo feitas e conquistando resultados satisfatórios, trazendo vantagens em áreas técnicas, ambientais e econômicas. Quando se substitui parte da contribuição do cimento no traço por esses resíduos, existe uma redução no consumo de energia e poluição do ar, que são gerados em sua produção, além de contribuir na busca por concretos de alto desempenho (FREIRE, 2003; RABELO e GARCIA, 2013).

O grupo de pesquisa de Concreto e Argamassa do IFMT tem desenvolvido diversos estudos voltados ao reaproveitamento de resíduos industriais e de resíduos da construção civil para a produção de blocos de concreto. No desenvolvimento desses projetos diversas dificuldades foram encontradas nos processos de classificação, mistura e moldagem dos blocos. Essa experiência levou os autores a realizarem uma publicação detalhada do processo produtivo dos blocos de RCD que pudesse auxiliar outros pesquisadores no desenvolvimento de trabalhos semelhantes. Para tanto, foram utilizados resíduos de concreto, argamassa, telhas e blocos cerâmicos, os quais foram triturados, moídos e peneirados para obtenção de agregados graúdos e miúdos. Os agregados reciclados assim obtidos foram usados em substituição total dos agregados naturais para a produção de blocos de concreto.

2. SELEÇÃO E PROCESSAMENTO DOS MATERIAIS

Para esse estudo optou-se por utilizar resíduos da construção civil a base de cimento e de cerâmica vermelha. Foram, portanto, selecionados resíduos de corpos de prova de concreto, de argamassa, e de blocos cerâmicos, oriundos das aulas experimentais realizadas no Laboratório de Materiais de Construção do DACC/IFMT. Depois de selecionados os materiais passaram por um processo de beneficiamento e classificação descrito a seguir.

2.1 PROCESSO DE BRITAGEM

Nesse processo os materiais são depositados em um britador de mandíbula dotado com um sistema de peneiramento que separa o agregado miúdo do agregado graúdo (Figura 1).

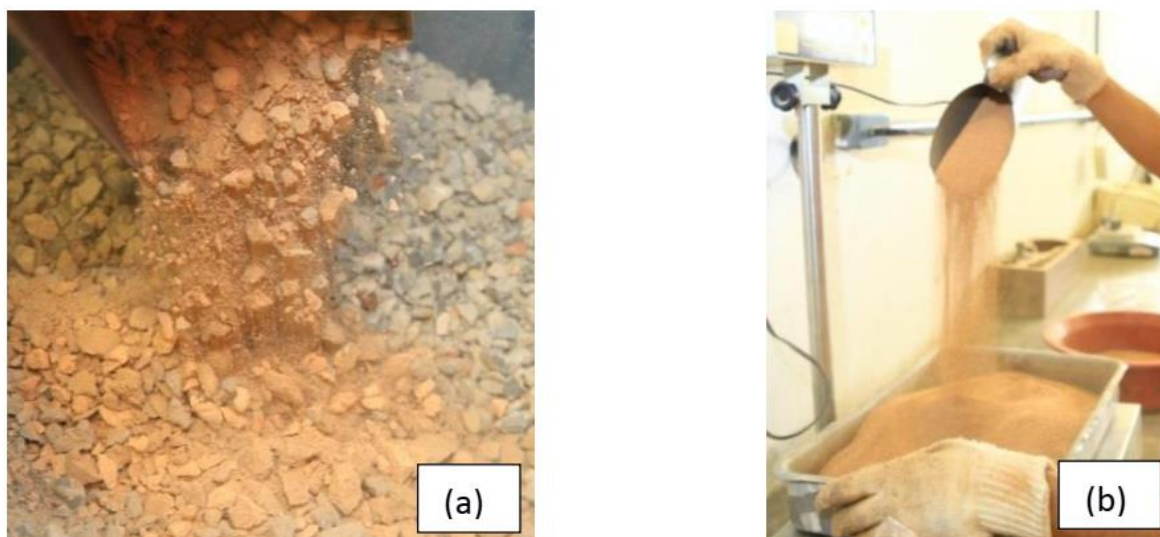
Figura 1 – RCD lançado no britador (a); separação do agregados graúdos e miúdos após britagem (b).



