

Estudo Comparativo Entre a Resistência à Compressão do Concreto com Agregado Convencional Calcário e com Agregados Recicláveis

Compressive Strength Comparison Study of Concrete with Conventional Aggregate and Recyclable Aggregates

Dahiane dos Santos Oliveira Zangeski^{a*}; Jonathan Willian Zangeski Novais^b; Jessica Pereira da Silva^a;
Renata Luisa Ferreira^c; Fabricia Cristina Lemos Melo^c

^aUniversidade de Cuiabá – UNIC. Engenharia Civil

^bPrograma de Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade de Cuiabá – UNIC.

^cUniversidade Pitágoras. Engenharia Civil.

*E-mail: dahianezangeski@gmail.com

Resumo

Com a intensificação do processo de urbanização houve aumento na demanda de materiais de construção civil, bem como o acúmulo de agregados descartados, gerando um problema sobre o que fazer com os rejeitos. Assim, a reciclagem desses agregados pode ser uma solução para o referido problema. De forma a averiguar a resistência de um concreto fabricado com os rejeitos de construção, comparou-se a resistência à compressão entre o concreto elaborado com agregados recicláveis e agregados naturais calcários. Os dados das resistências foram obtidos pela ruptura de 12 corpos de prova nos intervalos de 3, 7, 14 e 28 dias, dimensionados para suportar 25 MPa, com o traço unitário de 1: 2,26: 2,52: 0,58 (cimento, areia, brita e água) para os constituintes de agregados reciclados e com o traço unitário de 1: 3,2: 2,52: 0,58 (cimento, areia, brita e água) para o concreto convencional. Sendo encontrados valores médios de 14,24 Mpa para o concreto reciclado e 25,02 Mpa para o concreto convencional, aproximadamente, duas vezes maior. Desta forma, por não atingir a resistência desejada, provavelmente, devido a impurezas em sua composição, uma alternativa para utilização do concreto com agregados recicláveis seria em funções não estruturais, como calçadas, contra pisos, alvenaria de vedação entre outros.

Palavras-chave: Resíduos de Construção. Resíduo de Demolição. Granulometria.

Abstract

With the intensification of the urbanization process, the demand for construction materials and the accumulation of discarded aggregates increased, generating a problem about what to do with the tailings. Thus the recycling of these aggregates may be a solution to the problem. In order to ascertain the strength of a concrete manufactured with the construction tailings, the compressive strength was compared between the concrete made with recyclable aggregates and calcareous aggregates. The resistance data were obtained by rupturing 12 test specimens at the 3, 7, 14 and 28 day intervals, sized to support 25 MPa, with the unit trace of 1: 2.26: 2.52: 0.58 (cement, sand, gravel and water) for the constituents of recycled aggregates and with the 1: 3.2: 2.52: 0.58 (cement, sand, gravel and water) unit trait for conventional concrete. Mean values of 14.24 Mpa were found for recycled concrete and 25.02 Mpa for conventional concrete, approximately twice as large. Therefore, due to impurities in its composition, an alternative to the use of concrete with recyclable aggregates would be non-structural functions, such as sidewalks, against floors, masonry, among others.

Keywords: Construction Waste. Waste of Demolition. Granulometry.

1 Introdução

Conforme a necessidade humana, os materiais encontrados na natureza sofreram adaptações ao passar dos anos. Segundo Bauer (2008.), durante muito tempo, para grandes vãos e cargas, só se usou a pedra, porém surgiu a necessidade de um material de confecção e moldagem mais fácil, que fosse trabalhável como o barro, e resistente como a pedra, o que propiciou surgir o concreto que, de acordo com Adão e Hemerly (2010), pode ser definido como uma mistura simples de areia, pedra, água e cimento, denominado aglomerante, já que tem a propriedade de ser ligante, ou seja, permite que areia e pedra, chamados agregados, formem uma mistura 'ligada' com uma homogeneidade, que após seca, torna-se sólida.