2.2 PROCESSO DE MOAGEM

Esse procedimento é necessário para melhor aproveitamento dos resíduos, uma vez que o traço de concreto para a produção de blocos requer agregados de granulometria fina. Sendo assim, uma parte dos agregados graúdos foi submetida à cominuição por meio de um moinho de bolas até se transformar em agregado miúdo (Figura 2).

Figura 2 – Resíduo de Construção e Demolição após britagem (a) e após moagem (b).



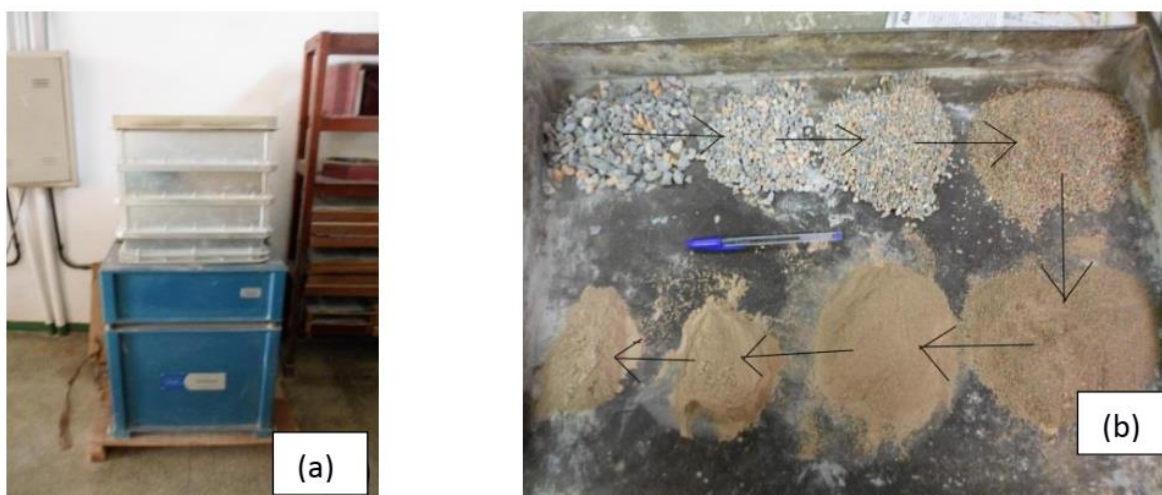
2.3 PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO

Após trituração e moagem, os agregados reciclados são separados por peneiramento e classificados de acordo com a granulometria obtida (Figura 3). Em seguida, frações devidamente classificadas e identificadas são armazenadas em tambores. A separação dos

agregados por classificação granulométrica é necessária para a produção de uma curva granulométrica que proporcione o melhor empacotamento possível dos grãos, que resulta em menor índice de vazios entre os agregados e, conseqüentemente, em menor consumo de argamassa e de cimento (De Larrard, 1990; O'Reilly, 1998).

Uma outra alternativa é utilizar o agregado miúdo diretamente produzido pelo britador, sem classificação granulométrica prévia. Tal procedimento torna o processo mais viável economicamente, entretanto, perde-se em otimização do traço. Sugere-se testar as condições disponíveis e avaliar a viabilidade técnica e econômica dos resultados obtidos.

Figura 3 – Peneirador para separação dos agregados (a); Amostras de RCD após a classificação (b).



Os agregados reciclados apresentam grande variedade na proporção dos seus constituintes (concreto, argamassa, cerâmica), o que interfere diretamente na granulometria das partículas resultantes da britagem, no grau de porosidade interna das partículas e entre as partículas. Como consequência, há também uma grande variação das propriedades físicas determinantes do comportamento desses agregados na produção de argamassas e de concreto.

Sendo assim, os agregados reciclados precisam ser submetidos aos ensaios de caracterização para determinação de sua distribuição granulométrica, índice de absorção de água, granulometria e massa específica, conforme as normas técnicas vigentes (ABNT, 2001; ABNT, 2003; ABNT, 2006; ABNT, 2009a; ABNT, 2009b; ABNT, 2019).

Note-se que, no caso da produção de blocos de concreto a dimensão máxima do agregado graúdo deve ser de 6,3 mm, em função da espessura da parede dos blocos.

3. PRODUÇÃO DOS BLOCOS

Após a classificação, os materiais são submetidos a um estudo de dosagem de concreto, a fim de determinar o traço adequado à moldagem dos blocos. No estudo de dosagem são testadas diversas proporções entre cimento, agregados e água até se obter uma combinação que atenda às necessidades de comportamento da mistura durante a moldagem dos blocos e para o uso final dos mesmos.

A NBR 6136 fixa as resistências mínimas requeridas para blocos de vedação e para blocos com função estrutural, o que deve ser verificado por meio de testes de resistência à compressão de uma amostra dos blocos após 28 dias da data da moldagem (ABNT, 2016).

3.1 MISTURA DOS MATERIAIS

Após a definição do traço procede-se a produção dos blocos, conforme as seguintes etapas: pesa-se o cimento, em seguida o agregado reciclado, que no traço substitui a areia e/ou a brita de acordo com a classificação granulométrica obtida. Após a pesagem de cada material faz-se a mistura, que pode ser manual ou em misturador planetário. A mistura em betoneira é inviável devido ao “empelotamento” do material. Neste caso, a mistura foi feita manualmente com auxílio de pá e enxada (Figura 4).

**Figura 4 – (a) mistura entre os materiais secos (agregados e cimento);
(b) mistura de todos os materiais secos com a água (b); teste tátil-visual (c).**



Todos os materiais são depositados no chão e misturam-se primeiro os materiais secos, por último a água, que é adicionada aos poucos. A quantidade de água é determinada por meio de teste tátil-visual que indica a coesão necessária para a moldagem dos blocos. O resultado é um concreto de consistência seca, ou seja, de aspecto seco, mas com umidade suficiente para manter coesas as partículas de agregado e cimento.

3.2 MOLDAGEM DOS BLOCOS

A mistura de concreto produzida é depositada na prensa hidráulica e são aplicadas duas prensagens consecutivas por bloco. Em seguida o bloco é retirado com cuidado, a fim de evitar quebra ou fissuras, colocado em um suporte indeformável e transportado para a área de cura (Figura 5).

A moldagem pode também ser realizada por meio de prensa manual. Nesse caso, deve-se atentar para a energia de empregada em cada prensagem, a fim de minimizar a variabilidade da resistência dos blocos.

Figura 5 – Prensagem do bloco (a); extração do bloco (b); posicionamento do bloco na placa cerâmica (c); blocos prontos para serem levados à área de cura (d)



3.3 CURA DOS BLOCOS

Após a moldagem os blocos são levados para uma área reservada e cobertos com lona para preservar a umidade. A cura tem início no segundo dia e é feita por processo de molhagens diárias até o sétimo dia. Finalmente, retira-se a lona e armazena-se os blocos em pilhas (Figura 6). Após 28 dias da data de moldagem são extraídas amostras representativas do lote a fim de avaliar a resistência característica dos blocos à compressão.

Figura 6 – Blocos na área de cura (a); lona preta cobrindo os blocos (b); molhagem dos blocos (c) empilhamento dos blocos após o período de cura (d).



3.4 VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Na idade de 28 dias, uma amostra de blocos deve ser retirada de cada lote produzido a fim de verificar a resistência final e sua classificação quanto ao uso, se para alvenaria de vedação ou alvenaria estrutural.