A intensificação do processo de urbanização ocasionou em um aumento na construção de mais moradias e melhorias nas infraestruturas urbanas. Com isso, o setor da construção

civil também tem aumentado a quantidade desses insumos adquiridos como, por exemplo, os dos agregados naturais provenientes da britagem da rocha calcária, basalto, granito, arenito ou da extração do leito do rio, que são recursos naturais não renováveis, os quais, segundo Barbieri (2007), podem ser esgotados com o uso, e também reutilizados ou reciclados.

No Brasil, o consumo de agregados tende a crescer, segundo o Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (2011), em 14 anos, a demanda por agregados da construção civil partiu de 460 milhões de toneladas, em 1997, para 673 milhões de toneladas, em 2011, crescimento correspondente a 46,2%.

Devido ao fato do setor da construção civil ser um dos grandes contribuintes para a geração de resíduos da construção e demolição (RCD), segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição - ABRECON (2015), mais da metade das 5,5 mil cidades

brasileiras destinam o RCD aos lixões ou locais impróprios. Como resultado, é possível encontrar os coletores “bota fora” clandestinos, entulhos jogados de forma ilegal ou em aterros sanitários, que compromete a paisagem urbana, dificulta o tráfego de pedestres e veículos, ocasionando um aumento do volume nos lixões, gerando insalubridade humana e doenças.

Pensando nisso, a engenharia civil tem disponibilizado opções de materiais recicláveis oriundos da reciclagem de resíduos de construção e demolição, como: concreto, bloco cerâmico, telha cerâmica, azulejo, os quais podem ser usados como agregados, com objetivo de minimizar os impactos ambientais e tornar o canteiro de obra mais limpo e sustentável, já que os entulhos e a extração dos calcários para fabricação dos agregados serão reduzidos.

Observa-se que os agregados reciclados já estão sendo usados em vários países e em diversas aplicações de obras de engenharia, como: materiais de pavimentos rodoviários, sub-hábitos, estabilização do solo, melhoria do sub-terreno, e na produção de concreto de muitas categorias (OIKONOMOU, 2005).

Portanto, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a resistência à compressão do concreto oriundo de agregados recicláveis comparando à do concreto convencional, seguindo os requisitos solicitados pela NBR 12655 (ABNT, 2006), na qual se especifica o preparo, controle e recebimento do concreto.

2 Material e Métodos

Para aferir a resistência à compressão do concreto foi realizada a caracterização dos materiais para elaboração do traço de acordo com suas propriedades e dosagem dos insumos para moldagem de corpos de prova, que foram submetidos posteriormente ao ensaio de ruptura à compressão.

Para produção do concreto convencional foram utilizados os insumos: areia média, brita 01, cimento Portland e água. Já para o concreto reciclado: areia e brita 01 reciclada, cimento Portland e água, com a substituição de 100% em agregados reciclados. Segue abaixo a proveniência de cada material:

- Cimento CP II F-32: (CP – Cimento Portland; II – composto; F – Adição de filer calcário, 32 – resistência de 32 MPa)
- Agregado Miúdo e graúdo convencional: a areia utilizada foi oriunda do leito do rio Cuiabá – MT. A brita usufruída foi da britagem em uma mineradora de rocha calcária.
- Agregado miúdo e graúdo reciclado: a areia e a brita recicladas foram obtidas pela usina de reciclagem, provenientes do RCD das obras de Cuiabá, contendo várias misturas de materiais com presença de partículas cimentícias e de cerâmica vermelha.

2.1 Caracterização dos agregados

Para retirada de impurezas, da areia reciclada e convencional, peneirou-se o agregado na malha 4,75 mm, classificando este material como areia média.

Fez-se a caracterização dos agregados reciclados e dos

agregados convencionais de acordo com as seguintes normas da ABNT.

- NBR 9976 (ABNT, 1987) - que se refere à determinação da massa específica realizada por meio do frasco Chapman.
- NBR NM 45 (ABNT, 2006) - que se refere à determinação da massa unitária e compacta dos agregados em estado solto que se realizou com auxílio do recipiente paralelepípedo com volume de 15 litros.
- NBR NM 52 (ABNT, 2009) - que se refere à determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água do agregado graúdo. Neste ensaio se utilizou o recipiente paralelepípedo com volume de 15 litros.
- NBR NM 248 (ABNT, 2003) - que se refere à determinação da composição granulométrica dos agregados miúdo e graúdo.