A NBR 12118 descreve os procedimentos para verificação da resistência à compressão, teor de absorção de água e outras características específicas (ABNT, 2014). A NBR 6136, por sua vez, determina os requisitos mínimos a serem observados para classificação dos blocos em função dos resultados obtidos nos testes (ABNT, 2016).

Portanto, os blocos assim produzidos poderão ser classificados como blocos estruturais ou de vedação, em função da resistência obtida.

Ressalta-se aqui que os traços a serem utilizados devem ser exaustivamente testados antes da produção em larga escala. Mesmo após identificar um traço viável técnica e economicamente, é necessário monitorar a resistência a cada lote produzido, pois os resultados obtidos serão fortemente influenciados pela constituição dos resíduos e pelo tipo de cimento.

4. CONCLUSÃO

Esta publicação detalha o processo produtivo dos blocos de RCD de modo a auxiliar outros pesquisadores no desenvolvimento de projetos que envolvam o aproveitamento de agregados reciclados.

Na etapa de seleção dos materiais é importante frisar a opção por resíduos predominantemente de base cimentícia ou de cerâmica vermelha, sem contaminantes tais como óleos, graxas, tintas, gesso, papelão, etc.

Na etapa de beneficiamento os resíduos são triturados e/ou moídos até dimensões semelhantes à areia e à brita. A proporção entre esses materiais e o cimento deve ser adequada à resistência final desejada, qual seja para blocos de vedação ou blocos estruturais.

Um cuidado especial é necessário nos procedimentos de movimentação dos blocos logo após a moldagem, uma vez que sua resistência é devida somente à energia da moldagem por compressão. A transferência imediata para o local de cura é determinante

para a conclusão das reações de hidratação do cimento e consequente ganho de resistência das peças moldadas.

Em conclusão, com exceção dos processos de beneficiamento dos agregados, o processo produtivo dos blocos de concreto com agregado reciclado é semelhante à produção dos blocos de concreto convencional.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 30: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água.** Rio de Janeiro. 2001.

_____. **NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro. 2003.

_____. **NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.** Rio de Janeiro. 2004.

_____. **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. 2009a.

_____. **NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro. 2009b.

_____. **NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio.** Rio de Janeiro. 2014.

_____. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos.** Rio de Janeiro. 2016.

_____. **NBR 7211: Agregados para concreto – Requisitos.** Rio de Janeiro. 2019.

COSTA, J.S. **Agregados alternativos para argamassa e concreto produzidos a partir da reciclagem de rejeitos virgens da indústria de cerâmica tradicional.** Tese de doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais. São Carlos, 2006.

DE LARRARD, F. **A method for proportioning high-strength concrete mixtures.** Cement, Concrete and Aggregates, 12 (1), p. 47-52, 1990.

FREIRE, W. J. **Tecnologias e Materiais alternativos de construção** / Wesley Jorge Freire, Antônio Ludovico Beraldo (coord.) – Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2003.

HANSEN, T.C. RILEM Report 6 - **Recycling of Demolished Concrete and Mansory**. London, E& FN SPON na imprint of Chapman & Hall. 1992. 305p.

HELENE, P.; TERZIAN, P. R. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. São Paulo: PINI, 1992. 350 p.

JOHN, V. M. **A construção, o meio ambiente e a reciclagem**. Artigo. São Paulo: PCC-EPUSP. Disponível em <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br>>. Acesso em: 03 de novembro, 2012.

MIRANDA, L.F.R. **Estudo de fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado**. São Paulo, 2000. 172 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 2005. 200p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

O'REILLY, V. **Método de dosagem de concreto de elevado desempenho**. São Paulo: PINI, 1998.

RABELO, N.M.A, e GARCIA, C.R. **Comportamento do concreto mediante adição de pozolana artificial**. 2013.