Após a realização dos ensaios supracitados, encontraram-se os resultados disponibilizados no Quadro 1.

Quadro 1: Caracterização dos agregados reciclados e convencionais

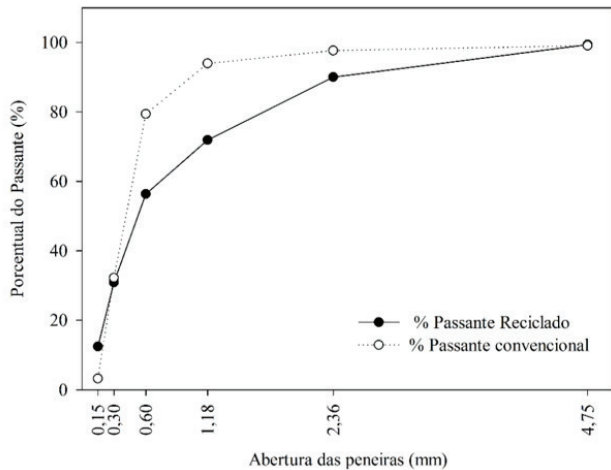
Ensaio	Itens	Reciclado	Convencional
Massa específica do agregado miúdo	ρ_{ar}	2540 g/dm ³	2790 g/dm ³
Massa específica do agregado graúdo seco	ρ_b	2240 g/dm ³	2900 g/dm ³
Massa específica do cimento	ρ_c	3150 g/dm ³	3150 g/dm ³
Massa unitária do agregado graúdo	ρ_{ub}	1100 g/dm ³	1470 g/dm ³
Resistência de projeto – adotada	Fck	25 MPA	25 MPA
Determinação da composição granulométrica do agregado graúdo	Dmc	19 mm	19 mm
Módulo de finura do agregado miúdo	Mf	2,39 mm	1,95 mm

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se no Quadro 1 que a massa específica do agregado miúdo reciclado foi aproximadamente 9% menor que o convencional, estando de acordo com Bazuco (1999), que encontrou massa específica para agregados reciclados entre 5 a 10% mais baixa do que os agregados convencionais, podendo variar de acordo com a origem do material. Já para a massa específica do agregado seco reciclado e massa unitária compactada reciclada os valores foram aproximadamente 25% menores que os seus respectivos convencionais, mesmo resultado encontrado por Leite (2001), diferença de 21% a 30%.

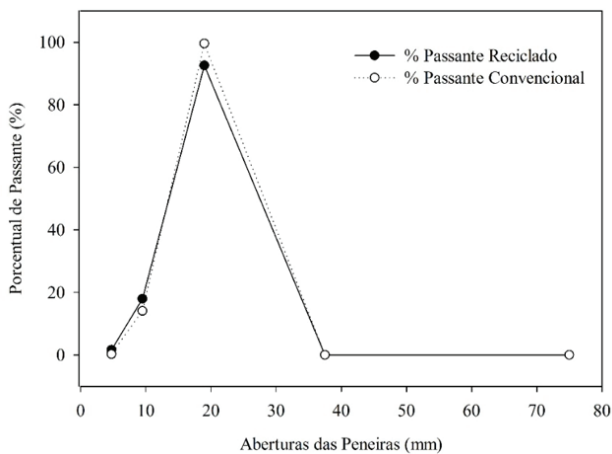
Os resultados de massa específica podem ser variáveis, pois para determinar a massa do material no estado solto saturado de superfície seca é necessário o cálculo de massa específica, o qual pode comprometer o procedimento devido à alta porosidade do material, ocasionando na retirada da água superficial, como também da água dos poros internos, segregação dos materiais durante o manuseio (LEITE, 2001).

Fez-se a curva granulométrica dos agregados miúdos reciclados e convencionais (Figura 1) apresentando comportamento contínuo similar, tendendo para a produção de um concreto trabalhável em ambos os casos.

Figura 1 – Curva granulométrica do agregado miúdo reciclado e convencional

Fonte: Dados da pesquisa.

Fez-se também a curva granulométrica para o agregado graúdo reciclado e convencional, conforme Figura 2.

Figura 2 – Curva granulométrica do agregado graúdo reciclado e convencional

Fonte: Dados da pesquisa.

Percebe-se na figura 2 um comportamento semelhante dos agregados graúdos reciclados e convencionais. A curva granulométrica indica que a maior porcentagem dos grãos, de ambos os agregados, é menor que 20 mm, evidenciando a semelhança granulométrica entre os grãos.

Da mesma forma, Leite (2001) considerou que a curva granulométrica do agregado graúdo e miúdo reciclado evidenciaram, de forma contínua, um aspecto positivo em decorrência ao melhor arranjo entre as partículas.

Conforme Etxeberria *et al.* (2007), a granulometria exerce influência sobre a trabalhabilidade do concreto no estado fresco. Desse modo, o concreto deve ter uma trabalhabilidade que permita um máximo de adensamento para evitar possível segregação, já que o processo de adensar consiste na eliminação do ar aprisionado no concreto, que com 5% de vazios encontrados, estes implicam em uma redução de 30% na resistência do concreto (NEVILLE, 2016).

Bazuco (1999) considerou, em seu estudo, um prejuízo

em relação à trabalhabilidade e coesão do concreto, uma vez que o agregado reciclado se encontra menos lamelar que o convencional, com sua textura superficial extremamente rugosa e porosa influenciando o comportamento do concreto no estado fresco. Já Hansen (1992) acredita que, se substituir apenas 30% do agregado convencional pelos agregados reciclados, não haveria mudanças significativas nas propriedades dos concretos.

2.2 Traço

Após a obtenção dos dados granulométricos, estes dados possibilitaram calcular o traço de acordo com o método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 1965), para suportar em ambos os concretos a resistência de projeto em 25 Mpa, utilizando as equações abaixo:

a) Resistência da dosagem

$$FCDJ = FCKJ + 1,65 \times SD \quad (1)$$

FCKJ = Resistência característica

SD = Desvio de dosagem

b) Consumo de Cimento

$$C = \frac{CA}{A/C} \quad (2)$$

CA = Consumo de água

A/C = relação água cimento

c) Cálculo Consumo de Brita

$$Cb = Vb \times \rho_{ub} \quad (3)$$

Vb = Volume compactado

ρ_{ub} = Massa unitária do agregado graúdo

d) Volume médio de Areia

$$Vm = 1 - \left(\frac{C}{fc} + \frac{Cb}{fb} + \frac{Ca}{fa} \right) \quad (4)$$

C = Consumo cimento

Cb = Consumo da brita

Ca = Consumo de água

c = Massa específica do cimento

b = Massa específica do agregado graúdo

a = Massa específica de água

e) Consumo de Areia

$$Cm = Vm \times \rho_m \quad (5)$$

Vm = Volume da areia

ρ_m = Massa específica da areia

f) Traço do concreto

$$\text{Traço: } \frac{C}{C} : \frac{Cb}{C} : \frac{Cm}{C} : \frac{Ca}{C} \quad (6)$$

C = Consumo de cimento

Cb = Consumo da brita

Cm = Consumo da areia

Ca = Consumo de água

O traço unitário dos elementos constituintes (cimento, areia, brita e água) do concreto convencional obteve o valor de 1; 2,36; 2,40; 0,58; e reciclável o valor de 1; 1,6; 2,38 ; 0,58.

2.3 Consistência do concreto

Como o agregado proveniente de RCD é um material mais poroso que os agregados convencionais, espera-se que este absorva quantidade de água elevada, em consequência, podem ocorrer alterações na trabalhabilidade estipulada para

o concreto novo (WERLE *et al.*, 2010). Por isso, com objetivo de minimizar estas diferenças foi realizada uma compensação no teor de água do agregado reciclado, com uma pré-molhagem do agregado miúdo, antes de inseri-lo na mistura, resultando no slump de 6,5cm para concreto reciclado e slump de 7,0cm para o concreto convencional, no qual, ambos atenderam as exigências imposta pela NBR NM 67 (ABNT, 1998) referente ao abatimento de cone.

Leite (2001) informa que há uma unanimidade para o concreto com agregados reciclados, pois estes apresentam um menor índice de consistência que o concreto executado com agregados convencionais de mesmo traço, devido a maior porosidade encontrada no material reciclado.

2.4 Determinação da resistência à compressão

Os concretos foram moldados, em moldes cilíndricos com

15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, em 12 corpos de prova para o concreto convencional e 12 corpos de prova para o concreto proveniente de agregado reciclável, sendo 3 corpos de prova para cada idade (3, 7, 14 e 28 dias).

Logo após o endurecimento por 24 horas, os corpos de provas foram encaminhados para cura úmida (submerso em água) e, posteriormente, foram inseridos ao ensaio de resistência à compressão na prensa hidráulica, de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007) calculada pela fórmula:

F_c = Resistência à compressão

F = Força máxima alcançada

D = Diâmetro do corpo de prova

3 Resultados e Discussão

Seguem expostos no Quadro 2 os resultados da ruptura à compressão dos 24 corpos de prova.

Quadro 2 - Resultado da ruptura do concreto à compressão com concreto convencional e reciclado para o 3º, 7º, 14º e 28º dias

Resistencia à compressão								
Corpo de prova	3º dia (MPa)		7º dia (MPa)		14º dia (MPa)		28º dia (MPa)	
	Conv.	Rec.	Conv.	Rec.	Conv.	Rec.	Conv.	Rec.
1º	16,55	7,23	20,05	7,61	22,79	9,36	24,52	15,27
2º	17,02	8,39	20,49	8,47	23,02	10,81	25,52	14,02
3º	17,03	8,47	21,8	9,51	25,06	12,45	25,02	13,43
Média	16,87	8,03	20,78	8,53	23,62	10,87	25,02	14,24

Fonte: Dados da pesquisa.

A resistência, normalmente, permite uma ideia geral da qualidade do concreto, por estar diretamente ligada à estrutura da pasta de cimento, já que várias propriedades do concreto estão relacionadas à resistência, como: massa específica, impermeabilidade e durabilidade (BROOKS; NEVILLE, 2013).

Nota-se que o resultado final da resistência do concreto com agregado reciclado foi menor que o esperado, pois após 28 dias, a média da resistência foi de 14,24 MPa, enquanto do concreto com agregado convencional foi de 25,02 MPa em 28 dias, conforme o esperado.

Constata-se uma diferença nas resistências entre os concretos desde as primeiras idades, dado que o menor valor apresentado no 3º dia, pelo concreto com agregado convencional, foi de 16,55 MPa, enquanto que pelo concreto com agregado reciclável atingiu 7,23 MPa. Do 3º dia para o 7º dia, a resistência do concreto convencional aumentou a média de 16,87 MPa para 20,78 MPa, enquanto a resistência do concreto reciclado permaneceu praticamente constante, com média passando de 8,03 MPa para 8,53 MPa nestes mesmo período.

A resistência máxima encontrada para concreto com 100% de agregados recicláveis foi de 15,27MPa e para concreto convencional 25,52 MPa, sendo aproximadamente duas vezes maior que o concreto com agregado reciclado. Para Etcheberry *et al.* (2007), o desvio padrão da resistência à compressão aumenta até 50% empregando uma mistura de concreto

agregado 100% reciclado do que o de concreto convencional.

Essa baixa resistência pode ter ocorrido devido à composição do resíduo de construção, que depende da fonte originária. Devendo ser dada atenção à existência de impurezas ou contaminantes, que podem provocar efeitos negativos, tanto nas propriedades mecânicas do concreto reciclado, quanto na sua durabilidade (LEITE, 2001). Materiais como solos argilosos, plásticos, resíduos de pavimentos betuminosos, madeira, gesso, refratários, vidros, metais, são considerados impurezas e podem levar a consequências desastrosas, quando incorporadas aos agregados reciclados para produção de novos materiais (HANSEN, 1992).

Dessa forma, nos resultados obtidos no estudo de Leite e Molin (2002) é possível dizer que o material cerâmico possui certa atividade pozzolânica com a probabilidade de que isso tenha contribuído com o incremento da resistência do concreto, todavia não seria a única razão, teria que se desenvolver um estudo mais aprofundado das características físicas e químicas do material cerâmico. Todavia, para Silva *et al.* (2015), o concreto produzido com areia do RCD proveniente de partículas cimentícias apresentou uma resistência semelhante a do concreto convencional a partir dos sete dias, enquanto o concreto confeccionado com areia de RCD, contendo resíduos cerâmicos e cimentícios, foi 30% inferior.

Bazuco (1999) conclui em sua pesquisa que as resistências à compressão foram cerca de 15% a 20% menores para concretos com agregados graúdos reciclados de concreto,

comparados ao concreto com agregados convencionais. Da mesma forma que Etxeberria *et al.*, (2007) obtiveram uma redução na resistência à compressão de 20% a 25% do concreto com substituição em 100% de agregados grosseiros reciclados

Levy (2001) confirmou que o incremento de resíduos de concreto e alvenaria até o teor de 20% não afetam o comportamento do concreto em relação ao de referência, demonstrando que poderão ser utilizados sem qualquer restrição quanto à resistência e à durabilidade.

Rodrigues e Fucale (2014) acreditam que a aplicação do concreto com agregados reciclados, com função estrutural, requer um controle no momento de dosagem e estudos aprofundados em relação à durabilidade desse material. Outrossim, Tenório *et al.* (2012) demonstraram, em seus estudos, que os concretos reciclados obedecem a Lei Abrams, que com o aumento da relação água/cimento, a força de compressão diminui e, também, constataram que o concreto reciclado é mais poroso e permeado do que os concretos convencionais, e isso faz com que estes tendam a ser menos duráveis, e na medida em que os mesmos são aparentes pode ocorrer uma menor proteção ao aço contra agentes agressivos externos, acarretando um fator limitante para a utilização como concreto estrutural.

Mohanraj, Kandasamy e Malathy (2011) realizaram estudo aplicando o concreto reciclado em colunas contendo aço e concluíram que a utilização de concreto com agregado reciclado em colunas tubulares de aço economiza os custos e, se projetado adequadamente, pode resultar em redução de tamanho de colunas, aumentando assim o espaço de trabalho, e também complementaram que o reforço da resistência das colunas depende da resistência à compressão do concreto preenchido e do efeito de confinamento, e tendem a ser menos duráveis para fornecer, no caso das aplicações estruturais, menor proteção ao aço contra agentes agressivos externos, que podem penetrar no compósito, e ainda afirmaram que as colunas contendo concreto reciclado resistem a carga 6% a 10% a mais que as colunas preenchidas com concreto liso.

No entanto, levando em consideração a retração por secagem do concreto reciclado, que é um fato que pode gerar fissuras. De acordo com Cabral *et al.*, (2010), o concreto reciclado apresentou um maior encolhimento do que o concreto convencional, principalmente, na idade de 56 dias em que se observou uma variabilidade excessiva no encolhimento, sendo este efeito mais sentido para a substituição do agregado miúdo.

Dessa forma, possíveis impurezas encontradas nos agregados reciclados desclassifica-os para uso em concreto estrutural pelos riscos de ocorrerem fissuras, retração, redução de expansão e aderência, ficando este concreto sujeito à alteração ao longo prazo, podendo causar desconforto ao usuário como defeitos na estética.

3 Conclusão

O concreto reciclado não atingiu a resistência projetada de 25 MPA, finalizando com média de 14,24 MPa. Assim, esse concreto pode perder a sua funcionalidade e não passar segurança suficiente para ser utilizado no concreto em massa, pois podem ocorrer patologias, como: fissuras e trincas, caso esse material seja aplicado com função estrutural, levando a desestabilização da estrutura. Nesse sentido, uma saída seria a utilização do concreto reciclado em construções não estruturais, como calçadas, contrapisos, entre outros, que não exijam alto valor de resistência e não comprometam a estabilidade da estrutura.

Referências

- ADÃO, F.X.; HEMERLY, A.C. Concreto armado. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9976; Agregados - Determinação da massa específica Chapman, 1987.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 67; Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. 1998.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248; Agregados - Determinação da composição granulométrica, 2003.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12655; Concreto cimento Portland, preparo, controle e recebimento. 2006.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 45; Agregados - Determinação da massa unitária volume e dos vazios, 2006.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739; Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, 2007.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 52; Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. 2009.
- ABRECOM - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. In: SEMINÁRIO NACIONAL DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2015. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br/seminario-nacional-da-reciclagem-de-residuos-da-construcao-civil-2015/>> Acesso em: 2 nov. 2016.
- ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. In: REUNIÃO DO GLA-RILEM: PRÁTICAS CORRENTES DE DOSAGEM DE CONCRETO NOS PAÍSES LATINO-AMERICANOS. Santiago do Chile, 8 a 11 de set. 1965. *Anais...* São Paulo, 1965.
- ETXEBERRIA, M. *et al.* Influence of amount of recycled coarse aggregates and production processon properties of recycled aggregate concrete. *Cement and Concrete Research*, v.37, p.735-742, 2007.
- BARBERI, J.C. *Gestão ambiental empresarial*. São Paulo: Saraiva, 2007.
- BAUER, L.A.F. *Materiais de construção*. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- BAZUCO, R.S. *Utilização de agregados reciclados de concreto para produção de novos concreto*. 1999. 100f. Dissertação

- (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
- BROOKS, J.J.; NEVILLE, A.M. *Tecnologia do concreto*. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- CABRAL, A.E.B. *et al.* Modelagem da retração por secagem de concretos produzidos com agregados reciclados. *Rev. Ibracom. Estruturas Mat.*, v.3, n.1, p.1-23, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-41952010000100002>.
- HANSEN, T.C. *Recycling of demolished concrete and masonry*. London: Chapman & Hall, 1992.
- IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. Informação e Análise da Economia Mineral Brasileira, 2011. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002784.pdf>> Acesso em: 1 jun. 2016.
- LEITE, M.B. *Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição*. 266f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- LEITE, M.B.; MOLIN, D.D. Avaliação da atividade pozolânica do material cerâmico presente no agregado reciclado de resíduo de C&D. *Sitientibus*, n.26, p.111-130, 2002.
- LEVY, S.M. *Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria*. 2001, 194f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) - Universidade de São Paulo, 2001.
- MOHANRAJ, E.K.; KANDASAMY, S.; MALATHY R. Behavior of steel tubular stub and slender columns filled with concrete using recycled aggregates. *J. South African Inst. Civil Eng.*, v.53, n.2, p.31-38, 2011.
- NEVILLE, A.M. *Propriedades do concreto*. São Paulo: Bookman, 2016.
- OIKONOUMOU, N.D. Recycled concrete aggregates. *Cement & Concrete Composites*, v.27, p.315-318, 2005.
- RODRIGUES, C.R.S.; FUCALE, S. Dosagem de concretos com agregado miúdo reciclado de resíduo da construção civil. *Ambiente Construído*, v.14, n.1, p.99-111, 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212014000100009>.
- SILVA, R.B. *et al.* Concretos secos produzidos com agregados reciclados de RCD separados por densidade. *Ambiente Construído*, v.15, n.4, p.335-349, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000400054>.
- TENÓRIO, J.J.L. *et al.* Concreto produzido com agregados reciclados. *Rev IBRACON Estruturas e Materiais*, v. 5, n. 5, 2012.
- WERLE, A.P. *et al.* Análise de metodologias utilizadas para a caracterização da absorção de água de concreto reciclado como agregado. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA Engenharia de Construção Civil DO AMBIENTE CONSTRUÍDO.13. Canela 2010. *Anais...* Canela, Rio Grande do Sul, 2010.